

O GENE EGOÍSTA

Richard Dawkins

PRÓLOGO.....	1
PREFÁCIO	3
POR QUE SÃO AS PESSOAS?.....	5
OS REPLICADORES.....	12
ESPIRAIS IMORTAIS	17
A MÁQUINA GÊNICA	33
AGRESSÃO: ESTABILIDADE E A MÁQUINA EGOÍSTA.....	46
MANIPULANDO OS GENES	59
PLANEJAMENTO FAMILIAR.....	72
A BATALHA DAS GERAÇÕES.....	81
A BATALHA DOS SEXOS	91
VOCÊ COÇA MINHAS COSTAS, EU MONTAREI SOBRE AS SUAS.....	107
MEMES: OS NOVOS REPLICADORES.....	121

PRÓLOGO

O chimpanzé e os seres humanos compartilham cerca de 99,5 por cento de sua história evolutiva, no entanto a maioria dos pensadores humanos considera o chimpanzé uma excentricidade malformada e irrelevante, enquanto se vêem a si próprios como degraus para o Todo-poderoso. Para um evolucionista isto não pode ocorrer. Não há fundamento objetivo para qual elevar uma espécie acima de outra. Chimpanzés e seres humanos, lagartixas e fungos, todos evoluímos durante aproximadamente três bilhões de anos por um processo conhecido como seleção natural. Dentro de cada espécie alguns indivíduos têm mais descendentes sobreviventes do que outros, de modo que as características herdáveis (genes) daqueles reprodutivamente bem sucedidos tornam-se mais numerosos na geração seguinte. A seleção natural é isto: a reprodução diferencial não aleatória dos genes. Ela nos formou e é ela que devemos entender se quisermos compreender nossas próprias identidades.

Embora a teoria da evolução através da seleção natural de Darwin seja central ao estudo do comportamento social (especialmente quando unida à genética de Mendel), ela tem sido amplamente ignorada. Verdadeiras indústrias se desenvolveram nas ciências sociais dedicadas à construção de uma visão pré-darwiniana e pré-mendeliana do mundo social e psicológico. Mesmo na Biologia o esquecimento e o abuso da teoria darwiniana têm sido surpreendentes. Sejam quais forem as razões deste estranho desenvolvimento, há indicações de que ele está terminando. A grande obra de Darwin e de Mendel tem sido ampliada por um número crescente de pesquisadores, notavelmente R. A. Fisher, W. D. Hamilton, G. C. Williams e J. Maynard Smith. Agora, pela primeira vez, este importante corpo de teoria social baseada na seleção natural é apresentado sob forma simples e popular por Richard Dawkins.

Um a um, Dawkins examina os principais temas da nova pesquisa em teoria social: os conceitos de comportamento altruísta e egoísta, a definição genética de auto-interesse, a evolução do comportamento agressivo, a teoria do parentesco (as relações entre pais e prole e a evolução dos insetos sociais), a teoria da proporção entre os sexos, o altruísmo recíproco, o engano e a seleção natural das diferenças sexuais. Com a confiança oriunda do domínio da teoria subjacente, Dawkins revela a nova pesquisa com estilo e clareza admiráveis. Educado largamente em Biologia, ele dá ao leitor uma amostra de sua literatura rica e fascinante. Quando discorda de trabalhos publicados (como o faz ao criticar uma falácia minha), quase invariavelmente acerta o alvo. Dawkins também se esforça por tornar clara a lógica de seus argumentos, de modo que o leitor, aplicando a lógica fornecida, possa ampliar os argumentos (e até mesmo rivalizar com o próprio Dawkins). Os próprios argumentos estendem-se em muitas direções. Por exemplo, se (como Dawkins mantém) o fraude é fundamental à comunicação animal, então deve haver forte seleção para detectar o engano, e isto, por sua vez, deve selecionar certo grau de engano próprio, tornando inconscientes alguns fatos e motivos, de modo a não trair – pelos sinais sutis de auto-conhecimento – o fraude que está sendo praticado. Assim, a idéia convencional de que a seleção natural favorece aqueles sistemas nervosos que produzem imagens cada vez mais exatas do mundo deve ser uma visão muito ingênua da evolução mental.

O progresso recente na teoria social tem sido importante o suficiente para gerar um pequeno alvoroço de atividade contra-revolucionária. Tem-se alegado, por exemplo, que o progresso recente é, de fato, parte de uma conspiração cíclica para impedir o avanço social, fazendo com que ele pareça ser geneticamente impossível. Idéias tênues semelhantes têm sido reunidas para dar a impressão que a teoria social darwiniana é reacionária em suas implicações políticas. Isto está muito longe da verdade. A igualdade genética dos sexos, por exemplo, foi, pela primeira vez, claramente estabelecida por Fisher e Hamilton. A teoria e os dados quantitativos provenientes dos insetos sociais demonstram que não há uma tendência inerente aos pais de dominarem sua prole (ou vice-versa). E os conceitos de investimento parental e escolha por parte da fêmea fornecem um fundamento objetivo e imparcial para examinar as diferenças sexuais, um avanço considerável em

relação aos esforços populares de fixar os poderes e direitos da mulher no pântano inútil da identidade biológica. Em resumo, a teoria social darwiniana nos dá uma idéia de uma lógica e de uma simetria subjacentes nas relações sociais, as quais, quando forem mais completamente compreendidas por nós, devem revitalizar nossa compreensão política e fornecer o apoio intelectual a uma ciência e medicina da Psicologia. Neste processo, ele deve dar-nos também uma compreensão mais profunda das muitas origens de nosso sofrimento.

Robert Trivers

Universidade de Harvard

Julho, 1976

PREFÁCIO

Este livro deveria ser lido quase como se fosse ficção científica. Ele destina-se a agradar a imaginação. Mas não é ficção científica: é Ciência. Seja ou não um lugar-comum, "mais estranho do que ficção" exprime exatamente como me sinto com relação à verdade. Somos máquinas de sobrevivência – veículos robô programados cegamente para preservar as moléculas egoístas conhecidas como genes. Esta é uma verdade que ainda me enche de surpresa. Embora a conheça há anos, parece que nunca me acostumo completamente a ela. Um de meus desejos é ter algum sucesso em surpreender a outros.

Três leitores imaginários olharam por sobre meu ombro enquanto escrevia, e agora a eles dedico o livro. Em primeiro lugar o leitor geral, o leigo. Por ele evitei o jargão técnico quase totalmente e onde tive que usar palavras especializadas eu as defini. Agora me pergunto por que não censuramos a maior parte de nosso jargão também das revistas especializadas. Supus que o leigo não tenha conhecimento especializado, mas não supus que ele seja estúpido. Qualquer um pode popularizar a Ciência se ele simplificar demasiadamente. Trabalhei arduamente tentando popularizar algumas idéias sutis e complicadas em linguagem não matemática, sem perder de vista sua essência. Não sei quanto sucesso tive nisto, nem quanto sucesso tive em outra de minhas ambições: tentar tornar o livro tão fascinante e agradável quanto o assunto merece. Desde há muito senti que a Biologia deve parecer tão excitante quanto uma história de mistério, pois ela é exatamente isto. Não ousei esperar ter transmitido mais do que uma pequena fração da excitação que o assunto tem a oferecer.

Meu segundo leitor imaginário foi o especialista. Ele tem sido um crítico severo, suspirando profundamente com algumas de minhas analogias e figuras de linguagem. Suas frases favoritas são "com exceção de", "por outro lado", e "ah, não". Ouvi-o atentamente e até reescrevi por completo um capítulo apenas em seu benefício, mas, no fim, tive que contar a história da minha maneira. O especialista ainda não estará completamente satisfeito com a maneira pela qual expus o assunto. No entanto, minha maior esperança é que até ele encontrará aqui algo de novo; uma nova maneira, talvez, de ver idéias familiares; até mesmo estímulo para idéias novas próprias. Se esta é uma aspiração alta demais, poderei pelo menos esperar que o livro o distraia em um trem?

O terceiro leitor que tive em mente foi o estudante, realizando a transição do leigo para o especialista. Se ele ainda não decidiu em que campo quer se especializar, espero encorajá-la a considerar meu próprio campo da Zoologia. Há uma razão melhor para estudar a Zoologia do que sua possível "utilidade" e estima que os animais provocam. Esta razão é que nós animais somos as máquinas mais complicadas e perfeitamente planejadas do universo conhecido. Apresentada desta forma, é difícil entender como alguém pode estudar qualquer outra coisa! Para o estudante que já se comprometeu com a Zoologia, espero que meu livro tenha algum valor educativo. Ele está tendo que estudar os artigos originais e livros técnicos nos quais minha exposição se baseia. Se ele achar as fontes originais difíceis de entender, talvez minha interpretação não matemática possa ajudar, como uma introdução e fonte suplementar.

Há perigos óbvios em se tentar agradar três tipos diferentes de leitores. Só posso dizer que estive cômico desses perigos e eles pareceram ser compensados pelas vantagens da tentativa.

Sou etólogo e este é um livro sobre comportamento animal. Minha dívida à tradição etológica na qual fui treinado será óbvia. Em particular, Niko Tinbergen não imagina a importância de sua influência durante os doze anos nos quais trabalhei sob sua direção em Oxford. A frase "máquina de sobrevivência", embora não seja, de fato, criação sua, poderia muito bem sê-lo. Mas a Etologia recentemente tem sido revigorada por uma invasão de idéias novas oriundas de fontes normalmente não consideradas etológicas. Este livro baseia-se em grande parte nessas novas idéias. Seus autores

são mencionados nos lugares apropriados no texto; as principais figuras são G. C. Williams, J. Maynard Smith, W. D. Hamilton e R. L. Trivers.

Várias pessoas sugeriram títulos para o livro que eu agradecidamente usei como títulos dos capítulos: "Espiraes Imortais", John Krebs; "A Máquina Gênica", Desmond Morris; "Manipulando os Genes", Tim Clutton-Brock e Jean Dawkins, independentemente, com desculpas a Stephen Potter.

Os citares imaginários podem servir como alvos para esperanças e aspirações piedosas, mas eles têm menos utilidade prática do que os leitores e críticos reais. Sou dado a revisares, e Marian Dawkins foi sujeitada a inúmeros rascunhos e novos rascunhos de todas as páginas. Seu conhecimento considerável da literatura biológica e sua compreensão de assuntos teóricos, juntamente com seu encorajamento e apoio moral incessantes, foram-me essenciais. John Krebs também leu todo o rascunho do livro. Ele conhece o assunto melhor do que eu e revelou-se generoso e irrestrito em seus conselhos e sugestões. Glenys Thomson e Walter Bodmer criticaram minha manipulação dos tópicos de Genética de maneira gentil mas firme. Temo que minha revisão ainda não os satisfaça completamente, mas espero que a acharão bastante melhorada. Estou muito grato pelo seu tempo e paciência. John Dawkins esteve infalivelmente atento a construções ambíguas e propôs excelentes sugestões para reformulação. Não poderia ter desejado um "leigo inteligente" mais apropriado do que Maxwell Stamp. Sua detecção ponderada de uma falha geral importante no estilo do primeiro rascunho muito contribuiu para a versão final. Outros que criticaram construtivamente capítulos específicos, ou de alguma outra forma deram sua opinião de especialistas, foram John Maynard Smith, Desmond Morris, Tom Maschler, Nick Blurton Jones, Sarah Kettlewell, Nick Humphrey, Tim Clutton-Brock, Louise Johnson, Christopher Graham, Geoff Parker e Robert Trivers. Pat Searle e Stephanie Verhoeven não apenas datilografaram com habilidade, mas encorajaram-me parecendo fazê-la com alegria. Finalmente, quero agradecer Michael Rodgers da Editora da Universidade de Oxford o qual, além de criticar proveitosamente o manuscrito, trabalhou muito além de seu dever ao controlar todos os aspectos da produção deste livro.

Richard Dawkins

POR QUE SÃO AS PESSOAS?

A vida inteligente em um planeta torna-se amadurecida quando pela primeira vez compreende a razão da sua própria existência. Se criaturas superiores provindas do espaço algum dia visitarem a Terra, a primeira pergunta que farão, a fim de avaliar o nível de nossa civilização será: "Eles já descobriram a evolução?" Organismos vivos haviam existido sobre a Terra, sem nunca saberem porque, por mais de três bilhões de anos, antes que a verdade finalmente ocorresse a um deles. Seu nome era Charles Darwin. Para ser justo, outros tiveram intuições da verdade, mas foi Darwin quem pela primeira vez montou uma explicação coerente e convincente de por que nós existimos. Darwin nos tornou possível dar uma resposta sensata à criança curiosa cuja pergunta serve de título a este capítulo. Não mais temos que recorrer à superstição quando defrontados com os problemas profundos: há um sentido para a vida? Para que existimos? O que é o homem? Depois de formular a última dessas questões, o eminente zoólogo G.G. Simpson assim se expressa: "O que quero esclarecer agora é que todas as tentativas de responder esta pergunta antes de 1859 são inúteis e que será melhor para nós ignorá-las completamente"

Hoje, a teoria da evolução está quase tão sujeita à dúvida quanto a teoria de que a Terra gira ao redor do Sol, mas as implicações plenas da revolução de Darwin ainda estão por serem amplamente compreendidas. A Zoologia ainda é uma matéria minoritária nas universidades e até mesmo aqueles que a escolhem freqüentemente tornam esta decisão sem perceber seu significado filosófico profundo. A Filosofia e as matérias conhecidas como "Humanidades" ainda são ensinadas quase como se Darwin nunca houvesse existido. Sem dúvida, isto mudará com o tempo. De qualquer forma, este livro não pretende ser uma defesa geral do darwinismo. Em vez disto, ele explorará as conseqüências da teoria da evolução para uma questão específica. Meu propósito é examinar a biologia do egoísmo e do altruísmo.

Independente de seu interesse acadêmico, a importância humana deste assunto é óbvia. Ele toca todos os aspectos de nossas vidas sociais, nosso amor e ódio, luta e cooperação, doação e roubo, nossa ganância e nossa generosidade. Estas são as pretensões que poderiam ter sido atribuídas à obra *On Aggression* de Lorenz, *The Social Contract* de Ardrey e *Love and Hate* de Eibl-Eibesfeldt. O problema com esses livros é que seus autores erraram total e completamente. Eles erraram porque interpretaram mal como a evolução funciona. Fizeram a suposição errônea de que o importante na evolução é o bem da *espécie* (ou grupo) e não o bem do indivíduo (ou gene). É irônico que Ashley Montagu criticasse Lorenz como um "descendente direto dos pensadores do tipo 'natureza sangrenta de dentes e garras' do século dezenove...". Como eu entendo a idéia de evolução de Lorenz, ele concordaria inteiramente com Montagu em rejeitar as implicações da famosa frase de Tennyson. Diferentemente de ambos, acho que a "natureza sangrenta de dentes e garras" resume admiravelmente nossa compreensão moderna da seleção natural.

Antes de começar meu argumento propriamente dito, quero explicar rapidamente que tipo de argumento ele é e que tipo de argumento ele não é. Se nos fosse dito que um homem havia vivido uma vida longa e próspera no mundo dos "gangsters" de Chicago, estaríamos justificados em fazer algumas suposições sobre que tipo de homem ele era. Poderíamos esperar que ele tivesse qualidades tais como resistência, um dedo rápido no gatilho e a habilidade de atrair amigos leais. Estas não seriam deduções infalíveis, mas você pode fazer algumas inferências sobre o caráter de um homem se souber alguma coisa sobre as condições nas quais ele sobreviveu e prosperou. O argumento deste livro é que nós, e todos os outros animais, somos máquinas criadas por nossos genes. Assim como "gangsters" de Chicago, nossos genes sobreviveram, em alguns casos por milhões de anos, em um mundo altamente competitivo. Isto nos permite esperar certas qualidades em nossos genes. Sustentarei que uma qualidade predominante a ser esperada em um gene bem sucedido é o egoísmo implacável. Este egoísmo do gene geralmente originará egoísmo no comportamento individual. No

entanto, como veremos, existem circunstâncias especiais nas quais um gene pode atingir melhor seus próprios objetivos egoístas cultivando uma forma limitada de altruísmo ao nível dos animais individuais. "Especiais" e "limitada" são palavras importantes na última sentença. Por mais que desejemos acreditar diferentemente, o amor e o bem-estar universais da espécie como um todo são conceitos que simplesmente não têm sentido na evolução.

Isto leva-me a primeira questão que quero esclarecer sobre o que este livro *não* é. Não estou defendendo uma moralidade baseada na evolução. Estou dizendo como as coisas evoluíram. Não estou dizendo como nós, humanos, moralmente temos que nos comportar. Enfatizo isto porque sei que corro o risco de ser mal interpretado por aquelas pessoas, bastante numerosas, que não podem distinguir uma afirmação de crença no que ocorre, de uma defesa do que deve ocorrer. Minha própria impressão é que seria muito desagradável viver em uma sociedade humana baseada simplesmente na lei do gene de egoísmo implacável universal. Mas, infelizmente, não importa o quanto deploremos algo, este algo não deixa de ser verdadeiro. Este livro pretende principalmente ser interessante, mas se você for extrair uma lição de moral dele, leia-o como uma advertência. Fique advertido que se você desejar, como eu o desejo, construir uma sociedade na qual os indivíduos cooperem generosa e desinteressadamente para um bem comum, você poderá esperar pouca ajuda da natureza biológica. Tentemos *ensinar* generosidade e altruísmo, porque nascemos egoístas. Compreendamos o que nossos próprios genes egoístas tramam, porque assim, pelo menos, poderemos ter a chance de frustrar seus intentos, uma coisa que nenhuma outra espécie jamais aspirou fazer.

Como corolário dessas observações sobre ensino, é uma falácia – e, a propósito, bastante comum – supor que características herdadas geneticamente são por definição fixas e inalteráveis. Nossos genes poderão nos instruir a ser egoístas, mas não estamos necessariamente compelidos a obedecê-los por toda nossa vida. Talvez seja mais difícil aprender altruísmo do que seria se fôssemos programados geneticamente para ser altruístas. Entre os animais, o homem é dominado de maneira singular pela cultura, pelas influências aprendidas e transmitidas. Alguns diriam que a cultura é tão importante que os genes, egoístas ou não, são virtualmente irrelevantes para a compreensão da natureza humana. Outros discordariam. Tudo depende de que lado você está no debate sobre "natureza versus criação" como determinantes dos atributos humanos. Isto leva-me a segunda coisa que este livro não é: ele não é uma defesa de uma posição ou outra na controvérsia natureza/criação. Naturalmente tem-no minha opinião a respeito disto, mas não irei enunciá-la, exceto na medida em que ela está implícita na concepção de cultura que apresentarei no último capítulo. Se os genes realmente se mostrarem ser totalmente irrelevantes para a determinação do comportamento humano moderno, se nós realmente formos únicos com respeito a isto dentre os animais, ainda é, pelo menos, interessante indagar sobre a regra da qual tão recentemente nos tornamos a exceção. E se nossa espécie não for tão excepcional como poderemos querer acreditar, é ainda mais importante que estudemos a regra.

A terceira coisa que este livro não é, é um relatório descritivo do comportamento detalhado do homem ou de qualquer outra espécie animal em particular. Usarei detalhes factuais apenas como exemplos ilustrativos. Não direi: "se você olhar para o comportamento de babuínos verificará que é egoísta; portanto, é provável que o comportamento humano seja egoísta também". A lógica do meu argumento de "'gangster' de Chicago" é bastante diferente. É a seguinte: seres humanos e babuínos evoluíram por seleção natural. Se você examinar a maneira como a seleção natural funciona, parece resultar que qualquer coisa que tenha evoluído por seleção natural deva ser egoísta. Portanto, devemos esperar que quando de fato examinamos o comportamento de babuínos, seres humanos e todas as outras criaturas vivas, verificaremos que é egoísta. Se verificarmos que nossa expectativa está errada, se notarmos que o comportamento humano é realmente altruísta, então estaremos diante de uma coisa intrigante, uma coisa que precisa ser explicada.

Antes de prosseguir, precisamos de uma definição. Uma entidade, tal como um babuíno, é dita altruísta se ela se comporta de maneira a aumentar o bem-estar de outra entidade semelhante, às suas próprias custas. O comportamento egoísta tem exatamente o efeito contrário. "Bem-estar" é definido

como "possibilidades de sobrevivência", mesmo se o efeito sobre a expectativa real de vida e de morte for tão pequeno que *pareça* desprezível. Uma das conseqüências surpreendentes da versão moderna da teoria darwiniana é que influências mínimas aparentemente triviais sobre a probabilidade de sobrevivência podem ter um impacto importante na evolução. Isto deve-se ao imenso tempo disponível para que tais influências se façam sentir.

É importante entender que as definições acima de altruísmo e egoísmo são *comportamentais*, não subjetivas. Não estou preocupado aqui com a psicologia de motivos. Não discutirei se as pessoas que se comportam altruisticamente estão "realmente" fazendo-o por motivos egoístas secretos ou inconscientes. Talvez elas estejam e talvez elas não estejam, e talvez nunca possamos saber, mas de qualquer forma não é disto que este livro trata. Minha definição relaciona-se apenas com se o *efeito* de um ato é diminuir ou aumentar as expectativas de sobrevivência do suposto altruísta e as expectativas de sobre-vivência do suposto beneficiado.

É muito complicado demonstrar os efeitos do comportamento nas perceptivas de sobrevivência a longo prazo. Na prática, quando aplicamos a definição ao comportamento real, devemos nela introduzir uma ressalva com a palavra "aparentemente". Um ato aparentemente altruísta é aquele que parece, superficialmente, tender a aumentar (não importa quão ligeiramente) a probabilidade do altruísta morrer e do favorecido sobreviver. No exame mais detalhado verifica-se freqüentemente que atos de aparente altruísmo na realidade são egoísmo disfarçado. Novamente, não quero dizer que os motivos básicos são egoístas, mas que os efeitos reais do ato nas perspectivas de sobrevivência são o inverso daquilo que originalmente pensamos.

Darei alguns exemplos de comportamento aparentemente egoísta e aparentemente altruísta. É difícil suprimir hábitos subjetivos de pensamento quando lidamos com nossa própria espécie, de modo que escolherei, em vez disto, exemplos de outros animais. Em primeiro lugar alguns exemplos variados de comportamento egoísta de animais individuais.

Gaivotas de cabeça preta nidificam em grandes colônias, os ninhos estando separados de apenas poucos palmas. Quando os filhotes eclodem são pequenos, indefesos e fáceis de serem engolidos. É bastante comum uma gaivota esperar que um vizinho vire as costas, talvez enquanto ele está fora pescando, e então lançar-se sobre um de seus filhotes e engoli-lo inteiro. Ela, desta forma, obtém uma boa refeição nutritiva sem ter que se dar ao trabalho de capturar um peixe e sem ter que deixar seu próprio ninho desprotegido.

Mais bem conhecido é o canibalismo macabro das fêmeas do louva-a-deus. O louva-a-deus é um inseto carnívoro grande. Ele normalmente come insetos menores tais como moscas, mas ataca quase qualquer coisa que se mova. No acasalamento, o macho sobe cautelosamente na fêmea, monta-a e copula. Se a fêmea tiver a oportunidade, ela o comerá, começando por abocanhar sua cabeça, quando o macho está se aproximando, imediatamente após ele montar, ou após separarem-se. Pareceria mais sensato para ela esperar até que a cópula se complete antes de começar a comê-lo. Mas a perda da cabeça parece não desalentar o resto do corpo do macho em seu avanço sexual. De fato, como a cabeça do inseto é sede de alguns centros nervosos inibidores, é possível que a fêmea melhore o desempenho sexual do macho ao comer sua cabeça. Se assim for, este é um benefício adicional. O benefício primário é ela obter uma boa refeição.

A palavra "egoísta" talvez pareça muito branda para expressar casos extremos tais como canibalismo, embora estes encaixem-se bem em nossa definição. Talvez possamos ter simpatia mais diretamente para com o comportamento covarde descrito dos pingüins imperiais da Antártica. Eles têm sido vistos em pé à beira d'água, hesitando antes de mergulhar, devido ao perigo de serem comidos por focas. Se apenas um deles mergulhasse, os demais saberiam se havia uma foca ou não. Naturalmente nenhum deles quer ser a cobaia, de modo que eles esperam e algumas vezes até mesmo tentam se empurrar para a água.

Mais comumente, o comportamento egoísta consiste simplesmente em recusar a compartilhar algum recurso valioso, como alimento, território ou parceiros sexuais. Agora, alguns exemplos de comportamento aparentemente altruísta.

O comportamento de aferroar das abelhas operárias é uma defesa muito eficaz contra ladrões de mel. Mas, as abelhas que aferroam são combatentes kamikazes. No ato de picar, órgãos internos vitais são geralmente arrancados do corpo e a abelha morre logo em seguida. Sua missão suicida talvez tenha salvo os estoques vitais de alimento da colônia, mas ela própria não pode usufruir os benefícios. Pela nossa definição este é um ato de comportamento altruísta. Lembre-se que não estamos falando de motivos conscientes. Eles podem ou não estar presentes, tanto aqui como nos exemplos de egoísmo, mas são irrelevantes para nossa definição.

Sacrificar a vida pelos amigos é obviamente altruísta, mas correr um pequeno risco por eles também o é. Muitos pássaros pequenos, quando vêem um predador voando, como um gavião, dão um "grito de alarme" característico, em consequência do qual todo o bando se põe em fuga. Há evidência indireta de que o pássaro que dá o grito de alarme se expõe particularmente ao perigo, pois atrai a atenção do predador especialmente para si. Este é apenas um leve risco adicional, mas parece, no entanto, pelo menos à primeira vista, corresponder a um ato altruísta pela nossa definição.

Os atos mais comuns e mais conspícuos de altruísmo animal são realizados pelos pais, especialmente pelas mães, em relação a seus filhos. Eles podem incubá-los, ou em ninhos ou em seus próprios corpos, alimentá-los com enormes sacrifícios para si e correr grandes riscos ao protegê-los de predadores. Para citar apenas um exemplo particular, muitos pássaros que nidificam no chão realizam o chamado "comportamento de distração" quando um predador, como uma raposa, se aproxima. Um dos pais afasta-se do ninho manando, mantendo uma asa aberta como se ela estivesse quebrada. O predador, percebendo uma presa fácil, é atraído para longe do ninho contendo os filhotes. Finalmente a ave cessa seu fingimento e lança-se ao ar exatamente à tempo de escapar das mandíbulas da raposa. Ela provavelmente terá salvo a vida de seus filhotes, mas com algum risco para si.

Não estou tentando defender uma posição contando histórias. Exemplos escolhidos nunca são evidência séria de qualquer generalização importante. Essas histórias são dadas simplesmente como ilustrações do que quero dizer com comportamento altruísta e egoísta ao nível de indivíduos. Este livro mostrará como tanto o egoísmo como o altruísmo individuais são explicados pela lei fundamental que estou chamando de *egoísmo do gene*. Mas, primeiro devo tratar de uma explicação particular errônea de altruísmo, porque ela é amplamente conhecida e até mesmo amplamente ensinada nas escolas.

Esta explicação está baseada numa concepção errada que já mencionei, segundo a qual as criaturas vivas evoluem para fazer coisas "pelo bem da espécie" ou "pelo bem do grupo". É fácil ver como esta idéia teve origem na Biologia. Grande parte da vida de um animal é dedicada à reprodução e a maioria dos atos de auto-sacrifício altruísta observados na natureza são realizados pelos pais para com seus filhotes. "Perpetuação da espécie" é um eufemismo comum para reprodução e é, inegavelmente, uma *conseqüência* da reprodução. É necessário apenas uma ligeira deturpação da lógica para deduzir que a "função" da reprodução é "de" perpetuar a espécie. Daí basta um pequeno passo falso para concluir que os animais em geral se comportarão de forma a favorecer a perpetuação da espécie. O altruísmo em relação aos outros membros da espécie parecerá resultar.

Esta linha de pensamento pode ser posta em termos vagamente darwinianos. A evolução trabalha através da seleção natural e esta significa a sobrevivência discriminada do mais "apto". Mas, estamos falando sobre os indivíduos mais aptos, as raças mais aptas, as espécies mais aptas, ou sobre o que? Para alguns propósitos isto não importa muito, mas quando estamos falando sobre altruísmo é obviamente crucial. Se forem espécies que estão competindo no que Darwin chamou de luta pela existência, parece melhor considerar o indivíduo como um peão no jogo, a ser sacrificado quando o interesse mais importante da espécie como um todo o exigir. Expressando de maneira um pouco mais respeitável, um grupo, como uma espécie ou uma população dentro de uma espécie, cujos membros individuais estejam preparados para se sacrificar pelo bem-estar do grupo, poderá ter menos probabilidade de se extinguir do que um grupo rival cujos membros individuais coloquem seus próprios interesses egoístas em primeiro lugar. Conseqüentemente, o mundo torna-se povoado

principalmente de grupos consistindo de indivíduos que se sacrificam a si próprios. Esta é a teoria da "seleção de grupo", há muito considerada verdadeira pelos biólogos não familiarizados com os detalhes da teoria da evolução, lançada em um livro famoso de V. C. Wynne-Edwards e popularizada por Robert Ardrey no livro *The Social Contract*. A alternativa ortodoxa é normalmente chamada "seleção individual", embora pessoalmente eu prefira falar em seleção de gene.

A resposta imediata dos adeptos da seleção individual ao argumento apresentado seria mais ou menos assim. Mesmo no grupo dos altruístas quase com certeza haverá uma minoria dissidente a qual se recusa a fazer qualquer sacrifício. Se houver apenas um rebelde egoísta, pronto a explorar o altruísmo dos demais, então ele, por definição, tem maior probabilidade do que os últimos de sobreviver e ter filhos. Cada um desses filhos tenderá a herdar suas características egoístas. Após várias gerações desta seleção natural, o "grupo altruísta" será sobrepujado pelos indivíduos egoístas e será indistinguível do grupo egoísta. Mesmo se assumirmos a existência casual inicial improvável de grupos altruístas puros sem rebeldes, é muito difícil imaginar o que impediria indivíduos egoístas de imigrar de grupos egoístas vizinhos e, por meio de cruzamentos mistos, de contaminar a pureza dos grupos altruístas.

O adepto da seleção individual admitiria que grupos realmente desaparecem e que o fato de um grupo extinguir-se ou não pode ser influenciado pelo comportamento dos indivíduos naquele grupo. Ele talvez até admita que *se ao menos* os indivíduos em um grupo tivessem o dom da previsão poderiam perceber que à longo prazo é de seu interesse reprimir sua ganância egoísta para impedir a destruição do grupo todo. Quantas vezes isto já deve ter sido dito, nos últimos anos, aos trabalhadores da Grã-Bretanha? Idas, a extinção de um grupo é um processo lento comparado com a luta rápida da competição individual. Mesmo enquanto o grupo declina vagarosa e inexoravelmente, indivíduos egoístas prosperam à curto prazo às custas dos altruístas. Os cidadãos da Grã-Bretanha podem ou não ter sido favorecidos com o dom da previsão, mas a evolução é cega para com o futuro.

Embora a teoria de seleção de grupo atualmente receba pouco suporte entre as fileiras daqueles biólogos profissionais que compreendem a evolução, ela de fato é muito atraente intuitivamente. Gerações sucessivas de estudantes de Zoologia admiram-se, quando entram na universidade provenientes da escola secundária, ao verificar que ela não constitui o ponto de vista ortodoxo. Difícilmente se poderia culpá-los por isto, pois no *Nuffield Biology Teachers' Guide*, um guia de ensino de Biologia escrito para professores de nível avançado da escola secundária na Grã-Bretanha, encontramos o seguinte: "Nos animais superiores o comportamento poderá assumir a forma de suicídio individual para assegurar a sobrevivência da espécie." O autor anônimo deste guia placidamente ignora o fato de que ele disse algo controverso. A este respeito ele está em companhia de ganhadores do prêmio Nobel. Konrad Lorenz, em seu livro *On Aggression*, fala das funções "preservadoras da espécie" do comportamento agressivo, uma dessas funções sendo garantir que apenas os indivíduos mais bem adaptados possam procriar. Este é um belo argumento circular, mas o que estou alegando aqui é que a idéia de seleção de grupo é tão arraigada que Lorenz, assim como o autor do *Nuffield Guide*, evidentemente não percebeu que suas afirmações iam de encontro à teoria darwiniana ortodoxa.

Recentemente ouvi um lindo exemplo da mesma coisa em um programa de televisão, fora isto excelente, da B.B.C., sobre aranhas da Austrália. A "especialista" do programa mencionou que a grande maioria das aranhas jovens termina como presa de outras espécies. Ela, então, acrescentou: "Talvez este seja o propósito verdadeiro de sua existência já que é preciso apenas que algumas sobrevivam para que a espécie seja preservada"!

Robert Ardrey, no livro *The Social Contract*, usou a teoria de seleção de grupo para explicar toda a ordem social em geral. Ele claramente vê o homem como uma espécie que desviou-se do caminho da integridade animal. Ardrey, pelo menos, fez suas lições de casa. Sua decisão de discordar da teoria ortodoxa foi consciente e por isso ele merece consideração.

Talvez uma razão para a teoria de seleção de grupo ser tão atraente é que ela harmoniza-se inteiramente com os ideais morais e políticos que a maioria de nós compartilha. Podemos

freqüentemente nos comportar egoisticamente como indivíduos, mas em nossos momentos mais idealistas reverenciamos e admiramos aqueles que colocam em primeiro lugar o bem-estar dos outros. No entanto, ficamos um pouco confusos sobre quão amplamente que-remos interpretar a palavra "outros". freqüentemente altruísmo dentro de um grupo condiz com egoísmo entre grupos. Esta é uma base do sindicalismo. Em outro nível a nação é uma beneficiada importante de nosso auto-sacrifício altruísta e espera-se que os rapazes morram, como indivíduos, para maior glória de seu país como um todo. Além disto, eles são encorajados a matar outros indivíduos sobre os quais nada se sabe a não ser que pertencem a uma nação diferente. (Curiosamente, apelos em tempo de paz aos indivíduos para que façam algum sacrifício pequeno na taxa pela qual aumentam seu padrão de vida parecem ser menos eficazes do que apelos em tempo de guerra aos indivíduos para que sacrifiquem suas vidas.)

Recentemente tem havido uma reação contra racismo e patriotismo e uma tendência a adotar toda a espécie humana como objeto de nossa simpatia. Este alargamento humanístico do alvo de nosso altruísmo possui um corolário interessante, o qual novamente parece apoiar a idéia do "bem da espécie" em evolução. Os politicamente liberais, os quais normalmente são os porta-vozes mais convencidos da ética da espécie, agora freqüentemente exibem grande escárnio por aqueles que foram um pouco além na ampliação de seu altruísmo, de forma a incluir outras espécies. Se eu disser que estou mais interessado em impedir o massacre de grandes baleias do que em melhorar as condições de habitação das pessoas, provavelmente chocarei alguns de meus amigos.

A sensação de que membros da própria espécie merecem consideração moral especial, em comparação com membros de outras espécies, é antiga e profunda. Matar pessoas sem se estar em guerra é considerado o crime mais sério normalmente cometido. A única coisa proibida mais energicamente por nossa cultura é comer pessoas (mesmo se elas já estiverem mortas). No entanto, apreciamos comer membros de outras espécies. Muitos de nós recuamos diante da execução judiciária até mesmo do mais horrendo criminoso humano, ao mesmo tempo que aprovamos alegremente que se atire sem julgamento em animais daninhos razoavelmente inofensivos. De fato, matamos membros de outras espécies inofensivas como meio de recreação e diversão. Um feto humano, não possuindo mais sentimento humano do que uma ameba, goza de respeito e proteção legal muito maiores do que aqueles dispensados a um chimpanzé adulto. No entanto, o chimpanzé sente, pensa e – segundo evidência experimental recente – talvez seja capaz até de aprender uma forma de linguagem humana. O feto pertence a nossa própria espécie e por causa disto imediatamente lhe são conferidos privilégios e direitos especiais. Se a ética do "especiecismo", para usar o termo de Richard Ryder, pode ser apoiado em um fundamento lógico mais sólido do que a ética do "racismo", eu não sei. O que sei é que ela não tem base adequada na biologia evolutiva.

A confusão na ética humana com relação ao nível no qual o altruísmo é desejável – família, nação, raça, espécie, ou todas as coisas vivas – está refletida numa confusão paralela na Biologia com relação ao nível no qual o altruísmo deve ser esperado segundo a teoria da evolução. Até mesmo o adepto da seleção de grupo não se admiraria de encontrar membros de grupos rivais sendo desagradáveis uns com os outros: desta forma, como membros de um sindicato ou soldados, eles estão favorecendo seu próprio grupo na luta por recursos limitados. Mas, então, vale à pena perguntar como o adepto da seleção de grupo decide *qual* nível é o importante. Se a seleção se dá entre grupos dentro de uma espécie e entre espécies, por que não deveria ela se dar também entre agrupamentos maiores? As espécies estão reunidas em gêneros, os gêneros em ordens e as ordens em classes. Os leões e os antílopes são ambos membros da classe Mammalia, assim como nós. Não deveríamos então esperar que leões se abstivessem de matar antílopes, "para o bem dos mamíferos"? Certamente eles deveriam, em vez disto, caçar pássaros ou répteis, a fim de evitar a extinção da classe. Mas, então, o que se diria da necessidade de perpetuar todo o filo dos vertebrados?

É fácil para mim argumentar pelo *reductio ad absurdum* e indicar as dificuldades da teoria de seleção de grupo, mas a existência aparente do altruísmo individual ainda tem que ser explicada. Ardrey chega a dizer que a seleção de grupo é a única explicação possível para um comportamento tal como o de "saltitamento" das gazelas Thomson. Este salto vigoroso e conspícuo em frente de um

predador é análogo ao grito de alarme das aves no sentido de que ele parece avisar os companheiros do perigo ao mesmo tempo que aparentemente chama a atenção do predador para o próprio animal que salta. Temos a responsabilidade de explicar este comportamento das gazelas e todos os fenômenos semelhantes. Considerarei isto em capítulos posteriores.

Antes disto devo defender minha crença de que a melhor maneira de se encarar a evolução é em termos de seleção ocorrendo no nível mais baixo de todos. Nesta crença fui fortemente influenciado pelo grande livro de G. C. Williams, *Adaptation and Natural Selection*. A idéia central que usarei foi pressagiada por A. Weismann em época anterior à descoberta do gene, no fim do século passado – sua doutrina da "continuidade do plasma germinativo". Sustentarei que a unidade fundamental da seleção e, portanto, do interesse próprio, não é a espécie, nem o grupo, nem mesmo, a rigor, o indivíduo – é o gene, a unidade da hereditariedade. Para alguns biólogos isto talvez pareça, inicialmente, uma posição exagerada. Espero que quando eles virem ao que me refiro concordarão que a posição, é, no fundo, ortodoxa, embora expressada de forma não habitual. O argumento leva tempo para ser desenvolvido e devemos começar pelo começo, com a origem da própria vida.

OS REPLICADORES

No princípio era a simplicidade. Já é bastante difícil explicar até mesmo como um universo simples começou. Considero ponto pacífico que seria ainda mais difícil explicar o súbito surgimento, plenamente equipada, de uma ordem complexa – vida, ou um ser capaz de criá-la. A teoria da evolução por seleção natural de Darwin satisfaz porque mostra-nos uma maneira pela qual a simplicidade poder-se-ia transformar em complexidade, como átomos desordenados poderiam se agrupar em padrões cada vez mais complexos, até que terminassem por fabricar pessoas. Darwin fornece uma solução, a única plausível até agora sugerida, para o problema profundo de nossa existência. Tentarei explicar a grande teoria de maneira mais geral do que é costume, começando com a época antes que a própria evolução começasse.

A "sobrevivência do mais apto" de Darwin, na realidade, é um caso especial de uma lei mais geral da *sobrevivência do estável*. O universo está povoado por coisas estáveis. Uma coisa estável é uma coleção de átomos a qual é permanente ou suficientemente comum para merecer um nome. Ela poderá ser uma coleção particular de átomos, como o Matterhorn, o qual dura o suficiente para que valha a pena lhe dar um nome; ou ela poderá ser uma classe de entidades, tal como pingos de chuva, os quais formam-se a uma taxa suficientemente alta para merecer um nome coletivo, mesmo embora cada um deles tenha vida curta. As coisas que vemos ao nosso redor e que achamos que necessitam de explicação – rochas, galáxias, ondas do mar – são todas, em maior ou menor grau, padrões estáveis de átomos. As bolhas de sabão tendem a ser esféricas porque esta é uma configuração estável para estes filmes finos cheios de gás. Em uma espaçonave, a água também é estável em glóbulos esféricos, mas na Terra, onde há gravidade, a superfície estável da água em repouso é plana e horizontal. Os cristais de sal de cozinha tendem a ser cubos porque esta é uma maneira estável de empacotar juntamente íons de sódio e cloreto. No Sol, os átomos mais simples de todos, os de hidrogênio, unem-se formando átomos de hélio, porque nas condições aí reinantes a configuração do hélio é mais estável. Outros átomos ainda mais complexos estão sendo formados em estrelas por todo o universo e foram formados na "grande explosão" a qual, de acordo com a teoria dominante, deu início ao universo. É daí que os elementos de nosso mundo originalmente provieram.

Algumas vezes, quando os átomos se encontram, eles unem-se em uma reação química formando moléculas, as quais podem ser mais ou menos estáveis. Tais moléculas podem ser muito grandes. Um cristal como um diamante pode ser considerado uma única molécula, uma molécula proverbialmente estável neste caso, mas também muito simples, uma vez que sua estrutura atômica interna é repetida indefinidamente. Nos organismos vivos atuais há outras moléculas grandes que são altamente complexas, esta complexidade mostrando-se em vários níveis. A hemoglobina de nosso sangue é uma molécula de proteína típica. Ela é formada por cadeias de moléculas menores, os aminoácidos, cada qual contendo algumas dezenas de átomos arranjados em um padrão preciso. Na molécula de hemoglobina há 574 moléculas de aminoácidos. Estas estão arranjadas em quatro cadeias, as quais estão torcidas umas ao redor das outras, formando uma estrutura globular tridimensional de complexidade assombrosa. Um modelo de uma molécula de hemoglobina assemelha-se bastante a um espinheiro denso. Entretanto, diferentemente de um espinheiro real, a molécula não é um arranjo aproximado e casual, mas uma estrutura in-variável e definida, repetida de maneira idêntica, sem nenhum ramo ou torção fora de lugar, mais de seis mil trilhões de vezes em um corpo humano médio. A forma precisa de espinheiro de uma molécula de proteína como a hemoglobina, é estável no sentido de que duas cadeias consistindo nas mesmas seqüências de aminoácidos tenderão, como duas molas, a se imobilizar exatamente na mesma configuração espiralada tridimensional. Touceiras de hemoglobina estão se armando em sua forma preferencial em seu corpo a uma taxa de aproximadamente quatrocentos mil bilhões por segundo e outras estão sendo destruídas na mesma taxa.

A hemoglobina é uma molécula moderna, usada para ilustrar o princípio segundo o qual os átomos tendem a se ordenar em padrões estáveis. O que é relevante aqui é que antes do surgimento da vida na Terra, uma evolução rudimentar de moléculas poderia ter ocorrido através de processos usuais da Física e da Química. Não há necessidade de pensar em plano, propósito ou direção. Se um grupo de átomos, na presença de energia, se ordena em um padrão estável, este grupo de átomos tenderá a permanecer desta maneira. A primeira forma de seleção natural foi simplesmente uma seleção de formas estáveis e uma rejeição daquelas instáveis. Não há mistério a respeito disto. Por definição, tinha que acontecer.

Não se segue, evidentemente, que se possa explicar a existência de entidades tão complexas como o homem, apenas por meio de exatamente os mesmos princípios. Não adianta tomar o número certo de átomos, agitá-los juntamente com um pouco de energia externa até que calhem se ordenar no padrão certo, e então sai Adão! Você poderá fazer uma molécula consistindo de algumas dúzias de átomos dessa maneira, mas um homem consiste de mais de mil quatrilhões de átomos. Para tentar fazer um homem, você teria que trabalhar em seu misturador bioquímico por um período tão longo que toda a idade do universo pareceria um piscar de olhos e mesmo assim você não teria sucesso. É aqui que a teoria de Darwin, em sua forma mais geral, vem em socorro. A teoria de Darwin assume onde a história da construção vagarosa de moléculas termina.

A descrição da origem da vida que darei é necessariamente especulativa. Por definição, ninguém existia para ver o que aconteceu. Existem várias teorias rivais, mas todas elas têm certas características em comum. A descrição simplificada que darei provavelmente não está muito longe da verdade.

Não sabemos que matérias primas químicas eram abundantes na Terra antes do surgimento da vida, mas entre as possibilidades plausíveis estão água, dióxido de carbono, metano e amônia: todos eles compostos simples os quais, se sabe, estão presentes em pelo menos alguns dos outros planetas de nosso sistema solar. Os químicos têm tentado imitar as condições químicas da Terra jovem. Eles colocam essas substâncias simples em um frasco e fornecem uma fonte de energia como luz ultravioleta ou faíscas elétricas – uma simulação artificial dos relâmpagos primordiais. Após algumas semanas deste tratamento, algo interessante é geralmente encontrado dentro do vidro: um caldo marrom diluído contendo um grande número de moléculas mais complexas do que aquelas originalmente introduzidas. Aminoácidos, em particular, têm sido encontrados – os blocos de construção das proteínas, uma das duas grandes classes de moléculas biológicas. Antes desses experimentos terem sido feitos, aminoácidos que ocorrem naturalmente teriam sido considerados como indicadores da presença de vida. Se eles tivessem sido detectados, por exemplo em Marte, vida naquele planeta teria parecido quase certa. Hoje em dia, no entanto, sua existência implica apenas na presença de alguns gases simples na atmosfera e de alguns vulcões, luz solar ou tempestades. Mais recentemente, simulações em laboratório das condições químicas existentes na Terra antes do surgimento da vida têm produzido substâncias orgânicas chamadas purinas e pirimidinas. Estas substâncias são blocos de construção da molécula genética, o próprio DNA.

Processos análogos a esses devem ter dado origem ao "caldo primitivo" o qual, biólogos e químicos acreditam, constituiu os mares de cerca de três a quatro bilhões de anos atrás. As substâncias orgânicas concentraram-se localmente, talvez na espuma que secava nas praias ou em gotículas minúsculas suspensas. Sob a influência ulterior de energia, como luz ultravioleta proveniente do Sol, elas combinaram-se em moléculas maiores. Atualmente, moléculas orgânicas grandes não durariam o suficiente para serem notadas: seriam rapidamente absorvidas e degradadas por bactérias ou outros seres vivos. Mas as bactérias e o resto de nós são retardatários. Naqueles dias, moléculas orgânicas grandes podiam vaguear pelo caldo que se tornava mais denso, sem serem molestadas.

Num dado momento, uma molécula particularmente notável foi formada acidentalmente. Nós a chamaremos a *Replicadora*. Ela não precisa necessariamente ter sido a molécula maior ou a mais complexa existente, mas possuía a propriedade extraordinária de ser capaz de criar cópias de si mesma. Isto talvez pareça um tipo de acidente muito pouco provável de acontecer. E de fato foi. Foi

extremamente improvável. Durante a vida de um homem, coisas assim improváveis podem, na prática, ser tratadas como impossíveis. É por isso que você nunca ganhará um prêmio alto nas apostas de futebol. Mas, em nossas estimativas humanas do que é provável e do que não é, não estamos acostumados a lidar com centenas de milhões de anos. Se você preenchesse cartelas de apostas toda semana durante cem milhões de anos, provavelmente ganharia várias boladas.

Na realidade, não é tão difícil imaginar uma molécula que faz cópias de si mesma como parece à primeira vista e foi suficiente ela aparecer uma vez. Pense no replicador como um molde ou modelo. Imagine-o como uma grande molécula consistindo de uma cadeia complexa de vários tipos de moléculas servindo como blocos de construção. Os blocos pequenos estavam abundantemente disponíveis no caldo que circundava o replicador. Agora suponha que cada bloco tenha afinidade por outros do mesmo tipo. Então, quando quer que um bloco vindo de algum lugar do caldo vem se situar próximo a uma parte do replicador com a qual ele tem afinidade, o bloco tenderá a aí aderir. Os blocos que unem-se desta forma, automaticamente estarão dispostos numa seqüência que imita aquela do próprio replicador. É fácil, então, vê-los unindo-se e formando uma cadeia estável exatamente como na formação do replicador original. Este processo poderia continuar como um empilhamento progressivo, camada sobre camada. É desta forma que os cristais são formados. Por outro lado, as duas cadeias poderão se separar, quando então teremos dois replicadores, cada qual podendo continuar a fazer novas cópias.

Uma possibilidade mais complexa é que cada bloco tenha afinidade não pelo seu próprio tipo, mas, reciprocamente, por um outro tipo particular. O replicador, então, agiria como um modelo não para uma cópia idêntica, mas para um tipo de "negativo", o qual, por sua vez, refaria uma cópia exata do positivo original. Para nossos propósitos não importa se o processo de replicação original era positivo-negativo ou positivo-positivo, embora valha à pena notar que os equivalentes modernos do primeiro replicador, as moléculas de DNA, usam a replicação positivo-negativo. O que realmente importa é que repentinamente um novo tipo de "estabilidade" apareceu no mundo. Antes disto é provável que nenhum tipo de molécula complexa em particular fosse abundante no caldo, pois cada qual dependia de blocos que acidentalmente entrassem numa configuração estável específica. Tão logo o replicador surgiu, ele deve ter espalhado suas cópias rapidamente pelos mares, até que as moléculas constitutivas menores tornaram-se um recurso escasso e outras moléculas maiores formaram-se cada vez mais raramente.

Parece, então, que chegamos a uma população grande de réplicas idênticas. Mas, devemos agora mencionar uma propriedade importante de qualquer processo de cópia: ele não é perfeito. Erros ocorrerão. Espero que não hajam erros de impressão neste livro, mas, se você olhar cuidadosamente, talvez encontre um ou dois. Eles provavelmente não deturparão de maneira séria o sentido das sentenças, pois serão erros de "primeira geração". Mas, imagine a época anterior à imprensa, quando livros tais como os Evangelhos eram copiados à mão. Todos os escribas, não importa o quão cuidadosos, farão alguns erros e alguns não resistem a uma pequena "melhoria" intencional. Se todos co-piassem de um único original, o sentido não seria grandemente deturpado. Mas, assim que cópias são feitas de outras cópias, as quais, por sua vez, foram feitas de outras cópias, os erros começarão a se tornar cumulativos e sérios. Temos a tendência a considerar a cópia irregular como uma coisa ruim e, no caso de documentos humanos, é difícil imaginar exemplos onde erros possam ser descritos como melhorias. Imagino que se poderia, pelo menos, dizer que os eruditos dos Septuaginta deram início a alguma coisa importante, quando traduziram erroneamente a palavra hebraica que significa "mulher jovem" pela palavra grega que significa "virgem", originando a profecia: "Eis que uma virgem conceberá, e dará à luz um filho...". De qualquer forma, como veremos, cópias irregulares em replicadores biológicos podem, de uma forma real, suscitar melhoramento e foi essencial para a evolução progressiva da vida que alguns erros foram feitos. Não sabemos com que precisão as moléculas de replicadores originais fizeram suas cópias. Suas descendentes modernas, as moléculas de DNA, são assombrosamente fiéis comparadas aos processos humanos de cópia mais precisos, mas mesmo elas ocasionalmente cometem erros e, em última análise, são esses erros que tornam a evolução possível. Provavelmente os replicadores

originais eram muito mais irregulares, mas, de qualquer forma, podemos ter certeza que erros foram feitos e eram cumulativos.

À medida que cópias errôneas foram feitas e propagadas, o caldo primitivo encheu-se de uma população não de réplicas idênticas, mas de diversas variedades de moléculas replicadoras. todas "descendentes" do mesmo ancestral. Teriam algumas variedades sido mais numerosas do que outras? Quase certamente sim. Algumas variedades seriam inerentemente mais estáveis do que outras. Algumas moléculas, uma vez formadas, teriam menos probabilidade de se quebrar novamente do que outras. Esses tipos se tornariam relativamente numerosos no caldo, não apenas como uma consequência lógica direta de sua "longevidade", mas também porque eles teriam maior tempo disponível para produzir cópias de si mesmos. Os replicadores de alta longevidade, portanto, tenderiam a se tornar mais numerosas e, outros fatores permanecendo iguais, teria havido uma "tendência evolutiva" em direção a uma maior longevidade na população de moléculas.

Mas, outros fatores provavelmente não permaneceram iguais e outra propriedade de uma variedade de replicador que deve ter tido importância ainda maior na sua disseminação pela população foi a velocidade de replicação ou "fecundidade". Se moléculas de replicador do tipo *A* fazem cópias de si em média uma vez por semana, enquanto aquelas do tipo *B* fazem cópias de si uma vez por hora, não é difícil ver que logo as moléculas do tipo *A* estarão em minoria, mesmo que elas "vivam" muito mais do que as moléculas *B*. Portanto, provavelmente teria havido uma "tendência evolutiva" em direção a uma maior "fecundidade" das moléculas no caldo. Uma terceira característica das moléculas de replicador que teria sido selecionada positivamente é precisão de replicação. Se moléculas do tipo *X* e do tipo *Y* duram o mesmo tempo e replicam-se na mesma taxa, mas *X* erra, em média, em cada décima replicação, enquanto que *Y* erra apenas em cada centésima replicação, *Y* obviamente se tornará mais abundante. O contingente *X* na população perde não apenas os próprios "filhos" incorretos, mas também todos os seus descendentes, reais ou potenciais.

Se você já sabe alguma coisa sobre evolução, talvez veja um pequeno paradoxo com relação ao último ponto. Podemos reconciliar a idéia de que erros de cópia são um requisito essencial para a evolução ocorrer, com a afirmação de que a seleção natural favorece a alta fidelidade de cópia? A resposta é que embora a evolução pareça, em um sentido vago, uma "coisa boa", especialmente porque somos o produto dela, nada, na verdade, "quer" evoluir. A evolução é alguma coisa que acontece, queira-se ou não, apesar de todos os esforços dos replicadores (e, hoje em dia, dos genes) em impedi-la de acontecer. Jacques Monod expressou isto muito bem em sua palestra Herbert Spencer, após comentar sarcasticamente: "Outro aspecto curioso da teoria da evolução é que todos pensam que a entendem!"

Voltando ao caldo primitivo, este deve ter sido povoado por variedades de moléculas, estáveis no sentido de que ou as moléculas individuais duravam um longo tempo, ou replicavam-se rapidamente, ou então replicavam-se de maneira precisa. Tendências evolutivas em direção a esses três tipos de estabilidade ocorreram no seguinte sentido: se você tivesse amostrado o caldo em duas épocas diferentes, a última amostra conteria uma proporção maior de variedades com alta longevidade/fecundidade/fidelidade de cópia. Isto é essencialmente o que um biólogo entende por evolução quando está falando de criaturas vivas e o mecanismo é o mesmo – seleção natural.

Deveríamos, então, chamar as moléculas de replicador originais de "vivas"? O que importa? Eu poderei lhe dizer "Darwin foi o maior homem que jamais existiu" e talvez você diga "Não, foi Newton", mas espero que não prolongássemos a discussão. O importante é que nenhuma conclusão fundamental seria afetada não importa de que maneira a discussão fosse resolvida. As realizações e os fatos ocorridos na vida de Newton e Darwin permanecem totalmente inalterados quer os chamemos de "grandes" ou não. Da mesma forma, a história das moléculas de replicador provavelmente ocorreu mais ou menos como estou contando-a, quer decidamos chamá-las de "vivas" ou não. Sofrimento humano tem sido causado porque muitos de nós não conseguem entender que as palavras são apenas instrumentos para nosso uso e que a mera presença no dicionário de uma palavra como "vivo" não significa que ela tenha, necessariamente, que se referir a

alguma coisa definida no mundo real. Quer chamemos os primeiros replicadores de vivos ou não, eles foram os ancestrais da vida, nossos antepassados.

A etapa seguinte importante no argumento, a qual foi enfatizada pelo próprio Darwin (embora ele estivesse falando de animais e plantas, não de moléculas), é *competição*. O caldo primitivo não era capaz de sustentar um número infinito de moléculas de replicador. Antes de mais nada, porque o tamanho da Terra é finito, mas outros fatores limitantes também devem ter sido importantes. Em nossa imagem do replicador funcionando como modelo ou molde o supusemos banhado em um caldo rico nas moléculas constitutivas pequenas necessárias para se fazer cópias. Mas, quando os replicadores se tornaram numerosos, os blocos de construção devem ter sido usados a uma taxa tal que passaram a ser um recurso escasso e precioso. Variedades ou cepas deferentes do replicador devem ter competido por eles. Consideramos os fatores que teriam aumentado o número dos tipos favorecidos do replicador. Podemos ver agora que as variedades menos favorecidas na realidade devem ter se tornado *menos* numerosas devido à competição e finalmente muitas de suas linhagens devem ter se extinguido. Houve luta pela sobrevivência entre as variedades de replicador. Elas não sabiam que estavam lutando, nem se preocupavam com isto. A luta foi conduzida sem quaisquer maus sentimentos, de fato, sem sentimentos de qualquer espécie. Mas elas estavam lutando, no sentido de que qualquer cópia errônea que resultasse em um novo nível de estabilidade mais alto, ou uma nova maneira de reduzir a estabilidade dos rivais, era automaticamente preservada e multiplicada. O processo de melhoramento era cumulativo. As maneiras de aumentar a estabilidade e de diminuir aquela dos rivais tornaram-se mais elaboradas e mais eficientes. Algumas variedades talvez até tenham "descoberto" como quebrar quimicamente as moléculas de linhagens rivais e utilizar os constituintes assim liberados para fazer suas próprias cópias. Estes proto-carnívoros simultaneamente obtinham alimento e removiam rivais competitivos. Outros replicadores talvez tenham descoberto como se proteger, quer quimicamente, quer construindo uma parede física de proteína ao redor de si. Talvez tenha sido assim que as primeiras células vivas apareceram. Os replicadores começaram não apenas a existir, mas a construir envoltórios para si, veículos para sua existência ininterrupta. Os replicadores que sobreviveram foram aqueles que construíram *máquinas de sobrevivência* para aí morarem. As primeiras máquinas de sobrevivência provavelmente consistiram em nada mais do que um revestimento protetor. Mas, viver tornou-se inexoravelmente mais difícil à medida que novos rivais surgiam com máquinas de sobrevivência melhores e mais eficientes. Estas se tornaram maiores e mais elaboradas, o processo sendo cumulativo e progressivo.

Haveria um fim pois o melhoramento gradual nas técnicas e artifícios utilizados pelos replicadores para garantir sua própria permanência no mundo? Haveria tempo suficiente para melhoramento. Que máquinas estranhas de auto-sobrevivência os milênios produziram? Quatro bilhões de anos mais tarde, qual seria o destino dos antigos replicadores? Eles não morreram, pois são antigos mestres das artes de sobrevivência. Mas, não os procure flutuando livremente no mar. Eles abandonaram esta liberdade nobre há muito tempo. Agora eles apinham-se em colônias imensas, em segurança dentro de robôs desajeitados gigantescos, murados do mundo exterior, comunicando-se com ele por meio de vias indiretas e tortuosas, manipulando-o por controle remoto. Eles estão em mim e em você. Eles nos criaram, corpo e mente. E sua preservação é a razão última de nossa existência. Transformaram-se muito, esses replicadores. Agora eles recebem o nome de genes e nós somos suas máquinas de sobrevivência.

ESPIRAIS IMORTAIS

Somos máquinas de sobrevivência, mas “somos” não significa apenas pessoas. Inclui todos os animais, plantas, bactérias e vírus. O número total de máquinas de sobrevivência na Terra é muito difícil de contar e mesmo o número total de espécies é desconhecido. Tomando-se apenas os insetos, o número de espécies tem sido estimado em cerca de três milhões e o número de indivíduos talvez seja de um trilhão.

Os tipos diferentes de máquinas de sobrevivência parecem muito variados externamente e em seus órgãos internos. Um polvo não é em nada parecido com um camundongo e ambos são um tanto diferentes de um carvalho. No entanto, em sua química fundamental são bastante uniformes e, em particular, os replicadores que possuem, os genes, são basicamente o mesmo tipo de molécula em todos nós – de bactérias a elefantes. Somos todos máquinas de sobrevivência para o mesmo tipo de replicador – moléculas de DNA – mas há muitas maneiras de viver no mundo e os replicadores construíram uma ampla gama de máquinas para explorar estas maneiras. Um macaco é uma máquina que preserva os genes em cima das árvores, um peixe é uma máquina que os preserva dentro d’água. Há até um pequeno verme que preserva os genes em bolachas de chope. O DNA trabalha de maneiras misteriosas.

Dei a entender, para simplificar, que os genes modernos, constituídos de DNA, são praticamente iguais aos primeiros replicadores no caldo primitivo. Não tem importância para a discussão, mas isto talvez não seja realmente verdadeiro. Os replicadores originais talvez tenham sido um tipo de molécula relacionado ao DNA, ou talvez tenham sido completamente diferentes. Neste último caso poderíamos dizer que suas máquinas de sobrevivência devem ter sido capturadas em um estágio posterior pelo DNA. Se isto ocorreu, os replicadores foram totalmente destruídos, pois nenhum traço deles resta nas máquinas de sobrevivência modernas. Com referência a este assunto, A. G. Cairns-Smith fez a sugestão intrigante de que nossos ancestrais, os primeiros replicadores, talvez não tenham sido, absolutamente, moléculas orgânicas, mas sim cristais inorgânicos – minerais, pequenos pedaços de barro. Usurpador ou não, o DNA tem hoje o domínio incontestável, a menos que, como sugiro tentativamente no último capítulo, uma nova tomada de poder esteja, agora, justamente começando.

Uma molécula de DNA é uma longa cadeia de blocos de construção, moléculas pequenas chamadas nucleotídeos. Da mesma maneira como as moléculas de proteína são cadeias de aminoácidos, também as moléculas de DNA são cadeias de nucleotídeos. A molécula de DNA é pequena demais para ser vista, mas sua forma exata foi engenhosamente decifrada por meios indiretos. Ela consiste em um par de cadeias de nucleotídeos torcidas juntas, formando uma espiral elegante, a “dupla hélice”, a “espiral imortal”. Os nucleotídeos constituintes existem em apenas quatro tipos diferentes, cujos nomes podem ser abreviados para *A*, *T*, *C* e *G*. Eles são os mesmos em todos os animais e plantas. O que difere é a ordem na qual estão enfileirados. Um constituinte *G* de um homem é, em todos os detalhes, idêntico a um constituinte *G* de um caramujo. Mas, a seqüência dos constituintes em um homem não é apenas diferente daquela em um caramujo. É também diferente – embora em menor grau – da seqüência em todos os outros homens (excetuando-se o caso especial de gêmeos idênticos).

Nosso DNA mora dentro de nossos corpos. Ele não se concentra em uma parte específica do corpo, mas é distribuído entre as células. Existem cerca de um milhão de bilhões de células constituindo um corpo humano médio e, com algumas exceções que podemos ignorar, cada uma dessas células contém uma cópia completa do DNA daquele corpo. Este DNA pode ser considerado como um conjunto de instruções sobre como construir um corpo, escrito no alfabeto *A*, *T*, *C* e *G* dos nucleotídeos. É, como se em cada quarto de um imenso prédio existisse uma estante contendo os planos do arquiteto para todo prédio. A “estante” em uma célula é chamada de núcleo. No homem,

os planos do arquiteto montam 46 volumes – em outras espécies o número é diferente. Os volumes são chamados de cromossomos. São visíveis sob o microscópio como longos fios e os genes estão enfileirados em ordem ao longo deles. Não é fácil e, de fato, talvez nem seja significativo. decidir onde um gene termina e o seguinte começa. Felizmente, como este capítulo mostrará, isto não tem importância para nossos propósitos.

Farei uso da metáfora dos planos do arquiteto, misturando livremente a linguagem da metáfora com a linguagem da situação real. “Volume” será usado como sinônimo de cromossomo. “Página” provisoriamente será usado como sinônimo de gene, embora a divisão .”Embora a divisão entre os genes seja menos distinta.” do que a divisão entre as páginas de um livro. Esta metáfora nos levará bastante longe. Quando ela finalmente falhar, introduzirei outras metáforas. A propósito, não há, é claro, nenhum “arquiteto”. As instruções do DNA foram montadas pela seleção natural.

As moléculas de DNA fazem duas coisas importantes. Em primeiro lugar, elas replicam-se, ou seja, fazem cópias de si mesmas. Isto tem continuado ininterruptamente desde o começo da vida e atualmente a: moléculas de DNA são capazes de fazê-lo muito bem. Como adulto você consiste de um milhão de bilhões de células, mas quando foi concebido inicialmente era apenas uma única célula, provida de uma versão original dos planos do arquiteto. Esta célula se dividiu em dois e cada uma das duas células recebeu sua própria cópia dos planos. Divisões sucessivas levaram o número a 4, 8, 16, 32 e assim por diante, até a casa dos bilhões. Em cada divisão os planos do DNA foram copiados com fidelidade, praticamente sem erros.

É fácil falar da duplicação do DNA, mas se este é realmente um conjunto de planos para se construir um corpo, como esses planos são postos em prática? Como são eles traduzidos para a estrutura do corpo? Isto leva-me à segunda coisa importante que o DNA faz. Ele supervisiona indiretamente a manufatura de um tipo diferente de molécula – a proteína. A hemoglobina mencionada no último capítulo é exatamente um exemplo da enorme diversidade das moléculas de proteína. A mensagem codificada do DNA, escrita no alfabeto de nucleotídeos de quatro letras, é traduzida para um outro alfabeto de uma maneira mecânica simples. Este é o alfabeto dos aminoácidos, o qual define as moléculas de proteína.

Fazer proteínas talvez pareça estar muito longe de fazer-se um corpo, mas é a primeira pequena etapa nesta direção. As proteínas não apenas constituem grande parte da estrutura do corpo, mas também exercem um controle sensível sobre todos os processos químicos dentro da célula, ligando-os e desligando-os seletivamente em momentos e lugares precisos. Exatamente como isto eventualmente leva ao desenvolvimento de um bebê é uma história cujo desvendamento pelos embriologistas levará décadas ou talvez séculos. Mas, o fato é que assim ocorre. Os genes de fato controlam indiretamente a fabricação de corpos e a influência é estritamente unidirecional: as características adquiridas não são herdadas. Não importa quanto conhecimento e sabedoria você adquira durante sua vida, absolutamente nada será transmitido para seus filhos por meios genéticos. Cada geração nova começa da estaca zero. O corpo é a maneira dos genes preservarem-se inalterados.

A importância evolutiva do fato de que os genes controlam o desenvolvimento embrionário é o seguinte: significa que os genes são pelo menos parcialmente responsáveis pela sua própria sobrevivência no futuro, pois esta depende da eficiência dos corpos nos quais eles vivem e os quais eles ajudaram a construir. Antigamente a seleção natural consistia na sobrevivência diferencial de replicadores flutuando livremente no caldo primitivo. Hoje, a seleção natural favorece os replicadores que são bons em construir máquinas de sobrevivência, genes que são hábeis na arte de controlar o desenvolvimento embrionário. Os replicadores não têm mais consciência disto ou mais intencionalidade do que jamais tiveram. Os mesmos antigos processos de seleção automática entre moléculas rivais devido a longevidade, fecundidade e fidelidade de cópia ainda continuam tão cega e inevitavelmente quanto o fizeram em épocas remotas. Os genes não têm a capacidade de previsão. Não fazem planos antecipadamente. Simplesmente *são*, alguns mais do que outros, e isto é tudo. Mas, as qualidades que determinam a longevidade e a fecundidade de um gene não são de forma alguma, tão simples como o foram.

Nos últimos anos – nos últimos seiscentos milhões ou perto disto – os replicadores conseguiram triunfos notáveis na tecnologia das máquinas de sobre-vivência, tais como o músculo, o coração e o olho (os quais evoluíram independentemente várias vezes). Antes disto, eles alteraram radicalmente características fundamentais de seu modo de vida como replicadores, o que deve ser compreendido se quisermos continuar com o argumento.

A primeira coisa a entender a respeito de um replicador moderno é que ele é altamente gregário. Uma máquina de sobrevivência é um veículo contendo não apenas um gene mas muitos milhares deles. A fabricação de um corpo é um empreendimento conjunto de tal complexidade que é quase impossível desemaranhar a contribuição de um gene daquela de outro. Um determinado gene terá muitos efeitos diferentes sobre partes bastante distintas do corpo. Uma região específica deste último será influenciada por muitos genes e o efeito de qualquer um deles depende da interação com muitos outros genes. Alguns agem como dirigentes, controlando a operação de um grupo de outros genes. Em termos da analogia, qualquer página dada dos planos faz referência a muitas partes diferentes da construção e cada página tem sentido apenas em termos de referências cruzadas a numerosas outras páginas.

Esta interdependência intrincada dos genes talvez o faça perguntar-se porque, então, usamos a palavra “gene”. Por que não usar um substantivo coletivo como “complexo gênico”? A resposta é que para muitos propósitos esta é, de fato, uma boa idéia. Mas, se olharmos as coisas de outra maneira, também é possível considerar o complexo gênico como estando dividido em replicadores ou genes discretos. Isto devido ao fenômeno do sexo. A reprodução sexuada tem o efeito de misturar e baralhar os genes, o que significa que qualquer corpo individualmente é apenas um veículo temporário para uma combinação efêmera de genes. A *combinação* de genes que constitui um indivíduo qualquer poderá ser efêmera, mas os genes em si são, potencialmente, muito duradouros. Seus destinos constantemente se cruzam e recruzam ao longo das gerações. Um gene pode ser considerado como uma unidade que sobrevive por um grande número de corpos individuais sucessivos. Este é o argumento central que será desenvolvido neste capítulo. É um argumento com o qual alguns de meus mais respeitados colegas recusam-se obstinadamente a concordar, de modo que você deve perdoar-me se pareço pormenorizá-la demasiadamente! Em primeiro lugar devo explicar resumidamente o sexo.

Eu disse que os planos para a construção do corpo humano estão desenvolvidos em 46 volumes. Isto foi, de fato, uma simplificação excessiva. A verdade é um tanto bizarra. Os 46 cromossomos consistem de 23 *pares* de cromossomos. Poderíamos dizer que existem dois conjuntos alternativos de 23 volumes de planos arquivados no núcleo de cada célula. Chame-os Volume 1a e Volume 1b, Volume 2a e Volume 2b, etc., até o Volume 23a e o Volume 23b. Os números de identificação que utilizo para os volumes e, mais tarde, para as páginas, são, é claro, inteiramente arbitrários.

Recebemos cada cromossomo intacto de um de nossos dois pais, em cujo testículo ou ovário ele foi montado. Os volumes 1a, 2a, 3a,... vieram, digamos, do pai. Os volumes 1b, 2b, 3b,... vieram da mãe. É muito difícil na prática, mas teoricamente você poderia olhar com um microscópio os 46 cromossomos em qualquer uma de suas células e separar os 23 que vieram de seu pai e os 23 que vieram de sua mãe.

Os cromossomos pareados não passam toda sua vida fisicamente em contato uns com os outros, ou mesmo perto um do outro. Em que sentido, então, estão eles “pareados”? No sentido de que cada volume provindo originalmente do pai, pode ser considerado, página por página, como uma alternativa direta a um volume específico provindo originalmente da mãe. A Página 6 do Volume 13a e a Página 6 do Volume 13b, por exemplo, talvez “refiram-se” ambas à cor dos olhos. Talvez uma queira dizer “azul” e a outra “castanho”.

Algumas vezes as duas páginas alternativas são idênticas, mas, em outros casos, como em nosso exemplo da cor dos olhos, elas diferem. Se fazem “recomendações” contraditórias, o que o corpo faz? A resposta varia. Algumas vezes uma interpretação prevalece sobre a outra. No exemplo da cor dos olhos dado acima, a pessoa, na realidade, teria olhos castanhos: as instruções para fazer

olhos azuis seriam ignoradas na construção do corpo, embora isto não impeça que sejam transmitidas para gerações futuras. Um gene ignorado desta maneira é chamado *recessivo*. O oposto de um gene recessivo é um gene *dominante*. O gene para olhos castanhos é dominante sobre aquele para olhos azuis. Uma pessoa tem olhos azuis apenas se ambas as cópias da página relevante são unânimes em recomendar olhos azuis. Mais comumente, quando dois genes alternativos não são idênticos, o resultado é algum tipo de compromisso – o corpo é construído segundo um esquema intermediário ou alguma coisa completamente diferente.

Quando dois genes, como aquele para olhos castanhos e aquele para olhos azuis, competem pela mesma fenda em um cromossomo, são chamados *alelos* um do outro. Para nossos propósitos a palavra alelo é sinônimo da palavra rival. Imagine os volumes dos planos do arquiteto como fichários cujas páginas podem ser destacadas e permutadas. Todo Volume 13 deve ter a Página 6, mas há várias Páginas 6 possíveis que poderiam entrar no fichário entre a Página 5 e a Página 7. Uma versão diz “olhos azuis”, outra versão possível diz “olhos castanhos”. Talvez haja ainda outras versões na população como um todo que especifiquem outras cores, como a verde. Talvez haja meia dúzia de alelos alternativos localizados na posição da Página 6 nos décimos terceiros cromossomos espalhados pela população total. Uma pessoa qualquer tem apenas dois cromossomos do Volume 13. Portanto, ela poderá ter no máximo dois alelos na lenda da Página 6. Talvez ela tenha, como alguém de olhos azuis, duas cópias do mesmo alelo, ou talvez ela tenha dois alelos quaisquer escolhidos dentre a meia dúzia de alternativas disponíveis na população total.

Você não pode, é claro, literalmente escolher seus genes do conjunto disponível à população toda. Em qualquer instante todos os genes estão presos dentro de máquinas de sobrevivência individuais. Nossos genes nos são distribuídos na concepção e nada podemos fazer a respeito. No entanto, num certo sentido, os genes da população em geral podem, a longo prazo, ser considerados um “*fundo*” de genes*. Esta frase, de fato, é um termo técnico usado pelos geneticistas. O “fundo” de genes é uma abstração útil porque o sexo mistura os genes, se bem que de uma maneira cuidadosamente organizada. Em particular, uma coisa semelhante ao destacar e trocar páginas e conjuntos de páginas em um fichário realmente ocorre, como logo veremos.

Descrevi a divisão normal da célula em duas novas células, cada qual recebendo uma cópia completa de todos os 46 cromossomos. Esta divisão celular normal é chamada *mitose*. Mas há outro tipo de divisão celular chamada *meiose*. Esta se dá apenas na produção das células sexuais, os espermatozoides ou os óvulos. Os espermatozoides e óvulos são excepcionais dentre nossas células, pois contêm apenas 23 cromossomos, em vez de 46. Este número, é claro, é exatamente a metade de 46 – o que é conveniente quando eles fundem-se na fertilização sexual para produzir um novo indivíduo! A meiose é um tipo especial de divisão celular que ocorre apenas nos testículos e ovários. Nela uma célula com o conjunto duplo completo de 46 cromossomos divide-se formando células sexuais com o conjunto simples de 23 (sempre usando os números do homem para ilustrar).

Um espermatozoide com seus 23 cromossomos é formado pela divisão meiótica de uma das células comuns de 46 cromossomos no testículo. Quais 23 cromossomos são colocados em um dado espermatozoide? Evidentemente é importante que um espermatozoide não receba 23 cromossomos antigos quaisquer: ele não deve ser formado com duas cópias do Volume 13 e nenhuma do Volume 17. Teoricamente seria possível a um indivíduo dotar um de seus espermatozoides com cromossomos provenientes, por exemplo, de sua mãe, isto é, Volume 1b, 2b, 3b,..., 23 b. Neste acontecimento improvável uma criança concebida deste espermatozoide herdaria metade de seus genes da avó paterna e nenhum de seu avô paterno. Mas, este tipo de distribuição grosseira, de cromossomos inteiros, de fato não acontece. A verdade é bem mais complexa. Lembre-se que os volumes (cromossomos) devem ser encarados como fichários. O que ocorre é que durante a produção do espermatozoide, páginas isoladas, ou melhor, pilhas com muitas páginas, são destacadas e trocadas pelas pilhas correspondentes do volume equivalente. Assim, um espermatozoide específico poderá construir seu Volume 1 tomando as primeiras 65 páginas do

* N. T. Por “fundo de genes” entende-se o conjunto total de genes presentes numa população ou numa espécie.

Volume 1a e as páginas de 66 até o fim do Volume 1b. Os outros 22 volumes deste espermatozóide seriam construídos de maneira semelhante. Portanto, cada espermatozóide produzido por um indivíduo é único, embora todos tenham formado seus 23 cromossomos a partir de pedaços do mesmo conjunto de 46. Os óvulos são feitos de maneira semelhante nos ovários e todos são também únicos.

A mecânica real desta mistura é razoavelmente bem compreendida. Durante a produção de um espermatozóide (ou óvulo) pedaços de cada cromossomo paterno destacam-se fisicamente e trocam de lugar com pedaços exatamente correspondentes do cromossomo materno. (Lembre-se que estamos falando de cromossomos que vieram originalmente dos pais do indivíduo que está produzindo o espermatozóide, i.e., dos avós paternos da criança que eventualmente será concebida do espermatozóide). O processo de permutar pedaços de cromossomo é chamado *recombinação*. Ele é muito importante para todo o argumento deste livro e significa que se você tornasse seu microscópio e olhasse os cromossomos em um de seus próprios espermatozóides (ou óvulos, se você for mulher) seria perda de tempo tentar identificar os cromossomos provenientes de seu pai e aqueles provenientes de sua mãe. (Isto contrasta fortemente com o caso das células comuns do corpo (ver página 45). Qualquer cromossomo em um espermatozóide seria uma colcha de retalhos, um mosaico de genes maternos e paternos.

A metáfora da página representando o gene começa a falhar aqui. Num fichário uma página inteira pode ser inserida, removida ou trocada, mas não um pedaço de uma página. O complexo gênico é, porém, apenas uma longa fileira de letras de nucleotídeos, de forma alguma dividida de maneira óbvia em páginas discretas. Existem, realmente, símbolos especiais significando FIM DA MENSAGEM DE CADEIA PROTEICA e COMEÇO DA MENSAGEM DE CADEIA PROTÉICA, escritos no mesmo alfabeto de quatro letras das próprias mensagens de proteína. Entre esses dois sinais de pontuação estão as instruções codificadas para fazer uma proteína. Se quisermos poderemos definir um gene individual como a seqüência de letras de nucleotídeos localizada entre um símbolo para COMEÇO e outro para FIM e codificando uma cadeia protéica. A palavra *cistron* tem sido usada para a unidade definida desta maneira e alguns utilizam a palavra gene como sinônimo de cistron. Mas, a re-combinação não respeita os limites entre os cistrons. Rupturas podem ocorrer tanto dentro de cistrons como entre eles. É como se os planos do arquiteto estivessem escritos não em páginas discretas, mas em 46 rolos de fita de telégrafo impressor. Os cistrons não têm comprimento fixo. A única maneira de saber onde um termina e o seguinte começa seria ler os símbolos na fita, procurando aqueles para FIM DA MENSAGEM e COMEÇO DA MENSAGEM. A recombinação seria representada tomando-se fitas paternas e maternas que combinem e cortando e trocando porções correspondentes, independentemente do que esteja escrito nelas.

No título deste livro a palavra gene não significa um único cistron mas uma coisa mais sutil. Minha definição não agradará a todos, mas não há definição de gene universalmente aceita. Mesmo se houvesse, nada há de sagrado com as definições. Podemos definir uma palavra como quisermos para nossos próprios propósitos, desde que o façamos com clareza e sem ambigüidade. A definição que quero usar provém de G. C. Williams. Um gene é definido como qualquer porção do material cromossômico que dura potencialmente por um número suficiente de gerações para servir como unidade da seleção natural. Usando as palavras do capítulo anterior, o gene é um replicador com alta fidelidade de cópia. Dizer fidelidade de cópia é outra maneira de dizer longevidade sob a forma de cópias e abreviarei simplesmente para longevidade. A definição requer justificação.

Segundo qualquer definição, o gene deve ser uma porção de um cromossomo. A pergunta é, uma porção de que tamanho – quanto da fita do telégrafo? Imagine uma seqüência qualquer de letras do código sobre a fita. Chame a seqüência de *unidade genética*. Poderá ser uma seqüência de apenas dez letras dentro de um cistron, ou uma seqüência de oito cistrons. Talvez comece e termine no meio de um cistron e se sobreporá a outras unidades genéticas. Incluirá unidades menores e fará parte de unidades maiores. Para o propósito do presente argumento, não importa quão longa ou curta seja, é a ela que estamos chamando de unidade genética. É apenas uma extensão de um cromossomo, de forma alguma distinta fisicamente do resto dele.

Agora vem o ponto importante. Quanto mais curta for uma unidade genética, mais tempo – em gerações – ela provavelmente viverá. Em particular, menos provável será que ela seja dividida por uma recombinação qualquer. Suponha que um cromossomo inteiro tenha, em média, a probabilidade de sofrer uma recombinação cada vez que um espermatozóide ou óvulo é produzido pela divisão meiótica, e que esta recombinação possa ocorrer em qualquer lugar ao longo de seu comprimento. Se considerarmos uma unidade genética muito grande, por exemplo metade do comprimento do cromossomo, existirá uma probabilidade de 50 por cento da unidade ser rompida em cada meiose. Se a unidade genética que estamos considerando for apenas 1 por cento do comprimento do cromossomo, poderemos supor que ela terá apenas 1 por cento de probabilidade de ser rompida em uma dada divisão meiótica. Isto significa que a unidade poderá ter esperança de sobreviver por um grande número de gerações nos descendentes do indivíduo. Um único cistron provavelmente terá muito menos do que 1 por cento do cromossomo. Mesmo um grupo de vários cistrons vizinhos poderá esperar viver muitas gerações antes de ser quebrado pela recombinação.

A expectativa de vida média de uma unidade genética pode ser expressa convenientemente em gerações, o que, por sua vez, pode ser transformado em anos. Se tomarmos um cromossomo inteiro como nossa suposta unidade genética, a história de sua vida durará apenas uma geração. Suponha que seja o seu cromossomo número 8a, herdado de seu pai. Ele foi criado dentro de um dos testículos dele, logo antes de você ser concebido. Nunca havia existido antes em toda a história do mundo. Foi criado pelo processo meiótico de baralhamento e formado pela reunião de pedaços de cromossomos, oriundos de sua avó e de seu avô paternos. Foi colocado dentro de um espermatozóide específico, este sendo único. O espermatozóide era um entre vários milhões, uma grande armada de embarcações minúsculas que juntas navegaram para dentro de sua mãe. Este espermatozóide específico (a menos que você seja um gêmeo não idêntico) foi o único da flotilha a encontrar abrigo em um dos óvulos de sua mãe – é por isto que você existe. A unidade genética que estamos considerando, seu cromossomo número 8a, começou a se replicar, juntamente com todo o resto de seu material genético. Agora ele existe, em forma duplicada, por todo seu corpo. Mas, quando você, por sua vez, vier a ter filhos, este cromossomo será destruído quando você fabricar óvulos (ou espermatozóides). Pedaços dele serão trocados com pedaços de seu cromossomo materno número 8b. Em uma célula sexual qualquer um novo cromossomo número 8 será criado, talvez “melhor” do que o antigo, talvez “pior”, mas, excetuando-se uma coincidência um tanto improvável, definitivamente diferente, definitivamente único. A duração da vida de um cromossomo é de uma geração.

E qual a duração da vida de uma unidade genética menor, por exemplo 1/100 do comprimento de seu cromossomo 8a? Esta unidade também proveio de seu pai, mas é muito provável que não estivesse formada nele originalmente. Seguindo o raciocínio anterior, há uma probabilidade de 99 por cento que ele a tenha recebido intacta de um de seus pais. Suponha que tenha sido da mãe, sua avó paterna. Há, novamente, uma probabilidade de 99 por cento que ela a tenha herdado intacta de um de seus pais. Se traçarmos a ascendência de uma pequena unidade genética de volta o suficiente, chegaremos, eventualmente, a seu criador original. Em algum estágio ela deve ter sido pela primeira vez criada dentro do testículo ou ovário de um de seus antepassados.

Deixe-me repetir o sentido bastante especial no qual estou usando a palavra “criar”. As sub-unidades menores que constituem a unidade genética considerada podem muito bem ter existido anteriormente. Nossa unidade genética foi criada em um momento específico apenas no sentido de que o *arranjo* particular das sub-unidades pelo qual ela é definida não existia antes daquele momento. O momento da criação pode ter ocorrido bastante recentemente, por exemplo em um de seus avós. Mas, se considerarmos uma unidade genética muito pequena, ela poderá ter sido formada pela primeira vez em um antepassado muito mais distante, talvez um ancestral pré-humano semelhante a um macaco. Além disto, uma pequena unidade genética dentro de você poderá igualmente continuar no futuro, passando intacta pela longa linha de seus descendentes.

Lembre-se também que os descendentes de um indivíduo não constituem um ramo único, mas uma linha ramificada. Qualquer que tenha sido o antepassado que “criou” um fragmento específico

curto de seu cromossomo *Sa*, ele ou ela muito provavelmente tem inúmeros outros descendentes além de você. Uma de suas unidades genéticas poderá estar presente também em seu primo de segundo grau. Ela poderá estar presente em mim, no Primeiro Ministro e em seu cachorro, pois todos nós temos ancestrais em comum se formos para trás o suficiente. Além disto, a mesma pequena unidade poderá ser formada várias vezes independentemente por acaso. Se a unidade for pequena, a coincidência não é muito improvável. Nas, mesmo um parente próximo terá pouca probabilidade de compartilhar um cromossomo inteiro com você. Quanto menor a unidade genética, mais provável será que outro indivíduo a compartilhe – mais provável será que ela esteja representada muitas vezes no mundo, sob a forma de cópias.

A aproximação acidental, através da recombinação, de sub-unidades previamente existente é a maneira usual de uma nova unidade genética ser formada. Uma outra maneira – de grande importância evolutiva, embora seja rara – é chamada de *mutação pontual*. Uma mutação pontual é um erro correspondente a uma única letra incorreta em um livro. Ela é rara, mas, evidentemente, quanto maior for a unidade genética, maior será a probabilidade que seja alterada por uma mutação em algum lugar ao longo de seu comprimento.

Outro tipo raro de erro ou mutação que tem conseqüências importantes à longo prazo é chamado *inversão*. Um pedaço de cromossomo destaca-se em ambas as extremidades, vira ao contrário e liga-se novamente na posição invertida. Em termos da analogia apresentada acima isto exigiria uma certa renumeração das páginas. Algumas vezes porções dos cromossomos não se invertem simplesmente, mas tornam a se ligar numa parte completamente diferente do cromossomo, ou até mesmo unem-se a outro inteiramente diverso. Isto corresponde à transferência de uma pilha de páginas de um volume para outro. A importância deste tipo de erro é que embora em geral seja desastroso, pode, ocasionalmente, levar à ligação firme de pedaços de material genético que calhem funcionar bem em conjunto. Talvez dois cistrons que possuam efeito benéfico somente quando estão ambos presentes – complementam ou reforçam um ao outro de alguma maneira – sejam aproximados apenas por meio de inversão. A seleção natural, então, poderá tender a favorecer a nova “unidade genética” assim formada, a qual se difundirá pela população futura. É possível que complexos gênicos, no decorrer dos anos, tenham sido rearranjados ou “editados” extensivamente desta maneira.

Um dos exemplos mais nítidos disto se relaciona com o fenômeno conhecido como *mimetismo*. Algumas borboletas têm gosto desagradável. Têm geralmente cores brilhantes e características e os pássaros aprendem a evitá-las através de seus sinais de “advertência”. Outras espécies de borboletas que não têm gosto desagradável, então, se aproveitam. Mimetizam aquelas de gosto ruim. Elas nascem assemelhando-se às últimas em cor e forma (mas não gosto) e freqüentemente enganam os naturalistas humanos e também os pássaros. Uma ave que tenha uma vez experimentado a borboleta de gosto desagradável genuína tende a evitar todas as borboletas que a ela se pareçam. Isto inclui os indivíduos miméticos e, assim, os genes para mimetismo são favorecidos pela seleção natural. É assim que o mimetismo evolui.

Há muitas espécies de borboletas “desagradáveis” e nem todas se parecem. Um indivíduo mimético não pode assemelhar-se a todas elas. Tem que se restringir a uma espécie desagradável em particular. Em geral, qualquer espécie mimética dada é especialista em mimetizar uma espécie desagradável. Mas, há espécies miméticas que fazem algo muito estranho. Alguns indivíduos mimetizam uma espécie desagradável e os demais mimetizam outra. Qualquer indivíduo intermediário ou que tentasse mimetizar a ambas seria logo comido. Mas, estes intermediários não nascem. Da mesma forma como um indivíduo é definitivamente macho ou definitivamente fêmea, também uma borboleta mimetiza ou uma espécie desagradável ou outra. Uma borboleta poderá mimetizar a espécie *A* enquanto que sua irmã mimetiza a espécie *B*.

Aparentemente um único gene determina se um indivíduo mimetizará a espécie *A* ou a *B*. Mas, como pode um único gene determinar todos os aspectos variados do mimetismo – cor, forma, padrão de manchas, ritmo de vôo? A resposta é que um gene, no sentido de *v.m cistron*, provavelmente não pode. Mas, através da “edição” inconsciente e automática conseguida pelas in-versões e outros

rearranjos acidentais do material genético, um conjunto grande de genes anteriormente separados constituiu-se num grupo firme de “linkage” sobre o cromossomo. O conjunto todo comporta-se como um único gene – pela nossa definição, de fato, ele agora é um único gene – e possui um “alelo” que é, na realidade, outro conjunto. Um conjunto contém os cistrons envolvidos em mimetizar a espécie A, o outro aqueles envolvidos em mimetizar a espécie B. Cada conjunto é tão raramente dividido pela recombinação que a borboleta intermediária nunca é vista na natureza, mas ocasionalmente aparece se grandes números são criados no laboratório.

Estou usando a palavra gene para indicar uma unidade genética que é pequena o suficiente para durar por um grande número de gerações e ser distribuída sob a forma de muitas cópias. Esta não é uma definição rígida do tipo tudo ou nada, mas uma espécie de definição mais vaga, como a definição de “grande” ou “velho”. Quanto maior a probabilidade de um fragmento de cromossomo ser dividido pela recombinação ou alterado por mutações de vários tipos, menos apropriado será chamá-la de gene no sentido em que estou usando o termo. Presumivelmente um cistron poderá ser chamado de gene, mas unidades maiores também o poderão. Uma dúzia de cistrons poderão estar tão próximos uns dos outros sobre um cromossomo que para nossos propósitos eles constituem uma única unidade genética duradoura. O conjunto gp mimetismo da borboleta é um bom exemplo. Ao abandonar um corpo e entrar no próximo, ao embarcar num espermatozóide ou óvulo para a viagem h geração seguinte, os cistrons provavelmente verificarão que a pequena embarcação contém seus vizinhos contíguos da viagem anterior, velhos companheiros com os quais navegaram na longa odisséia desde os corpos de antepassados distantes. Os cistrons vizinhos no mesmo cromossomo formam uma companhia bem integrada de colegas de viagem os quais raramente deixam de embarcar no mesmo navio quando é hora da meiose.

A rigor este livro não devia se chamar nem *O Cistron Egoísta* e nem *O Cromossomo Egoísta*, mas *O grande fragmento levemente egoísta de cromos-soma e o pequeno fragmento ainda mais egoísta*. Na melhor das hipóteses este não é um título atraente, de modo que, definindo o gene como um pequeno fragmento de cromossomo que potencialmente dura muitas gerações, chamo o livro de *Gene Egoísta*.

Voltamos agora ao ponto que havíamos atingido no fim do capítulo 1. Vimos na ocasião que o egoísmo deve ser esperado em qualquer entidade merecedora do título de unidade básica da seleção natural. Vimos que algumas pessoas consideram a espécie como a unidade da seleção natural, outras consideram a população ou grupo dentro da espécie e outras, ainda consideram o indivíduo. Eu disse que preferia encarar o gene como a unidade fundamental da seleção natural e, portanto, como a unidade fundamental do interesse próprio. O que fiz, então, foi *definir* o gene de tal forma que não posso, na verdade, deixar de ter razão!

A seleção natural, em sua forma mais geral, implica na sobrevivência diferencial de entidades. Algumas entidades vivem e outras morrem, mas, afim de que esta morte seletiva tenha algum impacto no mundo, mais uma condição deve ser satisfeita. Cada entidade deve existir sob a forma de muitas cópias e algumas das entidades, pelo menos, devem ser *potencialmente* capazes de sobreviver – sob a forma de cópias – durante um período significativo de tempo evolutivo. As unidades genéticas pequenas possuem essas propriedades, o que não acontece com indivíduos, grupos e espécies. Constituiu a grande realização de Gregor Mendel mostrar que as unidades hereditárias podem, na prática, ser tratadas como partículas indivisíveis e independentes. Hoje em dia sabemos que isto é um pouco simplificado demais. Até mesmo um cistron é, ocasionalmente, divisível e dois genes quaisquer sobre o mesmo cromossomo não são inteiramente independentes. O que fiz foi definir um gene como uma unidade que *aproxima-se*, em alto grau, do ideal de partícula indivisível. Um gene não é indivisível, mas é raramente dividido. Ou ele está definitivamente presente ou definitivamente ausente no corpo de um indivíduo qualquer. O gene viaja intacto de avô para neto, passando diretamente pela geração intermediária sem se fundir a outros genes. Se eles continuamente se misturassem uns com os outros, a seleção natural, como a entendemos atualmente, seria impossível. A propósito, isto foi provado quando Darwin ainda estava vivo, o que lhe preocupou muito, pois naquela época assumia-se que a hereditariedade era um processo de mistura.

A descoberta de Mendel já havia sido publicada e ela poderia ter salvo Darwin, mas, infelizmente, ele nunca teve conhecimento dela. Aparentemente ninguém a leu até vários anos depois de Darwin e Mendel terem ambos morrido. Mendel talvez não tivesse compreendido o significado de suas descobertas, caso contrário possivelmente teria escrito a Darwin.

Outro aspecto do caráter de partícula do gene é que ele não fica senil. Ele não tem maior probabilidade de morrer quando tem um milhão de anos de idade do que quando tem apenas cem. Ele pula de corpo para corpo ao longo das gerações, manipulando um após o outro de sua própria maneira, e para seus próprios fins, abandonando uma sucessão de corpos mortais antes que estes mergulhem na senilidade e morte.

Os genes são os imortais, ou melhor, são definidos como entidades genéticas que chegam perto de merecer o título. Nós, as máquinas de sobrevivência individuais no mundo, podemos esperar viver mais algumas décadas. Os genes no mundo, porém, têm uma expectativa de vida que deve ser medida não em décadas mas em milhares e milhões de anos.

Nas espécies de reprodução sexual o indivíduo constitui uma unidade genética grande e temporária demais para que possa ser considerado uma unidade importante de seleção natural. O grupo de indivíduos é uma unidade ainda maior. Do ponto de vista genético, os indivíduos e os grupos são como nuvens no céu ou tempestades de areia no deserto. São agregados ou federações temporárias, não são estáveis ao longo do tempo evolutivo. As populações podem durar bastante, mas estão constantemente misturando-se com outras populações e assim perdendo sua identidade. Estão também sujeitas à mudança evolutiva interna. A população não é uma entidade discreta o suficiente para ser uma unidade de seleção natural e não é estável e unitária o suficiente para ser “selecionada” em favor de outra população.

Um corpo individual parece bastante discreto enquanto dura, mas quanto d isto? Cada indivíduo é único. Você não pode obter evolução selecionando entidades quando existe apenas uma cópia de cada uma! A reprodução sexual não é replicação. Da mesma forma como uma população é contaminada por outras populações, também a posteridade de um indivíduo é contaminada por aquela de seu parceiro sexual. Seus filhos são apenas metade de você, seus netos apenas um quarto. Dentro de algumas gerações, o máximo que você pode esperar é um grande número de descendentes, cada um deles exibindo apenas uma porção minúscula de você – alguns genes – mesmo que alguns tenham também seu sobrenome.

Os indivíduos não são estáveis, são passageiros. Os cromossomos também caem no esquecimento pelo baralhamento, como as cartas de um jogador logo depois de serem carteadas. Mas, as cartas em si sobrevivem ao baralhamento. Elas são os genes. Estes não são destruídos pela recombinação, simplesmente trocam de parceiros e continuam em frente. Evidentemente continuam, esta é sua profissão. Eles são os replicadores e nós suas máquinas de sobrevivência. Quando cumprimos nossa missão somos postos de lado. Mas os genes são habitantes do tempo geológico: são para sempre.

Os genes, como os diamantes, são para sempre, mas não exatamente da mesma maneira como estes últimos. É o cristal individual de diamante que dura, como um padrão inalterado de átomos. As moléculas de DNA não têm este tipo de permanência. A vida de uma molécula física qualquer de DNA é bastante curta – talvez uma questão de meses, certamente não mais do que a duração de uma vida. Mas, teoricamente, uma molécula de DNA poderia viver sob a forma de cópias de si mesma por cem milhões de anos. Além disto, da mesma maneira como os antigos replicadores no caldo primitivo, as cópias de um gene em particular poderão estar distribuídas por todo o mundo. A diferença é que as versões modernas são todas elas ajeitadamente acondicionadas dentro dos corpos de máquinas de sobrevivência.

O que estou fazendo é enfatizar a quase imortalidade potencial de um gene, sob a forma de cópias, como a propriedade que o define. Definir um gene como um único cistron serve para alguns propósitos, mas para a teoria da evolução é preciso ampliá-lo. O grau de ampliação é determinado pelo objetivo da definição. Queremos encontrar a unidade prática da seleção natural. Para fazê-lo começamos identificando as propriedades que uma unidade de seleção natural bem sucedida deve

ter. Nos termos do capítulo passado, estas são longevidade, fecundidade e fidelidade de cópia. Então, simplesmente definimos um “gene” como a maior entidade que pelo menos potencialmente, possui essas propriedades. O gene é um replicador de vida longa, existindo sob a forma de muitas cópias duplicadas. Não é infinitamente duradouro. Mesmo um diamante não é literalmente eterno e até um cistron pode ser dividido em dois pela recombinação. O gene é definido como um pedaço de cromossomo, curto o bastante para durar, potencialmente, *o suficiente* para funcionar como uma unidade significante da seleção natural.

Exatamente quanto é “o suficiente”? Não há uma resposta rígida e inalterável. Dependerá de quão severa é a “pressão” da seleção natural, isto é, de quanto mais provável é uma unidade genética “má” morrer em comparação com seu alelo “bom”. Este é um problema de detalhe quantitativo que variará de caso para caso. Em geral se verificará que a maior unidade prática de seleção natural – o gene – estará em algum lugar da escada entre o cistron e o cromossomo.

É a sua potencial imortalidade que torna o gene um bom candidato a unidade básica da seleção natural. Mas, chegou a hora de enfatizar a palavra “potencial”. Um gene *pode* viver um milhão de anos, mas muitos genes novos não passam nem mesmo de sua primeira geração. Os novos bem sucedidos o são, em parte, porque têm sorte, mas, principalmente, porque têm o que é preciso, o que significa que são bons em fazer máquinas de sobrevivência. Possuem efeito sobre o desenvolvimento embrionário de todo corpo sucessivo no qual se encontram, de tal forma que cada corpo tenha uma pequena probabilidade a mais de viver e reproduzir-se do que teria sob a influência do gene rival ou alelo. Um gene “bom”, por exemplo, poderá garantir sua sobrevivência tendo a tendência a dotar os corpos sucessivos nos quais se encontra de pernas longas as quais ajudam esses corpos a escapar de predadores. Este é um exemplo particular, não universal. Pernas longas, afinal de contas, nem sempre são vantajosas. Par" uma toupeira seriam um empecilho. Ao invés de nos prendermos a detalhes, podemos pensar em alguma qualidade universal que esperaríamos encontrar em todos os genes bons (isto é, os de vida longa)? E, reciprocamente, quais as propriedades que distinguem instantaneamente um gene “ruim”, de vida curta? Talvez hajam várias dessas propriedades universais, mas há uma delas que é particularmente relevante para este livro: ao nível do gene, o altruísmo deve ser mau e o egoísmo bom. Isto decorre inexoravelmente de nossas definições de altruísmo e egoísmo. Os genes estão competindo diretamente com seus alelos pela sobrevivência, uma vez que estes últimos, no “fundo” de genes, concorrem com eles pelas fendas nos cromossomos das gerações futuras. Qualquer gene que se comporte de modo a aumentar sua própria probabilidade de sobrevivência no “fundo” de genes às custas de seus alelos tenderá, por definição e tautologicamente, a sobreviver. O gene é a unidade básica do egoísmo.

A principal mensagem deste capítulo foi, agora, apresentada. Mas, passei por cima de algumas complicações e pressuposições ocultas. A primeira complicação já foi mencionada resumidamente. Não importa quão independentes e livres sejam os genes em sua viagem através das gerações, eles efetivamente *não* são agentes livres e independentes em seu controle do desenvolvimento embrionário. Colaboram e interagem de maneiras inextricavelmente complexas, tanto uns com os outros como com seu ambiente externo. Expressões como “gene para pernas longas” ou “gene para comportamento altruístico” são figuras de retórica convenientes, mas é importante entender o que significam. Não há nenhum gene, que, por si só, construa uma perna, longa ou curta. A construção de uma perna é um empreendimento de cooperação entre muitos genes. As influências do ambiente externo também são indispensáveis. Afinal de contas, as pernas são, na realidade, feitas de alimento! Mas, poderá muito bem haver um único gene que, outras coisas se mantendo constantes, tenda a fazer as pernas mais longas do que seriam sob a influência de seu alelo.

Como uma analogia pense na influência de um fertilizante, por exemplo nitrato, no crescimento do trigo. Todos sabem que o trigo cresce mais na presença do nitrato do que em sua ausência. Mas ninguém seria tolo a ponto de afirmar que o nitrato por si só possa fazer uma planta de trigo. A semente, o solo, o sol, a água e vários minerais são, é claro, igualmente necessários. Mas, se todos esses outros fatores forem mantidos constantes, e mesmo se for permitido que variem dentro de certos limites, a adição de nitrato fará o trigo crescer mais. O mesmo ocorre com genes

isolados no desenvolvimento de um embrião. O desenvolvimento embrionário é controlado por uma rede intrincada de relações tão complexa que é melhor não a considerarmos. Nenhum fator isolado, genético ou ambiental, pode ser considerado como a “causa” única de qualquer parte de um bebê. Todas essas partes têm um número quase infinito de causas antecedentes. Porém, uma *diferença* entre um dado bebê e outro, por exemplo uma diferença no comprimento da perna, poderá facilmente ser imputada a uma ou a algumas diferenças precedentes simples, quer no ambiente quer nos genes. São *diferenças* que importam na luta competitiva para sobreviver. E são diferenças controladas geneticamente que importam na evolução.

No que se refere a um gene seus alelos são seus rivais mortais, mas outros genes são igualmente parte de seu ambiente, comparáveis à temperatura, alimento, predadores ou companheiros. O efeito do gene depende de seu ambiente, o qual inclui outros genes. Algumas vezes um gene tem um efeito na presença de outro gene específico e efeito completamente diferente na presença de outro conjunto de genes companheiros. O conjunto todo de genes em um corpo constitui uma espécie de clima ou “background” genético, modificando e influenciando os efeitos de qualquer gene em particular.

Agora, porém, parece que temos um paradoxo. Se a construção de um bebê é um empreendimento cooperativo tão intrincado e se cada gene necessita de vários milhares de outros genes para completar sua tarefa, como podemos reconciliar isto com minha imagem de genes indivisíveis, pulando como cabritos imortais de um corpo a outro ao longo das eras, os agentes livres, desimpedidos e interesseiros da vida? Seria tudo isto bobagem? Absolutamente.

Talvez eu tenha sido levado um pouco longe demais pelas passagens rebuscadas, mas não estava falando bobagem e não há um paradoxo verdadeiro. Podemos explicar isto por meio de outra analogia.

Um remador sozinho não pode vencer a competição de remo da Universidade de Oxford ou de Cambridge. Necessita de oito colegas. Cada um deles é um especialista que senta-se sempre numa parte específica do barco – na proa, na posição do voga, do patrão, etc. Remar é um empreendimento cooperativo, porém, alguns homens são assim mesmo melhores do que outros. Suponha que um treinador tenha que escolher sua equipe ideal a partir de um conjunto de candidatos, alguns especializados na posição de proa, outros na

Um remador sozinho não pode vencer a competição de remo da Universidade de Oxford ou de Cambridge. Necessita de oito colegas. Cada um deles é um especialista que senta-se sempre numa parte específica do barco – na proa, na posição do voga, do patrão, etc. Remar é um empreendimento cooperativo, porém, alguns homens são, assim mesmo, melhores do que outros. Suponha que um treinador tenha que escolher sua equipe ideal a partir de um conjunto de candidatos, alguns especializados na posição de proa, outros na de mestre de barco, e assim por diante. Suponha que ele faça sua seleção da seguinte forma. Cada dia reúne três novas equipes tentativas misturando ao acaso os candidatos a cada posição e fazendo as três equipes competirem entre si. Após algumas semanas começará a ficar claro que o barco vencedor freqüentemente tem a tendência a conter os mesmos indivíduos. Estes são identificados como bons remadores. Outros indivíduos parecem se encontrar consistentemente em equipes mais vagarosas e são eventualmente rejeitados. Porém, mesmo um remador excepcionalmente bom poderá, algumas vezes, ser membro de uma equipe vagarosa, quer devido à inferioridade dos outros membros, quer devido à má sorte – por exemplo, um vento contrário forte. É apenas *em média* que os melhores homens tenderão a se encontrar no barco vencedor.

Os remadores são genes. Os concorrentes a cada lugar no barco são ale-los potencialmente capazes de ocupar a mesma fenda ao longo do cromossomo. Remar rapidamente corresponde a construir um corpo bem sucedido em sobreviver. O vento é o ambiente externo. O estoque de candidatos alternativos é o “pool” de genes. No que se refere à sobrevivência de um corpo qualquer, todos seus genes estão no mesmo barco. Muitos genes bons caem em má companhia e se vêem compartilhando um corpo com um letal o qual elimina este corpo na infância. O gene bom, então, é destruído juntamente com o resto. Porém, isto é apenas um corpo e réplicas do mesmo gene bom

continuam vivendo em outros corpos que não possuam o gene letal. Muitas cópias de genes bons são eliminadas, pois calham compartilhar um corpo com genes maus e muitas perecem por outros exemplos de falta de sorte, como quando seu corpo é atingido por um raio. Porém, a sorte, boa ou má, por definição age ao acaso e um gene que está consistentemente perdendo não tem falta de sorte: é um gene mau.

Uma das qualidades de um bom remador é trabalho de equipe, a capacidade de cooperar com o resto da tripulação e nela se enquadrar. Isto poderá ser tão importante quanto músculos fortes. Como vimos no caso das borboletas, a seleção natural poderá inconscientemente “editar” um complexo gênico por meio de inversões e outros movimentos grosseiros de fragmentos de cromossomos, desta forma reunindo em grupos firmemente ligados, genes que cooperam bem. Mas, há também um sentido no qual genes que não estão de forma alguma ligados fisicamente podem ser selecionados pela sua compatibilidade mútua. Um gene que cooperar bem com a maioria dos outros genes que ele tenha probabilidade de encontrar em corpos sucessivos, isto é, os genes em todo o resto do “fundo”, tenderá a ter vantagem.

Por exemplo, vários atributos são desejáveis no corpo de um carnívoro eficiente, entre eles dentes cortantes e afiados, o tipo certo de intestino para digerir carne e muitos outros. Um herbívoro eficiente, por outro lado, necessita de dentes planos para moer e um intestino muito mais longo com um tipo diferente de química digestiva. Em um “fundo” de genes de herbívoros qualquer gene novo que desse a seus possuidores dentes afiados para comer carne não teria muito sucesso. Isto se dá não porque comer carne seja universalmente uma má idéia, mas porque não se pode comer carne eficientemente a menos que se tenha também o tipo certo de intestino e todos os outros atributos de um modo de vida carnívoro. Os genes para dentes afiados de carnívoro não são intrinsecamente maus, só em um “fundo” de genes dominado por genes para qualidades de herbívoros.

Esta é uma idéia sutil e complicada. É complicada porque o “ambiente” de um gene consiste em grande parte de outros genes, cada um dos quais, por sua vez, sendo selecionado segundo sua habilidade de cooperar com o *seu* ambiente consistindo de outros genes. Uma analogia adequada para lidar com este assunto sutil de fato existe, mas não provém da experiência cotidiana. É a analogia com a “teoria dos jogos” humana, a qual será introduzida no Capítulo 5 com relação a disputas agressivas entre animais. Portanto, adio outras discussões sobre este assunto até o fim daquele capítulo e retorno à mensagem central deste. E esta é a de que é melhor não considerar a espécie, nem a população e nem mesmo o indivíduo como a unidade básica da seleção natural, mas uma unidade pequena de material genético a qual é conveniente rotular de gene. O ponto chave do argumento, como apresentado acima, foi a suposição de que os genes são potencialmente imortais, enquanto que os corpos e todas as outras unidades superiores são temporárias. Esta suposição baseia-se em dois fatos: a reprodução sexual e a recombinação, e a mortalidade individual. Esses fatos são inegavelmente verdadeiros. Isto, porém, não nos impede de perguntar porque eles são verdadeiros. Por que nós e a maioria das outras máquinas de sobrevivência praticamos a reprodução sexual? Por que nossos cromossomos se recombinaem? E por que não vivemos para sempre?

A pergunta sobre porque morremos de velhice é complexa e os detalhes estão além do objetivo deste livro. Além das razões particulares, algumas mais gerais têm sido propostas. Uma teoria, por exemplo, é que a senilidade representa um acúmulo deletério de erros de cópia e outros tipos de injúria aos genes que ocorrem durante a vida do indivíduo. Outra teoria, de autoria de “Sir” Peter Medawar, é um bom exemplo de pensamento evolutivo em termos de seleção de genes. Em primeiro lugar Medawar rejeita argumentos tradicionais tais como: “os indivíduos velhos morrem como um ato de altruísmo para com o resto da espécie, pois se continuassem vivos quando estivessem decrépitos demais para se reproduzir apinhariam o mundo sem nenhum objetivo.” Como Medawar salienta, este é um argumento circular, pressupondo o que ele tenta provar, ou seja, que os animais velhos são decrépitos demais para se reproduzir. É também um tipo de explicação por seleção de grupo ou seleção de espécie ingênuo, embora esta parte possa ser expressa de maneira mais respeitável. A própria teoria de Medawar tem uma bela lógica. Podemos chegar até ela da seguinte maneira.

Já nos perguntamos quais os atributos mais gerais de um gene “bom” e resolvemos que o “egoísmo” era um deles. Mas, outra qualidade geral que os genes bem sucedidos terão é a tendência a adiar a morte de suas máquinas de sobrevivência pelo menos até depois da reprodução. Sem dúvida, alguns de seus primos e tios-avôs morreram durante a infância, mas absolutamente a nenhum de seus antepassados ocorreu o mesmo. Os antepassados simplesmente não morrem jovens!

O gene que faz com que seu possuidor morra é chamado de gene letal. Um gene semi-letal tem algum efeito debilitante, de modo que ele torna a morte por outras causas mais provável. Qualquer gene exerce seu efeito máximo sobre o corpo em algum estágio particular da vida e os letais e semi-letais não constituem exceção. A maioria dos genes exerce sua influência durante a vida fetal, outros durante a infância, o começo da vida adulta, a meia-idade e outros, ainda, na velhice. (Pense que uma lagarta e a borboleta na qual ela se transforma têm exatamente o mesmo conjunto de genes.) Os genes letais, evidentemente, terão a tendência a ser removidos do “fundo” de genes. É óbvio também, porém, que um gene letal de efeito tardio será mais estável no “fundo” do que um gene letal de efeito precoce. Um gene letal num corpo mais velho ainda poderá ser bem sucedido no “pool”, desde que seu efeito letal não apareça até depois do corpo ter tido tempo de deixar pelo menos alguns descendentes. Um gene que fizesse com que corpos velhos contraíssem câncer, por exemplo, poderia ser transmitido para muitos descendentes, pois os indivíduos se reproduziriam antes de apanhar a doença. Por outro lado, um gene que fizesse corpos de adultos jovens contrair câncer não seria transmitido a muitos descendentes, e um que fizesse crianças pequenas contrair câncer fatal não seria transmitido a absolutamente nenhum descendente. Então, segundo esta teoria, a deterioração por senilidade é simplesmente um subproduto do acúmulo, no “fundo”, de genes letais e semi-letais de efeito tardio, aos quais foi possível passar pela rede da seleção natural simplesmente porque têm efeito tardio.

O aspecto que o próprio Medawar enfatiza é que a seleção favorecerá os genes que tens o efeito de adiar a atuação de genes letais e favorecerá também aqueles que tenham a ação de apressar o efeito de genes bons. Talvez ocorra que uma boa parte da evolução consista em mudanças geneticamente controladas na ocasião do início da atividade gênica.

É importante notar que esta teoria não requer que se faça qualquer suposição prévia no que se refere à reprodução ocorrer apenas em certas idades. Tomando como pressuposição inicial que todos os indivíduos têm a mesma probabilidade de ter um filho em qualquer idade, a teoria de Medawar rapidamente prediria o acúmulo no “fundo” de genes deletérios de efeito tardio. A tendência dos indivíduos se reproduzirem menos na velhice seguir-se-ia como uma consequência secundária.

Abrindo um parêntese, uma das boas características desta teoria é que ela nos leva a especulações bastante interessantes. Decorre dela, por exemplo, que se quiséssemos prolongar a duração da vida humana haveria duas maneiras gerais pelas quais poderíamos fazê-la. Em primeiro lugar, poderíamos proibir a reprodução antes de uma certa idade, por exemplo, quarenta anos. Depois de alguns séculos o limite mínimo de idade seria elevado para cinquenta e assim por diante. É presumível que a longevidade humana pudesse ser estendida desta forma até vários séculos. Não posso imaginar que alguém seriamente gostaria de instituir tal política.

Em segundo lugar, poderíamos tentar “enganar” os genes e fazê-los pensar que o corpo em que estão é mais jovem do que na realidade o é. Isto significaria, na prática, identificar as mudanças no ambiente químico interno do corpo que ocorrem durante o envelhecimento. Qualquer uma dessas poderiam ser os “sinais” que “ligam” genes letais de efeito tardio. Talvez seja possível impedir o acionamento de genes deletérios de efeito tardio estimulando as propriedades químicas superficiais de um corpo jovem. O aspecto interessante é que os sinais químicos de velhice não precisam, em qualquer sentido comum, ser deletérios em si. Suponha, por exemplo, que casualmente ocorra que uma substância *S* seja mais concentrada no corpo de indivíduos velhos do que de jovens. *S* em si poderá ser bastante inofensiva, talvez alguma substância na comida que acumula-se no corpo com o passar do tempo. Automaticamente, porém, qualquer gene que por acaso exercesse um efeito deletério na presença de *S*, mas que de outra forma tivesse um efeito favorável, seria selecionado positivamente no “fundo” e *seria*, de fato, um gene “para” morte de velhice.

O que é revolucionário a respeito desta idéia é que o próprio *S* é apenas um “rótulo” para velhice. Qualquer médico que notasse que altas concentrações de *S* tendem a levar à morte, provavelmente imaginaria a substância como um tipo de veneno e quebraria a cabeça para descobrir uma ligação causal direta entre *S* e o mau funcionamento do corpo. No caso de nosso exemplo hipotético, porém, ele talvez estivesse perdendo seu tempo!

Talvez haja também uma substância *Y*, um “rótulo” para juventude no sentido de que é mais concentrada em corpos jovens do que em velhos. Novamente, poderiam ser selecionados genes que tivessem bons efeitos na presença de *Y*, mas que fossem deletérios em sua ausência. Sem possuir qualquer maneira de saber o que são *S* ou *Y* – poderia haver muitas substâncias deste tipo – podemos simplesmente fazer a previsão geral de que quanto mais se possa estimular ou imitar as propriedades de um corpo jovem em um velho, não importando quão superficiais essas propriedades pareçam, mais tempo o corpo velho deveria viver.

Devo enfatizar que essas são apenas especulações baseadas na teoria de Medawar. Embora haja um sentido no qual esta teoria deve, logicamente, ter algo de verdadeiro, isto não significa necessariamente que seja a explicação correta para qualquer exemplo prático dado de deterioração por senilidade. O que interessa aqui é que a idéia de evolução por seleção de genes não encontra dificuldade em explicar a tendência dos indivíduos a morrer quando se tornam velhos. A pressuposição da mortalidade individual, a qual está no centro de nosso argumento neste capítulo, é justificável dentro dos moldes da teoria.

A outra pressuposição que dissimulei, a da existência da reprodução sexual e da recombinação, é mais difícil de justificar. A recombinação nem sempre tem que acontecer. Os machos da mosca-das-frutas não a apresentam. Há um gene que tem o efeito de suprimi-la igualmente nas fêmeas. Se criássemos uma população de moscas na qual este gene fosse universal, o cromossomo em um “fundo” cromossômico tornar-se-ia a unidade básica indivisível da seleção natural. De fato, se seguissemos nossa definição até sua conclusão lógica, um cromossomo inteiro teria que ser considerado um “gene.”

Ainda, alternativas ao sexo efetivamente existem. As fêmeas do pulgão podem gerar descendentes vivos do mesmo sexo, sem pai, cada qual contendo todos os genes de sua mãe. (A propósito, um embrião no “útero” de sua mãe poderá ter um embrião ainda menor dentro de seu próprio útero. Assim, um pulgão pode dar à luz uma filha e uma neta simultaneamente, ambas equivalentes a suas próprias irmãs gêmeas idênticas). Muitas plantas propagam-se vegetativamente emitindo brotos. Neste caso talvez preferamos falar em *crescimento* e não em reprodução. Mas, se pensarmos no assunto, existe de qualquer forma, uma distinção bastante pequena entre crescimento e reprodução não-sexual, uma vez que ambos se dão por divisão celular mitótica simples. Algumas vezes as plantas produzidas por reprodução vegetativa destacam-se da “mãe”. Em outros casos, por exemplo no olmo, os brotos unidos à planta-mãe permanecem intactos. Todo um bosque de olmo pode, de fato, ser considerando um único indivíduo.

A pergunta então é : se pulgões e olmos não o fazem, por que o resto de nós tem tanto trabalho em misturar os genes com aqueles de outra pessoa antes de fazermos um bebê? Parece uma maneira estranha de agir. Por que o Celso, esta perversão bizarra da replicação direta, jamais se originou? Para que serve o sexo?

Esta é uma pergunta extremamente difícil para um evolucionista responder. A maioria das tentativas sérias de respondê-la envolvem raciocínio matemático sofisticado. Francamente a evitarei, a não ser para dizer uma coisa. E esta é que pelo menos parte da dificuldade que os teóricos têm em explicar a evolução do sexo resulta do fato deles habitualmente considerarem que os indivíduos tentam maximizar o número de seus genes que sobrevivem. Nestes termos o sexo parece paradoxal porque é uma maneira “ineficiente” de um indivíduo propagar seus genes: cada filho tem apenas 50 por cento dos genes do indivíduo, os outros 50 por cento sendo fornecidos pelo parceiro sexual. Se ele ao menos pudesse, como um pulgão, originar filhos que fossem réplicas exatas de si mesmo, ele passaria 100 por cento de seus genes para a geração seguinte no corpo de cada um deles. Este aparente paradoxo levou alguns teóricos a adotar o selecionismo de grupo, uma vez que é

relativamente fácil pensar em vantagens do sexo ao nível de grupo. Como W. F. Bodmer re-sumiu, o sexo “facilita o acúmulo em um único indivíduo de mutações vantajosas que originaram-se separadamente em diferentes indivíduos.”

O paradoxo, porém, parece menos paradoxal se seguirmos o argumento deste livro e tratarmos o indivíduo como uma máquina de sobrevivência construída por uma confederação efêmera de genes duradouros. Vê-se então que a “eficiência” do ponto de vista do indivíduo total é irrelevante. A sexualidade versus a não-sexualidade será considerada um atributo sob o controle de um único gene, exatamente como olhos azuis versus olhos castanhos. Um gene “para” sexualidade manipula todos os outros genes para seus próprios fins egoístas. O gene para recombinação faz o mesmo. Existem até genes – chamados mutadores – que manipulam as taxas de erros de cópias em outros genes. Um erro de cópia, por definição, é desvantajoso para o gene que é copiado erroneamente. Se for vantajoso para o gene mutador egoísta que o induz, porém, este último poderá difundir-se no “pool” de genes. Da mesma maneira, se a recombinação beneficia um gene para recombinação, isto é explicação suficiente para a existência deste mecanismo. E se a reprodução sexual, comparada a não-sexual, beneficia um gene para reprodução sexual, isto é explicação suficiente para a existência desta última. É comparativamente irrelevante se ela beneficia ou não todo o restante dos genes de um indivíduo. Do ponto de vista do gene egoísta o sexo não é, afinal de contas, tão bizarro.

Isto se aproxima perigosamente de um argumento circular, já que a existência da sexualidade é uma condição prévia para toda a cadeia de raciocínio que termina com o gene sendo considerado a unidade da seleção. Acredito que hajam maneiras de escapar da circularidade, mas este livro não é o local apropriado para examinar a questão. O sexo existe, isto é verdade. Constitui uma consequência do sexo e da recombinação que a pequena unidade genética ou gene possa ser considerada a coisa mais próxima que temos de um agente independente fundamental da evolução.

O sexo não é o único aparente paradoxo que torna-se menos enigmático assim que aprendemos a pensar em termos do gene egoísta. Por exemplo, aparentemente a quantidade de DNA nos organismos é maior do que o estritamente necessário para construí-los: uma grande fração dele nunca é traduzido para proteínas. Do ponto de vista do organismo individual isto parece paradoxal. Se o “propósito” do DNA é supervisionar a construção de corpos, é surpreendente encontrar uma grande quantidade de DNA que não o faz. Os biólogos estão quebrando a cabeça tentando imaginar que tarefa útil este DNA aparentemente em excesso está realizando. Do ponto de vista dos genes egoístas em si, no entanto, não há paradoxo. O verdadeiro “propósito” do DNA é sobreviver, nem mais nem menos. A maneira mais simples de explicar o DNA em excesso é supor que é um parasita ou pelo menos um passageiro inofensivo mas inútil, dando um passeio nas máquinas de sobrevivência criadas pelo outro DNA.

Algumas pessoas objetam ao que consideram uma visão da evolução excessivamente centrada no gene. Afinal de contas, argumentam, são indivíduos inteiros com todos seus genes que na realidade vivem ou morrem. Espero ter dito o suficiente neste capítulo para mostrar que de fato não há discordância com isto. Assim como barcos inteiros vencem ou perdem corridas, são de fato indivíduos que vivem ou morrem, e a manifestação *imediate* da seleção natural é, quase sempre, ao nível de indivíduo. As consequências a longo prazo da sorte e sucesso reprodutivo individuais não-aleatórios manifestam-se sob a forma de frequências alteradas no “fundo” de genes. Este último exerce, com algumas reservas, o mesmo papel para os replicadores modernos que exercia o caldo primitivo para os replicadores originais. O sexo e a recombinação cromossômica têm o efeito de preservar a fluidez do equivalente moderno do caldo. Devido ao sexo e à recombinação o “fundo” de genes é mantido bem misturado e os genes parcialmente baralhados. A evolução é o processo por meio do qual alguns genes tornam-se mais numerosos e outros menos no “fundo” gênico. Quando quer que estejamos tentando explicar a evolução de alguma característica, como o comportamento altruísta, é bom adquirir o hábito de perguntarmo-nos simplesmente: “que efeito esta característica terá sobre as frequências de genes no “fundo”?” Às vezes a linguagem de genes torna-se um pouco tediosa e para brevidade e destaque utilizaremos metáforas. Mas sempre estaremos céticos a seu

respeito a fim de fazer certo que podem ser traduzidas novamente para a linguagem de genes, se for preciso.

No que se refere ao gene, o “fundo” é exatamente o novo tipo de caldo onde aquele subsiste. A única coisa que mudou é que hoje em dia ele subsiste cooperando com grupos sucessivos de companheiros retirados do “fundo” de genes para construir uma máquina de sobrevivência mortal após outra. É às próprias máquinas de sobrevivência e ao sentido no qual se pode dizer que os genes controlam seu comportamento que nos dedicamos no próximo capítulo.

A MÁQUINA GÊNICA

As máquinas de sobrevivência começaram como receptáculos passivos para os genes, fornecendo pouco mais do que paredes para protegê-los da guerra química de seus rivais e da destruição pelo bombardeio molecular acidental. Nos primeiros tempos elas “alimentavam-se” de moléculas orgânicas disponíveis à vontade no caldo. Esta vida fácil terminou quando o alimento orgânico no caldo que havia sido lentamente formado sob a influência energética de vários séculos de luz solar, foi todo consumido. Um ramo importante de máquinas de sobrevivência, agora chamado de plantas, começou a utilizar a luz solar diretamente para construir moléculas complexas a partir de outras simples, restabelecendo a uma velocidade muito maior os processos sintéticos do caldo original. Um outro ramo, agora conhecido como animais, “descobriu” como explorar o trabalho químico das plantas, quer comendo-as, quer comendo outros animais. Ambos os principais ramos de máquinas de sobrevivência desenvolveram truques cada vez mais engenhosos a fim de aumentar sua eficiência nos vários modos de vida e destes últimos, outros novos estão sendo continuamente inaugurados. Sub-ramos e ramos ainda menores desenvolveram-se, cada qual sobressaindo-se numa maneira especializada específica de ganhar a vida: no mar, na terra, subterraneamente, em cima de árvores, dentro de outros corpos vivos. Esta ramificação deu origem à diversidade imensa de animais e plantas que tanto nos impressiona hoje em dia.

Tanto os animais como as plantas desenvolveram-se em corpos multicelulares, cópias completas de todos os genes sendo distribuídas a cada célula. Não sabemos quando, porque, ou quantas vezes independentemente isto ocorreu. Alguns usam a metáfora de uma colônia, descrevendo um corpo como uma colônia de células. Prefiro imaginar o corpo como uma colônia de genes e a célula como uma unidade funcional conveniente para as indústrias químicas daqueles.

Talvez eles sejam colônias de genes, mas, em seu comportamento, os corpos inegavelmente adquiriram uma individualidade própria. Um animal move-se como um todo coordenado, como uma unidade. Subjetivamente, sinto-me como uma unidade, não como uma colônia. E isto era de se esperar. A seleção favoreceu os genes que cooperam entre si. Na competição feroz por recursos escassos, na luta implacável por comer outras máquinas de sobrevivência e evitar ser comido, deve ter havido um prêmio para a coordenação central e não para a anarquia dentro do corpo comum. Hoje em dia a intrincada evolução conjunta mútua dos genes estendeu-se a tal ponto que a natureza coletiva de uma máquina de sobrevivência individual é praticamente irreconhecível. Muitos biólogos, de fato, não a aceitam e discordarão de mim.

Felizmente para o que os jornalistas chamariam de “credibilidade” do resto deste livro, a discordância é em grande parte acadêmica. Da mesma forma como não é conveniente falar sobre quanta e partículas fundamentais quando discutimos o funcionamento de um carro, assim também é muitas vezes tedioso e desnecessário constantemente introduzir genes quando discutimos o comportamento de máquinas de sobrevivência. Como uma aproximação, na prática é geralmente conveniente considerar o corpo individual como um agente “tentando” aumentar o número de todos os seus genes nas gerações futuras. Usarei a linguagem da conveniência. Salvo alguma afirmação em contrário, “comportamento altruísta” e “comportamento egoísta” significarão o comportamento dirigido de um corpo animal para outro.

Este capítulo trata de *comportamento* – o truque do movimento rápido que tem sido, em grande parte, explorado pelo ramo animal das máquinas de sobrevivência. Os animais tornaram-se veículos ativos e vigorosos dos genes: máquinas gênicas. A característica do comportamento, como os biólogos utilizam o termo, é ele ser rápido. As plantas movem-se mas muito vagarosamente. Quando vistas em um filme muito acelerado as trepadeiras parecem animais ativos. A maior parte do movimento das plantas, entretanto, é, na realidade, crescimento irreversível. Os animais, por outro lado, desenvolveram fomas de se movimentar centenas de milhares de vezes mais rapidamente.

Além disto, os movimentos que realizam são reversíveis e podem ser repetidos um número indefinido de vezes.

O dispositivo desenvolvido pelos animais para conseguir movimento rápido foi o músculo. Os músculos são máquinas que utilizam a energia armazenada no combustível químico para gerar movimento mecânico, da mesma forma como a máquina à vapor e o motor de combustão interna. A diferença é que a força mecânica imediata de um músculo é gerada sob a forma de tensão e não de pressão de gás como no caso das duas outras máquinas. Os músculos, todavia, são como máquinas no sentido de freqüentemente exercerem força sobre cabos e alavancas com dobradiças. As alavancas são, em nós, conhecidas como ossos, os cabos como tendões e as dobradiças como articulações. Sabe-se bastante sobre o mecanismo molecular pelo qual os músculos trabalham, mas acho mais interessante a questão de como as contrações musculares são reguladas.

Você alguma vez observou uma máquina artificial de certa complexidade, uma máquina de costura ou de tricô, um tear, uma fábrica de engarrafamento automático, ou uma enfardadeira de feno? A força motriz vem de algum lugar, de um motor elétrico, por exemplo, ou de um tratar. Muito mais surpreendente, porém, é a regulação complicada das operações. Válvulas abrem e fecham na ordem certa, garras de aço habilmente dão um nó ao redor de um fardo de feno e então, exatamente no momento certo, uma lâmina projeta-se e corta a corda. Em muitas máquinas artificiais a regulação é obtida por meio da carne, esta invenção brilhante. Ela transforma o movimento rota-tório simples em um padrão rítmico complexo de operações, por meio de uma roda excêntrica ou de forma especial. O princípio da caixa de música é semelhante. Outras máquinas como o órgão à vapor e a pianola utilizam cilindros de papel ou cartões perfurados segundo um padrão. Recentemente tem havido uma tendência a substituir estes reguladores mecânicos simples por outros eletrônicos. Os computadores digitais são exemplos de dispositivos eletrônicos grandes e versáteis que podem ser usados para gerar padrões complexos regulados de movimento. O componente básico de uma máquina eletrônica moderna, como o computador, é o semicondutor, do qual o transistor é um exemplo familiar.

As máquinas de sobrevivência parecem ter deixado de lado completamente a carne e o cartão perfurado. O mecanismo que utilizam para regular seus movimentos tem mais em comum com o computador eletrônico, embora seja rigorosamente diferente no funcionamento básico. A unidade fundamental dos computadores biológicos, a célula nervosa ou neurônio, na realidade não se parece em nada a um transistor em seu funcionamento interno. O código pelo qual os neurônios comunicam-se entre si, sem dúvida, se parece um pouco com os códigos de pulsações dos computadores digitais, mas o neurônio individual é uma unidade de processamento de dados muito mais sofisticada do que o transistor. Em vez de ter apenas três conexões com outros componentes, um único neurônio poderá ter dezenas de milhares. Ele é mais Vagaroso do que o transistor, mas avançou muito mais em direção à miniaturização, a tendência que tem dominado a indústria eletrônica nas últimas duas décadas. Isto é ilustrado pelo fato de que existem cerca de dez bilhões de neurônios no cérebro humano: você poderia acondicionar apenas poucas centenas de transistores em um crânio.

As plantas não têm necessidade do neurônio, pois obtêm seu sustento sem se movimentarem, mas ele é encontrado na grande maioria dos grupos animais. Talvez tenha sido “descoberto” cedo na evolução animal e herdado por todos os grupos, ou talvez tenha sido redescoberto independentemente várias vezes.

Os neurônios são, basicamente, apenas células, com um núcleo e cromossomos como as demais. Suas paredes celulares, no entanto, são prolongadas em projeções finas e longas, semelhantes a fios. O neurônio possui, freqüentemente, um “fio” particularmente longo chamado axônio. Embora a espessura do axônio seja microscópica, seu comprimento poderá ser de bem mais de um metro: existem axônios individuais que percorrem toda a extensão do pescoço da girafa. Os axônios estão, geralmente, enfeixados em cabos com muitos fios chamados nervos. Estes estendem-se de uma parte do corpo a outra, levando mensagens, de forma semelhante a cabos de troncos telefônicos. Outros neurônios possuem axônios curtos e estão confinados a concentrações densas de

tecido nervoso chamadas gânglios ou, quando são muito grandes, cérebros. Estes últimos podem ser considerados como tendo função análoga aos computadores. São análogos no sentido de que ambos os tipos de máquinas geram padrões complexos de saída, após a análise de padrões complexos de entrada e após consulta à informação armazenada.

A principal maneira pela qual os cérebros de fato contribuem para o sucesso das máquinas de sobrevivência é controlando e coordenando as contrações dos músculos. Para fazer isto necessitam cabos que se estendam aos músculos, os quais são chamados nervos motores. No entanto, isto só leva à preservação eficiente dos genes se a regulação das contrações musculares tiver alguma relação com a regulação de acontecimentos no mundo exterior. É importante contrair os músculos das mandíbulas apenas quando elas contiverem alguma coisa que valha à pena ser mordida, e contrair os músculos da perna em configurações de corrida apenas quando há alguma coisa para a qual ou da qual valha à pena correr. Devido a isto, a seleção natural favoreceu os animais que equiparam-se com órgãos dos sentidos, dispositivos que traduzem os padrões de eventos físicos no mundo externo para o código de pulsações dos neurônios. O cérebro é conectado aos órgãos dos sentidos – olhos, ouvidos, papilas gustativas, etc. – por meio de cabos chamados nervos sensoriais. O funcionamento dos sistemas sensoriais podem realizar feitos muito mais sofisticados de reconhecimento de padrões do que as melhores e mais caras máquinas feitas pelo homem. Se assim não fosse, todas as datilógrafas seriam supérfluas, sobrepujadas por máquinas de reconhecimento da linguagem falada ou por máquinas para a leitura de manuscritos. As datilógrafas humanas ainda serão necessárias muitas décadas.

Talvez tenha havido uma época na qual os órgãos dos sentidos comunicavam-se mais ou menos diretamente com os músculos. As anêmonas marinhas, de fato, não estão, hoje, muito longe deste estado, pois ele é eficiente para seu modo de vida. Porém, para se obter um relacionamento mais complexo e indireto entre a regulação de acontecimentos no mundo externo e a regulação das contrações musculares, foi necessário algum tipo de cérebro como intermediário. Um avanço notável foi a “invenção” evolutiva da memória. por meio deste dispositivo a regulação das contrações musculares pode ser influenciada não apenas por acontecimentos do passado imediato, mas também por acontecimentos do passado distante. A memória ou armazenamento é, igualmente, uma parte essencial de um computador digital. As memórias dos computadores são mais confiáveis do que as humanas, mas têm menos capacidade e são muito menos sofisticadas em suas técnicas de recuperação de informação.

Uma das propriedades mais surpreendentes do comportamento de máquinas de sobrevivência é sua aparente intencionalidade. Com isto não quero dizer apenas que este comportamento parece estar corretamente calculado para ajudar os genes do animal a sobreviver, embora, evidentemente, ele esteja. Estou me referindo a uma analogia mais próxima do comportamento humano intencional. Quando observamos um animal “procurar” alimento, um parceiro sexual, ou um filhote extraviado, dificilmente podemos deixar de atribuir-lhe alguns dos sentimentos subjetivos que nós próprios experimentamos quando fazemos o mesmo. Estes sentimentos poderão incluir o “desejo” por algum objeto, um “quadro mental” do objeto desejado, ou um “propósito” ou “objetivo em vista”. Cada um de nós sabe, a partir da evidência de sua própria introspecção, que pelo menos em uma máquina de sobrevivência moderna esta intencionalidade desenvolveu a propriedade que chamamos de “consciência”. Não sou filósofo o suficiente para discutir o que isto significa, mas felizmente não importa para nossos propósitos aqui porque é fácil falar sobre máquinas que se comportam *como se fossem* motivadas por uma finalidade e deixar em aberto a questão sobre se elas realmente são conscientes. Estas máquinas são, basicamente, muito simples e os princípios do comportamento intencional inconsciente estão entre os lugares-comuns da Engenharia. O exemplo clássico é o governador de vapor de Watt.

O princípio fundamental envolvido é chamado retroalimentação negativa, da qual existem várias formas diferentes. O que acontece, em geral, é o seguinte. A “máquina finalista”, aquela máquina ou coisa que se comporta como se tivesse um propósito consciente, é equipada com algum tipo de mecanismo de medida, o qual mede a discrepância entre o estado atual e o estado

“desejado”. A máquina é construída de tal forma que quanto maior for esta discrepância, mais arduamente ela trabalhará. Desta maneira a máquina automaticamente tenderá a reduzir a discrepância – por isto chama-se retroalimentação *negativa* – e poderá, de fato, parar se o estado “desejado” for atingido. O governador de Watt consiste de um par de bolas que são giradas por uma máquina a vapor. Cada bola se localiza na extremidade de um braço articulado. Quanto mais rapidamente as bolas giram, mais a força centrífuga empurra os braços em direção a uma posição horizontal, esta tendência sendo resistida pela gravidade. Os braços estão ligados à válvula de vapor que alimenta a máquina, de tal forma que o fluxo deste tende a ser interrompido quando os braços se aproximam da posição horizontal. Assim, se a máquina funciona rapidamente demais parte do vapor será fechada e a máquina tenderá a funcionar mais lentamente. Se ela se torna lenta demais, mais vapor lhe será automaticamente fornecido através da válvula e ela acelerará novamente. Máquinas finalistas como esta freqüentemente oscilam devido à correção excessiva e à atuação retardada. Constitui parte da perícia do engenheiro introduzir mecanismos adicionais a fim de reduzir as oscilações.

O estado “desejado” do governador de Watt é uma velocidade específica de rotação. Ele, é claro, não a deseja conscientemente. O “objetivo” de uma máquina é definido simplesmente como aquele estado ao qual ela tende a voltar. As máquinas finalistas modernas utilizam extensões de princípios básicos, como retroalimentação negativa, para obter um comportamento “aparentemente vivo” muito mais complexo. Os mísseis guiados, por exemplo, parecem buscar ativamente seu alvo e quando o têm em mira parecem persegui-la, levando em conta suas curvas e voltas evasivas e, algumas vezes, até mesmo “prevendo-as” ou “antecipando-as”. Não vale a pena entrar nos detalhes de como isto é feito. Estes envolvem retroalimentação negativa de vários tipos, “avante – alimentação” e outros princípios bem compreendidos pelos engenheiros e que agora se sabe estão extensamente envolvidos no funcionamento de corpos vivos. Nada que remotamente se aproxime de consciência precisa ser postulado, embora um leigo, observando o comportamento aparentemente deliberado e intencional do míssil, ache difícil acreditar que ele não está sob o controle direto de um piloto humano.

Constitui uma concepção errônea comum a idéia de que por uma máquina tal como um míssil guiado ter sido originalmente planejada e construída pelo homem consciente, então deve, na verdade, estar sob o controle imediato deste. Outra variante desta falácia é que “os computadores na realidade não jogam xadrez, pois só podem fazer aquilo que um operador humano lhes mandar”. É importante compreendermos porque isto é falacioso, uma vez que afeta nossa compreensão do sentido no qual se pode dizer que os genes “controlam” o comportamento. O xadrez de computador é um exemplo bastante bom para ilustrar a questão, de modo que discutirei-o rapidamente.

Os computadores ainda não jogam xadrez tão bem quanto os grão-mestres humanos, mas atingiram o padrão de um bom amador. Mais exatamente, deveria-se dizer que os *programas* atingiram o padrão de um bom amador, pois um programa para jogo de xadrez não se incomoda com que computador físico ele usa para desempenhar suas habilidades. Então, qual é o papel do programador humano? Em primeiro lugar, ele não manipula o computador a todo instante, como um titereiro puxando os cordões. Isto seria trapacear. Ele escreve o programa, coloca-o no computador e então este último fica só: não há intervenção humana subsequente, a não ser o adversário datilografando seus movimentos. Será que o programador antecipa todas as posições possíveis do xadrez e fornece ao computador uma longa lista de movimentos adequados, um para cada eventualidade possível? Certamente não, pois o número de posições possíveis no xadrez é tão grande que o mundo terminaria antes que a lista estivesse completa. Pela mesma razão, o computador absolutamente não pode ser programado para experimentar “em sua cabeça” todos os movimentos e todas as conseqüências possíveis, até encontrar uma estratégia para a vitória. Há mais jogos de xadrez possíveis do que átomos na galáxia. Isto é suficiente a respeito de pseudo-soluções triviais para o problema de programar um computador para jogar xadrez. Na realidade, este é um problema extremamente difícil e não surpreende que os melhores programas ainda não tenham atingido o nível de grão-mestres.

O verdadeiro papel do programador é mais semelhante àquele do pai ensinando seu filho a jogar xadrez. Ele diz ao computador quais os movimentos básicos do jogo, não separadamente para cada posição inicial possível, mas em termos de regras expressadas mais economicamente. Ele não diz literalmente em inglês claro “os bispos movem-se em diagonal”, mas diz alguma coisa matematicamente equivalente tal como (mas mais resumidamente): “novas coordenadas para o bispo são obtidas a partir de coordenadas antigas adicionando-se a mesma constante, embora não necessariamente com o mesmo sinal, tanto à coordenada antiga x como à coordenada antiga y .” O programador poderá então programar alguns “conselhos”, escritos no mesmo tipo de linguagem matemática ou lógica, mas correspondendo, em termos humanos, a sugestões tais como “não deixe seu rei desprotegido”, ou a truques úteis como “forking” com o cavalo. Os detalhes são intrigantes, mas nos levariam longe demais. O importante é o seguinte. Quando está realmente jogando, o computador está só e não pode esperar ajuda de seu mestre. A única coisa que o programador pode fazer é preparar o computador *de antemão* da melhor maneira possível com um equilíbrio apropriado entre listas de conhecimento e sugestões sobre estratégias e técnicas.

Os genes também controlam o comportamento de suas máquinas de sobrevivência, não diretamente com seus dedos nos cordões dos bonecos, mas indiretamente como o programador de um computador. A única coisa que podem fazer é preparar a máquina de sobrevivência *de antemão*. Ela então estará só e os genes apenas poderão acomodar-se passivamente dentro dela. Por que eles são tão passivos? Por que não pegam as rédeas e assumem a direção a cabida instante? A resposta é que eles não podem fazer isto devido a problemas de retardamento. Isto é exemplificado melhor por outra analogia, tirada da ficção científica. A *for Andromeda** de Fred Hoyle e John Elliot é uma história excitante e como toda boa ficção científica possui algumas questões científicas interessantes por trás. O livro, estranhamente, parece não conter menção explícita a mais importante destas questões subjacentes. Ela é deixada à imaginação do leitor. Espero que os autores não se importem se a explícito aqui.

Há uma civilização a 200 anos-luz de distância, na constelação de Andrômeda. Eles querem difundir sua cultura a mundos distantes. Qual a melhor maneira de fazê-lo? A viagem direta está fora de cogitação. A velocidade da luz impõe um limite superior teórico à velocidade pela qual se pode ir de um lugar a outro no universo e considerações mecânicas impõem, na prática, um limite muito inferior. Além disto, talvez não hajam tantos mundos assim aos quais valha a pena ir, e como se pode saber em que direção ir? O rádio é uma maneira melhor de se comunicar com o resto do universo, já que se tivermos a potência suficiente para transmitir os sinais em todas as direções, em vez de irradiá-los em uma direção apenas, poderemos atingir um grande número de mundos (este número aumenta segundo o quadrado da distância que o sinal viaja). As ondas de rádio viajam à velocidade da luz, o que significa que o sinal leva 200 anos para alcançar a Terra a partir de Andrômeda. O problema com uma distância desta natureza é que não se pode manter uma conversação. Mesmo se descontarmos o fato de que cada mensagem sucessiva a partir da Terra seria transmitida por pessoas separadas entre si por doze gerações, seria simplesmente um desperdício tentar conversar a tais distâncias.

Este problema logo surgirá seriamente para nós: as ondas de rádio levam cerca de quatro minutos para viajar entre a Terra e Marte. Não há dúvida de que os astronautas terão que se desacostumar a conversar por sentenças curtas alternadas e terão que utilizar solilóquios ou monólogos longos mais semelhantes a cartas do que a conversas. Como outro exemplo, Roger Payne lembrou que a acústica do mar tem certas propriedades peculiares, de modo que o “canto” extremamente alto da baleia corcunda poderia, teoricamente, ser ouvido em todo o mundo, desde que as baleias nadem a uma certa profundidade. Não se sabe se elas realmente comunicam-se entre si a grandes distâncias, mas se o fazem devem ter o mesmo problema que um astronauta em Marte. A velocidade do som na água é tal que levaria quase duas horas para o canto viajar através do Oceano Atlântico e a resposta voltar. Sugiro isto como explicação para o fato de que as baleias

* N. T. – *Ameaça de Andrômeda*, trad. Jorge Fonseca, Ed. Livros do Brasil, col. Argonauta n. 98, Lisboa, s/ data.

emitem um solilóquio contínuo, sem se repetirem, durante oito minutos. Voltam, então, para o começo do canto e repetem-no inteiramente, assim muitas vezes, cada ciclo completo durando aproximadamente oito minutos.

Os habitantes de Andrômeda da história fizeram a mesma coisa. Como não tinha sentido esperar uma resposta, reuniram tudo o que queriam dizer em uma única mensagem ininterrupta enorme e então irradiaram-na para o espaço, repetindo-a muitas vezes, com um ciclo de vários meses. Sua mensagem, no entanto, era muito diferente daquela das baleias. Consistia em instruções codificadas para a construção e programação de um computador enorme. As instruções, evidentemente, não estavam em nenhuma língua humana, mas quase qualquer código pode ser decifrado por um criptográfico habilidoso, especialmente se seus autores desejaram que ele fosse facilmente decifrado. Captada pelo radiotelescópio de Jodrell Bank na Inglaterra, a mensagem foi eventualmente decifrada, o computador construído e o programa processado. Os resultados foram quase desastrosos para a humanidade, pois as intenções dos habitantes de Andrômeda não eram universalmente altruístas e o computador estava a caminho de se tornar ditador do mundo antes que o herói eventualmente o eliminasse com um machado.

De nosso ponto de vista a questão interessante é em que sentido se poderia dizer que os habitantes de Andrômeda estavam manipulando eventos na Terra. Eles não tinham controle direto sobre o que o computador fazia a cada instante. Eles não tinham, de fato, nenhuma maneira de saber, inclusive, que o computador havia sido construído, pois a informação teria levado 200 anos para voltar a eles. As decisões e ações do computador eram inteiramente suas. Ele não poderia nem mesmo recorrer a seus mestres para pedir instruções sobre o plano de ação geral. Todas as suas instruções tinham que ser incorporadas antecipadamente devido à barreira inviolável dos 200 anos. Ele deve ter sido programado, em princípio, de maneira semelhante a um computador de jogo de xadrez, mas com maior flexibilidade e capacidade para absorver informação local. E isto porque o programa tinha que ser projetado para funcionar não apenas na Terra mas em qualquer mundo que possuísse uma tecnologia avançada, qualquer um de um conjunto de mundos cujas condições detalhadas os habitantes de Andrômeda não tinham possibilidade de conhecer.

Da mesma maneira como os habitantes de Andrômeda tinham que possuir um computador na Terra para tomar suas decisões cotidianas, nossos genes têm que construir um cérebro. Os genes, no entanto, não são apenas os habitantes de Andrômeda que mandam as instruções codificadas, são também as próprias instruções. O motivo pelo qual eles não podem manipular nossos cordões de bonecos diretamente é a mesma : intervalos. Os genes funcionam controlando a síntese protéica. Esta é uma maneira poderosa de manipular o mundo, mas é vagarosa. Leva meses de um paciente puxar de cordões de proteína para formar um embrião. A característica básica do comportamento, por outro lado, é que ele é rápido. Ele trabalha não numa escala de meses mas de segundos e frações de segundos. Alguma coisa acontece no mundo, uma coruja surge por cima, um farfalho no capim alto denuncia a presa e em milissegundos sistemas nervosos entram em ação, músculos arremetem e a vida de alguém é salva – ou perdida. Os genes não têm tempos de reação como esses. Como os habitantes de Andrômeda, os genes apenas podem fazer o melhor possível *antecipadamente* construindo um computador executante rápido para si e programando-o de antemão com regras e “conselhos” para lidar com tantas eventualidades quantas possam “antecipar”. A vida, porém, como o jogo de xadrez, oferece eventualidades diferentes possíveis em número grande demais para que todas possam ser antecipadas. Como o programador de xadrez, os genes têm que “instruir” suas máquinas de sobrevivência não quanto a aspectos específicos, mas quanto a estratégias e truques gerais da arte de viver.

Como J. Z. Young lembrou, os genes têm que realizar uma tarefa análoga à predição. Quando o embrião de uma máquina de sobrevivência está sendo construído os perigos e problemas de sua vida estão no futuro. Quem pode saber que carnívoros estão agachados esperando-o atrás daqueles arbustos, ou que presa veloz se lançará e ziguezagueará em seu caminho? Nenhum profeta humano e nem tampouco nenhum gene. Algumas previsões gerais, porém, podem ser feitas. Os genes de ursos polares podem prever com segurança que o futuro de sua máquina de sobrevivência ainda não

nascida será frio. Eles não imaginam isto como uma profecia, não imaginam nada: simplesmente fazem uma cobertura espessa de pelos, pois é isto que sempre fizeram antes em corpos anteriores e é por isso que ainda existem no “pool” de genes. Prevêem também que o solo estará coberto de neve e esta previsão assume a forma da construção da cobertura de pelos de cor branca, portanto camuflada. Se o clima das regiões árticas mudasse tão rapidamente que o filhote do urso nascesse em um deserto tropical, as previsões dos genes estariam erradas e estes pagariam o preço. O filhote morreria e eles dentro dele.

A previsão em um mundo complexo é uma coisa arriscada. Toda decisão que uma máquina de sobrevivência toma é uma jogada arriscada e constitui uma tarefa dos genes programar os cérebros de antemão de modo que em média eles tornem decisões que compensem. A moeda corrente utilizada no cassino da evolução é a sobrevivência, mais exatamente a sobrevivência do gene, mas a sobrevivência do indivíduo é, para muitos propósitos, uma aproximação razoável. Se você vai à cacimba beber água, aumenta seu risco de ser comido por predadores que vivem de emboscar presas em cacimbas. Se você não vai à cacimba eventualmente morrerá de sede. Há riscos para qualquer lado que você se vire e é preciso tomar a decisão que maximize as chances de sobrevivência a longo prazo de seus genes. Talvez a melhor política seja adiar o beber até que você tenha muita sede, e então ir até lá e beber longamente, de modo que lhe seja suficiente por muito tempo. Desta forma você reduziria o número de visitas separadas à cacimba, mas teria que passar muito tempo com a cabeça abaixada quando finalmente fosse beber. Por outro lado, a melhor jogada talvez seja beber pouco muitas vezes, apanhando goles rápidos de água enquanto passa correndo pela cacimba. Qual é a melhor estratégia depende de muitas coisas complexas, sendo importante entre elas o hábito de caça dos predadores, o qual, por sua vez, foi desenvolvido para ter eficiência máxima do ponto de vista destes últimos. Algum tipo de avaliação das possibilidades tem que ser feito. Mas, evidentemente, não temos que imaginar que o animal faça os cálculos conscientemente. Apenas temos que acreditar que os indivíduos cujos genes construíram cérebros de maneira que tenham a tendência a fazer jogadas carretas, terão, como consequência direta, maior probabilidade de sobreviver e portanto de propagar aqueles mesmos genes.

Podemos levar a metáfora do jogo um pouco mais longe. Um jogador deve pensar em três quantidades importantes: a aposta, as possibilidades e o prêmio. Se o prêmio é muito grande o jogador estará preparado para arriscar uma aposta alta. Um jogador que arrisca tudo em uma única jogada sujeita-se a ganhar muito. E também sujeita-se a perder muito, mas jogadores de apostas altas, em média, não são mais nem menos favorecidos do que outros que disputam ganhos pequenos com apostas baixas. Uma comparação análoga é aquela entre investidores especuladores e investidores seguros na bolsa de valores. Sob certos aspectos a bolsa é uma analogia melhor do que um cassino, porque os cassinos são manejados deliberadamente em favor do banco (o que significa, a rigor, que os jogadores de apostas altas, em média, acabarão mais pobres do que os jogadores de apostas baixas e estes acabarão mais pobres do que aqueles que absolutamente não jogam. Mas isto é devido a um motivo que não é importante para nossa discussão). Se isto for ignorado, tanto o jogo alto como o baixo parecem razoáveis. Haverá jogadores animais que apostam alto e outros que fazem um jogo mais conservador? No Capítulo 9 veremos que é freqüentemente possível imaginar os machos como jogadores de apostas e risco elevados e as fêmeas como investidores seguros, especialmente em espécies polígamas nas quais os machos competem pelas fêmeas. Os naturalistas que lerem este livro poderão ser capazes de pensar em espécies que possam ser descritas como jogadores de apostas e risco elevados e outras que fazem um jogo mais conservador. Volto agora ao tema mais geral de como os genes fazem “previsões” sobre o futuro.

Uma maneira dos genes resolverem o problema de fazer previsões em ambientes bastante imprevisíveis é incorporar a capacidade de aprender. Aqui, o programa poderá assumir a forma das seguintes instruções à máquina de sobrevivência: “eis aqui uma lista de coisas definidas como gratificantes: gosto doce na boca, orgasmo, temperatura moderada, uma criança sorrindo. E eis aqui uma lista de coisas desagradáveis: vários tipos de dor, náusea, estômago vazio, uma criança gritando. Se por acaso você fizer alguma coisa que for seguida por uma das coisas desagradáveis, não o faça novamente, mas, por outro lado, repita qualquer coisa seguida por uma das coisas boas.”

A vantagem deste tipo de programação é que ele reduz grandemente o número de regras detalhadas que devem ser introduzidas no programa original. E ele é também capaz de lidar com mudanças no ambiente as quais não poderiam ter sido previstas com detalhe. Por outro lado, certas previsões ainda precisam ser feitas. Em nosso exemplo, os genes prevêm que o gosto doce na boca e o orgasmo serão “bons” no sentido de que comer açúcar e copular provavelmente serão benéficos à sobrevivência do gene. De acordo com este exemplo, a possibilidade da existência da sacarina e da masturbação não é antecipada. Tampouco são antecipados os perigos da ingestão excessiva de açúcar em nosso meio, onde ele existe em abundância não natural.

Estratégias de aprendizagem têm sido utilizadas em alguns programas para jogo de xadrez por computador. Esses programas de fato melhoram à medida que jogam contra adversários humanos ou contra outros computadores. Embora estejam equipados com um repertório de regras e táticas, também possuem uma pequena tendência aleatória introduzida em seu procedimento de decisão. Eles registram decisões anteriores e quando quer que ganhem um jogo aumentam ligeiramente o peso atribuído à tática que precedeu a vitória, de modo que na vez seguinte têm um pouco mais de probabilidade de escolher novamente a mesma tática.

Um dos métodos mais interessantes de prever o futuro é a simulação. Se um general deseja saber se um plano militar específico será melhor do que outros alternativos ele tem um problema de previsão. Existem variáveis desconhecidas no clima, no moral de suas tropas e nas possíveis medidas defensivas do inimigo. Uma maneira de descobrir se ele é um plano bom é experimentá-lo e verificar, mas é indesejável usar este teste para todos os planos tentativos imagináveis, se não por outra razão simplesmente porque o suprimento de rapazes preparados para morrer “por sua pátria” é exaurível e o suprimento de planos possíveis é muito grande. É melhor experimentar os vários planos em manobras do que em situações reais. Isto poderá assumir a forma de exercícios em larga escala com os “Azuis” combatendo os “Vermelhos”, utilizando-se munição de festim, mas mesmo isto é dispendioso em tempo e materiais. Jogos de guerra poderão ser realizados menos dispendiosamente com soldadinhos de chumbo e pequenos tanques de brinquedo sendo movidos sobre um mapa.

Recentemente os computadores têm assumido grande parte da função de simulação, não apenas em estratégia militar mas em todos os campos onde a previsão do futuro é necessária, campos como Economia, Ecologia, Sociologia e muitos outros. A técnica funciona da seguinte maneira. Um modelo de algum aspecto do mundo é montado no computador. Isto não significa que se você desparafusasse a tampa veria uma pequena imitação em miniatura dentro, com a mesma forma do objeto simulado. No computador que joga xadrez não há nenhuma “imagem mental” dentro do banco de memória que possa ser reconhecida como um tabuleiro de xadrez com cavalos e peões sobre ele. O tabuleiro de xadrez e sua posição num dado instante seriam representados por listas de números codificados eletronicamente. Para nós um mapa é um modelo em miniatura em escala de uma parte do mundo, comprimido em duas dimensões. Em um computador, um mapa seria representado, mais provavelmente, por uma lista de cidades e outros locais, cada qual com dois números – sua latitude e sua longitude. Mas não importa como o computador realmente guarda o modelo do mundo em sua cabeça, desde que o guarde de forma que possa operar sobre ele, manipulá-lo, realizar experimentos e comunicar-se de volta com os operadores humanos em termos que estes possam entender. Através da técnica da simulação batalhas em miniatura podem ser ganhas ou perdidas, aviões de passageiros podem voar ou cair, políticas econômicas podem levar à prosperidade ou à ruína. Em cada caso todo o processo ocorre dentro do computador em uma pequena fração do tempo que levaria na situação real. Há, evidentemente, bons e maus modelos do mundo, e mesmo os bons são apenas aproximações. Nenhuma simulação pode prever exatamente o que acontecerá na realidade, mas uma boa simulação é muito preferível à tentativa e erro cegos. A simulação poderia ser chamada de tentativa e erro substitutivos, um termo infelizmente já apropriado há muito tempo pelos psicólogos de ratos.

Se a simulação é uma idéia tão boa poderíamos esperar que as máquinas de sobrevivência a tivessem descoberto primeiro. Afinal de contas, elas inventaram muitas das outras técnicas da

Engenharia humana muito antes que surgíssemos: a lente de focalização e o refletor parabólico, a análise de frequência de ondas sonoras, o servocontrole, o sonar, o armazenamento auxiliar de informação de entrada e inúmeras outras com nomes longos, cujos detalhes não importam. E com respeito à simulação? Bem, quando você próprio tem uma decisão difícil a tomar envolvendo fatores desconhecidos do futuro, você de fato faz um tipo de simulação. Você *imagina* o que aconteceria se seguisse cada uma das alternativas disponíveis. Estabelece um modelo em sua cabeça, não de tudo no mundo, mas do conjunto restrito de entidades que você acha que talvez sejam relevantes. Poderá ver estas últimas distintamente em seu olho mental, ou poderá ver e manipular suas abstrações estilizadas. Em qualquer caso, é pouco provável que exista disposto em algum lugar de seu cérebro um modelo espacial real dos acontecimentos que você está imaginando. Exatamente como no computador, porém, os detalhes de como seu cérebro representa o modelo do mundo são menos importantes do que o fato dele ser capaz de usar e prever eventos possíveis. As máquinas de sobrevivência que podem simular o futuro estão um passo à frente das máquinas de sobrevivência que podem apenas aprender com base na tentativa e erro manifestos. O problema com a tentativa manifesta é que ela custa tempo e energia. E o problema com o erro manifesto é que ele é frequentemente fatal. A simulação é ao mesmo tempo mais segura e mais rápida.

A evolução da capacidade de simular parece ter culminado na consciência subjetiva. Porque isto aconteceu é para mim o mais profundo mistério com o qual se defronta a Biologia moderna. Não há razão para supor que os computadores eletrônicos estejam conscientes quando simulam, embora tenhamos que admitir que no futuro eles talvez o fiquem. Talvez a consciência se origine quando a simulação que o cérebro faz do mundo se toma tão completa que precisa incluir um modelo de si mesma. Os membros e o corpo de uma máquina de sobrevivência devem, obviamente, constituir uma parte importante de seu mundo simulado. Pela mesma razão, presumivelmente, a própria simulação poderia ser considerada parte do mundo a ser simulado. Outra palavra para isto poderia, de fato, ser “auto-consciência”, mas não acho esta explicação plenamente satisfatória para a evolução da consciência, e isto não apenas porque ela envolve uma regressão infinita – se há um modelo do modelo, por que não um modelo do modelo do modelo...?

Quaisquer que sejam os problemas filosóficos suscitados pela consciência, para os propósitos desta história ela pode ser imaginada como a culminação de uma tendência evolutiva dirigida à emancipação das máquinas de sobrevivência, enquanto tomadoras de decisões executivas, de seus derradeiros mestres, os genes. Os cérebros não estão apenas encarregados do controle contínuo das ocupações das máquinas de sobrevivência, mas adquiriram também a habilidade de prever o futuro e agir de acordo. Têm até mesmo o poder de rebelarem-se contra os ditames dos genes, por exemplo ao recusar ter tantos filhos quanto são capazes. A este respeito, porém, o homem é um caso muito especial, como veremos.

O que tudo isto tem a ver com altruísmo e egoísmo? Estou tentando formar a idéia de que o comportamento animal, altruísta ou egoísta, está sob o controle dos genes apenas em um sentido indireto, embora assim mesmo muito poderoso. Ditando a maneira pela qual as máquinas de sobrevivência e seus sistemas nervosos são construídos, os genes exercem o poder final sobre o comportamento. Mas as decisões a cada instante sobre o que fazer em seguida são assumidas pelo sistema nervoso. Os genes são os fazedores primários dos planos de ação, os cérebros são os executantes. Mas à medida que os cérebros tornaram-se mais altamente evoluídos assumiram cada vez mais as decisões reais sobre os planos de ação, usando, ao fazê-lo, truques tais como a aprendizagem e a simulação. A conclusão lógica desta tendência, ainda não atingida em qualquer espécie, seria os genes darem à máquina de sobrevivência uma única instrução global sobre o programa de ação: o que achar melhor para nos manter vivos.

É fácil fazer analogias com computadores e com a tomada de decisões pelo homem. Mas agora devemos voltar à realidade e lembrar que a evolução de fato ocorre por etapas, através da sobrevivência diferencial dos genes no “fundo”. Portanto, para que um padrão de comportamento – altruísta ou egoísta – se desenvolva é necessário que um gene “para” este comportamento sobreviva no “fundo” com maior sucesso que um gene rival ou alelo “para” um comportamento diferente. Um

gene para comportamento altruísta significa qualquer gene que influencie o desenvolvimento de sistemas nervosos de tal maneira que faça com que seja mais provável estes se comportarem altruisticamente. Há alguma evidência experimental de herança genética do comportamento altruísta? Não, mas isto não surpreende, pois pouco tem sido feito com relação à Genética de qualquer tipo de comportamento. Em vez disso, deixe-me falar-lhe sobre um estudo de padrão de comportamento o qual não parece obviamente altruísta, mas que é complexo o suficiente para ser interessante. Ele serve de modelo sobre como o comportamento altruísta poderá ser herdado.

As abelhas de mel sofrem de uma doença infecciosa chamada cria pútrida, a qual ataca as larvas em suas células. Das variedades domésticas utilizadas pelos apicultores algumas estão mais ameaçadas pela cria pútrida do que outras, e verifica-se que a diferença entre as linhagens, pelo menos em alguns casos, é comportamental. Existem linhagens assim chamadas higiênicas que eliminam epidemias rapidamente localizando as larvas infectadas, puxando-as de suas células e lançando-as para fora da colméia. As linhagens são suscetíveis porque não praticam este infanticídio higiênico. O comportamento efetivamente envolvido na higiene é bastante complicado. As operárias precisam localizar a célula de cada larva doente, remover a tampa de cera desta, puxar a larva para fora, arrastá-la através da porta da colméia e lançá-la no depósito de detritos.

Realizar experimentos de Genética com abelhas é uma tarefa complicada por várias razões. As próprias operárias normalmente não se reproduzem, de modo que é preciso cruzar uma rainha de uma linhagem com um zangão (ou seja, um macho) de outra e em seguida examinar o comportamento das operárias geradas. Foi isto que W. C. Rothenbuhler fez. Ele verificou que todas as colméias híbridas de primeira geração eram não-higiênicas. O comportamento do progenitor higiênico parecia ter sido perdido, embora, como se verificou depois, os genes higiênicos ainda estivessem presentes, mas eram recessivos, como os genes humanos para olhos azuis. Quando Rothenbuhler cruzou “para trás” híbridos de primeira geração com uma linhagem higiênica pura (usando novamente, é claro, rainhas e zangões) ele obteve um belo resultado. As colméias filhas enquadraram-se em três grupos. Um deles apresentou comportamento higiênico perfeito, outro não apresentou comportamento higiênico nenhum e o terceiro grupo ficou no meio termo. Este último grupo destampou as células de cera das larvas doentes, mas não prosseguiu jogando estas para fora. Rothenbuhler supôs que talvez hajam dois genes separados, um par para destampar e outro para jogar para fora. As linhagens higiênicas normais possuem ambos, as linhagens suscetíveis, em vez disso, possuem seus alelos (rivais). Os híbridos que ficaram no meio termo presumivelmente possuíam o gene para destampar (em dose dupla), mas não o gene para jogar para fora. Rothenbuhler supôs que seu grupo experimental de abelhas à primeira vista completamente não higiênicas talvez encobrisse um subgrupo possuindo o gene para lançar para fora, mas incapaz de revelá-lo porque faltava-lhes o gene para destampar. Ele confirmou isto elegantemente removendo ele próprio as tampas. Com efeito, metade das abelhas aparentemente não higiênicas, então, apresentaram o comportamento de jogar para fora perfeitamente normal.

Esta história ilustra vários pontos importantes que surgiram no capítulo anterior. Ela mostra que pode ser perfeitamente apropriado falar de “um gene para tal comportamento”, mesmo se não temos nenhuma idéia da cadeia química de causas embrionárias que levam do gene ao comportamento. A cadeia causal poderia até mesmo envolver aprendizagem. Poderia ocorrer, por exemplo, que o gene para destampar exercesse seus efeitos dando às abelhas predileção por cera infectada. Isto significa que elas achariam recompensador comer as tampas de cera que cobrem as vítimas da doença e portanto tenderiam a repetir este comportamento. Mesmo se o gene realmente funcionar assim, ele ainda será, de fato, um gene “para destampar”, desde que, outros fatores se mantendo constantes, as abelhas que possuem o gene efetivamente destampem e aquelas que não o possuem não o façam.

Em segundo lugar a história ilustra o fato de que os genes “cooperam” em seus efeitos sobre o comportamento da máquina de sobrevivência coletiva. O gene para jogar para fora é inútil a menos que esteja acompanhado pelo gene para destampar e vice-versa. Entretanto, experimentos genéticos mostram com igual clareza que os dois genes são, em princípio, bastante separáveis em sua viagem

através das gerações. No que se refere a seu funcionamento útil pode-se imaginá-los como uma única unidade cooperadora, mas como genes que se replicam são dois agentes livres e independentes.

Para efeito de discussão será necessário especular sobre genes “para” fazer uma série de coisas improváveis. Se eu falar, por exemplo, sobre um gene hipotético “para salvar companheiros de afogamento” e você achar um conceito desses incrível, lembre-se da história das abelhas higiênicas. Lembre-se que não estamos falando do gene como a única causa antecedente de todas as complexas contrações musculares, integrações sensoriais e até mesmo decisões conscientes envolvidas em salvar alguém de afogamento. Nada estamos dizendo sobre a questão referente a se a aprendizagem, a experiência ou as influências ambientais entram no desenvolvimento do comportamento. Você tem apenas que admitir que é possível um único gene, outras coisas sendo iguais e muitos outros fatores ambientais e genes essenciais estando presentes, fazer um corpo que tenha maior probabilidade de salvar alguém de afogamento do que seu alelo o faria. A diferença entre os dois genes, no fundo, talvez seja uma pequena diferença em alguma variável quantitativa simples. Os detalhes do processo de desenvolvimento embrionário, sem dúvida muito interessantes, são irrelevantes para as considerações evolutivas. Konrad Lorenz expôs isto muito bem.

Os genes são programadores magistrais e programam por sua vida. São julgados de acordo com o sucesso de seus programas em contender com todos os riscos que a vida lança a suas máquinas de sobrevivência e o juiz é o juiz implacável do tribunal da sobrevivência. Veremos mais tarde maneiras pelas quais a sobrevivência do gene pode ser favorecida pelo que aparenta ser um comportamento altruísta. Mas as primeiras prioridades óbvias de uma máquina de sobrevivência e do cérebro que toma as decisões por ela, são a sobrevivência individual e a reprodução. Todos os genes na “colônia” concordariam sobre essas prioridades. Os animais, assim, esforçam-se por encontrar e capturar alimento, por evitar serem eles próprios capturados e comidos, por evitar doenças e acidentes, por protegerem-se de condições climáticas desfavoráveis, por encontrar membros do sexo oposto e persuadi-los a se acasalar e por conferir a seus descendentes vantagens semelhantes àquelas que eles próprios gozam. Não darei exemplos – se você quiser um, simplesmente olhe com cuidado o próximo animal selvagem que encontrar. Quero, porém, mencionar um tipo particular de comportamento porque precisaremos nos referir a ele novamente quando falarmos de altruísmo e egoísmo. É o comportamento que pode ser chamado a grosso modo de *comunicação*.

Pode-se dizer que uma máquina de sobrevivência se comunicou com outra quando ela influencia seu comportamento ou o estado de seu sistema nervoso. Esta não é uma definição que eu gostaria de ter que defender por muito tempo, mas é suficiente para nossos propósitos. Por influência quero dizer influência causal direta. Os exemplos de comunicação são numerosos: o canto nas aves, nos sapos e nos grilos; o balançar da cauda e eriçar dos pêlos em cães; o “arreganhar dos dentes” nos chimpanzés; a linguagem e os gestos humanos. Um grande número de ações das máquinas de sobrevivência promovem o bem-estar de seus genes, indiretamente influenciando o comportamento de outras máquinas de sobrevivência. Os animais esforçam-se por tornar essa comunicação efetiva. Os cantos dos pássaros maravilham e mistificam gerações sucessivas de homens. Já me referi ao canto ainda mais elaborado e misterioso da baleia corcunda, com seu alcance prodigioso e suas frequências abarcando toda a extensão da audição humana, de roncões subsônicos a guinchos ultra-sônicos. As máquinas amplificam seu canto até volumes estentóreos atando para dentro de um buraco que cavam cuidadosamente com a formação de uma trompa exponencial dupla ou megafone. As abelhas dançam no erro para dar a outras abelhas informação precisa sobre a direção e a distância pp alimento, um feito de comunicação rivalizado apenas pela própria língua humana.

A história tradicional dos etólogos é que os sinais de comunicação evoluem para o benefício mútuo tanto do emissor como do receptor. Os pintos, por exemplo, influenciam o comportamento de suas mães soltando pios agudos e penetrantes quando estão perdidos ou com frio. Isto geralmente tem o efeito imediato de chamar a mãe, a qual conduz o pinto de volta à ninhada. Poder-se-ia dizer

que este comportamento desenvolveu-se para o benefício mútuo, no sentido de que a seleção natural favoreceu os filhotes que piam quando estão perdidos, e também as mães que respondem adequadamente ao pio. Se quisermos (não é realmente necessário) poderemos supor que sinais, tais como o pio de chamamento, têm um significado ou carregam informação: neste caso “estou perdido”. Poder-se-ia dizer que o grito de alarme emitido por aves pequenas, o qual mencionei no Capítulo 1, transmite a informação “há um gavião”. Os animais que recebem esta informação e agem de acordo são beneficiados. Pode-se dizer, portanto, que a informação é verdadeira. Mas os animais jamais comunicam informação falsa, jamais mentem? A idéia de um animal mentir se presta à interpretação errônea, de modo que devo tentar prevenir isto. Lembro-me de ter ouvido uma palestra proferida por Beatrice e Allen Gardner sobre sua famosa chimpanzé “falante” Washoe (ela usa a linguagem de sinais americana e sua façanha é de grande interesse potencial para estudantes de línguas). Havia alguns filósofos na platéia e na discussão após a palestra eles estavam muito preocupados com a questão sobre se Washoe poderia mentir. Imaginei que os Gardners acharam que havia coisas mais interessantes sobre as quais falar, e concordei com eles. Neste livro estou usando palavras como “enganar” e “mentir” num sentido muito mais direto do que aqueles filósofos. Eles estavam interessados na intenção consciente de enganar. Estou falando simplesmente sobre ter um efeito funcionalmente equivalente ao engano. Se uma ave usasse o sinal “há um gavião” quando não houvesse nenhum gavião, desta maneira afugentando suas colegas, as quais deixariam-lhe toda sua comida, poderíamos dizer que a ave havia mentido. Não quereríamos dizer que ela havia pretendido deliberadamente enganar de maneira consciente. A única coisa que está implícita é que o mentiroso obteve alimento às custas das outras aves e o motivo porque estas fugiram foi por terem reagido ao grito daquele, de maneira apropriada à presença de um gavião.

Muitos insetos comestíveis, como as borboletas do capítulo anterior, adquirem proteção mimetizando a aparência externa de outros insetos picadores ou de gosto desagradável. Nós próprios somos freqüentemente enganados ao sermos levados a pensar que certas moscas listradas de amarelo e preto são vespas. Algumas moscas que mimetizam abelhas são ainda mais perfeitas em seu engodo. Os predadores mentem igualmente. O diabo-marinho espera pacientemente no fundo do mar, combinando bem com o substrato. A única parte conspícua é um pedaço de carne vermiforme que se contorce na extremidade de uma longa “vara de pescar”, projetada do topo da cabeça. Quando um pequeno peixe se aproxima o diabo-marinho agita sua isca vermiforme em frente deste e atrai-o para a região de sua própria boca escondida. Subitamente ele abre suas mandíbulas e o pequeno peixe é sugado e comido. O diabo-marinho está mentindo, explorando a tendência do pequeno peixe de aproximar-se de objetos vermiformes que se contorcem. Ele está dizendo “aqui há um verme” e qualquer peixe pequeno que “acredite” na mentira é rapidamente comido.

Algumas máquinas de sobrevivência exploram os desejos sexuais de outras. Certas orquídeas induzem abelhas a copular com suas flores, devido a grande semelhança destas com abelhas fêmeas. O que a orquídea tem a ganhar com este engano é polinização, pois uma abelha que é enganada por duas orquídeas acidentalmente levará pólen de uma para outra. Os vaga-lumes (os quais são, na realidade, besouros) atraem seus parceiros sexuais piscando-lhes luzes. Cada espécie possui seu próprio padrão de ponto e traço de lampejo, o qual evita confusão entre espécies e a conseqüente hibridização prejudicial. Da mesma forma como os marinheiros procuram os padrões de lampejo de faróis específicos, também os vaga-lumes buscam os padrões de lampejo codificado de sua própria espécie. As fêmeas do gênero *Photuris* “descobriram” que podem atrair machos do gênero *Photinus* se imitarem o código de lampejo de uma fêmea de *Photinus*. E é isto que fazem. Quando um macho de *Photinus* é enganado pela mentira e se aproxima é sumariamente comido pela fêmea de *Photuris*. As sereias e a Lorelei vêm à mente como analogias, mas os cornualeses preferirão pensar nos ladrões de navios naufragados de antigamente, os quais usavam lanternas para atrair os navios às rochas e então pilhavam a carga que se espalhava dos destroços.

Quando quer que um sistema de comunicação se desenvolva, há sempre o perigo de que alguns o explorem para seus próprios fins. Criados como fomos dentro da idéia de evolução do “bem da espécie”, naturalmente imaginamos antes de mais nada que os mentirosos e enganadores pertencem a espécies diferentes: predadores, presas, parasitas e assim por diante. No entanto,

devemos esperar que mentiras, enganos e exploração egoísta de comunicação apareçam quando quer que os interesses dos genes de indivíduos diferentes diverjam. Isto incluirá indivíduos da mesma espécie. Como veremos, devemos até mesmo esperar que filhos enganem seus pais, que maridos trapaceiem com as esposas e que irmão minta para irmão.

Mesmo a crença de que os sinais de comunicação animal originalmente desenvolvem-se para promover o benefício comum e então, posteriormente, passam a ser explorados por grupos malévolos, é por demais simples. Talvez ocorra que toda a comunicação animal contenha um elemento de engano desde o começo, pois todas as interações animais envolvem pelo menos um certo conflito de interesses. O próximo capítulo introduz uma maneira vigorosa de pensar sobre conflitos de interesse de um ponto de vista evolutivo.

AGRESSÃO: ESTABILIDADE E A MÁQUINA EGOÍSTA

Este capítulo trata principalmente do tópico mulato mal compreendido da agressão. Continuaremos a considerar o indivíduo como uma máquina egoísta, programada para fazer o que for melhor para seus genes como um todo. Esta é a linguagem da conveniência. No final do capítulo voltaremos à linguagem dos genes isolados.

Para uma máquina de sobrevivência outra máquina de sobrevivência (que não seja de própria prole ou outro parente próximo) é parte de seu ambiente, como uma rocha, um rio ou uma porção de alimento. É alguma coisa que a atrapalha ou que pode ser explorada. Difere de uma rocha ou de um rio em um aspecto importante: ela tem a tendência a reagir. Isto porque ela é também uma máquina que guarda seus genes imortais para o futuro e que igualmente não se deterá diante de nada a fim de preservá-los. A seleção natural favorece os genes que controlam suas máquinas de sobrevivência de tal forma que estas façam o melhor uso de seu ambiente. Isto inclui fazer o melhor uso de outras máquinas de sobrevivência, tanto da mesma espécie como de espécies diferentes.

Em alguns casos as máquinas de sobrevivência parecem se influenciar muito pouco. As toupeiras e os melros, por exemplo, não se alimentam uns dos outros, não se acasalam e nem competem por espaço para viver. Mesmo assim não devemos tratá-los como se estivessem completamente isolados. É possível que compitam por alguma coisa, talvez minhocas. Isto não significa que você algum dia verá uma toupeira e um melro envolvidos num cabo-de-guerra, lutando por uma minhoca. De fato, um melro talvez nunca veja uma toupeira em toda sua vida. Mas, se você eliminasse a população de toupeiras, o efeito sobre os melros poderia ser dramático, embora eu não pudesse arriscar um palpite sobre como seriam os detalhes e nem por quais vias tortuosamente indiretas a influência poderia viajar.

As máquinas de sobrevivência de espécies diferentes influenciam-se mutuamente de várias maneiras. Elas poderão ser predadores ou presas, parasitas ou hospedeiros, ou competir por algum recurso raro. Elas poderão ser exploradas de maneiras especiais, como por exemplo quando as abelhas são usadas pelas flores como carregadoras de pólen.

As máquinas de sobrevivência da mesma espécie tendem a influenciar-se mutuamente de forma mais direta. Isto se deve a vários motivos. Um deles é que metade da população da própria espécie poderá ser constituída por parceiros sexuais em potencial e por pais potencialmente trabalhadores e exploráveis para a própria prole. Outro motivo é que os membros da mesma espécie, sendo muito semelhantes entre si e sendo máquinas para preservar genes do mesmo tipo de lugar, com o mesmo tipo de vida, são competidores particularmente diretos por todos os recursos necessários à sobrevivência. Uma toupeira poderá ser um competidor para um melro, mas não é tão importante quanto outro melro. Toupeiras e melros poderão competir por minhocas, mas os melros competem entre si por minhocas e tudo o mais. Se forem membros do mesmo sexo poderão competir também por parceiros sexuais. Por razões que veremos depois geralmente são os machos que competem uns com os outros pelas fêmeas. Isto significa que um macho poderá beneficiar seus próprios genes se fizer alguma coisa prejudicial a outro macho com o qual está competindo.

A política lógica de uma máquina de sobrevivência, portanto, talvez pareça ser assassinar suas rivais e em seguida, de preferência, comê-los. Embora o assassinato e o canibalismo realmente ocorram na natureza, não são tão comuns quanto uma interpretação ingênua da teoria do gene egoísta poderia prever. Konrad Lorenz, de fato, em seu livro *On Aggression*^{*}, enfatiza a natureza contida e cavalheiresca da luta entre os animais. Para ele o aspecto notável a respeito das lutas animais é que elas são torneios formais, realizados de acordo com regras como as de boxe ou

^{*} N. T. – *A Agressão*, trad. Maria Isabel Tamen, Livraria Martins Fontes Editora, Santos, 1973.

esgrima. Os animais lutam com luvas nos punhos e lâminas sem corte. A ameaça e o blefe substituem a seriedade fatal. Os gestos de rendição são reconhecidos pelos vencedores os quais, então, abstêm-se de desferir o golpe ou dentada mortal que nossa teoria ingênua talvez previsse.

Esta interpretação da agressão animal como sendo contida e formal é discutível. Especificamente, sem dúvida é errado condenar o pobre velho *Homo sapiens* como sendo a única espécie que mata seus próprios companheiros, a única herdeira da marca de Caim e acusações melodramáticas semelhantes. O fato de um naturalista enfatizar a violência ou a moderação da agressão animal depende, em parte, dos tipos de animais que ele está acostumado a observar e, em parte, de suas pressuposições evolutivas – Lorenz, afinal de contas, é um adepto do “bem da espécie”. Mesmo que ela tenha sido exagerada, a concepção de “luvas nos punhos” das lutas animais parece encerrar pelo menos alguma coisa de verdadeiro. Superficialmente parece ser uma forma de altruísmo. A teoria do gene egoísta deve enfrentar corajosamente a tarefa difícil de explicá-la. Por que é que os animais não saem todos a matar membros rivais de sua espécie em todas as oportunidades possíveis?

A resposta geral a isto é que há custos assim como benefícios resultantes da belicosidade pura e simples, além dos custos óbvios em tempo e energia. Suponha, por exemplo, que *B* e *C* são ambos meus rivais e eu encontro *B* acidentalmente. Talvez pareça sensível eu tentar, como indivíduo egoísta, matá-lo. Mas espere um momento. *C* é tanto meu rival como de *B*. Matando *B* eu potencialmente estou favorecendo *C* pela remoção de um de seus rivais. Talvez fosse melhor deixar *B* viver, pois ele poderá então competir ou lutar com *C* e desta maneira indiretamente beneficiar-me. A moral deste exemplo hipotético simples é que não há mérito óbvio em tentar matar indiscriminadamente os rivais. Num sistema grande e complexo de rivalidades a remoção de um rival da cena não traz necessariamente nenhuma vantagem: outros rivais talvez tenham maior probabilidade de se beneficiarem com sua morte do que o próprio animal que o eliminou. Este é o tipo de lição desagradável que tem sido aprendida por agentes de controle de pragas. Tem-se uma praga importante da agricultura, descobrimos uma boa maneira de exterminá-la e alegremente o fazemos, para então descobrir que outra praga se beneficia com a exterminação ainda mais do que a agricultura humana e acabamos pior do que antes.

Por outro lado, talvez pareça um bom plano matar certos rivais específicos, ou pelo menos lutar com eles, de uma maneira discriminada. Se *B* é um leão marinho de posse de um grande harém cheio de fêmeas e se eu, outro leão marinho, posso adquirir seu harém matando-o, talvez seja uma boa idéia tentar fazê-la. Mas há custo e riscos mesmo na belicosidade seletiva. É vantajoso para *B* contra-atacar e defender suas posses valiosas. Se eu começo uma luta tenho a mesma possibilidade que ele de acabar morto. E talvez tenha uma possibilidade ainda maior. Ele mantém posses valiosas, é por isso que quero lutar com ele. Mas por que as mantém? Talvez as tenha conquistado em combate. Provavelmente repeliu outros desafiantes antes de mim. Provavelmente é um bom lutador. Mesmo se eu ganhar a luta e conquistar o harém talvez fique tão ferido no processo que não poderei desfrutar os benefícios. Além disto, a luta consome tempo e energia. Talvez seja melhor conservá-los por enquanto. Se me concentrar em me alimentar e evitar encrencas por algum tempo ficarei maior e mais forte. No fim lutarei com ele pelo harém, mas poderei ter uma chance melhor de eventualmente vencer se esperar, em vez de precipitar-me agora.

Este solilóquio subjetivo é apenas uma maneira de indicar que a decisão de lutar ou não idealmente deveria ser precedida de um cálculo complexo, se bem que inconsciente, do tipo “custo-benefício”. Os benefícios em potencial não estão todos do lado da realização da luta, embora, sem dúvida, alguns deles estejam. Da mesma forma, durante uma luta cada decisão tática referente a sua escalada ou ao seu refreamento tem custos e benefícios os quais poderiam, em princípio, ser analisados. Isto há muito tempo foi entendida pelos etólogos de uma maneira um tanto vaga, mas levou J. Maynard Smith, o qual normalmente não é considerado um etólogo, a expressar a idéia de maneira clara e vigorosa. Em colaboração com G. R. Price e G. A. Parker ele utiliza o ramo da Matemática conhecido como Teoria dos Jogos. Suas idéias elegantes podem ser expressadas em palavras sem símbolos matemáticos, não obstante algum prejuízo no rigor.

O conceito essencial que Maynard Smith introduz é o de *estratégia evolutivamente estável*, uma idéia que para ele remonta a W. D. Hamilton e R. H. MacArthur. Uma “estratégia” é uma política de comportamento pré-programado. Um exemplo de uma estratégia seria: “Ataque o oponente; se ele fugir persiga-o; se ele retaliar fuja”. É importante entender que não imaginamos a estratégia como sendo conscientemente planejada pelo indivíduo. Lembre-se que estamos concebendo o animal como uma máquina de sobrevivência robô, possuindo um computador pré-programado que controla os músculos. Escrever a estratégia por extenso como um conjunto de instruções simples em português é apenas uma maneira conveniente de podermos pensar sobre ela. O animal comporta-se como se estivesse seguindo estas instruções, através de algum mecanismo não especificado.

Uma estratégia evolutivamente estável ou EEE é definida como uma estratégia que se adotada pela maioria dos membros de uma população, não poderá ser sobrepujada por uma estratégia alternativa. Esta é uma idéia sutil e importante. Outra maneira de expressá-la é dizer que a melhor estratégia para um indivíduo depende do que a maioria da população está fazendo. Como o resto da população consiste de indivíduos, cada um tentando maximizar o seu *próprio* sucesso, a única estratégia que persistirá será aquela que depois de desenvolvida não possa ser aperfeiçoada por nenhum indivíduo anômalo. Após uma mudança ambiental grande poderá haver um período curto à instabilidade evolutiva, talvez até mesmo uma oscilação na população. Mas uma vez que a EEE é alcançada ela se manterá: a seleção punirá os desvios.

A fim de aplicar esta idéia à agressão imagine um dos casos hipotéticos mais simples de Maynard Smith. Suponha que existam apenas dois tipos de estratégia de luta em uma população de determinada espécie, chamados *gavião* e *pombo*. (Os nomes referem-se ao uso humano convencional e não têm ligação com os hábitos das aves das quais derivam: os pombos, na realidade, são aves bastante agressivas.) Qualquer indivíduo de nossa população hipotética é classificado como um gavião ou como um pombo. Os gaviões sempre lutam o mais dura e desenfreadamente que podem, afastando-se apenas quando estão seriamente feridos. Os pombos apenas ameaçam de uma maneira digna convencional, jamais ferindo alguém. Se um gavião luta com um pombo, este último foge rapidamente e assim não fica ferido. Se um gavião luta com outro eles continuam até que um deles fique seriamente ferido ou morra. Se um pombo encontra outro pombo ninguém se machuca. Eles continuam a exibir posturas um para o outro durante um longo tempo até que um deles se canse ou decida não mais se importar, e assim se retira. Assumimos por enquanto que não haja maneira de um indivíduo saber antecipadamente se determinado rival é um gavião ou um pombo. Ele só descobre lutando e não tem lembrança de lutas passadas com indivíduos específicos para guiá-la.

Agora, como uma convenção puramente arbitrária, atribuímos “pontos” aos competidores. Por exemplo, 50 pontos para uma vitória, zero para uma derrota, -100 por ter sido seriamente ferido e -10 por ter perdido tempo num combate longo. Esses pontos podem ser considerados diretamente convertíveis na moeda corrente da sobrevivência dos genes. Um indivíduo que faz pontos altos, que tem um resultado médio elevado, é um indivíduo que deixa muitos genes atrás de si no “pool”. Dentro de limites amplos os valores numéricos reais não importam para a análise, mas ajudam-nos a pensar no problema.

O importante é que *não* estamos interessados em saber se os gaviões tenderão a vencer os pombos quando lutam com estes. Já sabemos a resposta para isto: os gaviões sempre vencerão. Queremos saber se gavião ou pombo é uma estratégia evolutivamente estável. Se um deles for uma EEE e o outro não, deveremos esperar que aquele que é evolua. É teoricamente possível existirem duas EEEs. Isto ocorreria se independentemente de qual fosse a estratégia da maioria da população, gavião ou pombo, a melhor estratégia para um indivíduo dado qualquer fosse seguir o exemplo. Neste caso a população tenderia a aderir a qualquer um dos dois estados estáveis que por acaso tivesse sido alcançado primeiro. Como veremos agora, entretanto, nenhuma dessas duas estratégias, gavião ou pombo, seria, de fato, evolutivamente estável em si mesma e não deveríamos esperar, portanto, que qualquer uma delas evoluísse. Para mostrar isto devemos calcular os resultados médios.

Suponha que tenhamos uma população constituída inteiramente de pombos. Ninguém fica ferido quando quer que eles lutem. Os combates consistem em torneios rituais prolongados, talvez em desafios de olhares, os quais terminam apenas quando um dos rivais desiste. O vencedor então faz 50 pontos por ter ganho o expediente na disputa, mas paga uma multa de -10 por ter perdido tempo num desafio longo de olhares, de modo que faz ao todo 40 pontos. O perdedor também é multado em -10 pontos por perder tempo. Qualquer pombo individualmente pode esperar, em média, vencer metade de suas disputas e perder a outra metade. O resultado médio por disputa será, portanto, a média entre +40 e -10, ou seja +15. Em uma população cada pombo individualmente, portanto, parece estar se saindo bastante bem.

Mas agora suponha que um gavião mutante apareça na população. Como ele é o único gavião existente, toda luta que ele realiza é contra um pombo. Os gaviões sempre vencem os pombos, de forma que ele faz +50 em cada luta, este sendo seu resultado médio. Ele goza de enorme vantagem em relação aos pombos, cujo resultado líquido é apenas +15. Como resultado disto os genes de gavião rapidamente se espalharão pela população. Mas agora cada gavião não pode mais ter certeza que todo rival que ele encontrar é um pombo. Tomando um exemplo extremo, se o gene para gavião se difundir com tanto sucesso que toda a população passa a consistir de gaviões, todas as lutas agora seriam entre gaviões. As coisas então são bastante diferentes. Quando dois gaviões se encontram um deles é ferido seriamente, fazendo -100 pontos, enquanto que o vencedor faz +50. Cada gavião em uma população pode esperar vencer metade de suas lutas e perder a outra metade. Seu resultado médio esperado por luta será, portanto, um valor intermediário entre +50 e -100, ou seja, -25. Agora imagine um único pombo em uma população de gaviões. Ele perde todas as lutas, sem dúvida, mas, por outro lado, nunca fica ferido. Seu resultado médio é zero em uma população de gaviões, enquanto que o resultado médio de um gavião numa mesma população é -25. Os genes de pombos, portanto, tenderão a se espalhar pela população.

Pela maneira como contei a história parece que haverá uma oscilação contínua na população. Os genes de gavião aumentarão rapidamente. Então, como consequência dos gaviões estarem em maioria, os genes de pombo novamente terão vantagem e aumentarão em número até que de novo os genes de gavião comecem a prosperar, e assim por diante. Não é necessário, no entanto, que se dê uma oscilação como esta. Há uma proporção estável entre gaviões e pombos. Para o sistema de pontos arbitrários em particular que estamos usando a proporção estável, se você fizer as contas, será 5/12 pombos para 7/12 gaviões. Quando esta proporção estável for atingida o resultado médio para gaviões será exatamente igual ao resultado médio para pombos. A seleção, portanto, não favorecerá nenhum deles em relação ao outro. Se o número de gaviões na população começasse a se deslocar para cima de tal forma que a proporção não mais fosse 7/12, os pombos começariam a obter uma vantagem extra e a proporção oscilaria de volta para o estado estável. Da mesma maneira como verificaremos que a proporção estável de sexo é 50 : 50, também a proporção estável de gavião para pombo neste exemplo hipotético é 7 : 5. Em qualquer um dos casos, se há oscilações ao redor do ponto estável, elas não precisam ser muito grandes.

Superficialmente isto parece-se um pouco com seleção de grupo, mas na realidade nada tem a ver com ela. Parece-se com seleção de grupo porque permite-nos imaginar que uma população possua um equilíbrio estável ao qual tende a retornar quando perturbada. A EEE, porém, é um conceito muito mais sutil do que a seleção de grupo. Ela nada tem a ver com o fato de alguns grupos serem mais bem sucedidos do que outros. Isto pode ser bem ilustrado usando-se o sistema de pontos arbitrários de nosso exemplo hipotético. O resultado médio para um indivíduo em uma população estável consistindo de 7/12 gaviões e 5/12 pombos será $6 \frac{1}{4}$. Isto vale independentemente do fato do indivíduo ser um gavião ou um pombo. Porém, $6 \frac{1}{4}$ é muito menos do que o resultado médio para um pombo em uma população de pombos (15). Se ao menos todos concordassem em ser um pombo, cada indivíduo isoladamente se beneficiaria. Pela seleção de grupo simples qualquer grupo no qual todos os indivíduos concordassem mutuamente em ser pombos seria muito mais bem sucedido do que um grupo rival que permanecesse na proporção da EEE. (Na realidade uma conspiração de pombos apenas não é exatamente o grupo mais bem sucedido possível. Em um grupo consistindo de 1/6 de gaviões e 5/6 de pombos, o resultado médio por disputa é $16 \frac{2}{3}$. Esta é a

conspiração mais bem sucedida possível, mas para os nossos objetivos podemos ignorá-la. Uma conspiração mais simples, constituída somente por pombos, com seu resultado médio de 15 para cada indivíduo, é muito melhor para cada indivíduo isoladamente do que seria a EEE). A teoria da seleção de grupo, portanto, prediria uma tendência à evolução em direção a uma conspiração constituída somente de pombos, já que um *grupo* que contivesse uma proporção de 7/12 de gaviões seria menos bem sucedido. O problema com as conspirações, porém, é que elas estão sujeitas ao abuso, mesmo aquelas que a longo prazo são vantajosas para todos. É verdade que todos se saem melhor num grupo só de pombos do que num grupo na EEE. Infelizmente, porém, em conspirações de pombos um único gavião se sai tão excepcionalmente bem que nada poderia frear a evolução de gaviões. A conspiração, portanto, está fadada a ser destruída de dentro por traição. Uma EEE não é estável porque é particularmente boa para os indivíduos que nela participam, mas simplesmente porque é imune à traição interna.

É possível aos seres humanos associarem-se em pactos ou conspirações que sejam vantajosos para todos, mesmo que não sejam estáveis no sentido da EEE. Mas isto é possível apenas porque cada indivíduo utiliza sua capacidade de previsão *consciente* e é capaz de ver que é de seu próprio interesse a longo prazo obedecer as regras do pacto. Mesmo nos pactos humanos há o perigo constante de que os indivíduos poderão ganhar tanto *a curto prazo* quebrando o pacto que a tentação de fazê-la será irresistível. Talvez o melhor exemplo disto seja a fixação de preços. É do interesse a longo prazo de todos os donos de postos de gasolina padronizar o preço desta num valor qualquer artificialmente alto. Conluíus para controle de preços, baseados na estimativa consciente dos melhores interesses a longo prazo, podem sobreviver por períodos bastante longos. De vez em quando, no entanto, um indivíduo cede à tentação de obter sucesso financeiro rápido baixando seus preços. Seus vizinhos imediatamente seguem seu exemplo e uma onda de abaixamento nos preços se espalha pelo país. Infelizmente para nós, a previsão consciente dos donos dos postos então se afirma novamente e eles estabelecem novo pacto de fixação de preços. Assim, mesmo no homem, uma espécie com o dom da previsão consciente, os pactos ou conspirações baseados nos melhores interesses a longo prazo balançam constantemente à beira do colapso devido a traição interna. Nos animais selvagens, controlados pelos genes em luta, é ainda mais difícil vislumbrar maneiras pelas quais benefícios de grupo ou estratégias de conspiração poderiam de alguma forma evoluir. Devemos esperar encontrar estratégias evolutivamente estáveis em toda parte.

Em nosso exemplo hipotético adotamos a suposição simples de que cabida indivíduo era ou um gavião ou um pombo. Obtivemos no final uma proporção evolutivamente estável entre gaviões e pombos. Na prática o que isto significa é que uma proporção estável entre genes de gavião e genes de pombo seria alcançada no “pool”. O termo técnico de Genética para este estado é polimorfismo estável. Do ponto de vista matemático uma EEE exatamente equivalente pode ser conseguida sem polimorfismo da seguinte maneira. Se *cada indivíduo* for capaz de se comportar ou como um gavião ou como um pombo em cada disputa em particular, pode-se conseguir uma EEE na qual todos os indivíduos têm a mesma *probabilidade* de se comportar como um gavião, ou seja, 7/12 em nosso exemplo específico. Na prática isto significaria que cada indivíduo entra nas disputas tendo feito uma decisão ao acaso sobre como se comportar nesta ocasião, como gavião ou como pombo. A decisão é ao acaso, mas com uma tendência de 7 : 5 em favor de gavião. É muito importante que as decisões, embora tendendo em favor de gavião, sejam ao acaso no sentido de que um rival não tenha possibilidade de adivinhar como seu oponente se comportará em qualquer disputa específica. Não adianta, por exemplo, se comportar como gavião durante sete lutas em seguida e então como pombo durante cinco lutas, e assim por diante. Se qualquer indivíduo adotasse uma seqüência simples deste tipo seus rivais logo compreenderiam e aproveitariam. O modo de tirar vantagem de um estrategista de seqüência simples é comportar-se como gavião contra ele apenas quando se sabe que ele se comportará como pombo.

A história do gavião e do pombo, é claro, é ingenuamente simples. É um “modelo”, uma coisa que na realidade não ocorre na natureza, mas que nos ajuda a compreender coisas que efetivamente ocorrem. Os modelos podem ser muito simples, como este, e mesmo assim serem úteis para entender um assunto ou ter idéias. Os modelos simples podem ser elaborados e tornados

gradualmente mais complexos. Se tudo sair bem, a medida que se tornam mais complexos passam a assemelhar-se mais ao mundo real. Uma maneira pela qual podemos começar a desenvolver o modelo do gavião e do pombo é introduzir mais algumas estratégias. Gaviões e pombos não são as únicas possibilidades. Uma estratégia mais complexa que Maynard Smith e Price introduziram é chamada *Retaliador*.

Um retaliador atua como um pombo no começo de cada luta. Isto é, ele não arma um ataque selvagem completo como um gavião, mas realiza a disputa de ameaças convencional. Se seu oponente o ataca, entretanto, ele retalia. Em outras palavras, um retaliador se comporta como um gavião quando é atacado por um gavião e como um pombo quando encontra um pombo. Quando encontra outro retaliador age como um pombo. O retaliador é um *estrategista condicional*. Seu comportamento depende daquele de seu oponente.

Outro estrategista condicional é chamado *Fanfarrão*. Um fanfarrão comporta-se como um gavião até que alguém contra-ataque. Ele então foge imediatamente. Ainda outro estrategista condicional é o *Retaliador-testador*. O retaliador-testador é basicamente igual a um retaliador mas ocasionalmente tenta uma escalada experimental rápida da disputa. Ele persiste em seu comportamento semelhante ao do gavião se seu oponente não contra-atacar. Por outro lado, se seu oponente contra-atacar, ele volta à ameaça convencional como um pombo. Se ele for atacado retaliará exatamente como um retaliador normal.

Se todas as cinco estratégias que mencionei forem deixadas interagir umas com as outras numa simulação de computador, apenas uma delas, o retaliador, emerge como sendo evolutivamente estável. O retaliador-testador é quase estável. O pombo não é estável, pois uma população deste tipo seria invadida por gaviões e fanfarrões. O gavião não é estável porque a população seria invadida por pombos e fanfarrões. O fanfarrão, igualmente, não é estável, pois a população seria invadida por gaviões. Em uma população de retaliadores nenhuma outra estratégia invadiria, uma vez que não há nenhuma outra que seja mais bem sucedida do que ela própria. O pombo, no entanto, se sai igualmente bem em uma população de retaliadores. Isto significa que outras coisas mantendo-se constantes, o número de pombos poderia elevar-se vagarosamente. Se o número de pombos se elevasse significativamente, os retaliadores-testadores (e, a propósito, os gaviões e os fanfarrões) começariam a ter vantagem, pois eles saem-se melhor contra os pombos do que os retaliadores. O próprio retaliador-testador, diferentemente do gavião e do fanfarrão, é quase uma EEE, no sentido de que numa população de retaliadores-testadores apenas uma outra estratégia, a de retaliador, é mais bem sucedida, e assim mesmo apenas fracamente. Poderemos esperar, portanto, que uma mistura de retaliadores e retaliadores-testadores predominasse, talvez até com uma pequena oscilação entre os dois, associada a uma oscilação no tamanho de pequena minoria de pombos. Novamente, não é preciso pensar em termos de um polimorfismo no qual cada indivíduo sempre desempenha uma estratégia ou outra. Cada indivíduo poderia desempenhar uma mistura complexa entre retaliador, retaliador-testador e pombo.

Esta conclusão teórica não está longe do que de fato ocorre na maioria dos animais selvagens. De certo modo explicamos o aspecto de “luvas nos punhos” da agressão animal. Os detalhes, evidentemente, dependem do número exato de “pontos” atribuídos à ação de vencer, de ser ferido, de perder tempo, e assim por diante. Nos leões marinhos o prêmio pela vitória provavelmente será direitos quase que monopolizadores sobre um grande harém de fêmeas. O valor do resultado da vitória, portanto, deve ser considerado muito alto. Não admira que as lutas sejam ferozes e a probabilidade de ferimento sério também seja alta. O custo pela perda de tempo presumivelmente deve ser considerado pequeno em comparação com o custo de ser ferido e o benefício da vitória. Para um pássaro pequeno em um clima frio, por outro lado, o custo da perda de tempo provavelmente é fundamental. O passarinho *Parus major*, quando está alimentando seus filhotes, precisa capturar em média uma presa a cada trinta segundos. Cada segundo durante o dia é precioso. Para uma ave deste tipo mesmo o tempo comparativamente curto gasto numa luta entre dois gaviões deve, talvez, ser considerado mais sério do que o risco de ferimento. Infelizmente sabemos muito pouco atualmente para atribuir números realistas aos custos e benefícios de vários desfechos na

natureza. Devemos ter cuidado para não tirar conclusões que resultam simplesmente de nossa própria escolha arbitrária de números. As conclusões gerais importantes são que as EEEs tenderão a evoluir, que uma EEE não é igual ao ótimo que poderia ser alcançado por uma conspiração de grupo e que o bom senso pode ser enganador.

Outro tipo de jogo de guerra analisado por Maynard Smith é a “guerra de desgaste”. Pode-se imaginá-lo originando-se em uma espécie que nunca se entrega a combate perigoso, talvez uma espécie bem protegida com uma armadura, na qual um ferimento é muito pouco provável. Todas as disputas nesta espécie são resolvidas por posturas convencionais. Uma disputa sempre termina com a desistência de um dos rivais. A fim de vencer basta manter-se firme e fitar o oponente até que ele finalmente fuja. Nenhum animal, obviamente, pode permitir-se gastar um tempo infinito ameaçando. Há coisas importantes a fazer em outro lugar. O recurso pelo qual ele está competindo talvez seja valioso, mas não é infinitamente valioso. Ele só vale determinado tempo, e como em um leilão, cada indivíduo está disposto a gastar apenas certa quantia nele. O tempo é a moeda corrente deste leilão de dois licitantes.

Suponha que todos os indivíduos deste tipo determinassem com antecedência quanto tempo exatamente eles achavam que valia um determinado tipo de recurso, por exemplo uma fêmea. Um indivíduo mutante que estivesse disposto a continuar um pouco mais sempre venceria. Assim, a estratégia de manter um limite fixo de lances é instável. E ela será instável mesmo se o valor do recurso puder ser estimado precisamente e se todos os indivíduos lançarem exatamente o valor correto. Dois indivíduos quaisquer fazendo lances segundo esta estratégia máxima desistiriam exatamente no mesmo instante e nenhum deles conseguiria o recurso! Seria vantajoso para um indivíduo, então, desistir logo no começo em vez de perder tempo com disputas. A diferença importante entre a guerra de desgaste e o leilão real, afinal de contas, é que naquela *ambos* os competidores pagam o preço mas apenas um deles recebe a mercadoria. Em uma população de licitantes máximos, portanto, a estratégia de desistir no começo seria bem sucedida e se difundiria pela população. Em consequência, certa vantagem começaria a advir àqueles indivíduos que não desistissem imediatamente mas que esperassem alguns segundos para fazê-la. Esta estratégia seria vantajosa quando realizada contra aqueles que se retiram imediatamente, os quais agora predominam na população. A seleção, então, favoreceria uma extensão progressiva do tempo de desistência até que novamente ele se aproximasse daquele máximo permitido pelo valor econômico verdadeiro do recurso que está sendo disputado.

Utilizando palavras fomos levados, outra vez, a imaginar uma oscilação na população. Novamente, a análise matemática mostra que isto não é necessário. Há uma estratégia evolutivamente estável a qual pode ser expressa segundo uma fórmula matemática, mas em palavras ela equivale ao seguinte. Cada indivíduo continua durante um tempo *imprevisível*. Isto é, imprevisível para cada ocasião específica mas em média correspondendo ao valor verdadeiro do recurso. Suponha, por exemplo, que o recurso realmente valha cinco minutos de exibição. Na EEE um indivíduo qualquer poderá continuar por mais de cinco minutos, por menos, ou mesmo por exatamente cinco minutos. O importante é que seu oponente não tem como saber quanto tempo ele está disposto a persistir nesta ocasião específica.

Obviamente é de importância vital na guerra de desgaste que os indivíduos não dêem indicação de quando desistirão. Qualquer um que revelasse pela mais leve agitação de uma vibrissa que estava começando a pensar em entregar os pontos teria um instante de desvantagem. Se o agitar de uma vibrissa, por exemplo, fosse uma indicação confiável de que a retirada se seguiria dentro de um minuto, haveria uma estratégia de vitória muito simples: "se as vibrissas de seu oponente se agitarem espere mais um minuto, independentemente de quais eram seus planos prévios sobre desistência. Se as vibrissas de seu oponente ainda não se agitaram e falta um minuto para o instante no qual você pretende desistir de qualquer forma, desista imediatamente e não perca mais tempo. Nunca agite suas próprias vibrissas." A seleção natural, assim, rapidamente puniria o agitar de vibrissas e quaisquer indicações análogas de comportamento futuro. A expressão impassível evoluiria.

Por que a expressão impassível e não mentiras completas? Porque, novamente, a mentira não é estável. Suponha que acontecesse a maioria dos indivíduos eriçar suas penas do pescoço apenas quando realmente pretendessem continuar por um longo tempo a guerra de desgaste. O contragolpe óbvio evoluiria: os indivíduos desistiriam imediatamente quando um oponente eriçasse suas penas. Agora, porém, os mentirosos talvez comecem a evoluir. Indivíduos que realmente não tinham nenhuma intenção de continuar por muito tempo eriçariam suas penas em todas as ocasiões e colheriam os frutos de uma vitória fácil e rápida. Desta maneira, os genes para a mentira se espalhariam. Quando os mentirosos se tornassem a maioria, a seleção então favoreceria os indivíduos que cumprissem a palavra. Os mentirosos, portanto, diminuiriam novamente de número. Na guerra do desgaste mentir não é evolutivamente mais estável do que dizer a verdade. A expressão impassível é evolutivamente estável. A rendição, quando finalmente ocorre, será repentina e imprevisível.

Até agora examinamos apenas o que Maynard Smith chama de disputas "simétricas". Isto quer dizer que assumimos que os contendores são idênticos em todos os aspectos exceto em sua estratégia de luta. Supõe-se que os gaviões e pombos são igualmente fortes, igualmente bem dotados de armas e armadura e que têm o mesmo a ganhar com uma vitória. Esta é uma suposição conveniente para se fazer para um modelo, mas não é muito realista. Parker e Maynard Smith prosseguiram examinando disputas assimétricas. Por exemplo, se os indivíduos variarem em tamanho e habilidade para lutar, e se cada indivíduo for capaz de estimar o tamanho de um rival em comparação ao seu pró-pio, será que isto afeta a EEE resultante? É quase certo que sim.

Parece haver três tipos de assimetria. O primeiro acabamos de encontrar: os indivíduos podem diferir em tamanho ou equipamento de luta. Em segundo lugar eles podem diferir no quanto têm a ganhar com a vitória. Um macho velho, por exemplo, o qual de qualquer forma não tem muito mais para viver, poderá ter menos a perder se for ferido do que um macho jovem com a maior parte de sua vida reprodutiva à frente.

Em terceiro lugar, constitui uma estranha consequência da teoria o fato de uma assimetria puramente arbitrária, aparentemente irrelevante, poder originar uma EEE, já que pode ser usada para decidir disputas rapidamente. Por exemplo, geralmente acontecerá que um dos contendores chega no local da disputa mais cedo do que o outro. Chame-os de "residente" e "intruso", respectivamente. Para efeito de discussão estou supondo que não haja vantagem geral em se ser residente ou um intruso. Como veremos, existem razões práticas pelas quais esta suposição provavelmente não é verdadeira, mas isto não importa. O que importa é que mesmo se não houvesse nenhuma razão geral para assumir que os residentes têm vantagem em relação aos intrusos, a EEE dependente da própria assimetria provavelmente evoluiria. Uma analogia simples é com os seres humanos que decidem uma disputa rapidamente e sem alarde lançando uma moeda.

A estratégia condicional, "se você for o residente ataque, se for o intruso retire-se," poderia ser uma EEE. Como supõe-se que a assimetria é arbitrária, a estratégia oposta, "se residente retire-se, se intruso ataque" também poderia ser estável. Qual das duas EEE é adotada em uma determinada população dependeria de qual delas atinge primeiro a maioria. Assim que a maioria dos indivíduos estiver adotando uma dessas duas estratégias condicionais aqueles que se desviarem dela são punidos. Conseqüentemente, ela é, por definição, uma EEE.

Suponha, por exemplo, que todos os indivíduos adotem a estratégia "residente vence, intruso foge". Isto significa que eles vencerão metade de suas lutas e perderão a outra metade. Nunca serão feridos e nunca perderão tempo, já que todas as disputas são imediatamente resolvidas pela convenção arbitrária. Agora imagine um rebelde mutante novo. Suponha que ele adote uma estratégia de gavião puro, sempre atacando e nunca se retirando. Ele vencerá quando seu oponente for um intruso. quando este for um residente ele correrá um sério risco de ferimento. Em média ele terá um resultado menor do que os indivíduos que atuam de acordo com as regras arbitrárias da EEE. Um rebelde que tente a convenção inversa, "se residente fuja, se intruso ataque", se sairá ainda pior. Ele não apenas será freqüentemente ferido, como também raramente ganhará uma disputa. Suponha, no entanto, que por meio de alguns acontecimentos acidentais os indivíduos que adotam

esta convenção contrária conseguissem se tornar a maioria. Neste caso sua estratégia tornar-se-ia, então, a norma estável e desvios *dela* seriam punidos. Pode-se imaginar que se observássemos uma população durante muitas gerações veríamos uma série de viragens ocasionais de um estado estável para outro.

Na vida real, no entanto, assimetrias verdadeiramente arbitrárias provavelmente não existem. Por exemplo, os residentes provavelmente têm a tendência a ter vantagem prática sobre os intrusos. Eles têm um conhecimento melhor do terreno local. Um intruso talvez tenha maior probabilidade de estar sem fôlego porque ele locomoveu-se para a área da batalha, enquanto o residente estava lá todo o tempo. Existe uma razão mais abstrata pela qual, entre os dois estados estáveis, o do tipo “residente vence, intruso se afasta” é mais provável na natureza. Esta razão é que a estratégia inversa “intruso vence, residente se afasta” possui uma tendência intrínseca à auto-destruição – é o que Maynard Smith chamaria de uma estratégia paradoxal. Em qualquer população mantendo-se nesta EEE paradoxal os indivíduos sempre estariam se esforçando por nunca serem pegos como residentes: sempre estariam tentando ser o intruso em qualquer encontro. Eles só conseguiriam isto através de uma movimentação incessante e, a não ser por este motivo, despropositada! Independentemente dos custos em tempo e energia nos quais se incorreria, esta tendência evolutiva por si tenderia a levar a categoria “residente” a desaparecer. Numa população mantendo-se no outro estado estável, “residente vence, intruso retira-se”, a seleção natural favoreceria os indivíduos que se esforçassem por ser residentes. Para cada indivíduo isto significaria agarrar-se a uma determinada porção do terreno, abandonando-a o menos possível e dando a impressão de “defendê-la”. Como é bem conhecido agora, tal comportamento é observado comumente na natureza e recebe o nome de “defesa de território”.

A demonstração mais clara que conheço deste tipo de assimetria comportamental foi fornecida pelo grande etólogo Niko Tinbergen, em um experimento de simplicidade caracteristicamente engenhosa. Ele possuía um aquário contendo dois machos de *Gasterosteus aculeatus*. Cada um dos machos havia construído um ninho nas extremidades opostas do aquário e cada um deles “defendia” o território ao redor de seu próprio ninho. Tinbergen colocou cada um dos machos em um grande tubo de ensaio de vidro, mantendo os dois tubos próximos, e observou os machos tentando lutar através do vidro. Vem agora o resultado interessante. Quando ele levou os dois tubos para próximo do ninho do macho *A*, este último assumiu uma postura de ataque e o macho *B* tentou retirar-se. Mas quando ele levou os dois tubos para o território de *B* os papéis se inverteram. Tinbergen foi capaz de impor qual macho atacava e qual macho afastava-se simplesmente movendo os dois tubos de uma extremidade a outra do aquário. Ambos os machos estavam, evidentemente, atuando segundo a estratégia condicional simples: “se residente ataque, se intruso afaste-se”.

Os biólogos frequentemente perguntam quais são as “vantagens” biológicas do comportamento territorial. Numerosas sugestões têm sido feitas, algumas das quais serão mencionadas mais tarde. Mas podemos ver aqui que talvez a própria pergunta seja supérflua. A “defesa” territorial talvez seja simplesmente uma EEE que origina-se devido à assimetria no tempo de chegada, a qual geralmente caracteriza a relação entre dois indivíduos e uma porção do terreno.

Presumivelmente o tipo mais importante de assimetria não-arbitrária é no tamanho e na habilidade geral para a luta. O tamanho grande nem sempre é necessariamente a qualidade mais importante exigida para se vencer lutas, mas é provavelmente uma delas. Se o maior entre dois lutadores sempre vence e se cada indivíduo sabe com certeza se ele é maior ou menor do que seu oponente, apenas uma estratégia tem sentido: “se seu oponente for maior do que você, fuja. Provoque brigas com indivíduos menores.” As coisas são um pouco mais complicadas se a importância do tamanho for menos evidente. Se um tamanho grande confere apenas uma pequena vantagem, a estratégia que acabei de mencionar ainda será estável. Mas se o risco de ferimento for sério talvez haja também uma segunda estratégia, uma “estratégia paradoxal”. Esta será: “Provoque brigas com indivíduos maiores do que você e fuja de indivíduos menores”! É óbvio porque esta estratégia é chamada de paradoxal. Ela parece ser completamente aposta ao bom senso. A razão porque ela pode ser estável é a seguinte. Numa população consistindo inteiramente de estrategistas

para-taxais ninguém jamais fica ferido. Isto porque em todas as disputas um dos participantes, o maior, sempre foge. Um mutante de tamanho médio que age segundo a estratégia “sensata” de perseguir oponentes menores fica envolvido numa luta seriamente intensificada com metade dos indivíduos que encontra. E isto porque se ele encontra alguém menor, ele ataca; o indivíduo menor contra-ataca ferozmente, pois ele está agindo paradoxalmente. Embora o estrategista sensato tenha maior probabilidade de vencer do que o paradoxal, assim mesmo corre um risco razoável de perder e de ser seriamente ferido. Como a maioria da população é paradoxal, um estrategista sensato terá maior probabilidade de ser ferido do que qualquer estrategista paradoxal.

Embora a estratégia paradoxal possa ser estável, ela provavelmente tem interesse apenas acadêmico. Os lutadores paradoxais só terão um resultado médio mais alto se excederem em número de muito os sensatos. Para começar, é difícil imaginar como este estado de coisas poderia jamais se originar. Mesmo se ele se originasse basta que a proporção entre sensatos e paradoxais na população desloque-se um pouco em direção ao lado sensato para que alcance a “zona de atração” da outra EEE, a sensata. A zona de atração é o conjunto de proporções da população nas quais, neste caso, os estrategistas sensatos têm vantagem: quando uma população alcança esta zona ela é inevitavelmente puxada em direção ao ponto sensato estável. Seria emocionante encontrar um exemplo de uma EEE paradoxal na natureza, mas tenho dúvida se realmente podemos esperar fazê-la. (Falei cedo demais. Após ter escrito esta última sentença o professor Maynard Smith chamou minha atenção para a seguinte descrição, feita por J. W. Burgess, do comportamento da aranha social do México *Oecobius civitas*: “Se uma aranha é perturbada e expulsa de seu refúgio ela corre pela rocha e, na ausência de uma fenda vaga na qual se esconder, poderá procurar abrigo no esconderijo de outra aranha da mesma espécie. Se a outra aranha aí estiver habitando quando a intrusa entra, ela não ataca mas corre para fora e procura um novo abrigo próprio. Assim, depois que a primeira aranha é perturbada, o processo de deslocamento seqüencial de teia para teia poderá continuar durante vários segundos, freqüentemente fazendo com que a maioria das aranhas no agregado mudem de seu próprio refúgio para outro” “Social Spiders”, *Scientific American*, março de 1976). Esta estratégia é paradoxal no sentido da página 97.

E se os indivíduos retiverem alguma lembrança do resultado de lutas passadas? Isto depende de se a memória é específica ou geral. Os grilos têm uma memória geral sobre o que aconteceu em lutas passadas. Um grilo que tenha vencido um grande número de lutas recentemente, exibirá comportamento mais semelhante ao de gaviões. E um grilo que recentemente teve um período de azar comporta-se mais como um pombo. Isto foi claramente demonstrado por R. D. Alexander. Ele utilizou modelos de grilos para surrar os grilos verdadeiros. Após este tratamento estes últimos passaram a ter maior probabilidade de perder as lutas contra outros grilos reais. Pode-se imaginar que cada grilo constantemente atualiza sua própria estimativa de sua habilidade de luta relativamente àquela de um indivíduo médio da população. Se animais tais como os grilos, que funcionam com uma lembrança geral de lutas passadas, forem mantidos em um grupo fechado durante algum tempo, um tipo de hierarquia de dominância provavelmente se desenvolverá. Um observador poderá colocar os indivíduos em ordem. Aqueles mais em baixo na ordem tendem a ceder àqueles mais acima. Não há necessidade de supor que os indivíduos re-conhecem-se mutuamente. O que acontece é que aqueles acostumados a vencer logram uma probabilidade ainda maior de vencer, enquanto aqueles acostumados a perder cada vez terão maior probabilidade de derrota. Mesmo se os indivíduos começassem vencendo ou perdendo ao acaso eles tenderiam a se separar numa ordem hierárquica. Isto incidentalmente tem o efeito de diminuir gradativamente o número de lutas sérias no grupo.

Tenho que usar a frase “tipo de hierarquia de dominância” porque muitas pessoas reservam o termo hierarquia de dominância para os casos nos quais está envolvido o reconhecimento individual. Nestes casos a lembrança de lutas passadas é específica e não geral. Os grilos não se reconhecem mutuamente como indivíduos, mas as galinhas e os macacos o fazem. Se você for um macaco, aquele que lhe bateu no passado provavelmente lhe baterá no futuro. A melhor estratégia para um indivíduo é ter comportamento semelhante ao de pombo em relação a um indivíduo que tenha lhe batido anteriormente. Se galinhas que nunca haviam se encontrado antes forem colocadas juntas, geralmente ocorrem muitas lutas. Após algum tempo as lutas diminuem, porém não pelo mesmo

motivo que nos grilos. No caso das galinhas a diminuição deve-se ao fato de cada indivíduo “aprender qual o seu lugar” em relação a cada um dos outros indivíduos. Isto é incidentalmente bom para o grupo como um todo. Como uma indicação disto, tem sido observado que nos grupos estabelecidos de galinhas, onde lutas ferozes são raras, a produção de ovos é maior do que nos grupos onde a composição está sendo continuamente alterada e nos quais as lutas, conseqüentemente, são mais freqüentes. Os biólogos muitas vezes falam da vantagem biológica ou “função” das hierarquias de dominância como sendo reduzir a agressão aberta no grupo. Esta, no entanto, é a maneira errada de encarar a questão. Não se pode dizer que a hierarquia de dominância *per se* tenha uma “função” no sentido evolutivo, pois é uma propriedade de um grupo e não de um indivíduo. Pode-se dizer que os padrões individuais de comportamento que se manifestam sob a forma de hierarquias de dominância quando vistos ao nível de grupo têm funções. É ainda melhor, no entanto, abandonar a palavra “função” completamente e pensar em termos das EEEs em contextos assimétricos nos quais há reconhecimento individual e memória.

Temos pensado até agora em disputas entre membros da mesma espécie. E as disputas interespecíficas? Como vimos anteriormente, os membros de espécies diferentes são competidores menos diretos do que os membros da mesma espécie. Por este motivo deveríamos esperar menos disputas por recursos entre eles. Nossa expectativa confirma-se. Por exemplo, os tordos defendem os territórios contra outros tordos, mas não contra *Parus major*. Pode-se desenhar um mapa dos territórios dos tordos individuais diferentes em um bosque e a ele pode-se sobrepor um mapa dos territórios de *Parus major* individuais. Os territórios das duas espécies se sobrepõem de maneira completamente indiscriminada. Eles poderiam muito bem estar em planetas diferentes.

Mas há também outras maneiras pelas quais os interesses de indivíduos de espécies diferentes chocam-se fortemente. Por exemplo, um leão quer comer o corpo de um antílope, mas este último tem planos muito diferentes para seu corpo. Isto normalmente não é considerado competição por um re-curso, mas do ponto de vista lógico é difícil imaginar porque não. O recurso em questão é carne. Os genes do leão “querem-na” como alimento para sua máquina de sobrevivência. Os genes do antílope querem-na como músculos e órgãos em funcionamento também para sua máquina de sobrevivência. Estes dois usos da carne são mutuamente incompatíveis, havendo, portanto, conflito de interesses.

Os membros da própria espécie de um animal também são feitos de carne. Por que o canibalismo é relativamente raro? Como vimos no caso das gaivotas de cabeça preta, os adultos algumas vezes realmente comem os filhotes de sua própria espécie. No entanto, os carnívoros adultos nunca são vistos perseguindo ativamente outros adultos de sua própria espécie com a finalidade de comê-los. Por que não? Ainda estamos tão acostumados a pensar em termos da idéia de evolução segundo o “bem da espécie” que freqüentemente esquecemos de fazer perguntas perfeitamente razoáveis como: “por que os leões não caçam outros leões?” Outro tipo de pergunta que é raramente feita é: “por que os antílopes fogem dos leões em vez de contra-atacar?”

A razão pela qual os leões não caçam membros da mesma espécie é que para eles não seria uma EEE fazê-lo. Uma estratégia de canibalismo seria instável pela mesma razão que se aplica à estratégia de gavião do exemplo acima. Há perigo demais de retaliação. Esta terá menor chance de ocorrer em disputas entre membros de espécies diferentes, o que explica porque tantas presas fogem ao invés de retaliar. Isto provavelmente provém originalmente do fato de numa interação entre dois animais de espécies diferentes haver uma assimetria intrínseca maior do que aquela entre membros da mesma espécie. Quando quer que exista uma assimetria forte em uma disputa, as EEEs provavelmente serão estratégias condicionais dependentes da assimetria. Estratégias análogas a “se menor fuja, se maior ataque” têm probabilidade de evoluir em disputas entre membros de espécies diferentes porque há tantas assimetrias disponíveis. Os leões e os antílopes atingiram um tipo de estabilidade por divergência evolutiva, a qual acentuou a assimetria original da disputa de maneira sempre crescente. Eles tornaram-se altamente proficientes nas artes, respectivamente, de perseguir e de fugir. Um antílope mutante que adotasse uma estratégia de “fique parado e lute” contra os leões seria menos bem sucedido do que antílopes rivais desaparecendo no horizonte.

Tenho o palpite de que possivelmente voltemos a olhar a invenção do conceito de EEE como um dos avanços mais importantes na teoria da evolução desde Darwin. Ele é aplicável onde quer que encontremos conflitos de interesse, e isto significa em quase toda parte. Os estudantes de comportamento animal adquiriram o hábito de falar sobre alguma coisa chamada “organização social”. Muito freqüentemente a organização social de uma espécie é tratada como uma entidade em si mesma, com sua própria “vantagem” biológica. Um exemplo que já apresentei é o da “hierarquia de dominância”. Acredito que se possa distinguir pressuposições ocultas de selecionistas de grupo por trás de um grande número das afirmações feitas por biólogos a respeito da organização social. O conceito de EEE de Maynard Smith nos possibilitará, pela primeira vez, ver claramente como um conjunto de entidades egoístas independentes pode vir a assemelhar-se a um todo organizado único. Acredito que isto ocorrerá não apenas com organizações sociais dentro de espécies, mas também com “ecossistemas” e “comunidades” consistindo de muitas espécies. A longo prazo prevejo que o conceito de EEE revolucionará a ciência da Ecologia.

Podemos também aplicá-lo a um assunto que foi protelado no Capítulo 3, oriundo da analogia com remadores em um barco (representando os genes em um corpo) que necessitam um bom espírito de equipe. Os genes são selecionados não por serem “bons” isoladamente, mas por serem bons para funcionar contra o pano de fundo dos outros genes do “fundo”. Um bom gene deve ser compatível com os outros genes com os quais tem que compartilhar uma longa sucessão de corpos e ser também complementar a eles. Um gene para dentes trituradores de plantas será bom no “pool” de uma espécie herbívora, mas ruim naquele de uma espécie carnívora.

É possível imaginar que uma combinação compatível de genes seja selecionada em conjunto *como uma unidade*. No caso do exemplo do mimetismo da borboleta do Capítulo 3 isto parece ser exatamente o que aconteceu. A força do conceito de EEE, porém, é que ele pode agora nos permitir ver como o mesmo tipo de resultado poderia ser conseguido por seleção unicamente ao nível do gene independente. Os genes não precisam estar ligados no mesmo cromossomo.

A analogia dos remadores na realidade não está aparelhada para explicar esta idéia. O mais próximo que podemos chegar é o seguinte. Suponha que seja importante numa equipe realmente bem sucedida que os remadores coordenem suas atividades oralmente. Suponha ainda que no “fundo” de remadores à disposição do treinador alguns falem apenas inglês e outros apenas alemão. Os ingleses não são remadores consistentemente melhores ou piores do que os alemães. Mas, devido a importância da comunicação, uma equipe mista tenderá a vencer menos competições do que quer uma equipe inteiramente inglesa quer uma inteiramente alemã.

O treinador não percebe isto. Tudo o que ele faz é misturar seus homens, dando pontos positivos para os indivíduos de barcos vencedores e pontos negativos para aqueles de barcos que perdem. Então, se o “fundo” disponível a ele por acaso for dominado por ingleses, segue-se que qualquer alemão que fique no barco provavelmente fará com que ele perca, pois a comunicação falhará. Inversamente, se o “fundo” fosse dominado por alemães, um inglês tenderia a fazer com que qualquer barco no qual ele se encontrasse perdesse. O que emergirá como a melhor equipe total será um dos dois estados estáveis – puramente de ingleses ou puramente de alemães, mas não misto. Parece, superficialmente, que o treinador está selecionando grupos lingüísticos inteiros. *como unidades*. Isto não é o que ele está fazendo. Ele está selecionando regadores individuais segundo sua aparente habilidade para vencer competições. Apenas acontece que a tendência de um indivíduo vencer competições depende de que outros indivíduos estão presentes no “fundo” de candidatos. Os candidatos em minoria são automaticamente punidos, não porque sejam maus remadores, mas simplesmente porque são candidatos em minoria. Da mesma forma, o fato dos genes serem selecionados pela compatibilidade mútua não significa necessariamente que *tenhamos* que imaginar que os grupos de genes são selecionados como unidades, como o eram no caso das borboletas. A seleção ao nível baixo do gene isolado pode dar a impressão de seleção a um nível mais elevado.

Neste exemplo a seleção favorece a conformidade simples. Um aspecto mais interessante é que os genes podem ser selecionados porque complementam-se mutuamente. Em termos da analogia, suponha que uma equipe idealmente equilibrada consistisse de quatro destros e quatro

canhotos. Suponha novamente que o treinador, sem perceber este fato, seleciona cegamente segundo o “mérito”. Se, então, o “fundo” de candidatos for dominado por destros, qualquer canhoto individual tenderá a ter vantagem: provavelmente fará com que qualquer barco em que se encontre vença e portanto parecerá ser um bom remador. Inversamente, em um “fundo” dominado por canhotos, um destro teria vantagem. Isto é semelhante ao caso de um gavião saindo-se bem em uma população de pombos e um pombo saindo-se bem em uma população de gaviões. A diferença é que aí estávamos falando de interações entre corpos individuais – máquinas egoístas – enquanto que aqui estamos falando, por analogia, de interações entre genes dentro de corpos.

No final, a seleção cega de remadores “bons” feita pelo treinador conduzirá a uma equipe ideal consistindo de quatro canhotos e quatro destros. Parecerá que ele os selecionou todos juntos, como uma unidade completa e equilibrada. Acho mais econômico imaginá-lo selecionando a um nível mais baixo, o nível dos candidatos independentes. O estado evolutivamente estável (“estratégia” é enganador neste contexto) de quatro canhotos e quatro destros emergirá simplesmente como uma consequência da seleção a nível baixo baseada no mérito aparente.

O “fundo” de genes é o ambiente a longo prazo do gene. Os genes “bons” são selecionados cegamente como sendo aqueles que sobrevivem no “fundo”. Isto não é uma teoria e nem mesmo um fato observado: é uma tautologia. A pergunta interessante é o que torna um gene bom. Como uma primeira aproximação eu disse que o que torna um gene bom é a habilidade para construir máquinas de sobrevivência eficientes – corpos. Precisamos agora melhorar esta afirmação. O “fundo” de genes tomar-se-á um *conjunto evolutivamente estável* de genes, definido como um “fundo” que não pode ser invadido por qualquer gene novo. A maioria dos genes novos que surgem, quer por mutação, rearranjo ou imigração, é rapidamente punida por seleção natural: o conjunto evolutivamente estável é restaurado. Ocasionalmente um gene novo efetivamente consegue invadir o conjunto: consegue difundir-se pelo “fundo”. Há um período transitório de instabilidade terminando num novo conjunto evolutivamente estável – um pouco de evolução ocorreu. Por analogia com as estratégias de agressão, uma população poderá ter mais de um ponto estável alternativo e poderá ocasionalmente passar de um para o outro. A evolução progressiva poderá não ser tanto uma escalada regular quanto uma crie de passos discretos de um platô estável para outro. Talvez pareça que a população como um todo está se comportando como uma única unidade auto-reguladora. Mas esta ilusão é produzida pelo fato da seleção ocorrer ao nível do gene isolado. Os genes são selecionados por “mérito”. Mas este é julgado com base na performance contra o pano de fundo do conjunto evolutivamente estável que é o “fundo” atual de genes.

Concentrando-se nas interações agressivas entre indivíduos totais Maynard Smith foi capaz de tornar as coisas muito claras. É fácil pensar em proporções estáveis de corpos de gavião e de pombo porque os corpos são coisas grandes as quais podemos ver. Mas tais interações entre genes localizados em corpos *diferentes* são apenas a extremidade do “iceberg”. A grande maioria das interações significativas entre genes no conjunto evolutivamente estável – o “fundo” – dá-se *dentro* dos corpos individuais. Estas interações são difíceis de serem vistas, pois ocorrem dentro das células, especialmente nas células dos embriões em desenvolvimento. Corpos bem integrados existem porque são o produto de um conjunto evolutivamente estável de genes egoístas.

Devo voltar, porém, ao nível de interações entre animais totais que é o tema principal deste livro. Para compreender a agressão foi conveniente tratar os animais individuais como máquinas egoístas independentes. Este modelo falha quando os indivíduos em questão são parentes próximos – irmãos e irmãs, primos, pais e filhos. Isto ocorre porque os parentes compartilham uma porção substancial de seus genes. Cada gene egoísta, portanto, tem sua lealdade dividida entre corpos diferentes. Isto está explicado no próximo capítulo.

MANIPULANDO OS GENES

O que é o gene egoísta? Não é apenas um fragmento físico único de DNA. Assim como no caldo primordial, ele é *todas as réplicas* de um fragmento específico de DNA, distribuído por todo o mundo. Se nos permitirmos falar sobre os genes como se tivessem objetivos conscientes, sempre nos certificando de podermos traduzir nossa linguagem descuidada para termos respeitáveis, se assim quiséssemos, poderíamos perguntar: o que um gene egoísta isolado tenta fazer? Ele tenta tornar-se mais numeroso no “fundo” de genes. Basicamente ele o faz ajudando a programar os corpos nos quais se encontra, de modo que sobrevivam e se reproduzam. Agora, porém, estamos enfatizando que “ele” é um agente distribuído, existindo em muitos indivíduos diferentes ao mesmo tempo. O ponto chave deste capítulo é que um gene poderá ser capaz de auxiliar *réplicas* de si próprio localizadas em outros corpos. Se isso ocorrer, parecerá altruísmo individual, mas realizado pelo egoísmo dos genes.

Imagine o gene para albinismo no homem. Na realidade existem vários genes que podem originar o albinismo, mas refiro-me apenas a um deles. Este gene é recessivo, isto é, deve estar presente em dose dupla para que uma pessoa seja albina. Isto ocorre aproximadamente em 1 indivíduo para cada 20 000. Mas o gene também está presente em dose única em cerca de 1 indivíduo para cada 70; estas pessoas não são albinas. Como ele está distribuído por muitos indivíduos, um gene tal como esse para o albinismo poderia, teoricamente, auxiliar sua própria sobrevivência no “fundo”, programando seus corpos de modo que se comportem altruisticamente em relação a outros corpos albinos, uma vez que sabe-se que estes contêm o mesmo gene. O gene para albinismo deveria ficar satisfeito se alguns dos corpos que habita morressem, desde que ao fazê-la, ajudassem outros corpos, contendo o mesmo gene, a sobreviver. Se o gene para albinismo pudesse fazer com que um de seus corpos salvasse as vidas de dez corpos albinos, então mesmo a morte do altruísta seria amplamente compensada pelo número aumentado de genes para albinismo no “fundo”.

Deveríamos então esperar que os albinos fossem especialmente gentis uns com os outros? A resposta, na realidade, é provavelmente não. A fim de entender por que não, devemos abandonar temporariamente nossa metáfora do gene como um agente consciente, pois neste contexto ela torna-se, sem dúvida, enganadora. Devemos voltar novamente para termos respeitáveis, embora mais enfadonhos. Os genes para albinismo, na realidade, não “querem” sobreviver ou auxiliar outros genes para albinismo, Mas, se acontecesse que o gene para albinismo fizesse seus corpos comportarem-se altruisticamente em relação a outros albinos, automaticamente, quer queira quer não, ele tenderia a tornar-se, em consequência, mais numeroso no “fundo”. Para que isto ocorra, porém, o gene teria que ter dois efeitos independentes sobre os corpos. Ele não deve apenas conferir seu efeito normal de tez muito pálida; deve também conferir uma tendência a ser seletivamente altruísta em relação a indivíduos com tez pálida. Um gene de efeito duplo como este, se ele existisse, poderia ser muito bem sucedido na população.

É bem verdade que os genes têm efeitos múltiplos, como enfatizei no Capítulo 3. É teoricamente possível que pudesse surgir um gene, o qual conferisse um “rótulo” visível externamente, como pele pálida, barba verde, ou qualquer coisa conspícua, a também conferisse a tendência a ser particularmente gentil aos possuidores deste rótulo perceptível. Isto seria possível, mas não especialmente provável. A posse de barba verde tem a mesma probabilidade de estar ligada a uma tendência a crescer unhas encravadas do que a qualquer outra característica; e a predileção por barbas verdes tem igual probabilidade de vir junto à incapacidade de sentir o cheiro da palma-de-santa-rita. Não é muito provável que exatamente o mesmo gene produza tanto o rótulo correto como o tipo adequado de altruísmo. O que talvez possa ser chamado de Efeito Altruístico da Barba Verde, no entanto, é uma possibilidade teórica.

Um rótulo arbitrário como barba verde é apenas uma maneira pela qual um gene pode "reconhecer" cópias de si próprio em outros indivíduos. Haverá outras maneiras? Uma maneira possível, particularmente direta, é a seguinte. O possuidor de um gene altruísta poderá ser reconhecido simplesmente pelo fato de realizar atos altruístas. Um gene poderia prosperar no "fundo" se "disse" o equivalente a: "Corpo, se A estiver afogando-se por tentar salvar outra pessoa de afogamento, pule a salve A." O motivo pelo qual um gene deste tipo poderia ser bem sucedido é que há uma possibilidade maior do que a média de que A contenha o mesmo gene altruísta para salvamento de vidas. O fato de A ser visto tentando salvar outra pessoa é um rótulo, equivalente à barba verde; é menos arbitrário do que uma barba verde, mas ainda parece ser bastante improvável. Há maneiras plausíveis pelas quais os genes podem "reconhecer" suas cópias em outros indivíduos?

A resposta é sim. É fácil mostrar que *parentes* próximos - da família têm uma probabilidade maior do que a média de compartilharem genes. Desde há muito tem estado claro que esta deve ser a razão para o altruísmo dos pais em relação a seus filhos ser tão comum. O que R. A. Fisher, J. B. S. Haldane e principalmente W. D. Hamilton entenderam foi que o mesmo se aplica a outros parentes próximos - irmãos a irmãs, sobrinhos a sobrinhas, primos próximos. Se um indivíduo morre a fim de salvar dez parentes próximos, uma cópia do gene para altruísmo de parentesco poderá se perder, mas um número maior de cópias do mesmo gene será salvo.

"Um número maior" é um tanto vago; "parentes próximos" também o é. Podemos introduzir maior precisão, como Hamilton mostrou. Seus dois artigos de 1964 encontram-se entre as mais importantes contribuições à Etologia Social jamais escritas; nunca pude entender porque têm sido tão negligenciados pelos etólogos (seu nome nem mesmo consta do índice de dois textos básicos importantes de Etologia, ambos publicados em 1970). Felizmente há sinais recentes de um despertar de interesse por suas idéias. Os artigos de Hamilton são um tanto matemáticos, mas é fácil apreender intuitivamente os princípios básicos, sem Matemática rigorosa, embora sob pena de certa simplificação excessiva. O que queremos calcular é a probabilidade, ou chance, de dois indivíduos, como duas irmãs, compartilharem um determinado gene.

Para simplificar suporei que estamos nos referindo a genes raros no "fundo" como um todo. A maioria das pessoas compartilha "o gene para não ser albino", estejam elas relacionadas ou não entre si. A razão deste gene ser tão comum é que na natureza os albinos têm menor probabilidade de sobreviver do que os não albinos, porque, por exemplo, o Sol os ofusca a faz com que tenham relativamente menor probabilidade de ver um predador que se aproxima. Não estamos preocupados em explicar o predomínio no "fundo" de genes obviamente "bons" como o gene para não ser albino. Estamos interessados em explicar o sucesso de genes, especificamente como resultado de seu altruísmo. Podemos, portanto, supor que esses genes são raros, pelo menos nos estágios iniciais deste processo de evolução. O importante é que mesmo um gene raro na população como um todo é comum em uma família. Eu possuo vários genes raros na população como um todo, a você também. A probabilidade de ambos possuímos os mesmos genes raros é, de fato, muito pequena. Mas, há uma boa chance de minha irmã possuir um gene raro específico que eu possuo; a há uma chance igualmente boa de sua irmã possuir um gene raro em comum com você. A probabilidade, neste caso, é de exatamente 50 por cento. É fácil explicar porque.

Suponha que você possua uma cópia do gene G. Você deve ter recebido-a ou de seu pai ou de sua mãe (por conveniência podemos ignorar várias possibilidades pouco comuns -que G é uma nova mutação, que ambos os seus pais possuíam-no, ou que um de seus pais tinha duas cópias deste gene). Suponha que foi seu pai quem te deu o gene. Cada uma de suas células somáticas comuns, assim, possuía uma cópia de G. Você lembra-se que quando um homem faz um espermatozóide ele lhe distribui metade de seus genes. Há, portanto, uma probabilidade de 50 por cento do espermatozóide que gerou sua irmã ter recebido o gene G. Se, por outro lado, você recebeu G de sua mãe, um raciocínio inteiramente análogo mostra que metade dos óvulos dela devem ter possuído G; novamente, a probabilidade de sua irmã possuir G é de 50 por cento. Isto significa que se você tivesse 100 irmãos a irmãs, aproximadamente metade deles possuiria qualquer gene raro específico

que você carrega; significa também que se você possui 100 genes raros, aproximadamente 50 deles estão no corpo de qualquer um de seus irmãos ou irmãs.

Você pode fazer o mesmo tipo de cálculo para qualquer grau de parentesco que deseje. Uma relação importante é entre pais e filhos. Se você possui uma cópia do gene *H*, a probabilidade de que um de seus filhos qualquer o possua também é de 50 por cento, pois metade de suas células sexuais contém *H* e qualquer filho foi feito de uma dessas células. Se você tem uma cópia do gene *J*, a probabilidade de que seu pai também o tivesse é de 50 por cento, pois você recebeu metade de seus genes dele e metade de sua mãe. Por conveniência utilizamos um índice de *parentesco* o qual exprime a probabilidade de um gene ser compartilhado entre dois parentes. O parentesco entre dois irmãos é 1/2, pois metade dos genes apresentados por um irmão serão encontrados no outro. Este é um número médio; pelo acaso da seleção meiótica é possível a pares específicos de irmãos compartilhar mais ou menos genes. O parentesco entre pai e filho é sempre exatamente 1/2.

É um tanto cansativo cada vez fazer os cálculos a partir dos princípios básicos, portanto aqui está uma regra pronta aproximada para determinar o parentesco entre dois indivíduos quaisquer *A* e *B*. Talvez você a ache útil para fazer seu testamento, ou para interpretar semelhanças aparentes em sua própria família. A regra funciona em todos os casos simples, mas não se aplica no caso de cruzamento incestuoso e em certos insetos, como veremos.

Em primeiro lugar identifique todos os *antepassados em comum* de *A* e de *B*. Os antepassados em comum de um par de primos coirmãos são o avô e a avó em comum. Assim que você tiver encontrado um antepassado em comum, será logicamente verdadeiro, é claro, que todos os seus antepassados serão também comuns a *A* e *B*. No entanto, ignoramos todos os antepassados em comum com exceção dos mais recentes. Neste sentido, primos coirmãos têm apenas dois antepassados em comum. Se *B* for um descendente direto de *A*, por exemplo seu bisneto, então o próprio *A* será o "antepassado em comum" que estamos procurando.

Tendo localizado o antepassado (ou antepassados) em comum de *A* e *B*, determine a *distância de geração* da seguinte maneira. Começando em *A*, suba a árvore genealógica até atingir um antepassado em comum; em seguida desça novamente até *B*. O número total de degraus para cima e depois para baixo é a distância de geração. Se *A* é o pai de *B*, por exemplo, a distância de geração é 3. O antepassado em comum é pai de *A* (suponha) e avó de *B*. Começando em *A* você deve subir uma geração a fim de atingir o antepassado em comum. Então, para descer até *B* você deve passar duas gerações do outro lado. A distância de geração, portanto, será $1 + 2 = 3$.

Tendo encontrado a distância de geração entre *A* e *B* através de um antepassado em comum específico, calcule a porção de seu parentesco pela qual o antepassado é responsável. Para fazer isto multiplique 1/2 por ele mesmo uma vez para cada degrau da distância de geração. Se esta for 3, isto significará calcular $1/2 \times 1/2 \times 1/2$, ou seja, $(1/2)^3$. Se a distância de geração através de determinado antepassado é igual a *g* degraus, a porção do parentesco devida àquele antepassado será $(1/2)^g$.

Mas isto é apenas parte do parentesco entre *A* e *B*. Se eles tiverem mais de um antepassado em comum teremos que acrescentar o número equivalente para cada antepassado. Geralmente ocorre que a distância de geração é a mesma para todos os antepassados em comum de um par de indivíduos. Tendo determinado o parentesco entre *A* e *B* devido a cada um dos antepassados, portanto, na prática você terá apenas que multiplicá-lo pelo número de antepassados. Primos coirmãos, por exemplo, têm dois antepassados em comum e a distância de geração através de cada um é 4. Seu parentesco, portanto, é $2 \times (1/2)^4 = 1/8$. Se *A* for bisneto de *B*, a distância de geração será 3 e o número de "antepassados" em comum será 1 (o próprio *B*), de modo que o parentesco será $1 \times (1/2)^3 = 1/8$. Do ponto de vista genético seu primo coirmão é equivalente a um bisneto. Da mesma forma, você tem a mesma probabilidade de "puxar" a seu avô (parentesco = $2 \times (1/2)^3 = 1/4$) do que seu avô (parentesco = $1 \times (1/2)^2 = 1/4$).

Para parentescos distantes como primos de terceiro grau ($2 \times (1/2)^8 = 1/128$) nos aproximamos da probabilidade básica de um gene qualquer apresentado por *A* ser compartilhado por um indivíduo tomado aleatoriamente da população. Um primo de terceiro grau não é muito diferente de qualquer João, José ou Antônio no que se refere a um gene altruísta. Um primo de segundo grau (parentesco =

1/32) é apenas um pouco especial; um primo coirmão já o é bastante mais (1/8). Irmãos legítimos, e pais e filhos são muito especiais (1/2); a gêmeos idênticos (parentesco = 1) são tão especiais quanto o próprio indivíduo. Tios e tias, sobrinhos, avós e avós, e meio irmãos e irmãs são intermediários com um parentesco de 1/4.

Estamos agora prontos para falar com mais precisão de genes para altruísmo de parentesco. Um gene para o salvamento suicida de cinco primos não se tornaria mais numeroso na população, mas um gene para o salvamento de cinco irmãos ou dez primos coirmãos realmente se tornaria. O requisito mínimo para que um gene altruísta suicide seja bem sucedido é que salve mais de dois irmãos (ou filhos, ou pais), mais de quatro meio irmãos (ou tios, tias, sobrinhos, avós, ou netos), mais de oito primos coirmãos, etc. Este gene, em média, tenderá a manter-se nos corpos de um número suficiente de indivíduos salvos pelo altruísta para compensar sua própria morte.

Se um indivíduo pudesse ter certeza de que determinada pessoa é seu gêmeo idêntico, deveria preocupar-se tanto pelo bem-estar deste último quanto pelo seu próprio. Qualquer gene para altruísmo entre gêmeos necessariamente estará presente em ambos, de modo que se um deles morre heroicamente para salvar o outro, o gene sobrevive. O taco-galinha nasce em ninhadas de quádruplos idênticos. Pelo que eu saiba nenhuma façanha de sacrifício próprio foi observada em tacs jovens, mas foi indicado que deve-se definitivamente esperar um altruísmo marcante: valeria a pena alguém examinar o assunto quando estivesse na América do Sul.

Podemos agora entender que o cuidado com a prole é apenas um caso especial de altruísmo para com parentes. Do ponto de vista genético um adulto deveria dedicar tanto cuidado e atenção a seu irmão pequeno órfão quanto a um de seus próprios filhos. Seu parentesco com ambas as crianças é exatamente o mesmo, 1/2. Em termos de seleção de genes, um gene para comportamento altruísta da irmã mais velha deveria ter a mesma probabilidade de espalhar-se pela população quanto um gene para altruísmo dos pais. Isto, na prática, é uma simplificação excessiva por várias razões que examinaremos mais tarde; o cuidado fraterno não é, de forma alguma, tão comum na natureza quanto o cuidado com a prole. Mas o que quem mostrar aqui é que não há nada especial, do ponto de vista genético, a respeito do relacionamento pais/filhos, em comparação ao relacionamento irmão/irmã. O fato dos pais efetivamente transmitirem genes aos filhos mas as irmãs não transmitirem-nos umas às outras é irrelevante, uma vez que ambas as irmãs recebem réplicas idênticas dos mesmos genes, dos mesmos pais.

Algumas pessoas usam o termo *Seleção de parentesco* para diferenciar este tipo de seleção natural da seleção de grupo (sobrevivência diferencial de grupos) e da seleção individual (sobrevivência diferencial de indivíduos). A seleção de parentesco é responsável pelo altruísmo dentro da família; quanto mais próximo o parentesco, mais forte a seleção. Nada há de errado com este termo, mas infelizmente talvez ele tenha que ser abandonado devido a empregos errôneos a que foi submetido recentemente, empregos estes que provavelmente desnortearão e confundirão os biólogos por muitos anos. E. O. Wilson, em seu livro admirável (a não ser pelo que segue) *Sociobiology The New Synthesis*, define seleção de parentesco como um tipo especial de seleção de grupo. Ele apresenta um diagrama que claramente mostra que considera-a um intermediário entre "seleção individual" e "seleção de grupo" no sentido convencional, o sentido que usei no Capítulo 1. A seleção de grupo, porém mesmo segundo a própria definição de Wilson, significa a sobrevivência diferencial de grupos de indivíduos. Há, certamente, um sentido no qual uma família é um tipo especial de grupo. Mas o âmago do argumento de Hamilton é que a distinção entre família e não família não é absoluta, mas uma questão de probabilidade matemática. Não constitui parte da teoria de Hamilton a idéia de que os animais deveriam se comportar altruisticamente em relação a todos os "membros da família" e egoisticamente em relação aos demais. Não há delimitações definidas a serem estabelecidas entre família e não família. Não temos que decidir se primos de segundo grau, por exemplo, devem ser considerados como pertencentes ou não ao grupo da família. simplesmente esperamos que eles tenham a tendência a receber 1/16 do altruísmo recebido por filhos ou irmãos. A seleção de parentesco definitivamente não é um caso especial de seleção de grupo; é uma consequência da seleção de genes.

Há uma falha ainda mais séria na definição de seleção de parentesco de Wilson. Ele deliberadamente exclui os filhos: eles não são parentes! Evidentemente ele sabe muito bem que os filhos são parentes de seus pais, mas prefere não recorrer à teoria da seleção de parentesco a fim de explicar o cuidado altruísta dos pais para com seus próprios filhos. Ele, evidentemente, tem o direito de definir uma palavra como quiser, mas esta definição cause muita confusão; espero que Wilson altere-a nas edições futuras de seu livro justificadamente influente. Do ponto de vista genético, o cuidado com a prole e o altruísmo fraterno evoluem devido exatamente ao mesmo motivo: em ambos os casos há uma boa chance do gene altruísta estar presente no corpo do beneficiado.

Peço a condescendência do leitor não especializado por esta pequena diatribe a volto apressadamente à história principal. Até agora simplifiquei excessivamente e é hora de introduzir algumas restrições. Mencionei, em termos elementares, os *genes suicidas* para salvamento das vidas de determinados números de parentes de grau precisamente conhecido de parentesco. Na vida real, obviamente, não se pode esperar que os animais contem exatamente quartos parentes estão salvando, nem que façam os cálculos de Hamilton ria cabeça, mesmo que tivessem uma maneira de saber com *certeza quem* são seus irmãos a primos. Na vida real o suicídio certo e o "salvamento" absoluto de vidas devem ser substituídos por riscos *estatísticos* de morte, de si próprio e de outros. Poderá valer a pena salvar até mesmo um primo de terceiro grau, se o risco para si próprio for muito pequeno. De qualquer forma, tanto você como o parente que você pensa em salvar morrerão um dia. Todo indivíduo tem uma *"expectativa de vida"* a qual um estatístico poderia calcular com certa probabilidade de erro. Salvar a vida de um parente que logo morrerá de velhice causa menos impacto no "fundo" de genes do futuro do que salvar a vida de um *parente igualmente* próximo que tenha a maior parte de sua vida pela frente.

Nossos cálculos simétricos, bem definidos, de parentesco têm que ser modificados por considerações atuariais confusas. Avós a netos têm, do ponto de vista genético, razão idêntica para comportarem-se altruisticamente uns em relação aos outros, pois cada um compartilha 1/4 dos genes do outro. Mas se os netos têm maior expectativa de vida, os genes para altruísmo de avô para neto possuem maior vantagem seletiva do que os genes para altruísmo de neto para avô. É possível que o benefício líquido resultante do auxílio a um parente jovem distante exceda aquele resultante do auxílio a um parente próximo velho. (A propósito, não ocorre necessariamente, é claro, que os avós tenham expectativa de vida menor do que os netos. Em espécies com alta taxa de mortalidade infantil poderá ocorrer o inverso).

Estendendo-se a analogia com a Atuária, os indivíduos podem ser considerados agentes de seguros de vida. Pode-se esperar que um indivíduo invista ou arrisque uma determinada proporção de seu próprio ativo na vida de outro indivíduo. Ele levará em consideração seu parentesco com o outro indivíduo e também se este é um "bom risco" em termos de sua expectativa de vida comparada com a do próprio segurador. A rigor deveríamos falar em "expectativa de reprodução" a não em "expectativa de vida", ou, para sermos ainda mais precisos, "expectativa de capacidade geral de beneficiar os próprios genes no futuro". Então, para que o comportamento altruístico evolua, o risco líquido para o altruísta deve ser menor do que o benefício líquido para o receptor multiplicado pelo parentesco. Os riscos a os benefícios devem ser calculados da maneira atuarial complexa que esbocei.

Mas que cálculo complicado para se esperar que uma pobre máquina de sobrevivência faça, especialmente com pressa! Até mesmo o grande biólogo matemático J. B. Haldane observou (em um artigo de 1955 no qual antecipou Hamilton postulando a difusão de um gene para salvar parentes próximos de afogamento): ". . . nas duas ocasiões em que tirei da água pessoas que provavelmente estavam se afogando (com um risco mínimo para mim) não tive tempo de fazer tais cálculos." Felizmente, no entanto, como Haldane bem sabia, não é necessário supor que as máquinas de sobrevivência conscientemente façam as somas na cabeça. Assim como poderemos utilizar uma régua de cálculo sem notar que na realidade estamos usando logaritmos, da mesma maneira um animal poderá estar programado antecipadamente de tal forma que comporte-se como *se* tivesse feito um cálculo complicado.

Isto não é tão difícil de imaginar como parece. Quando um homem joga uma bola para o alto a pega-a novamente ele comporta-se como se tivesse resolvido um conjunto de equações diferenciais ao prever a trajetória da bola. Talvez ele não saiba o que é uma equação diferencial a nem se preocupe, mas isto não afeta sua habilidade com a bola. A nível subconsciente alguma coisa funcionalmente equivalente aos cálculos matemáticos está ocorrendo. Da mesma forma, quando um homem toma uma decisão difícil após pesar todos os prós a os contras a todas as conseqüências da decisão que ele possa imaginar, estará realizando o equivalente funcional a um cálculo de "soma ponderada", tal qual um computador poderia efetuar.

Se tivéssemos que programar um computador para que simulasse um modelo de uma máquina de sobrevivência que tomasse decisões sobre quando comportar-se altruisticamente, provavelmente teríamos que proceder da seguinte maneira. Deveríamos fazer uma lista de todas as coisas possíveis que o animal pode fazer. Então, para cada um desses padrões alternativos de comportamento, programamos um cálculo de soma ponderada. Todos os vários benefícios terão um sinal positivo; todos os riscos terão um sinal negativo; tanto os benefícios como os riscos serão *ponderados* através de sua multiplicação pelo índice de parentesco apropriado, antes de se efetuar a soma. Para simplificar podemos, inicialmente, ignorar outros pesos, tais como aqueles para idade a saúde. Como o "parentesco" de um indivíduo consigo mesmo é 1 (isto é, ele possui 100 por cento de seus próprios genes, obviamente), os riscos a benefícios para si próprio não serão absolutamente desprezados, mas receberão seu peso normal no cálculo. A soma completa para qualquer um dos padrões alternativos de comportamento será assim: benefício líquido do padrão de comportamento = benefício para si próprio - risco para si próprio + 1/2 benefício para o irmão - 1/2 risco para o irmão + 1/2 benefício para o outro irmão - 1/2 risco para o outro irmão + 1/8 benefício para o primo coirmão - 1/8 risco para o primo coirmão + 1/2 benefício para o filho - 1/2 risco para o filho + etc.

O resultado da soma será um número chamado de resultado benéfico líquido daquele padrão de comportamento. Em seguida o modelo de animal computa a soma equivalente para cada padrão alternativo de comportamento de seu repertório. Finalmente ele decide realizar o padrão de comportamento que apresentou o maior benefício líquido. Mesmo que todos os resultados sejam negativos, ele deve, assim mesmo, escolher a ação com o resultado mais alto, o menor dos males. Lembre-se que qualquer ação positiva envolve o consumo de energia a de tempo, a ambos poderiam ter sido usados para fazer outras coisas. Se não fazer nada apresenta-se como o "comportamento" com maior resultado benéfico líquido, o modelo do animal não fará nada.

Aqui está um exemplo excessivamente simplificado, desta vez expresso sob a forma de um solilóquio subjetivo a não como uma simulação de computador. Sou um animal que encontrou um grupo de oito cogumelos. Após considerar seu valor nutritivo a subtrair certo valor pelo pequeno risco de serem venenosos, estimo que valham seis unidades positivas cada um (as unidades são resultados arbitrários, como no capítulo anterior). Os cogumelos são tão grandes que eu só poderia comer três deles. Devo informar alguém mais a respeito de meu achado emitindo um "grito de alimento"? Quem está por perto? O irmão B (seu parentesco comigo é 1/2), o primo C (parentesco comigo = 1/8) e D (não tem relação especial comigo; seu parentesco é um número pequeno, o qual, na prática, pode ser considerado zero). O resultado benéfico líquido para mim, se eu me mantiver em silêncio, será +6 para cada um dos três cogumelos que como, ou seja, +18 no total. Meu resultado benéfico líquido se

eu emitir o grito de alimento exige algumas contas. Os oito cogumelos serão compartilhados igualmente entre nós quatro. O resultado para mim dos dois que como será as seis unidades positivas normais para cada um, ou seja, +12 no total. Mas, obterei também algum resultado positivo quando meu irmão e meu primo comerem, cada um, seus dois cogumelos, devido aos genes que compartilhamos. O resultado real será $(1 \times 12) + (1/2 \times 12) + (1/8 \times 12) + (0 \times 12) = +19.75$. O benefício líquido correspondente para o comportamento egoísta era +18: os resultados são próximos, mas o veredicto é claro. Devo emitir o grito de alimento; neste caso, o altruísmo de minha parte recompensaria meus genes egoístas.

Para simplificar fiz a suposição de que o animal calcula o que é melhor para seus genes. O que acontece na realidade é que o "fundo" enche-se de genes que influenciam os corpos de tal maneira que estes comportam-se como se tivessem feito os cálculos.

Em qualquer caso o cálculo é apenas uma primeira aproximação ao que idealmente deveria ser. Ele ignora muitas coisas, incluindo as idades dos indivíduos. Além disto, se acabei de ter uma boa refeição, de modo que só possa comer um cogumelo, o benefício líquido que resulta de emitir o grito de alimento será maior do que seria se estivesse famisto. Os refinamentos progressivos de cálculo que poderiam ser feitos no melhor de todos os mundos possíveis não têm fim. Mas a vida real não é vivida no melhor de todos os mundos possíveis. Não podemos esperar que animais reais levem em consideração todos os mínimos detalhes ao chegar a uma decisão ótima. Teremos que descobrir, através de observação e de experimentação na natureza, o quão próximo os animais reais de fato chegam a uma análise do tipo custo-benefício ideal.

Apenas para termos certeza de que não fomos levados longe demais pelos exemplos subjetivos, voltemos rapidamente à linguagem de genes. Os corpos vivos são máquinas programadas por genes que sobreviveram. E esses sobreviveram sob condições que tenderam, *em média*, a caracterizar o ambiente da espécie no passado. As "estimativas" de custos e benefícios, portanto, estão baseadas em "experiência" passada, exatamente como nas tomadas de decisão no homem. No entanto, experiência, neste caso, tem o sentido especial de experiência de gene ou, mais precisamente, de condições da sobrevivência passada de genes. (Como os genes também dão às máquinas de sobrevivência a capacidade de aprender, poder-se-ia dizer que algumas estimativas de custo-benefício são igualmente tomadas com base na experiência individual.) Enquanto as condições não mudarem muito drasticamente, as estimativas serão boas e as máquinas de sobrevivência em média terão a tendência a tomar as decisões acertadas. Se as condições mudam rapidamente, elas tenderão a tomar decisões errôneas, e seus genes pagarão a pena. Sem dúvida, as decisões humanas baseadas em informação ultrapassada tendem a ser erradas.

Estimativas de parentesco também estão sujeitas ao erro e à incerteza. Até agora, em nossos cálculos excessivamente simplificados, consideramos que as máquinas de sobrevivência *sabem* quem está relacionado a elas e o quão intimamente. Na vida real um conhecimento certo deste tipo ocasionalmente é possível, mas mais comumente o parentesco pode apenas ser estimado como um número médio. Suponha, por exemplo, que A e B pudessem igualmente ser meios irmãos ou irmãos legítimos. Seu parentesco será $1/4$ ou $1/2$, mas como não sabemos se são meios irmãos ou irmãos legítimos, o número efetivamente utilizável é a média, $3/8$. Se for certo que possuem a mesma mãe, mas a probabilidade de terem o mesmo pai for de apenas 1 para 10, então há 90 por cento de probabilidade de serem meios irmãos a 10 por cento de probabilidade de serem irmãos legítimos; o parentesco efetivo será $1/10 \times 1/2 + 9/10 \times 1/4 = 0,275$.

Mas, quando dizemos que há 90 por cento de probabilidade, a que nos referimos? Estaremos dizendo que um naturalista humano após uma longa pesquisa de campo tem 90 por cento de certeza, ou que os animais têm esta certeza? Com um pouco de sorte as duas coisas poderão ser quase iguais. Para entender isto, temos que pensar como os animais poderão de fato estimar quem são seus parentes próximos.

Sabemos quem são nossos parentes porque nos é dito, porque damos-lhes nomes, porque temos casamentos formais e porque temos registros escritos e boas memórias. Muitos antropólogos sociais preocupam-se com "parentesco" nas sociedades que estudam. Eles não se referem ao parentesco genético verdadeiro, mas às idéias subjetivas e culturais de parentesco. Os costumes humanos e os rituais tribais normalmente dão grande ênfase ao parentesco; o culto aos antepassados é muito difundido e a lealdade e as obrigações familiares dominam boa parte da vida. As vendetas e as lutas entre clãs são facilmente interpretadas segundo a teoria genética de Hamilton. Os tabus contra incesto confirmam os profundos sentimentos de parentesco no homem, embora a vantagem genética de um tabu contra o incesto nada tenha a ver com altruísmo: provavelmente relaciona-se aos efeitos nocivos dos genes recessivos que aparecem com o "inbreeding". (Por alguma razão muitos antropólogos não gostam desta explicação.)

Como poderiam os animais selvagens "saber" quem são seus parentes, ou, em outras palavras, que regras de comportamento poderiam seguir as quais tivessem o efeito indireto de fazer com que parecessem saber a respeito de parentesco? A regra "seja gentil para com seus parentes" não responde a pergunta de como esses devem ser reconhecidos na prática. Os genes devem dar aos animais uma regra prática de ação simples, uma regra que não envolva a percepção sábia do propósito último da ação, mas uma regra que funcione mesmo assim, pelo menos sob condições normais. Nós, humanos, estamos familiarizados com as regras, a elas são tão potentes que, se temos pouca visão, obedecemos a regra em si, mesmo quando percebemos perfeitamente que ela não está servindo em nada para nós ou para qualquer outra pessoa. Alguns judeus e muçulmanos, por exemplo, prefeririam passar fome a quebrar sua regra contra comer carne de porco. Que regras práticas simples poderiam os animais obedecer as quais, em condições normais, tivessem o efeito indireto de beneficiar seus parentes próximos?

Se os animais tivessem a tendência a se comportar altruisticamente em relação a indivíduos que se assemelhassem fisicamente a eles, poderiam, indiretamente, estar ajudando seus parentes. Muito dependeria dos detalhes da espécie em questão. Uma regra deste tipo, de qualquer forma, só levaria a decisões "corretas" num sentido estatístico. Se as condições mudassem, se uma espécie, por exemplo, começasse a viver em grupos muito maiores, ela poderia conduzir a decisões erradas. É possível imaginar o preconceito racial como uma generalização irracional de uma tendência de seleção de parentesco a identificar-se com indivíduos fisicamente semelhantes e a ser desagradável a indivíduos de aparência diferente.

Numa espécie cujos membros não se locomovem muito, ou cujos membros movem-se em pequenos grupos, a probabilidade de que qualquer indivíduo ao acaso que você encontre seja um parente bastante próximo poderá ser grande. Neste caso a regra "Seja gentil para qualquer membro da espécie que você encontrar" poderia ter um efeito positivo na sobrevivência, no sentido de que um gene que predisponha seus possuidores a obedecerem a regra poderá tornar-se mais numeroso no "fundo". Talvez seja por isto que o comportamento altruístico é descrito tão freqüentemente em bandos de macacos e cardumes de baleias. As baleias e os golfinhos afogam-se se não respirarem ar. Tem-se observado baleias jovens e indivíduos feridos que não podem nadar para a superfície serem socorridos e sustentados pelos companheiros do cardume. Não se sabe se as baleias têm alguma forma de identificar seus parentes próximos, mas talvez isto não importe. Talvez a probabilidade global, de que um membro qualquer do cardume seja um parente, seja tão alta que o altruísmo vale a pena. Há, incidentalmente, pelo menos um relato bem autenticado de um banhista afogando-se que foi salvo por um golfinho não amestrado. Isto poderia ser considerado uma falha da regra para salvar membros do cardume que estejam afogando-se. A "definição" de um membro do cardume que está se afogando, para efeito da regra, poderia ser alguma coisa assim: "Uma coisa comprida debatendo-se e sufocando-se perto da superfície."

Tem-se observado babuínos machos adultos arriscarem suas vidas defendendo o resto do bando contra predadores como leopardos. É bastante provável que qualquer macho adulto tenha, em média, um número razoavelmente grande de genes presos em outros membros do bando. Um gene que efetivamente "diga": "Corpo, se você for um macho adulto, defenda o bando contra leopardos", poderia tornar-se mais numeroso no "fundo". Antes de deixar de lado este exemplo freqüentemente citado, deve-se acrescentar honestamente que pelo menos uma especialista descreveu fatos muito diferentes. Segundo ela os machos adultos são os primeiros a desaparecerem no horizonte quando um leopardo surge.

Os pintos alimentam-se em grupos formados pela ninhada, todos seguindo sua mãe. Eles têm dois piados principais. Além do pie agudo alto que já mencionei, eles emitem gorjeios melódicos curtos quando se alimentam. Os pios agudos, que têm o efeito de pedir a ajuda da mãe, são ignorados pelos outros pintos. Estes, no entanto, são atraídos pelos gorjeios. Isto significa que quando um deles encontra comida seus gorjeios atraem os demais igualmente para a comida: em termos do exemplo hipotético anterior, os gorjeios são "gritos de alimento". Como naquele caso, o aparente altruísmo dos pintos pode ser facilmente explicado por seleção de parentesco. Como na

natureza todos os pintos seriam irmãos legítimos, um gene para emissão do gorjeio de alimento se espalharia, desde que o custo para seu emissor seja menos da metade do benefício líquido para os outros pintos. Como o benefício é distribuído por toda a ninhada, a qual normalmente possui mais de dois indivíduos, não é difícil imaginar esta condição ocorrendo. Esta regra, evidentemente, falha em situações domésticas ou de fazendas, quando as galinhas chocam ovos que não são seus próprios, até mesmo ovos de peru ou de pato. Mas não se pode esperar que a galinha ou seus pintinhos entendam isto. Seu comportamento foi moldado sob as condições prevalecentes na natureza, e nestas estranhas não são normalmente encontrados em seu ninho.

Erros deste tipo poderão, entretanto, ocasionalmente ocorrer na natureza. Em espécies que vivem em rebanhos ou bandos, um filhote órfão poderá ser adotado por uma fêmea estranha, muito provavelmente uma fêmea que tenha perdido seu próprio filhote. Especialistas em macacos algumas vezes usam a palavra "tia" para designar uma fêmea que adota filhotes. Na maioria dos casos não há evidência de que ela realmente seja tia ou qualquer outro parente: se estes estudiosos estivessem tão cômicos dos genes como deveriam estar, não usariam uma palavra importante como "tia" tão levianamente. Na maioria dos casos deveríamos provavelmente considerar a adoção, não importa quão comvente ela pareça, como uma falha de uma regra intrínseca. É isto porque a fêmea generosa em nada está ajudando seus próprios genes ao cuidar do órfão; está gastando tempo e energia que poderia estar investindo nas vidas de seus próprios parentes, especialmente os próprios filhos. A adoção é provavelmente um erro que ocorre tão raramente que a seleção natural não "preocupou-se" em mudar a regra tornando o instinto maternal mais seletivo. Incidentalmente, em muitos casos tais adoções não ocorrem e o órfão é deixado morrer.

Há um exemplo de um erro tão extremo que talvez você prefira considerá-lo não como um erro, mas como evidência contra a teoria do gene egoísta. É o caso das macacas despojadas de seus filhotes, as quais têm sido vistas roubar um filhote de outra fêmea a cuidar dele. Vejo isto como um erro duplo, uma vez que a fêmea que adota não apenas perde seu tempo, mas também libera uma fêmea rival do encargo de criar filhotes e deixa-a livre para ter outro mais depressa. Parece-me um exemplo crítico que merece uma pesquisa detalhada. Precisamos saber com que frequência ocorre. Qual, em média, é o parentesco entre a mãe adotiva e o filhote, a qual a atitude da mãe verdadeira - afinal de contas, é vantajoso para ela que seu filhote *seja* adotado; as mães deliberadamente tentam enganar as fêmeas jovens induzindo-as a adotarem seus filhotes? (Também foi sugerido que as mães adotivas e as arrebatadoras de filhotes poderiam se beneficiar adquirindo prática valiosa na arte de criar a prole.)

Um exemplo de uma falha deliberadamente planejada do instinto maternal é oferecido pelo cuco a por outros "parasitas de filhotes" - pássaros que põem seus ovos em um ninho alheio. O cuco aproveita-se da regra inerente nas aves com filhotes: "Seja gentil com qualquer pássaro pequeno que esteja no ninho que você construiu.--- Deixando os cucos de lado, esta regra normalmente terá o efeito desejado de restringir o altruísmo aos parentes imediatos, pois acontece que os ninhos são tão isolados uns dos outros que o conteúdo de seu ninho quase que obrigatoriamente será seus filhotes. A gaivota *Lams argentatus* adulta não reconhece seus próprios ovos; alegremente chocará ovos de outras gaivotas a até mesmo modelos grosseiros de madeira se estes forem colocados no ninho por pesquisadores. Na natureza o reconhecimento de ovos não é importante para as gaivotas, pois eles não rolam o suficiente para chegar na vizinhança de outro ninho a alguns metros de distância. Porém, as gaivotas reconhecem seus próprios filhotes: estes, diferentemente dos ovos, passeiam e podem facilmente acabar perto de um vizinho adulto, muitas vezes com resultados fatais, como vimos no Capítulo 1.

As urias, aves marinhas do hemisfério norte, por outro lado, reconhecem seus próprios ovos através do padrão de salpicamento e distinguem-nos ativamente ao incubar. Isto presumivelmente ocorre porque elas nidificam sobre rochas planas onde existe o perigo dos ovos rolarem e serem confundidos. Poderia-se perguntar, por que elas se preocupam em distinguir e só chocar seus ovos? Sem dúvida, se fosse certo que cada fêmea choca os ovos de outra, não importaria se cada mãe em particular choca seus próprios ovos ou não. Este é o argumento de um adepto da seleção de grupo.

Imagine o que aconteceria se um grupo de amas-secas deste tipo se formasse. O tamanho médio da ninhada da uria é um. Isto significa que para o círculo de pajeamento mútuo funcionar a contento, cada adulto teria que chocar em média um ovo. Agora suponha que alguém trapaceasse a se recusasse a chocar. Em vez de gastar tempo chocando, ela poderia pôr mais ovos; e a beleza do esquema é que os outros adultos, mais altruístas, tomariam conta dos ovos para ela. Eles continuariam a obedecer fielmente a regra "Se você vir um ovo perdido de seu ninho arraste-o a choque-o". Assim, o gene para fraudar o sistema se espalharia pela população e o belo círculo amistoso de amas-secas se romperia.

"Bem", poder-se-ia dizer, "o que aconteceria se as aves honestas retaliassem recusando-se a sofrerem chantagem a decidissem resolutamente chocar am a apenas um ovo? Isto frustraria os trapaceadores, pois eles veriam seus ovos expostos nas rochas sem ninguém incubando-os. Isto iria logo corrigi-los." Mas não, não iria. Como estamos postulando que as babás não distinguem os ovos, se as aves honestas pusessem este esquema em prática a fim de resistir ã trapaça, os ovos eventualmente abandonados teriam a mesma probabilidade de serem os seus próprios ou dos trapaceadores. Estes ainda teriam vantagem, pois poriam mais ovos a teriam mais filhotes sobreviventes. A única maneira de uma uria honesta levar a melhor sobre os trapaceadores seria distinguir ativamente seus próprios ovos, isto é, deixar de ser altruísta a cuidar de seus interesses.

Usando a linguagem de Maynard Smith, a "estratégia" de adoção altruísta não é evolutivamente estável. É instável no sentido de que pode ser sobrepujada por uma estratégia rival egoísta de por mais ovos do que a própria quota a em seguida recusar-se a chocá-los. Esta estratégia egoísta é, por sua vez, instável, pois a estratégia altruísta que ela explora é instável a desaparecerá. A única estratégia evolutivamente estável para uma uria é reconhecer seu próprio ovo a chocá-lo exclusivamente; isto é exatamente o que ocorre.

As espécies de passarinhos parasitadas pelos cucos reagiram, não, neste caso, aprendendo a aparência de seus próprios ovos, mas instintivamente distinguindo aqueles com os sinais típicos da espécie. Como não há perigo delas serem parasitadas por membros da própria espécie, o comportamento é efetivo. Mas, os cucos, por sua vez, retaliaram fazendo seus ovos cada vez mais parecidos em cor, tamanho a padrão com aqueles das espécies hospedeiras. Isto é um exemplo de uma mentira, a qual freqüentemente funciona. O resultado desta corrida evolutiva de armamentos foi um aperfeiçoamento notável no mimetismo dos ovos do cuco. Poderemos supor que certa proporção dos ovos e filhotes do cuco são "descobertos", a aqueles que não o são sobrevivem para pôr a geração seguinte de ovos. Assim, os genes para fraude mais eficiente espalham-se pelo "fundo" de genes do cuco. Da mesma maneira, os pássaros hospedeiros cujos olhos são aguçados o suficiente para detectar qualquer pequena imperfeição no mimetismo dos ovos do cuco, são aqueles que contribuem mais para o "fundo" de genes. Olhos aguçados a céticos, deste modo, são transmitidos à geração seguinte. Este é um bom exemplo de como a seleção natural pode apurar a discriminação ativa, neste caso a discriminação contra outra espécie cujos membros estão fazendo o que podem para ludibriar os discriminadores.

Voltemos agora á comparação entre a "estimativa" de um animal de seu parentesco com outros membros de seu grupo, e a estimativa correspondente de um naturalista de campo especialista. Brian Bertram passou muitos anos estudando a biologia dos leões no Parque Nacional de Serengeti. Baseado em seu conhecimento de seus hábitos reprodutivos ele estimou o parentesco médio entre indivíduos numa alcatéia típica. Os fatos usados por ele para fazer suas estimativas são mais ou menos estes. Uma alcatéia típica consiste de sete fêmeas adultas que são seus membros mais permasentes, a dois machos adultos, que são itinerantes. Cerca de metade das fêmeas adultas dão cria em um lote ao mesmo tempo a criam seus filhotes em conjunto, de modo que é difícil dizer a quem cada um deles pertence. O tamanho típico de uma ninhada é de três filhotes. A paternidade das ninhadas é compartilhada igualmente pelos machos adultos da alcatéia. As fêmeas jovens permanecem no bando a substituem as fêmeas velhas que morrem ou se afastam. Os machos jovens são expulsos quando tomam-se adolescentes. Quando crescem perambulam de alcatéia para alcatéia

em pequenos grupos ou pares de indivíduos relacionados; é pouco provável que retomem a sua família original.

Utilizando estas e outras pressuposições você pode ver que seria possível computar um número médio para o parentesco entre dois indivíduos de uma alcateia de leões típica. Bertram chega ao número 0,22 para um par de machos escolhidos ao acaso a 0,15 para um par de fêmeas. Isto significa que os machos em uma alcateia em média são ligeiramente menos próximos do que meios irmãos, e as fêmeas ligeiramente mais próximas do que primas coirmãs.

Evidentemente, qualquer par de indivíduos poderia ser constituído por irmãos legítimos, mas Bertram não tinha como determinar isto e é bem provável que os leões também não tenham. Por outro lado, os números médios que Bertram estimou, de certa forma estão disponíveis aos próprios leões. Se estes números realmente forem típicos para uma alcateia média, então qualquer gene que predispuesse os machos a comportarem-se em relação a outros machos como se eles fossem quase meios irmãos teria um valor positivo de sobrevivência. Qualquer gene que fosse longe demais a fizesse os machos comportarem-se de maneira amistosa mais apropriada a irmãos legítimos, sofreria, em média, penalidades, da mesma forma como um gene para comportamento não suficientemente amistoso, como tratar outros machos como primos de segundo grau. Se os fatos da vida dos leões forem como Bertram afirma e, igualmente importante, se eles permaneceram assim por um grande número de gerações, então poderemos esperar que a seleção natural tenha favorecido um grau de altruísmo adequado ao grau médio de parentesco em uma alcateia típica. É a isto que me referi quando disse que as estimativas de parentesco de um animal e de um bom naturalista poderão estar bastante próximas.

Concluimos, então, que o parentesco "verdadeiro" poderá ser menos importante na evolução do altruísmo do que a melhor *estimativa* de parentesco que os animais podem obter. Esta é provavelmente a chave para entender porque o cuidado com a prole é muito mais comum e mais dedicado do que o altruísmo entre irmãos na natureza e também porque os animais poderão dar ainda mais valor a si próprios do que a vários irmãos. Em poucas palavras, o que estou dizendo é que além do índice de parentesco, devemos levar conta algo como um índice de "certeza". Embora o relacionamento pais/filhos não seja, geneticamente, mais próximo do que o relacionamento entre irmãos, sua certeza é maior. Normalmente é possível ter muito mais certeza sobre quem são seus filhos do que sobre quem são seus irmãos. E você pode ter ainda mais certeza sobre quem você mesmo é!

Mencionamos trapaceadores entre as urias; diremos mais sobre mentirosos, trapaceadores e exploradores nos capítulos seguintes. Em um mundo no qual os outros indivíduos estão sempre alertas a oportunidades de explorar o altruísmo de seleção de parentesco e usá-lo para seus próprios propósitos, uma máquina de sobrevivência tem que levar em conta em quem ela pode confiar, de quem ela pode realmente ter certeza. *Se B* for realmente meu irmão pequeno, então devo cuidar dele até metade do que cuido de mim e tanto quanto cuido de meus filhos. Mas posso ter tanta certeza dele quanto de meus filhos? Como posso saber que ele é meu irmão menor?

Se C for meu irmão gêmeo idêntico, então deverei cuidar dele duas vezes mais do que cuido de qualquer um de meus filhos; deverei, de fato, prezar sua vida tanto quanto a minha própria. Mas posso estar certo sobre ele? Ele se parece comigo, sem dúvida, mas talvez aconteça de compartilharmos os genes para características faciais. Não, não sacrificarei minha vida por ele, porque embora seja possível que ele porte 100 por cento de meus genes, eu *sei* com certeza que possuo 100 por cento deles, de modo que valho mais para mim do que ele. Sou o único indivíduo a respeito do qual qualquer um de meus genes egoístas pode ter certeza. E embora, idealmente, um gene para o egoísmo individual possa ser deslocado por um gene rival para o salvamento altruísta de pelo menos um irmão gêmeo idêntico, dois filhos ou irmãos, ou pelo menos quatro netos, etc., o gene para o egoísmo individual tem a enorme vantagem da *certeza* da identidade individual. O gene rival para altruísmo para com parentes arrisca-se a cometer erros de identidade, quer legitimamente acidentais, quer deliberadamente planejados por trapaceiros e parasitas. Devemos, portanto, esperar

o egoísmo individual na natureza num grau maior do que seria previsto apenas por considerações de parentesco genético.

Em muitas espécies a mãe pode ter mais certeza a respeito de seus filhos do que o pai. A mãe põe o ovo visível e concreto, ou dá à luz. Ela tem boa probabilidade de saber com certeza quais são os portadores de seus genes. O pobre pai é muito mais vulnerável ao logro. Ê de se esperar, portanto, que os pais esforcem-se menos do que as mães em cuidar dos jovens. No capítulo sobre a Batalha dos Sexos (Capítulo 9) veremos que há outras razões para esperar a mesma coisa. Da mesma forma, as avós maternas podem estar mais certas de seus netos do que as paternas, e esperar-se-ia que mostrassem mais altruísmo do que estas últimas. Isto porque elas podem estar certas a respeito dos filhos de sua filha, mas seu filho talvez tenha sido enganado. Os avós maternos e as avós paternas estão igualmente certos a respeito de seus netos, pois ambos contam com uma geração de certeza e uma de incerteza. Da mesma maneira, os tios do lado materno deveriam estar mais interessados no bem-estar dos sobrinhos do que aqueles do lado paterno, e de um modo geral deveriam ser tão altruístas quanto as tias. De fato, em uma sociedade com alto grau de infidelidade conjugal os tios maternos deveriam ser mais altruístas do que os "pais", pois têm mais base para confiar em seu parentesco com a criança. Eles sabem que a mãe da criança, é, pelo menos, sua meia irmã. O pai "legal" nada sabe. Não conheço nenhuma evidência que suporte essas previsões, mas ofereço-as na esperança de que outros a tenham ou comecem a procurá-la. Os antropólogos sociais, em particular, talvez tenham coisas interessantes a contar.

Voltando ao fato do altruísmo dos pais ser mais comum do que o dos irmãos, parece razoável explicar isto em termos do "problema de identificação". Mas isto não explica a assimetria fundamental na própria relação pais/filhos. Os pais preocupam-se mais com seus filhos do que estes com seus pais, embora a relação genética seja simétrica e a certeza de parentesco seja idêntica em ambos os sentidos. Um motivo é que os pais, sendo mais velhos e mais competentes na ocupação de viver, estão numa posição prática melhor para ajudar seus filhos. Mesmo que um bebê quisesse alimentar seus pais, na prática ele não está bem equipado para fazê-lo.

Há outra assimetria na relação pais/filhos que não se explica à relação entre irmãos. Os filhos são sempre mais jovens do que seus pais. Isto freqüentemente, embora nem sempre, significa que eles têm maior expectativa de vida. Como enfatizei acima, a expectativa de vida é uma variável importante a qual, no melhor dos mundos possíveis, deveria entrar nos "cálculos" de um animal quando ele está "decidindo" se deve ou não comportar-se altruisticamente. Numa espécie na qual os filhos têm uma expectativa de vida média maior do que seus pais, qualquer gene para altruísmo dos filhos estaria em desvantagem. Significaria planejar o sacrifício próprio altruístico em benefício de indivíduos que estão mais próximos de morrer de velhice do que o altruísta. Um gene para altruísmo dos pais, por outro lado, teria uma vantagem correspondente no que se refere aos termos da expectativa de vida na equação.

Algumas vezes ouve-se que a seleção de parentesco é boa como teoria, mas que há poucos exemplos de seu funcionamento na prática. Esta crítica só pode ser feita por alguém que não entende o que significa seleção de parentesco. Na verdade todos os exemplos de proteção dos filhos a cuidado com a prole, e todos os órgãos do corpo associados, glândulas de secreção de leite, o marsúpio nos cangurus a assim por diante, são exemplos do funcionamento na natureza do princípio da seleção de parentesco. Os críticos, evidentemente, estão familiarizados com a existência difundida do cuidado com a prole, mas eles não entendem que este é um exemplo de seleção de parentesco tanto quanto o é o altruísmo entre irmãos. Quando eles dizem que querem exemplos, querem dizer, na verdade, que querem exemplos que não sejam de cuidado com a prole; é verdade que tais exemplos são menos comuns. Sugerir algumas razões para explicar isto. Poderia ter me dado ao trabalho de mencionar exemplos de altruísmo fraterno - há, de fato, vários deles. Mas não quero fazer isto porque significaria reforçar a idéia errônea (aceita, como vimos, por Wilson) de que a seleção de parentesco trata especificamente de relações *diferentes* daquelas entre pais a filhos.

O motivo por este erro ter crescido é em grande parte histórico. A vantagem evolutiva do cuidado com a prole é tão óbvia que não precisamos esperar por Hamilton para nos chamar a

atenção; ela foi entendida desde Darwin. Quando Hamilton demonstrou a equivalência genética de outras relações a seu significado evolutivo, ele naturalmente teve que enfatizar estas outras relações. Ele tomou exemplos, em particular, de insetos sociais como formigas e abelhas, nos quais a relação entre irmãs é particularmente importante, como veremos num capítulo posterior. Até mesmo ouvi pessoas dizerem que pensavam que a teoria de Hamilton aplicava-se *apenas* aos insetos sociais!

Se alguém não quiser admitir que o cuidado com a prole é um exemplo de seleção de parentes em ação, então será dele o encargo de formular uma teoria geral de seleção natural que preveja o altruísmo paterno, mas que *não* preveja altruísmo entre parentes colaterais. Acho que ele falhará.

PLANEJAMENTO FAMILIAR

É fácil entender porque algumas pessoas quiseram separar o cuidado com a prole dos outros tipos de altruísmo de seleção de parentesco. O cuidado com a prole parece ser uma parte integrante da reprodução, enquanto que o altruísmo por um sobrinho, por exemplo, não é. Acho que realmente há uma distinção importante oculta aqui, mas as pessoas enganaram-se sobre ela. Colocaram a reprodução e o cuidado com a prole de um lado a todos os tipos de altruísmo de outro. Quero, no entanto, estabelecer uma distinção entre *pôr novos indivíduos no mundo*, por um lado, a *cuidar dos indivíduos existentes*, por outro. Chamarei essas duas atividades respectivamente de produção de descendentes a cuidado para com eles. Uma máquina de sobrevivência individual tem que tomar dois tipos bastante diferentes de decisões, decisões sobre o cuidado a decisões sobre a produção. Uso a palavra decisão para me referir ao movimento estratégico inconsciente. As decisões sobre os cuidados são deste tipo: "Há uma criança; seu grau de parentesco comigo é tal; a probabilidade de ela morrer se eu não a alimentar é tal; deverei alimentá-la?" As decisões sobre produção, por outro lado, são assim: "Deverei fazer o que for necessário para pôr um novo indivíduo no mundo? Deverei me reproduzir?" Cuidados a produção, até certo ponto, competirão entre si pelo tempo a por outros recursos de um indivíduo. O indivíduo talvez tenha que escolher: "Deverei cuidar desta criança ou deverei produzir outra?"

Dependendo dos detalhes ecológicos da espécie, várias misturas de estratégias de cuidados a produção poderão ser evolutivamente estáveis. A única coisa que não pode ser evolutivamente estável é uma estratégia pura de cuidados. Se todos os indivíduos se dedicassem a cuidar das crianças existentes a ponto de nunca produzirem outras, a população rapidamente seria invadida por indivíduos mutantes especializados em produzir. A estratégia de cuidados só pode ser evolutivamente estável como parte de uma estratégia mista - pelo menos alguma produção deve continuar.

As espécies com as quais estamos mais familiarizados mamíferos e aves - tendem a tomar grandes cuidados com a prole. A decisão de produzir um novo filhote geralmente é seguida da decisão de cuidar dele. É devido ao fato da produção a dos cuidados tantas vezes virem juntos na prática que muitas pessoas confundiram as duas coisas. Mas, do ponto de vista dos genes egoístas, não há, como vimos, diferença em princípio entre cuidar de um irmão pequeno a cuidar de um filho pequeno. Ambas as crianças estão igualmente relacionadas a você. Se você tiver que escolher entre alimentar uma ou a outra, não há razão genética para decidir em favor do próprio filho. Por outro lado você não pode, por definição, produzir um irmão pequeno. Você pode apenas cuidar dele depois que outra pessoa o colocou no mundo. No último capítulo examinamos como máquinas de sobrevivência individuais deveriam, de forma ideal, decidir a se comportar altruisticamente em relação a outros indivíduos que já existiam. Neste capítulo examinamos como deveriam decidir a pôr novos indivíduos no mundo.

É a respeito desse assunto que a controvérsia sobre "seleção de grupo", a qual mencionei no Capítulo 1, tem em grande parte se desenrolado. E isto porque Wynne-Edwards, que tem sido o principal responsável pela divulgação da idéia de seleção de grupo, abordou o assunto no contexto de uma teoria de "regulação de população". Ele sugeriu que os animais reduzem deliberada e altruisticamente suas taxas de natalidade pelo bem do grupo como um todo.

Esta hipótese é muito atraente porque coaduna-se tão bem com aquilo que os seres humanos devem fazer. A Humanidade está produzindo filhos demais. O tamanho da população depende de quatro coisas: nascimentos, mortes, imigrações a emigrações. Tomando-se a população mundial como um todo, imigrações a emigrações não ocorrem; ficamos então com nascimentos a mortes. Enquanto o número médio de filhos por casal for maior do que dois que sobrevivem para se reproduzir, o número de crianças nascidas tenderá a aumentar ao longo dos anos a uma taxa sempre

crescente. Em cada geração a população, em vez de aumentar segundo uma quantidade fixa, aumenta mais ou menos segundo uma proporção fixa do tamanho que ele já havia atingido. Como este tamanho torna-se maior, também torna-se maior o aumento. Se se deixasse este tipo de crescimento continuar descontroladamente uma população atingiria proporções astronômicas surpreendentemente depressa.

O que algumas vezes não é percebido nem mesmo pelas pessoas que se preocupam com problemas populacionais, a propósito, é que o crescimento da população depende de *quando* as pessoas têm filhos, assim como de quantos elas têm. Como as populações tendem a aumentar segundo uma certa proporção por geração, segue-se que se as gerações forem mais espaçadas a população crescerá a uma taxa menor por ano. Os cartazes nos quais se lê "Pare com Dois" poderiam igualmente ser mudados para "Comece com Trinta"! De qualquer forma, o crescimento populacional acelerado implica em problemas sérios.

Todos nós provavelmente já vimos exemplos dos cálculos assustadores que podem ser usados para mostrar isso. Por exemplo, a população atual da América Latina está próxima de 300 milhões e muitos habitantes já estão subnutridos. Mas, se a população continuar a aumentar na taxa atual, levaria menos de 500 anos para atingir o ponto no qual as pessoas, amontoadas de pé, formariam um tapete humano sólido cobrindo toda a área do continente. Isso é verdade mesmo se supusermos que os habitantes são muito magros - uma suposição nada irreal. Em mil anos estariam uns sobre os ombros dos outros, atingindo uma altura de mais de um milhão de indivíduos. Em aproximadamente dois mil anos a montanha de pessoas, crescendo com a velocidade da luz, teria atingido o limite do universo conhecido.

Você certamente percebeu que este é um cálculo hipotético! Na realidade isso não acontecerá por razões práticas muito boas; os nomes de algumas dessas razões são fome, peste e guerra; ou, se tivermos sorte, controle da natalidade. Não adianta apelar para progressos na agricultura - "revoluções verdes" e coisas semelhantes. O aumento na produção de alimento pode temporariamente mitigar o problema, mas é matematicamente certo que não pode constituir uma solução a longo prazo. De fato, exatamente como os avanços na Medicina que precipitaram a crise, esse aumento poderá piorar o problema, acelerando a taxa da expansão populacional. Constitui uma verdade lógica simples que, a não ser através de emigração em massa para o espaço, com foguetes decolando à razão de vários milhões por segundo, taxas de natalidade não controladas certamente conduzirão a taxas de mortalidade horripelantemente aumentadas. É difícil acreditar que esta verdade simples não seja entendida por aqueles líderes que proíbem seus seguidores de utilizar métodos contraceptivos eficientes. Eles expressam preferência por métodos "naturais" de limitação da população; e é um método natural que obterão: chama-se fome.

Mas, é claro, o mal-estar provocado por esses cálculos a longo prazo baseia-se numa preocupação pelo futuro bem-estar de nossa espécie como um todo. Os seres humanos (alguns deles) têm a capacidade consciente de prever as conseqüências desastrosas da superpopulação. Constitui pressuposição básica deste livro que as máquinas de sobrevivência em geral são guiadas por genes egoístas, os quais não se pode esperar que prevejam o futuro a nem que preocupem-se com o bem-estar de toda a espécie. É aqui que Wynne-Edwards separa-se dos teóricos ortodoxos da teoria da evolução. Ele acha que há uma maneira pela qual o controle da natalidade altruístico genuíno pode evoluir.

O que não é enfatizado nos trabalhos de Wynne-Edwards, ou na popularização de suas idéias feita por Ardrey, é que há um grande número de fatos estabelecidos que não são contestados. É um fato óbvio que as populações de animais selvagens não crescem nas taxas astronômicas de que são teoricamente capazes. Algumas vezes essas populações permanecem bastante estáveis, com as taxas de natalidade e de mortalidade mantendo-se aproximadamente iguais. Em muitos casos, os lemingues constituindo um exemplo famoso, a população flutua amplamente, com explosões violentas alternando-se com quedas a quase extinção. Ocasionalmente o resultado é a extinção completa, pelo menos da população de uma área localizada. Algumas vezes, como no caso do lince do Canadá - onde as estimativas são obtidas pelo número de peles vendidas pela "Hudson's Bay

Company" em anos sucessivos - a população parece oscilar ritmicamente. A única coisa que as populações animais não fazem é aumentar indefinidamente.

Os animais selvagens quase nunca morrem de velhice: a fome, as doenças ou os predadores alcançam-nos muito antes de tornarem-se realmente senis. Até recentemente isso também se aplicava ao homem. A maioria dos animais morrem durante a infância, muitos nunca passam da fase de ovo. A fome e outras causas de morte são os motivos fundamentais que impedem o aumento indefinido das populações. Mas, como vimos para nossa própria espécie, não há necessidade de sempre ser assim. Se os animais regulassem suas *taxas de natalidade*, a fome não precisaria nunca ocorrer. A tese de Wynne-Edwards é que eles fazem exatamente isso. Mas, mesmo aqui, há menos discórdia do que talvez pareça pela leitura de seu livro. Os adeptos da teoria do gene egoísta de bom grado concordariam que os animais *de fato* regulam suas taxas de natalidade. Qualquer espécie tende a ter ninhadas de tamanho razoavelmente constante: nenhum animal tem um número infinito de filhotes. A discórdia não provém do fato das taxas de natalidade *serem ou não* reguladas. Provém do *porquê* elas são reguladas: por qual processo de seleção natural o planejamento familiar evoluiu? Em poucas palavras, a discórdia versa sobre se o controle da natalidade dos animais é altruístico, praticado para o bem do grupo como um todo, ou egoísta, praticado para o bem do indivíduo que se reproduz. Tratarei das duas teorias nesta ordem.

Wynne-Edwards supôs que os indivíduos têm menos filhotes do que são capazes para o benefício do grupo como um todo. Ele reconheceu que a seleção natural normal de forma alguma pode originar a evolução deste altruísmo: a seleção natural de taxas reprodutivas menores do que a média é, em si, uma contradição em termos. Ele, portanto, invocou a seleção de grupo, como vimos no Capítulo 1. De acordo com ele os grupos cujos membros individuais restringem suas próprias taxas de natalidade têm menor probabilidade de se extinguir do que grupos rivais cujos membros reproduzem-se tão depressa que comprometem o suprimento de alimento. O mundo, portanto, torna-se povoado por grupos de reprodutores controlados. A restrição individual sugerida por Wynne-Edwards equivale, em um sentido geral, ao controle da natalidade; mas ele é mais específico ainda e, de fato, cria uma concepção grandiosa na qual toda a vida social é vista como um mecanismo de regulação da população. Por exemplo, duas características importantes da vida social em muitas espécies de animais são a *territorialidade* e as *hierarquias de dominância*, já mencionadas no Capítulo 5.

Muitos animais dedicam muito tempo a energia para aparentemente "defender" uma área chamada de território pelos naturalistas. O fenômeno é muito difundido no reino animal, não apenas em aves, mamíferos e peixes, mas em insetos e até mesmo anêmonas-do-mar. O território pode ser uma área grande de mata que é a região principal de busca de alimento de um casal na época da reprodução, como no caso do pisco-de-peito-ruivo, ou, na gaiivota *Larus argentatus*, por exemplo, poderá ser uma pequena área sem alimento, mas com um ninho no centro. Wynne-Edwards acredita que os animais que lutam por territórios, lutam por um prêmio simbólico e não por um prêmio real como um pouco de alimento. Em muitos casos as fêmeas recusam-se a acasalar-se com machos que não possuam território. De fato, freqüentemente ocorre que uma fêmea cujo parceiro é derrotado a tem seu território conquistado, imediatamente une-se ao vencedor. Até em espécies monógamas aparentemente fiéis a fêmea poderá estar unida ao território do macho e não a ele pessoalmente.

Se a população fica grande demais alguns indivíduos não conseguirão territórios e portanto não se reproduzirão. Obter um território, para Wynne-Edwards, portanto, é como obter um bilhete ou licença para se reproduzir. Como há um número finito de territórios disponíveis, é como se um número finito de licenças para se reproduzir fosse emitido. Os indivíduos poderão brigar pelas licenças, mas o número total de filhotes que a população como um todo pode ter está limitado pelo número de territórios disponíveis. Em alguns casos, por exemplo na tetraz vermelha, os indivíduos parecem, à primeira vista, mostrar limitação, pois aqueles que não conseguem obter territórios não apenas não se reproduzem, mas aparentemente também desistem da tentativa de conseguí-los. É como se todos aceitassem as regras do jogo: se, até o fim da estação de competição, você não tiver adquirido um dos bilhetes oficiais para se reproduzir, você voluntariamente abstem-se de se

reproduzir a deixa os felizardos em paz durante a estação de acasalamento, de modo que eles possam continuar a propagar a espécie.

Wynne-Edwards interpreta as hierarquias de dominância de forma semelhante. Em muitos grupos de animais, especialmente em cativeiro, mas em alguns casos também na natureza, os indivíduos aprendem as identidades mútuas e também quem podem vencer em uma luta a quem normalmente vence-os. Como vimos no Capítulo 5, eles têm a tendência a se submeter sem resistência àqueles indivíduos que eles "sabem" provavelmente vão vencê-los de qualquer maneira. Como consequência, um naturalista será capaz de descrever uma hierarquia de dominância ou "ordem de bicada" (assim chamada porque foi primeiramente descrita em galinhas) - uma ordenação da sociedade segundo níveis, na qual todos sabem seu lugar e não se metem em posições mais altas. Algumas vezes, evidentemente, lutas sérias ocorrem e os indivíduos podem ser promovidos acima de seus antigos chefes imediatos. Mas, como vimos no Capítulo 5, o efeito global da submissão automática pelos indivíduos hierarquicamente mais baixos é que poucas lutas prolongadas efetivamente ocorrem e ferimentos sérios raramente se verificam.

Muitas pessoas acham isso uma "coisa boa" num sentido se aproximando vagamente da seleção de grupo. Wynne-Edwards tem uma interpretação muito mais ousada. Os indivíduos de posição hierárquica alta têm maior probabilidade de se reproduzirem do que aqueles de posição inferior, quer porque são preferidos pelas fêmeas, quer porque fisicamente impedem os machos de posição inferior de se aproximarem das fêmeas. Wynne-Edwards vê na posição social alta outro bilhete de permissão para se reproduzir. Em vez de lutar diretamente pelas fêmeas, os indivíduos lutam pelo "status" social, e aceitam que se não se colocarem numa posição alta na escala social não têm direito a se reproduzirem. Eles contêm-se no que se refere diretamente às fêmeas, embora de vez em quando possam tentar obter um "status" superior; poder-se-ia dizer, assim, que competem *indiretamente* pelas fêmeas. Porém, como no caso do comportamento de território, o resultado dessa "aceitação voluntária" da regra pela qual apenas machos de posição alta devem reproduzir-se é, de acordo com Wynne-Edwards, que as populações não crescem rapidamente demais. Em vez de ter, realmente, filhos em excesso e então descobrir da maneira mais difícil que foi um erro, as populações usam disputas formais na luta por "status" a território, como meio de limitar seu tamanho ligeiramente abaixo do nível no qual a própria fome faz a limitação.

A idéia mais surpreendente de Wynne-Edwards, talvez, é aquela do comportamento *epideítico*, uma palavra que ele próprio cunhou. Muitos animais passam muito tempo em bandos, rebanhos ou cardumes grandes. Várias razões baseadas mais ou menos no bom senso foram sugeridas para explicar porque esse comportamento de agregação teria sido favorecido pela seleção natural; mencionaremos alguns deles no Capítulo 10. A idéia de Wynne-Edwards é bastante diferente. Ele propõe que quando bandos imensos de estorninhos se reúnem à noite, ou quando certos mosquitos dançam em grande número sobre um mourão, eles estão realizando um recenseamento de sua população. Como ele supõe que os indivíduos restringem suas taxas de natalidade no interesse do grupo como um todo, a que têm menos descendentes quando a densidade populacional é alta, é razoável que eles tivessem alguma maneira de medir essa última. De fato: um termostato necessita um termômetro como parte integral de seu mecanismo. Para Wynne-Edwards, o comportamento epideítico é o ajuntamento deliberado em bandos a fim de facilitar a estimativa da população. Ele não sugere uma estimativa consciente, mas em um mecanismo automático nervoso ou hormonal que ligue a percepção sensorial que os indivíduos têm da densidade de sua população com seus sistemas reprodutivos.

Tentei ser imparcial na apresentação da teoria de Wynne-Edwards, embora a tenha resumido. Se fui bem sucedido, você deve, agora, estar convencido de que ela é, à primeira vista, bastante plausível. Mas, os capítulos anteriores deste livro deveriam tê-lo preparado a ser cético a ponto de dizer que não importa quão plausível ela seja, é bom que a evidência para a teoria de Wynne-Edwards seja boa, caso contrário . . . E, infelizmente, a evidência não é boa. Ela consiste de um grande número de exemplos que poderiam ser interpretados da sua maneira, mas que poderiam, da mesma maneira, ser interpretados ao longo de linhas mais ortodoxas de "gene egoísta".

Embora ele nunca usaria o termo, o principal arquiteto da teoria do gene egoísta do planejamento familiar foi o grande ecólogo David Lack. Ele trabalhou principalmente com o tamanho das ninhadas de aves em liberdade, mas suas teorias e conclusões têm o mérito de terem aplicação geral. Cada espécie de ave tende a ter um tamanho típico de ninhada. Por exemplo, o ganso-patola e a uria incubam um ovo de cada vez, as andorinhas três, e *Parus major* meia dúzia ou mais. Há variações: algumas andorinhas põem apenas dois ovos de cada vez a *Parus major* poderá pôr doze. É razoável supor que o número de ovos que uma fêmea põe a incubar está pelo menos parcialmente, sob controle genético, como qualquer outra característica; isto é, suponha que haja um gene para pôr dois ovos, um alelo rival para pôr três, outro alelo para pôr quatro e assim por diante, embora, na prática, provavelmente não seja assim tão simples. A teoria do gene egoísta exige que perguntemos qual desses genes torna-se mais numeroso no "fundo" de genes. Superficialmente talvez pareça que o gene para pôr quatro ovos necessariamente terá vantagem sobre os genes para pôr três ou dois ovos. Um pouco de reflexão mostra que esse argumento simples do tipo "mais significa melhor" não pode, porém, ser verdadeiro. Ele nos leva a esperar que cinco ovos sejam melhores do que quatro, dez melhores ainda, cem muito melhores a um número infinito o melhor possível. Em outras palavras, o argumento leva logicamente a um absurdo. Obviamente, há custos assim como benefícios envolvidos em pôr um número grande de ovos. Um número maior de filhotes necessariamente terá como consequência cuidado menos eficiente com a prole. A idéia essencial de Lack é que para cada espécie deve haver, para determinada situação ambiental, um tamanho ótimo de ninhada. Onde ele difere de Wynne-Edwards é em sua resposta à pergunta "ótimo de que ponto de vista?" Wynne-Edwards diria que o ótimo importante, ao qual todos os indivíduos devem aspirar, é o ótimo para o grupo como um todo. Lack diria que cada indivíduo egoísta escolhe o tamanho da ninhada que maximiza o número de filhotes que ele cria. Se três for o tamanho ótimo de ninhada para andorinhas, o que isto significa, para Lack, é que qualquer indivíduo que tente criar quatro provavelmente terminará com menos filhotes do que os rivais, mais cautelosos, que tentam apenas criar três. A razão óbvia para isso seria que o alimento torna-se tão diluído entre os quatro filhotes que poucos sobreviveriam até a idade adulta. Isso aplica-se tanto à distribuição de vitelo nos quatro ovos, quanto ao alimento dado aos filhotes após a eclosão. Para Lack, portanto, os indivíduos regulam o tamanho de suas ninhadas por razões longe de serem altruísticas. Eles não estão efetuando controle de natalidade a fim de evitar a exploração excessiva dos recursos do grupo; realizam-no a fim de maximizar o número de filhotes sobreviventes que venham a ter, um objetivo exatamente oposto àquele normalmente associado ao controle da natalidade.

Criar filhotes de aves é uma atividade custosa. A mãe deve investir grande quantidade de alimento e energia na fabricação dos ovos. Possivelmente com a ajuda de seu parceiro sexual, ela investe grande esforço na construção de um ninho para abrigar e proteger os ovos. Os pais passam semanas pacientemente chocando-os. Então quando os filhotes eclodem, os pais exaurem-se buscando-lhes alimento, praticamente sem descanso. Como já vimos, um adulto de *Parus-major* traz em média uma porção de comida para o ninho a cada 30 segundos, durante o dia. Os mamíferos, como nós mesmos, fazem-no de maneira ligeiramente diferente, mas a idéia básica de que a reprodução é uma atividade dispendiosa, especialmente para a mãe, é igualmente verdadeira. É óbvio que se uma mãe tenta distribuir seus recursos limitados de alimento e esforço entre um número grande demais de filhotes, ela acabará criando um número menor do que se tivesse começado com menos ambição. Ela deve atingir um equilíbrio entre produção e cuidados. A quantidade total de alimento e outros recursos que uma fêmea ou um casal pode juntar é o fator limitante que determina o número de filhotes que ela pode criar. A seleção natural, segundo a teoria de Lack, ajusta o tamanho inicial da ninhada de modo a aproveitar ao máximo esses recursos limitados.

Os indivíduos que têm filhotes demais são punidos, não porque toda a população se extingue, mas simplesmente porque um número menor de seus filhotes sobrevive. Os genes para ter filhotes demais simplesmente não são transmitidos em grande número à geração seguinte, pois poucos dos filhotes que possuem esses genes chegam à idade adulta. O que aconteceu com o homem civilizado moderno é que o tamanho das famílias não é mais limitado pelos recursos finitos que os pais possam

fornecer. Se um casal tem mais filhos do que pode alimentar, o Estado, quer dizer, o resto da população, simplesmente intervém e mantém os filhos em excesso vivos e saudáveis. Nada impede, efetivamente, um casal sem absolutamente qualquer recurso material de ter e criar tantos filhos quanto a mulher possa produzir fisicamente. Mas, a previdência social não é nada natural. Na natureza, os pais que têm mais filhotes do que podem sustentar, não têm muitos netos e seus genes não são transmitidos às gerações futuras. Não há *necessidade* de limitação altruística da taxa de natalidade, pois não há previdência social na natureza. Qualquer gene para indulgência excessiva é imediatamente punido: os filhotes que o contêm passarão fome. Como nós, humanos, não desejamos voltar à velha maneira egoísta na qual deixássemos os filhos de famílias grandes demais morrerem de fome, abolimos a família como unidade de auto-suficiência econômica e substituímo-la pelo Estado. Mas não se deve abusar do privilégio de ter amparo garantido aos filhos.

A contracepção às vezes é atacada por ser "antinatural". De fato ela o é, muito antinatural. Acontece que a previdência social também o é. Acredito que a maioria de nós acha a previdência social altamente desejável. Mas não se pode ter previdência social antinatural a menos que se tenha também controle de natalidade antinatural, caso contrário o resultado será uma miséria ainda maior do que aquela existente na natureza. A previdência social é, talvez, o maior sistema altruístico que o reino animal já conheceu. Mas, todo sistema altruístico é instável por natureza, pois está à mercê do abuso de indivíduos egoístas, prontos a explorá-lo. Os seres humanos que têm mais filhos do que são capazes de sustentar, provavelmente são, na maioria dos casos, ignorantes demais para que sejam acusados de exploração mal-intencionada consciente. As instituições poderosas e os líderes que deliberadamente os encorajam a proceder assim parecem-me menos livres de suspeitas.

Voltando aos animais selvagens, o argumento de Lack relativo ao tamanho da ninhada pode ser generalizado a todos os outros exemplos usados por Wynne-Edwards: comportamento territorial, hierarquias de dominância, e assim por diante. Considere, por exemplo, a tetraz vermelha, com a qual ele e seus colegas trabalharam. Essas aves alimentam-se de urzes e dividem a região pantanosa onde vivem em territórios que aparentemente contêm mais alimento do que seus donos realmente necessitam. No começo da estação elas lutam por territórios, mas depois de algum tempo os vencidos parecem aceitar que falharam e não lutam mais. Tornam-se párias que nunca obtêm territórios, e no fim da estação quase todos morreram de fome. Somente os que possuem territórios acasalam-se. Se o dono de um território é morto, seu lugar é prontamente preenchido por um dos párias, o qual, então, acasala-se; isso demonstra que os que não possuem território são fisicamente capazes de se reproduzir. A interpretação de Wynne-Edwards desse comportamento territorial extremo, como vimos, é que os párias "aceitam" seu insucesso em obter um bilhete ou licença para se acasalar; eles não tentam fazê-lo.

À primeira vista esse parece um exemplo difícil para a teoria do gene egoísta explicar. Por que os párias não tentam incansavelmente desalojar o dono de um território, até caírem de exaustão? Aparentemente nada teriam a perder. Mas espere, talvez eles de fato tenham alguma coisa a perder. Já vimos que se o dono de um território morre, um pária tem chance de ocupar seu lugar, e portanto de se acasalar. Se a probabilidade de um pária conseguir um território dessa maneira for maior do que aquela de ganhá-lo lutando, então talvez lhe seja vantajoso, como indivíduo egoísta, esperar que alguém morra, em vez de desperdiçar a pouca energia que possui numa luta fútil. Para Wynne-Edwards, o papel dos párias no bem-estar do grupo é esperar atrás dos bastidores como substitutos, prontos a assumirem o papel de qualquer dono de território que morra no palco principal da reprodução do grupo. Podemos ver agora que essa poderá ser sua melhor estratégia simplesmente como indivíduos egoístas. Como vimos no Capítulo 4, podemos considerar os animais como jogadores. A melhor estratégia para um jogador poderá, às vezes, ser uma de espera, em vez de uma do tipo "rufião à porta".

Da mesma maneira, os muitos outros exemplos nos quais os animais parecem "aceitar" passivamente um "status" no qual não se reproduzem podem ser explicados bastante facilmente pela teoria do gene egoísta. A forma geral da explicação é sempre a mesma: a melhor chance do indivíduo é conter-se temporariamente, na esperança de ter melhores oportunidades no futuro. Um

leão marinho que deixa em paz os donos de haréns não o faz pelo bem do grupo. Ele está aguardando sua vez. Esperando uma ocasião mais propícia. Mesmo se, a ocasião nunca chegar a ele acabar sem descendentes, a jogada *poderia* ter dado certo, embora depois possamos ver que para ele não deu. E quando os lemingues afluem aos milhões do centro de uma explosão populacional, não o fazem a fim de reduzir a densidade da área que deixam para trás! Estão todos egoisticamente procurando um lugar menos apinhado para viver. O fato de que um determinado lemingue não o encontra a morrer é algo que podemos ver posteriormente. Ele não altera a probabilidade de que ficar atrás teria sido uma jogada ainda pior.

Constitui fato bem documentado que o apinhamento às vezes reduz as taxas de natalidade. Frequentemente isso é citado como evidência para a teoria de Wynne-Edwards. Mas não é nada disto. O fato é compatível com sua teoria e igualmente compatível com a teoria do gene egoísta. Em um experimento, por exemplo, camundongos foram colocados em um recinto ao ar livre com alimento em abundância a deixados reproduzirem-se livremente. A população cresceu até um ponto a então nivelou-se. Verificou-se que o motivo desse nivelamento foi o fato das fêmeas tomarem-se menos férteis em consequência do apinhamento: elas tinham menos filhotes. Esse tipo de efeito tem sido frequentemente observado. Sua causa imediata é algumas vezes chamada de stress, embora dar-lhe um nome assim não ajude, por si só, a explicá-la. De qualquer forma, seja qual for sua causa imediata, ainda temos que nos perguntar sobre sua explicação fundamental ou evolutiva. Por que a seleção natural favorece as fêmeas que reduzem sua taxa de natalidade quando a população está apinhada?

A resposta de Wynne-Edwards é clara. A seleção de grupo favorece os grupos nos quais as fêmeas medem a população a ajustam suas taxas de natalidade de modo que o suprimento de alimento não seja excessivamente explorado. Nas condições do experimento acima aconteceu que o alimento nunca ficaria escasso, mas não se pode esperar que os camundongos entendessem isso. Eles estão programados para a vida selvagem e é provável que sob condições naturais o apinhamento seja uma indicação segura de fome no futuro.

O que diz a teoria do gene egoísta? Quase exatamente a mesma coisa, mas com uma diferença crucial. Você talvez se lembre que de acordo com Lack os animais terão a tendência a ter o número ótimo de filhotes segundo seu próprio ponto de vista egoísta. Se eles *produzirem* muito poucos ou em demasia, terão que criar menos do que teriam se tivessem acertado exatamente o número correto. Porém, "exatamente o número correto" em um ano quando a população está apinhada provavelmente será um número menor do que em um ano no qual a população está bem distribuída. Já concordamos que o apinhamento provavelmente prenuncia fome. Se uma fêmea percebe evidência segura de que fome deve ser esperada, é de seu próprio interesse egoísta, evidentemente, reduzir sua taxa de natalidade. As rivais que não respondem dessa maneira aos avisos acabarão por criar menos filhotes, mesmo que produzam mais. Conseqüentemente, chegamos à mesma conclusão de Wynne-Edwards, mas por um tipo inteiramente diferente do raciocínio evolutivo.

A teoria do gene egoísta explica até mesmo as "exibições epideíticas". Você se lembrará que Wynne-Edwards propôs que os animais exibem-se deliberadamente em grandes bandos a fim de permitir que todos os indivíduos realizem um recenseamento a assim regulem suas taxas de natalidade. Não há nenhuma evidência direta de que qualquer ajuntamento seja, de fato, epideítico; mas, suponha que evidência desse tipo fosse descoberta. A teoria do gene egoísta seria perturbada? De forma alguma.

Os estorninhos pernoitam juntos em grandes números. Suponha que se demonstrasse não apenas que o apinhamento no inverno diminui a fertilidade na primavera seguinte, mas que o fenômeno é causado diretamente pelo fato de um pássaro ouvir os pios dos demais. Poderia ser demonstrado experimentalmente que os indivíduos expostos a uma gravação de um bando denso e barulhento de estorninhos põem menos ovos do que indivíduos expostos a uma gravação de um bando menos denso e mais silencioso. Isto, por definição, indicaria que os pios dos estorninhos constituem uma exibição epideítica. A teoria do gene egoísta explicaria o fato basicamente da mesma maneira como tratou o caso dos camundongos.

Começamos, novamente, da suposição de que os genes para possuir uma família maior do que você pode sustentar são automaticamente punidos e tornam-se menos numerosos no "fundo" dos genes. A tarefa de uma poedeira eficiente é prever qual será o tamanho ótimo de ninhada para ela, como indivíduo egoísta, na próxima estação de acasalamento. Você se lembrará, do Capítulo 4, do sentido especial no qual estamos usando a palavra predição. Como, então, pode uma ave fêmea prever seu melhor tamanho de ninhada? Quais variáveis deveriam influir em sua previsão? Talvez ocorra que muitas espécies fazem uma previsão fixa, a qual não varia de ano para ano. Assim, o tamanho ótimo de ninhada para o ganso-patola é um. É possível que em anos particularmente abundantes em peixes o ótimo verdadeiro para um indivíduo temporariamente suba para dois ovos. Se não houver uma maneira dos gansos saberem antecipadamente se um determinado ano será abundante ou não, não poderemos esperar que as fêmeas arrisquem-se a desperdiçar seus recursos em dois ovos, quando isso prejudicaria seu sucesso reprodutivo em um ano comum.

Mas talvez haja outras espécies, quem sabe estorninhos, nas quais em princípio é possível prever no inverno se a primavera seguinte dará uma boa colheita de algum alimento específico. Os camponeses têm numerosos ditados antigos sugerindo que indicações, como a abundância de certas frutas, constituem boas previsões sobre o clima da primavera seguinte. Quer qualquer lenda popular tenha fundamento ou não, é logicamente possível que tais indicações existam e que uma boa profetisa pudesse, teoricamente, ajustar o tamanho de sua ninhada de ano para ano para vantagem própria. Certas frutas poderão ou não ser indicações seguras, mas, como no caso dos camundongos, não parece muito provável que a densidade da população seja uma boa indicação. Uma fêmea de estorninho pode saber, em princípio, que quando ela for alimentar seus filhotes na primavera seguinte, competirá por alimento com rivais da mesma espécie. Se ela puder de alguma forma estimar a densidade local de sua própria espécie no inverno, isso lhe daria uma maneira eficiente de prever a dificuldade de obter alimento para os filhotes na primavera. Se ela verificar que a população de inverno é particularmente grande, sua política prudente, de seu próprio ponto de vista egoísta, poderá ser pôr relativamente poucos ovos: sua estimativa de tamanho ótimo de ninhada teria sido reduzida.

Mas, quando ocorrer que os indivíduos reduzem o tamanho de suas ninhadas baseando-se em sua estimativa da densidade populacional, será imediatamente vantajoso para cada indivíduo egoísta fingir para seus rivais que a população é grande, quer ela realmente o seja, quer não. Se os estorninhos estimam o tamanho da população pelo volume de barulho em um abrigo de inverno, seria vantajoso para cada indivíduo gritar o mais alto possível, a fim de soar mais como dois estorninhos. Essa idéia dos animais pretenderem ser vários ao mesmo tempo foi sugerida em outro contexto por J. R. Krebs, e é chamada *Efeito Beau Geste* por causa do romance no qual uma tática semelhante foi utilizada por uma unidade da Legião Estrangeira francesa. No nosso caso, a idéia é tentar induzir os estorninhos vizinhos a reduzirem o tamanho de *suas* ninhadas até um nível mais baixo do que o ótimo verdadeiro. Se você for um estorninho bem sucedido em fazê-lo, ser-lhe-á vantajoso como indivíduo egoísta, pois você estará reduzindo o número de indivíduos que não carregam seus genes. Concluo, portanto, que a idéia de Wynne-Edwards de exibição epidéfica pode, realmente, ser uma boa idéia: talvez ele tenha estado certo todo o tempo, mas pelo motivo errado. Em termos mais gerais, o tipo de hipótese de Lack é eficaz o suficiente para explicar, em termos de gene egoísta, toda a evidência que aparentemente suporta a teoria de seleção de grupo, se qualquer evidência desse tipo for descoberta.

Nossa conclusão desse capítulo é que os pais praticam planejamento familiar, mas no sentido de que otimizam suas taxas de natalidade e não de que restringem-nas pelo bem comum. Eles tentam maximizar o número de filhotes sobreviventes; isto significa não ter filhotes nem demais, nem de menos. Os genes que fazem um indivíduo ter filhotes demais tendem a não persistirem no "fundo", pois os filhotes portando esses genes tendem a não sobreviverem até a idade adulta.

Basta, portanto, de considerações quantitativas sobre o tamanho da família. Prosseguimos agora para os conflitos de interesse dentro das famílias. Será sempre vantajoso para uma mãe tratar todos os seus filhotes igualmente, ou poderá ela ter favoritos? Deve a família funcionar como uma

unidade de cooperação, ou deveremos esperar egoísmo e trapaça mesmo dentro da família? Trabalharão todos os membros de uma família pelo mesmo ótimo, ou "discordarão" sobre esse ótimo? Essas são as perguntas que tentamos responder no próximo capítulo. A questão relacionada a essas, isto é, se há conflito de interesses entre parceiros sexuais, adiamos até o Capítulo 9.

A BATALHA DAS GERAÇÕES

Começemos tratando primeiramente das questões propostas no fim do último capítulo. Deveria uma mãe ter favoritos, ou deveria ela ser igualmente altruísta em relação a todos os seus filhos? Correndo o risco de ser enfadonho, devo novamente introduzir meu aviso costumeiro. A palavra "favorito" não possui conotações subjetivas e a palavra "deveria" não possui conotações morais. Estou encarando uma mãe como uma máquina programada para fazer tudo o que estiver a seu alcance para propagar cópias dos genes que são levados dentro dela. Como você e eu somos seres humanos que sabem o que é ter propósitos conscientes, é conveniente que eu use a linguagem de propósitos como uma metáfora, ao explicar o comportamento das máquinas de sobrevivência.

Na prática, o que significaria dizer que uma mãe tem um filho favorito? Significaria que ela investiria desigualmente seus recursos entre os filhos. Os recursos disponíveis que uma mãe possui para investir consistem de várias coisas. Alimento é a mais óbvia, juntamente com o esforço gasto em obtê-lo, pois esse esforço em si custa alguma coisa à mãe. O risco envolvido em proteger os filhotes dos predadores é outro recurso que a mãe pode "gastar" ou recusar-se a fazê-lo. A energia e o tempo dedicados à manutenção do ninho ou do abrigo, à proteção contra os elementos e, em algumas espécies, o tempo gasto em ensinar os filhotes, são recursos valiosos que os pais podem distribuir aos filhotes, igual ou desigualmente, como "quiserem".

É difícil imaginar uma moeda corrente comum com a qual medir todos esses recursos que os pais podem investir. Da mesma forma como as sociedades humanas usam dinheiro como moeda corrente universalmente permutável, a qual pode ser traduzida para alimento, terras, ou tempo de trabalho, também necessitamos uma moeda corrente com a qual medir os recursos que uma máquina de sobrevivência pode investir na vida de outro indivíduo, em particular na vida de um filhote. Uma medida de energia, como a caloria, é tentadora; alguns ecólogos dedicaram-se à avaliação dos custos energéticos na Natureza. Mas ela é inadequada, pois é apenas vagamente transformável na moeda corrente que de fato interessa, o "padrão ouro" da evolução, a sobrevivência dos genes. R. L. Trivers, em 1972, resolveu claramente o problema com seu conceito de *Investimento Parental* (embora, lendo-se nas entrelinhas condensadas perceba-se que "Sir" Ronald Fisher, o maior biólogo do século vinte, quis dizer basicamente a mesma coisa em 1930, com o seu "gasto parental").

O Investimento Parental (I. P.) é definido como "qualquer investimento feito pelos pais num descendente que aumente a chance de sobrevivência (e, portanto, o sucesso reprodutivo) desse descendente, em detrimento da capacidade dos pais de investir em outros descendentes". A beleza do investimento parental de Trivers é que ele é medido em unidades muito próximas das unidades que realmente importam. Quando um filhote consome parte do leite de sua mãe, a quantidade de leite utilizada não é medida em litros nem em calorias, mas em unidades de detrimento a outros filhotes da mesma mãe. Por exemplo, se uma mãe tem dois filhotes, X e Y, e X bebe meio litro de leite, a maior parte do I.P. que esse meio litro representa é medida em unidades de probabilidade aumentada de Y morrer porque não bebeu este meio litro. O I.P. é medido em unidades de diminuição na expectativa de vida dos outros filhotes, já nascidos ou ainda por nascer.

O investimento parental não é exatamente uma medida ideal, pois enfatiza excessivamente a importância da paternidade, em relação a outros relacionamentos genéticos. De forma ideal deveríamos usar uma medida geral de investimento de altruísmo. Pode-se dizer que o indivíduo A investe no indivíduo B quando A aumenta a chance de sobrevivência de B, em detrimento da capacidade de A investir em outros indivíduos, inclusive nele próprio, todos os custos sendo ponderados pelo parentesco apropriado. Assim, o investimento parental em um filhote qualquer teoricamente deveria ser medido em termos de detrimento à expectativa de vida não apenas de outros filhotes, mas também de sobrinhos, dos próprios pais, etc. Sob muitos aspectos, no entanto, isto é apenas um jogo de palavras, e a medida de Trivers vale a pena ser usada na prática.

Qualquer fêmea adulta tem, durante sua vida toda, uma certa quantidade total de I.P. disponível para investir nos filhotes (e em outros parentes e nela própria, mas para simplificar consideraremos apenas os filhotes). Esta quantidade representa a soma de toda a comida que ela pode obter ou produzir numa vida de trabalho, todos os riscos que ela está preparada a correr e toda a energia e esforço que é capaz de despende no bem-estar dos filhotes. Como uma fêmea jovem começando sua vida adulta deveria investir os recursos de sua vida? Qual seria uma política de investimento inteligente para ela seguir? Já vimos pela teoria de Lack que ela não deveria distribuir seu investimento escassamente entre muitos filhotes. Desta forma ela perderia muitos genes: não terá netos suficientes. Por outro lado, não deve dedicar todo seu investimento a demasiadamente poucos filhos -pirralhos mimados. Ela poderá praticamente garantir-se *alguns* netos, mas os rivais que investem no número ótimo de filhotes acabarão com mais netos. Basta de políticas imparciais de investimento. Nosso interesse agora é se j amais valeria a pena para uma mãe investir desigualmente entre seus filhotes, i.e., se ela deveria ter favoritos.

A resposta é que não há razão genética para uma mãe ter favoritos. Seu parentesco com todos os filhotes é o mesmo, $1/2$. Sua melhor estratégia é investir *igualmente* no maior número de filhotes que ela possa criar até a idade na qual eles têm seus próprios filhotes. Mas, como já vimos, alguns indivíduos são riscos de seguro de vida melhores do que outros. Um filhote raquítico menor do que o normal carrega exatamente tantos genes de sua mãe quanto seus companheiros de ninhada mais saudáveis. Mas sua expectativa de vida é menor. Outra maneira de dizer isto é que ele *precisa* mais do que seu quinhão de investimento parental, simplesmente para terminar no mesmo nível de seus irmãos. Dependendo das circunstâncias, valerá a pena para uma mãe recusar-se a alimentar um filhote raquítico e distribuir todo seu quinhão de investimento parental a seus irmãos. De fato, poderá valer a pena ela dá-lo a seus irmãos para que o comam, ou comê-lo ela própria e usá-lo para fazer leite. As porcas realmente algumas vezes devoram seus filhotes, mas não sei se elas escolhem especialmente os raquíticos.

Os filhotes raquíticos constituem um exemplo específico. Podemos fazer previsões mais gerais sobre como a tendência de uma mãe a investir num filhote poderá ser afetada pela idade deste. Se ela tiver uma escolha clara entre salvar a vida de um filhote ou a de outro, e se aquele que ela não salva certamente morrerá, ela deveria preferir o outro. Isto porque ela arrisca-se a perder uma maior proporção do investimento parental de sua vida se ele morrer do que se seu pequeno irmão morrer. Talvez uma maneira melhor de dizer isto é que se ela salva o irmão pequeno, ela ainda terá que investir nele recursos dispendiosos simplesmente para trazê-lo à idade do irmão maior.

Por outro lado, se a escolha não é determinada entre vida e morte como essa, sua melhor opção poderá ser preferir o filhote mais jovem. Suponha, por exemplo, que seu dilema é dar uma porção de alimento a um filhote pequeno ou a um grande. O filhote grande tem mais probabilidade de ser capaz de encontrar seu próprio alimento sem auxílio. Se ela parasse de alimentá-lo, portanto, ele não morreria, necessariamente. Por outro lado, o filhote pequeno que é jovem demais para encontrar alimento por si só teria maior probabilidade de morrer se sua mãe desse o alimento a seu irmão maior. Então, embora a mãe preferisse que o irmão menor morresse, em vez do maior, ela ainda poderá dar o alimento ao menor, pois o maior provavelmente não morrerá de qualquer forma. É por isso que as mães nos mamíferos desmamam seus filhotes, em vez de alimentá-los indefinidamente durante a vida. Chega um momento na vida de um filhote quando vale a pena para a mãe desviar o investimento dele para futuros filhotes. Quando esse momento chega ela desejará desmamá-lo. Uma mãe que tivesse uma maneira de saber que teve o último filhote talvez pudesse continuar a investir nele todos os seus recursos, até o fim de sua vida, e, quem sabe, amamentá-lo quando já adulto. No entanto, ela deveria "ponderar" se não valeria a pena investirem netos ou sobrinhos, já que embora esses tenham, em relação a seus próprios filhotes, metade do parentesco para com ela, sua capacidade para se beneficiarem com seu investimento poderá ser maior do que o dobro daquela de um de seus filhotes.

Esta parece uma boa ocasião para mencionar o fenômeno intrigante conhecido como menopausa, o término um tanto abrupto da fertilidade reprodutiva da fêmea humana na meia-idade.

Ela poderá não ter ocorrido muito comumente em nossos antepassados selvagens, pois poucas mulheres teriam vivido tanto de qualquer forma. Mesmo assim, a diferença entre a mudança abrupta de vida nas mulheres e o declínio gradual da fertilidade nos homens sugere que há alguma coisa "proposital" com relação à menopausa - que ela é uma "adaptação". É bastante difícil explicar. À primeira vista poderemos esperar que uma mulher continuasse a ter filhos até cair morta, mesmo que cora a idade se tomasse progressivamente menos provável que qualquer filho sobrevivesse. Não pareceria, certamente, sempre valer a pena tentar? Mas, devemos lembrar que ela também está relacionada a seus netos, embora pela metade.

Devido a várias razões, talvez relacionadas com a teoria do envelhecimento de Medawar (página), as mulheres no estado natural tornaram-se gradualmente menos eficientes em criar filhos à medida que ficavam mais velhas. A expectativa de vida de um filho de uma mãe velha, portanto, era menor do que aquela de um filho de uma mãe jovem. Isto significa que se uma mulher tinha um filho e um neto nascidos no mesmo dia, o neto podia esperar viver mais do que o filho. Quando uma mulher atingia a idade na qual a probabilidade média de cada filho atingir a idade adulta era um pouco menor do que a metade da probabilidade de cada neto da mesma idade atingi-la, qualquer gene para investir nos netos preferencialmente aos filhos tenderia a prosperar. Esse gene é carregado por apenas um em cada quatro netos, enquanto que o gene rival é carregado por um em cada dois filhos, mas a maior expectativa de vida dos netos compensa isto e o gene para "altruísmo para com os netos" prevalece no "fundo". Uma mulher não poderia investir plenamente em seus netos se ela continuasse a ter seus próprios filhos. Os genes para se tornar reprodutivamente infecunda na meia idade, portanto, tomaram-se mais numerosos, pois eram carregados nos corpos de netos cuja sobrevivência era auxiliada pelo altruísmo avoengo.

Essa é uma explicação possível para a evolução da menopausa nas mulheres. O motivo da fertilidade dos homens diminuir gradualmente e não abruptamente é, talvez, que esses não investem, de qualquer forma, tanto em cada filho como as mulheres. Desde que ele possa produzir filhos através de mulheres jovens, sempre compensará, mesmo para um homem muito velho, investirem filhos e não em netos.

Até agora, neste capítulo e no anterior, temos visto tudo do ponto de vista dos pais, principalmente da mãe. Perguntamo-nos se pode-se esperar que os pais tenham favoritos e, em geral, qual a melhor política de investimento para um pai ou uma mãe. Mas, talvez cada filho possa influenciar o quanto seus pais investem nele, em comparação com seus irmãos. Mesmo que os pais não "queiram" mostrar favoritismo entre seus filhos, poderia ocorrer que esses obtivessem um tratamento favorecido para si? Seria vantajoso para eles fazê-lo? Mais especificamente, os genes para a obtenção egoísta entre os filhos tornar-se-iam mais numerosos no "fundo" do que os genes rivais para aceitar apenas o próprio quinhão? Esse assunto foi brilhantemente analisado por Trivers, em um artigo de 1974 intitulado *O Conflito Pais Descendentes*.

Uma mãe é igualmente relacionada a todos os seus filhos, já nascidos ou por nascer. Do ponto de vista genético apenas, ela não deveria ter favoritos, como já vimos. Se ela mostrar favoritismo, este deveria se basear em diferenças na expectativa de vida, dependendo da idade e de outras coisas. A mãe, como qualquer indivíduo, está "relacionada" consigo mesma duas vezes mais do que com qualquer um de seus filhos. Outras coisas mantendo-se constantes, isto significa que ela deveria investir a maior parte de seus recursos egoisticamente em si própria; mas, as outras coisas não se mantêm constantes. Ela pode ajudar mais seus genes investindo uma boa proporção de seus recursos em seus filhos. Isto porque eles são mais jovens e indefesos do que ela e podem, portanto, beneficiar-se mais de cada unidade de investimento do que ela própria. Os genes para investir em indivíduos mais indefesos, em detrimento de si próprio, podem prevalecer no "fundo", apesar dos beneficiados talvez compartilharem apenas uma porção dos genes do indivíduo. É por isso que os animais mostram altruísmo parental, e, de fato, qualquer tipo de altruísmo de seleção de parentesco.

Agora encare a questão do ponto de vista de um filhote em particular. Ele está igualmente relacionado a cada um de seus irmãos como sua mãe o está com eles. O parentesco é 1/2 em todos os casos. Ele, portanto, "quer" que sua mãe invista parte de seus recursos em seus irmãos. Do ponto

de vista genético, ele está inclinado altruisticamente a eles tanto quanto sua mãe. Mas, novamente, ele está relacionado a si próprio duas vezes mais do que a qualquer irmão; e isto incliná-lo-á a desejar que sua mãe invista nele mais do que em qualquer irmão em particular, outras coisas mantendo-se constantes. Neste caso as outras coisas poderão, efetivamente, se manter constantes. Se você e seu irmão têm a mesma idade e ambos poderão se beneficiar igualmente de meio litro de leite materno, você "deveria" tentar pegar mais do que o seu quinhão, e seu irmão deveria tentar fazer o mesmo. Você já ouviu um leitãozinho guinchando para chegar primeiro quando a porca deita-se para alimentar a ninhada? Ou meninos brigando pela última fatia de bolo? A ganância egoísta parece caracterizar boa parte do comportamento infantil.

Mas há mais do que isto. Se estou competindo com meu irmão por uma porção de alimento e se ele é muito mais jovem do que eu, de tal forma que poderia se beneficiar do alimento mais do que eu, talvez compense a meus genes deixar que ele o obtenha. Um irmão mais velho poderá ter exatamente os mesmos motivos para o altruísmo do que os pais: em ambos os casos, como vimos, o parentesco é de $1/2$, e em ambos os casos o indivíduo mais jovem pode aproveitar melhor o recurso do que o mais velho. Se eu possuo um gene para entregar alimento, há 50 por cento de probabilidade que meu irmão mais novo contenha o mesmo gene. Embora o gene tenha o dobro dessa probabilidade de estar em meu próprio corpo - 100 por cento, ele *está* em meu corpo minha necessidade do alimento talvez tenha menos da metade da urgência. Em geral, um filho "deveria" pegar mais do que o seu Quinhão de investimento parental, mas apenas até certo ponto. Até que ponto? Até o ponto no qual o custo líquido resultante para seus irmãos, já nascidos e por nascer, é apenas o dobro do benefício advindo do ato de pegar para si próprio.

Considere o problema de quando a desmama deve ocorrer. A mãe quer parar de amamentar seu filhote, de modo que possa se preparar para o próximo. O filhote, por outro lado, não quer ainda ser desmamado, pois o leite é uma fonte de alimento conveniente e sem problemas; ele não quer ter que sair e lutar pela sobrevivência. Para ser mais exato, ele na realidade quer, eventualmente, sair e lutar pela sobrevivência, mas apenas quando puder ajudar mais seus genes deixando sua mãe livre para criar seus pequenos irmãos do que ele próprio ficando. Quanto mais velho é um filhote, menos benefício relativo ele retira de leite. Isto porque ele é maior e um litro de leite constitui, portanto, uma proporção menor de suas necessidades, e também porque ele está se tornando mais capaz de se defender por si só se for forçado a fazê-lo. Quando um filhote velho bebe um litro que poderia ter sido investido num filhote mais jovem, portanto, ele está retirando relativamente mais investimento parental para si do que quando um filhote jovem bebe aquele litro. À medida que um filhote fica mais velho haverá um momento quando seria vantajoso para sua mãe parar de alimentá-lo e investir, em vez disto, num novo filhote. Um pouco mais tarde virá um momento quando o filhote velho também beneficiaria seus genes ao máximo desmamando. Este é o momento quando um litro de leite pode ser mais útil para as cópias de seus genes que *poderão* estar presentes em seus irmãos, do que para os genes que estão presentes nele.

A discórdia entre mãe e filhote não é absoluta, mas quantitativa, neste caso uma discórdia a respeito de sincronização. A mãe quer continuara amamentar seu filhote até o momento quando o investimento nele atinge seu quinhão "justo", levando em conta sua expectativa de vida e quanto ela já investiu nele. Até esse ponto não há discórdia. Do mesmo modo, tanto a mãe como o filhote concordam em não querer que ele continue a mamar ultrapassando o ponto no qual o custo aos futuros filhos é maior do que o dobro do benefício para ele. Mas, há discórdia entre a mãe e o filhote durante o período intermediário, aquele no qual o filhote está recebendo mais do que o seu quinhão, segundo a mãe, mas no qual o custo para os outros filhotes é ainda menor do que o dobro do benefício para ele.

A ocasião da desmama é apenas um exemplo de um ponto de discórdia entre a mãe e filho. Ela poderia também ser considerada uma disputa entre um indivíduo e todos os seus irmãos ainda não nascidos, com a mãe assumindo o lugar de seus futuros filhos. Poderá haver competição, mais diretamente, entre rivais contemporâneos pelo seu investimento, entre irmãos da mesma ninhada. Aqui, novamente, a mãe normalmente estará ansiosa por ver jogo honesto.

Muitos filhotes de aves são alimentados no ninho pelos pais. Todos eles abrem o bico e gritam, e um dos pais deixa cair uma minhoca ou outro petisco na boca de um deles. O volume do grito de cada filhote é, teoricamente, proporcional a quão faminto ele está. Se os pais sempre derem comida ao que gritar mais alto, portanto, todos eles tenderiam a ganhar seu quinhão, pois quando um deles estiver satisfeito não gritará tão alto. Pelo menos é isto que aconteceria no melhor de todos os mundos possíveis, se os indivíduos não trapaceassem. Mas, tendo em vista nosso conceito de gene egoísta, devemos esperar que os indivíduos trapacearão e mentirão sobre quão famintos estão. Isto se intensificará, aparentemente sem necessidade, pois poderá parecer que se todos estão mentindo ao gritar alto demais, esse nível se tornará a norma e deixará, de fato, de ser uma mentira. Não poderá, porém, haver uma diminuição, pois qualquer indivíduo que tome a iniciativa de abaixar o volume de seu grito será punido sendo menos alimentado, e provavelmente passará fome. Os gritos dos filhotes das aves não se tornam infinitamente altos devido a outros fatores; os gritos altos, por exemplo, tendem a atrair predadores e consomem energia.

Algumas vezes, como vimos, um membro de uma ninhada é mais fraco e muito menor do que os demais. Ele é incapaz de lutar pelo alimento com tanto vigor como os demais e esses filhotes geralmente morrem. Analisamos as condições sob as quais realmente seria vantajoso para uma mãe deixar um filhote fraco morrer. Podemos supor intuitivamente que o próprio filhote deveria continuar lutando até o fim, mas a teoria não prevê isto necessariamente. Logo que o filhote pequeno torna-se tão fraco que sua expectativa de vida fica reduzida ao ponto no qual o benefício para ele devido ao investimento parental é menor do que metade do benefício que o mesmo investimento poderia, potencialmente, conferir aos outros filhotes, ele deveria morrer voluntária e dignamente. Fazendo-o ele beneficiará seus genes ao máximo. Isto é, um gene que dá a seguinte instrução, "Corpo, se você é muito menor do que seus companheiros de ninhada, desista da luta e morra", poderia se tornar bem sucedido no "fundo", pois ele tem 50 por cento de probabilidade de estar no corpo de cada irmão salvo, e sua chance de sobreviver no corpo do filhote fraco é, de qualquer forma, muito pequena. Deveria haver um ponto de retomo impossível na carreira de um filhote fraco. Antes de ele atingir esse ponto deveria continuar lutando. Assim que ele o alcança deveria desistir e, de preferência, se deixar comer pelos companheiros de ninhada ou pelos pais.

Não mencionei-a quando discutimos a teoria de Lack do tamanho da ninhada, mas a seguinte estratégia é razoável para um pai ou uma mãe que esteja indecisa a respeito do tamanho ótimo de ninhada para aquele ano. Ela poderá pôr um ovo amais do que de fato "pensa" ser o ótimo verdadeiro. Então, se a quantidade de alimento naquele ano se revelar melhor do que o esperado, ela criará o filhote extra. Caso contrário, ela pode diminuir sua perda. Tendo o cuidado de sempre alimentar os jovens na mesma ordem, por exemplo pela ordem de tamanho, ela garante que um deles, talvez o mais fraco, morra rapidamente e não haja gasto demasiado de alimento com ele, além do investimento inicial de gema ou o equivalente. Do ponto de vista da mãe, isto poderá ser a explicação para o fenômeno do aparecimento do filhote mais fraco. Ele representa a compensação das apostas da mãe. Isto tem sido observado em outras aves.

Usando nossa metáfora do animal individual como uma máquina de sobrevivência comportando-se como se tivesse o "propósito" de preservar seus genes, podemos falar sobre um conflito entre os pais e os filhotes, uma batalha das gerações. A batalha é sutil e nenhum método é excluído de nenhum dos lados. Um filhote não perderá oportunidade de trapacear. Ele fingirá estar mais faminto do que realmente está, talvez fingirá ser mais jovem ou estar mais em perigo. Ele é muito pequeno e fraco para intimidar fisicamente seus pais, mas usa toda arma psicológica a sua disposição: mentir, trapacear, enganar, explorar, até o ponto quando começa a punir seus parentes mais do que seu relacionamento genético com eles deveria permitir. Os pais, por outro lado, devem estar alerta para enganos e trapagens, e devem tentar não ser levados. Isto poderá parecer uma tarefa fácil. Se os pais sabem que o filhote provavelmente mentirá sobre quão faminto está, poderão empregar a tática de dar-lhe uma quantidade fixa de alimento e não mais, mesmo que ele continue a gritar. Um problema com essa tática é que talvez o filhote não estivesse mentindo; se ele morrer por não ter sido alimentado, os pais terão perdido alguns de seus preciosos genes. Pássaros na natureza podem morrer após ficarem sem comer por apenas algumas horas.

A. Zahavi sugeriu uma forma particularmente diabólica de chantagem infantil: o filhote grita de forma a atrair deliberadamente predadores ao ninho. O filhote está "dizendo" "Raposa, raposa, venha me pegar". A única forma de os pais fazerem-no parar de gritar é alimentando-o. Assim, o filhote ganha mais do que seu quinhão de alimento, mas com certo risco para si. O princípio dessa tática implacável é o mesmo do seqüestrador ameaçando explodir um avio, com ele próprio a bordo, a menos que lhe seja dado um resgate. Tenho dúvidas se ela jamais seria favorecida na evolução, não porque seja implacável demais, mas porque duvido que pudesse ser vantajosa para o filhote chantagista. Ele tem muito a perder se um predador realmente vier. Isto é claro com relação a um único filhote, que é o caso considerado por Zahavi. Não importa quanto sua mãe já tenha investido, ele deveria sempre valorizar sua própria vida mais do que sua mãe, já que ela só tem metade de seus genes. Além disto, a tática não seria vantajosa mesmo que o chantagista fosse um entre uma ninhada de filhotes vulneráveis, todos juntos no ninho, pois o chantagista tem um "risco" genético de 50 por cento em cada um de seus irmãos ameaçados, assim como um risco de 100 por cento em si próprio. Suponho que a teoria presumivelmente funcionaria se o predador mais comum tivesse o hábito de apenas apanhar o maior filhote de um ninho. Então seria vantajoso para um filhote menor usar a ameaça de convidar um predador, pois ele não estaria se pondo em grande perigo. Isto é análogo a apontar uma arma contra a cabeça de seu irmão, em vez de ameaçar explodir-se a si próprio.

De forma mais plausível, a tática da chantagem poderá ser vantajosa para um filhote de cuco. Como se sabe, a fêmea do cuco põe um ovo em vários ninhos "adotivos" e deixa que os pais adotivos involuntários de uma espécie bastante diferente criem os jovens cucos. O filhote de cuco, portanto, não tem risco genético em seus irmãos adotivos. (Algumas espécies de filhotes de cucos não terão quaisquer irmãos adotivos, por uma razão sinistra que explicarei depois. Por enquanto suponho que estejamos analisando uma daquelas espécies nas quais irmãos adotivos coexistem juntamente com filhotes de cucos). Se um filhote de cuco gritasse alto o suficiente para atrair predadores, ele teria muito a perder - sua vida - mas a mãe adotiva teria ainda mais a perder, talvez quatro de seus filhotes. Poderia lhe ser vantajoso, portanto, alimentá-lo mais do que seu quinhão; a vantagem decorrente disto para o cuco poderá compensar o risco.

Esta é uma daquelas ocasiões quando seria sensato voltar à linguagem respeitável dos genes, simplesmente para nos certificarmos de que não fomos levados longe demais com as metáforas subjetivas. O que realmente significa propor a hipótese de que os filhotes do cuco praticam "chantagem" contra seus pais adotivos gritando "Predador, predador, venha pegara mime a todos meus pequenos irmãos"? Em termos de genes significa o seguinte.

Os genes do cuco para gritar alto tornaram-se mais numerosos no "fundo" porque os gritos aumentaram a probabilidade dos pais adotivos alimentarem os filhotes do cuco. O motivo pelo qual os pais adotivos responderam aos gritos dessa maneira foi que os genes para responder aos gritos haviam se difundido pelo "fundo" gênico da espécie dos pais adotivos. A razão desses genes terem se difundido foi que os pais adotivos que não deram aos cucos alimento amais criaram um menor número de seus próprios filhos - menor do que o número criado pelos pais rivais que deram alimento a mais para seus genes. E isto porque os predadores eram atraídos ao ninho pelos gritos do cuco. Embora os genes do cuco para não gritar tivessem menos probabilidade de acabar no estômago dos predadores do que os genes para gritar, os cucos que não gritavam pagaram a pena maior por não terem recebido rações extras. Os genes para gritar, portanto, espalharam-se pelo "fundo" de genes do cuco.

Uma seqüência semelhante de raciocínio genético, seguindo o argumento mais subjetivo dado acima, mostraria que embora um gene chantagista deste tipo pudesse presumivelmente difundir-se pelo "fundo" de genes de um cuco, ele provavelmente não se espalharia pelo "fundo" de genes de uma espécie comum, pelo menos não pelo motivo específico de atrair predadores. Numa espécie comum, evidentemente, poderia haver outras razões para os genes para gritar se espalharem, como já vimos, e essas *casualmente* teriam o efeito de, vez por outra, atrair predadores. Aqui, porém, a influência seletiva da predação seria, no máximo, na direção de tornar os gritos mais baixos. No

caso hipotético dos cucos, a influência final dos predadores, paradoxal como possa parecer à primeira vista, poderia se tornar os gritos mais altos.

Não há nenhuma evidência, num sentido ou em outro, a respeito dos cucos e outros pássaros de hábitos parasitas semelhantes realmente empregarem a tática da chantagem. Mas eles certamente não deixam de exibir crueldade. Há aves da família Indicatoridae, por exemplo, que como os cucos põem seus ovos nos ninhos de outras espécies. O filhote de Indicatoridae está equipado com um bico curvo afiado. Logo que eclode, quando ainda está cego, sem penas e em todos os sentidos indefeso, ele cega e corta seus irmãos adotivos até a morte: irmãos mortos não competem por alimento! O cuco comum da Grã-Bretanha obtém o mesmo resultado de forma ligeiramente diferente. Ele tem um período de incubação curto, de modo que o filhote consegue eclodir antes de seus irmãos adotivos. Assim que eclode, cega e mecanicamente, mas com eficiência devastadora, joga os outros ovos para fora do ninho. Ele coloca-se por baixo de um ovo, encaixando-o numa depressão de suas costas; em seguida vai para trás contra a parede do ninho, vagarosamente, equilibrando o ovo entre os tocos das asas, até derrubar o ovo para o chão. Ele faz o mesmo com todos os outros ovos, até que tenha o ninho, e conseqüentemente a atenção de seus pais adotivos, inteiramente para si.

Um dos fatos mais notáveis que aprendi no ano passado foi relatado por F. Alvarez, L. Arias de Reyna e H. Segura, da Espanha. Eles estavam investigando a habilidade de pais adotivos em potencial - vítimas em potencial dos cucos para detectar invasores, ovos ou filhotes de cucos. Durante seus experimentos tiveram ocasião de introduzir nos ninhos de pega os ovos e filhotes de cucos e, para comparação, ovos e filhotes de outras espécies, tais como andorinhas. Em uma ocasião introduziram um filhote de andorinha no ninho de uma pega. No dia seguinte notaram um dos ovos da pega no chão, sob o ninho. Ele não havia se quebrado, então eles apanharam-no, recolocaram-no no ninho e observaram. O que viram é extraordinário. O filhote de andorinha, comportando-se exatamente como se fosse um filhote de cuco, lançou o ovo para fora. Eles recolocaram o ovo outra vez, e exatamente a mesma coisa aconteceu. O filhote de andorinha utilizou o método do cuco de equilibrar o ovo em suas costas entre os tocos das asas e andar para trás subindo a parede do ninho até derrubar o ovo.

Talvez sabiamente, Alvarez e seus colegas não tentaram explicar sua espantosa observação. Como poderia tal comportamento evoluir no "fundo" de genes da andorinha? Deve corresponder a alguma coisa na vida normal de uma andorinha. Os filhotes desta ave não estão acostumados a se encontrarem em ninhos de pegas. Normalmente nunca são encontrados em qualquer ninho, a não ser o seu próprio. Poderia o comportamento representar uma adaptação evoluída anti-cuco? Estaria a seleção natural favorecendo uma política de contra-ataque no "fundo" de genes da andorinha, genes para atingir o cuco com suas próprias armas? Parece ser um fato que os ninhos de andorinhas normalmente não são parasitados por cucos. Talvez esta seja a razão. Segundo essa teoria, os ovos da pega do experimento casualmente estariam recebendo o mesmo tratamento, talvez porque, como os ovos do cuco, são maiores do que aqueles da andorinha. Mas, se um filhote de andorinha pode distinguir um ovo grande de um ovo normal da ave, a mãe certamente também deveria poder. Neste caso, por que não é a mãe que joga o ovo do cuco, já que seria muito mais fácil para ela fazê-lo do que para o filhote? A mesma objeção se aplica à teoria segundo a qual o comportamento do filhote da andorinha normalmente serviria para remover ovos estragados ou outros restos do ninho. Novamente, essa tarefa poderia ser - e é - melhor realizada pelos pais. O fato da operação difícil e habilidosa de jogar o ovo ter sido realizada por um filhote fraco e indefeso de andorinha, enquanto que um adulto certamente poderia tê-lo feito mais facilmente, leva-me à conclusão que do ponto de vista dos pais o filhote não tem boas intenções.

Parece-me igualmente concebível que a explicação verdadeira nada tenha a ver, absolutamente, com cucos. Talvez o sangue gele nas veias com o pensamento, mas poderia ser isto o que os filhotes de andorinha fazem uns para os outros? Como o primogênito terá que competir com seus irmãos ainda não eclodidos pelo investimento parental, poderia lhe ser vantajoso começar a vida jogando para fora um dos outros ovos.

A teoria de Lack de tamanho de ninhada considerava o ótimo do ponto de vista dos pais. Se eu sou uma mãe andorinha, o tamanho ótimo de ninhada do meu ponto de vista será, por exemplo, cinco. Mas, se sou um filhote, o tamanho ótimo, como eu o vejo, poderá muito bem ser um número menor, desde que eu seja um deles! A mãe tem certa quantidade de investimento parental que "deseja" distribuir igualmente entre seus cinco filhotes. Mas cada um destes deseja mais do que seu quinhão de um quinto. Ao contrário do cuco, o filhote não quer tudo, pois está relacionado aos outros filhotes. Mas ele quer, realmente, mais do que um quinto. Ele pode obter 1/4 simplesmente derrubando um ovo; 1/3 derrubando outro. Traduzindo para a linguagem dos genes, um gene para fratricídio poderia presumivelmente espalhar-se pelo "fundo", pois ele tem 100 por cento de probabilidade de estar no corpo do fratricida e apenas 50 por cento de probabilidade de estar no corpo de sua vítima.

A principal objeção a essa teoria é que é muito difícil acreditar que ninguém tenha observado esse comportamento diabólico se ele realmente ocorresse. Não tenho explicação convincente para isso. Há raças diferentes de andorinhas em várias partes do mundo. Sabe-se que a raça da Espanha, por exemplo, difere, em alguns aspectos, daquela da Grã-Bretanha. A raça da Espanha não foi submetida a mesma observação intensa como a da Grã-Bretanha; suponho ser possível que fratricídio ocorra, mas não foi observado.

Meu motivo para propor aqui uma idéia improvável como a hipótese do fratricídio é que quero apresentar um princípio geral. Este é que o comportamento implacável de um filhote de cuco é apenas um caso extremo do que deve ocorrer em qualquer família. Irmãos de pai e mãe estão mais intimamente relacionados entre si do que um filhote de cuco com seus irmãos adotivos, mas a diferença é apenas de intensidade. Mesmo que não possamos acreditar que o fratricídio direto pudesse evoluir, deve haver numerosos exemplos menores de egoísmo nos quais o custo para o filhote, sob a forma de perdas para seus irmãos, é excedido, em mais de dois para um, pelo benefício para si próprio. Em tais casos, como no exemplo do momento de desmama, há um conflito de interesses verdadeiros entre os pais e o filhote.

Quem tem maior probabilidade de vencer essa batalha das gerações? R. D. Alexander escreveu um artigo interessante no qual sugere que há uma resposta geral para esta pergunta. Segundo ele os pais sempre ganharão. Então, se isto é o que acontece, você perdeu seu tempo lendo este capítulo. Se Alexander estiver com a razão, muita coisa de interessante segue-se. Por exemplo, o comportamento altruísta poderia evoluir, não devido a benefícios aos genes do próprio indivíduo, mas simplesmente devido a benefícios aos genes de seus pais. A manipulação parental, para usar o termo de Alexander, toma-se uma causa evolutiva alternativa do comportamento altruísta, independente da seleção de parentesco direta. É importante, conseqüentemente, que examinemos o raciocínio de Alexander e nos convençamos de que entendemos porque ele está errado. Isto, a rigor, deveria ser feito matematicamente, mas estamos evitando o uso explícito de Matemática neste livro, e é possível dar uma idéia intuitiva do que está errado na tese de Alexander.

Sua idéia genética fundamental está contida na seguinte citação resumida. "Suponha que um jovem provoque uma distribuição desigual de benefícios parentais em seu favor, desta forma reduzindo a reprodução global da mãe. Um gene que desta maneira aumente a adaptação de um indivíduo quando ele é jovem, não pode deixar de reduzir mais sua adaptação quando ele for adulto, pois tais genes mutantes estarão presentes numa proporção crescente dos descendentes mutantes do indivíduo". O fato de Alexander analisar um gene que acabou de mutar não é fundamental para o argumento. É melhor pensar num gene raro herdeiro de um dos pais. "Adaptação" tem o sentido técnico de sucesso reprodutivo. O que Alexander está basicamente dizendo é o seguinte. Um gene que tenha feito um filhote obter mais do que seu quinhão quando ele era pequeno, em detrimento da reprodução total de um dos pais, poderá, de fato, aumentar sua chance de sobrevivência. Mas ele pagaria o preço quando se tornasse pai e mãe, pois seus próprios filhotes tenderiam a herdar o mesmo gene egoísta; e isto reduziria seu sucesso reprodutivo global. Ele cairia na própria armadilha. O gene, portanto, não pode ter sucesso e os pais sempre devem vencer o conflito.

Deveríamos imediatamente suspeitar deste argumento, pois ele baseia-se numa assimetria genética que realmente não existe. Alexander usa as palavras "pais" e "descendentes" como se houvesse uma diferença genética fundamental entre eles. Como vimos, embora haja diferenças práticas entre pais e filhos, por exemplo os pais são mais velhos do que os filhos e estes provêm dos corpos dos pais, não há, realmente, nenhuma assimetria genética fundamental. O parentesco é de 50 por cento, de qualquer ângulo que você olhe. Para ilustrar o que quero dizer repetirei as palavras de Alexander, mas com "pais", "jovem" e outras palavras apropriadas invertidas: "Suponha que um dos pais tenha um gene que tenha a tendência a provocar uma distribuição igual dos benefícios parentais. Um gene que desta maneira aumente, a adaptação de um indivíduo quando ele é *pai ou mãe*, não poderia deixar de ter sua adaptação mais diminuída quando ele era *jovem*." Chegamos, portanto, à conclusão oposta de Alexander, isto é, em qualquer conflito pais/filhos o filho deve vencer!

Obviamente alguma coisa está errada aqui. Ambos os argumentos foram apresentados de forma simples demais. O objetivo de minha citação invertida não é provar a idéia oposta a de Alexander, mas simplesmente mostrar que não se pode argumentar desta maneira artificialmente assimétrica. Tanto o argumento de Alexander como minha inversão dele erraram ao ver as coisas do ponto de vista de um *indivíduo* - os pais, no caso de Alexander e o filhote, no meu caso. Acredito que este tipo de erro seja fácil de cometer quando utilizamos o termo técnico "adaptação". É por isso que evitei usá-lo neste livro. Só há, realmente, uma entidade cujo ponto de vista interessa na evolução, e esta entidade é o gene egoísta. Os genes em corpos jovens serão selecionados pela sua habilidade de superar em esperteza os corpos dos pais; os genes nestes últimos serão selecionados por sua habilidade de superar os jovens. Não há paradoxo no fato dos mesmos genes ocuparem sucessivamente um corpo jovem e o corpo de um pai ou de uma mãe. Os genes são selecionados por sua habilidade em usar da melhor forma possível as ferramentas disponíveis: eles explorarão suas oportunidades práticas. Quando um gene está num corpo jovem, suas oportunidades práticas serão diferentes daquelas existentes quando ele está no corpo de um pai ou de uma mãe. Sua melhor política, portanto, será diferente nos dois estágios da história de seu corpo. Não há motivo para supor, como faz Alexander, que a melhor política posterior deva necessariamente sobrepujar a anterior.

Há outra maneira de expor o argumento contra Alexander. Ele está tacitamente supondo a existência de uma falsa assimetria entre o relacionamento pais/filhos, por um lado, e o relacionamento irmão/irmã por outro. Você se lembra que de acordo com Trivers o custo para um filhote egoísta de obter mais do que seu quinhão, o motivo porque ele só pega até certo ponto, é o perigo de perder seus irmãos, cada um levando metade de seus genes. Os irmãos, no entanto, são apenas um caso especial de parentes com 50 por cento de parentesco. Os próprios eventuais filhos do filhote egoísta não lhe são nem mais "valiosos" nem menos do que seus irmãos. O custo líquido total de pegar mais do que seu quinhão de recursos, portanto, na realidade deveria ser medido não apenas em irmãos perdidos, mas também em descendentes futuros perdidos devido ao egoísmo entre eles. A idéia de Alexander a respeito da desvantagem do egoísmo juvenil se espalhar a seus filhos, desta forma reduzindo sua própria reprodução a longo prazo, é boa, mas simplesmente significa que devemos adicionar isto no lado dos custos na equação. Um filhote, individualmente, ainda fará bem em ser egoísta enquanto o benefício líquido para ele for pelo menos metade do custo líquido para os parentes próximos. Mas "parentes próximos" deve incluir não apenas irmãos, mas também os próprios futuros filhos. Um indivíduo deveria considerar seu bem-estar como valendo o dobro daquele de seus irmãos, que é a pressuposição básica feita por Trivers. Mas ele também deveria dar-se o dobro do valor dado a seus futuros filhos. A conclusão de Alexander de que há uma vantagem intrínseca da parte dos pais no conflito de interesses não está correta.

Além de sua idéia genética fundamental, Alexander também tem argumentos mais práticos, oriundos de inegáveis assimetrias no relacionamento pais/ filhos. O pai ou a mãe constituem a parte ativa, aquela que efetivamente realiza o trabalho de obter alimento, etc., e portanto está em condições de tomar as decisões. Se os pais decidem parar seu trabalho, o filhote pouco pode fazer a respeito, pois é menor e não pode retaliar. Os pais, portanto, estão em condições de impor seu desejo, independentemente do que o filhote possa querer. Esse argumento não está obviamente

errado, pois neste caso a assimetria postulada é real. Os pais são maiores, mais fortes e mais vividos do que os filhotes. Eles parecem ter todas as boas cartas nas mãos. Mas os filhotes também têm alguns ases em suas mangas. Por exemplo, é importante para os pais saber quão faminto cada um de seus filhotes está, de modo que possam distribuir o alimento da maneira mais eficiente. Eles poderiam, evidentemente, racionar o alimento igualmente entre todos os filhotes, mas no melhor de todos os mundos possíveis isto seria menos eficiente do que um sistema de dar um pouco mais àqueles que realmente o usassem melhor. Um sistema no qual cada filhote diz aos pais quão faminto está seria ideal para esses últimos, e, como vimos, um sistema deste tipo parece ter evoluído. Mas os jovens estão em condições de mentir, porque *sabem* exatamente quão famintos estão, enquanto os pais podem apenas imaginar se eles estão dizendo a verdade ou não. É quase impossível aos pais detectar uma pequena mentira, embora possam descobrir uma grande.

Por outro lado, é vantajoso para os pais saber quando um filhote está feliz, e é bom para um filhote ser capaz de dizê-lo aos pais. Sinais, tais como ronronar e sorrir, poderão ter sido selecionados porque permitem aos pais saber quais de suas ações são mais benéficas a seus filhotes. A visão de seu filho sorrindo, ou de seu gatinho ronronando é recompensadora para uma mãe, no mesmo sentido como alimento no estômago é recompensador para um rato em um labirinto. Mas, assim que um sorriso doce ou um ronronado alto tornam-se recompensadores, o filhote estará em condições de usá-los a fim de manipular os pais e ganhar mais do que seu quinhão de investimento parental.

Não há, portanto, nenhuma resposta geral para a pergunta relativa a quem tem maior probabilidade de vencer a batalha das gerações. O que finalmente ocorrerá será um compromisso entre a situação ideal desejada pelo filhote e aquela desejada pelos pais. É uma batalha comparável àquela entre o cuco e os pais adotivos, sem dúvida não uma batalha tão ferrenha, pois os inimigos têm alguns interesses genéticos em comum - eles só são inimigos até certo ponto, ou durante certas ocasiões sensíveis. No entanto, muitas das táticas usadas pelos cucos, táticas de engano e de exploração, poderão ser empregadas pelo próprio filho, embora ele não chegue ao egoísmo total que é de se esperar de um cuco.

Este capítulo e o próximo, no qual discutimos o conflito entre parceiros sexuais, poderia parecer horrivelmente cínico, e talvez seja até desolador, para os pais humanos, dedicados como são a seus filhos e um ao outro. Novamente devo enfatizar que não estou falando de motivos conscientes. Ninguém está sugerindo que as crianças deliberada e conscientemente enganam seus pais devido aos genes egoístas que possuem. E devo repetir que quando digo alguma coisa como "Um filho não deveria perder nenhuma oportunidade de enganar... mentir, trapacear, explorar. . .", estou usando a palavra "deveria" de maneira especial. Não estou propondo esse comportamento como sendo moral ou desejável. Estou simplesmente dizendo que a seleção natural tenderá a favorecer os filhos que efetivamente agem desta forma e que portanto, quando olhamos para populações selvagens, poderemos esperar ver trapaçagens e egoísmo dentro das famílias. A sentença "o filho deveria trapacear" significa que os genes que tendem a fazer com que os filhos trapaceiem têm vantagem no "fundo". Se há uma moral humana a ser estabelecida, será de que devemos *ensinar* altruísmo a nossos filhos, pois não podemos esperar que ele seja parte de sua natureza biológica.

A BATALHA DOS SEXOS

Se há conflitos de interesses entre pais e filhos que compartilham 50 por cento dos genes, quão mais severos devem ser os conflitos entre parceiros sexuais, que não têm parentesco? Tudo que eles têm em comum é um investimento, nos mesmos filhos, de 50 por cento de ações genéticas. Como tanto o pai como a mãe estão interessados no bem-estar de diferentes metades dos mesmos filhos, poderá haver alguma vantagem para ambos em cooperar entre si na criação desses filhos. Se um dos pais conseguir investir em cada filho menos do que seu quinhão de recursos dispendiosos, no entanto, ele levará vantagem, pois terá mais para investir em outros filhos com outros parceiros sexuais, e assim propagar mais seus genes. Pode-se imaginar, portanto, que cada parceiro tenta explorar o outro, tenta forçar o outro a investir mais. Teoricamente, o que um indivíduo "gostaria" de fazer (não quero dizer desfrutar fisicamente, embora isto também possa acontecer) seria copular com o maior número possível de elementos do sexo oposto, deixando, em cada caso, que o parceiro criasse os filhos. Como veremos, essa situação é conseguida pelos machos de várias espécies, mas em outras os machos são obrigados a compartilhar uma porção igual da carga de criar os filhos. Essa visão da parceria sexual como uma relação de desconfiança e exploração mútuas foi especialmente enfatizada por Trivers. É uma visão comparativamente nova para os etólogos. Normalmente havíamos pensado no comportamento sexual, copulação e a corte que a precede, como um empreendimento essencialmente de cooperação, realizado para benefício mútuo ou mesmo para o bem da espécie!

Voltemos diretamente aos primeiros princípios e investiguemos a natureza fundamental da diferença entre os sexos. No Capítulo 3 discutimos a sexualidade sem enfatizar sua assimetria básica. Simplesmente aceitamos que alguns animais são chamados de machos e outros de fêmeas, sem nos perguntar o que essas palavras realmente significavam. Mas, qual a essência da masculinidade?

O que, no fundo, define uma fêmea? Como mamíferos vemos os sexos definidos por síndromes de características-existência de um pênis, produção dos filhotes, amamentação por meio de glândulas lactíferas, especiais, certas características cromossômicas e assim por diante. Esses critérios para se julgar o sexo de um indivíduo servem para os mamíferos, mas para os animais e plantas em geral não são mais seguros do que seria a tendência a usar calças como critério para determinar o sexo humano. Nas rãs por exemplo, nenhum dos dois sexos tem pênis. Talvez, então, as palavras macho e fêmea não tenham um sentido geral. Elas são, afinal de contas, apenas palavras, e se acharmos que não são úteis para descrever rãs temos a liberdade de abandoná-las. Poderíamos arbitrariamente dividir as rãs em Sexo 1 e Sexo 2, se quiséssemos. Há, no entanto, uma característica fundamental dos sexos que pode ser utilizada para rotular os machos de machos e as fêmeas de fêmeas em todos os animais e plantas. Esta característica é que as células sexuais ou "gametas" dos machos são muito menores e mais numerosos do que os gametas das fêmeas. Isto ocorre quer estejamos lidando com animais, quer com plantas. Um grupo de indivíduos possui células sexuais grandes; é conveniente usar a palavra fêmea para eles. O outro grupo, que é conveniente chamar de macho, possui células sexuais pequenas. A diferença é especialmente acentuada nos répteis e aves, nos quais uma única célula ovo é grande e nutritiva o suficiente para alimentar o filhote em desenvolvimento durante várias semanas. Mesmo nos seres humanos, onde o óvulo é microscópico, ainda assim é muitas vezes maior do que o espermatozóide. É possível, como veremos, interpretar todas as outras diferenças entre os sexos como oriundas dessa diferença básica.

Em certos organismos primitivos, por exemplo em certos fungos, não há sexo masculino e sexo feminino, embora reprodução sexual de certo tipo ocorra. No sistema conhecido como isogamia, os indivíduos não são distinguíveis em dois sexos. Qualquer um pode se acasalar com

qualquer outro. Não há dois tipos diferentes de gametas - espermatozóides e óvulos - mas todas as células sexuais são iguais, chamadas isogametas. Os novos indivíduos são formados pela fusão de dois isogametas, cada qual produzido por divisão meiótica. Se tivermos três isogametas, A, B e C, A poderia fundir-se com B ou com C, B poderia fundir-se com A ou com C. Isto nunca ocorre em sistemas sexuais normais. Se A for um espermatozóide e puder se fundir com B ou com C, então B e C devem ser óvulos, e B não poderá se fundir com C.

Quando dois isogametas se fundem, ambos contribuem com igual número de genes para o novo indivíduo, e também contribuem com quantidades iguais de reservas alimentares. Os espermatozóides e os óvulos também contribuem com números iguais de genes, mas esses últimos contribuem com muito mais reservas alimentares: os espermatozóides, na realidade, não contribuem com nada; estão simplesmente relacionados ao transporte de seus genes até um óvulo o mais rapidamente possível. No momento da concepção, portanto, o pai investiu menos do que seu quinhão justo (i.e., 50 por cento) de recursos na descendência. Como cada espermatozóide é tão pequeno, um macho pode permitir-se fazer vários milhões todo dia. Isto significa que ele é potencialmente capaz de gerar um grande número de filhos num período de tempo muito curto, utilizando diferentes fêmeas. Isto só é possível porque cada novo embrião, em cada caso, recebe alimento adequado da mãe. Isto, portanto, estabelece um limite ao número de filhos que uma fêmea pode ter, mas o número de filhos que um macho pode ter é virtualmente ilimitado. A exploração da fêmea começa aqui.

Parker e outros mostraram como essa assimetria poderá ter evoluído a partir de uma situação originalmente isogâmica. No tempo quando todas as células sexuais eram permutáveis e aproximadamente do mesmo tamanho, teria havido algumas que acidentalmente eram um pouco maior do que as outras. Sob certos aspectos um isogameta grande teria vantagem sobre um de tamanho médio, porque ele propiciaria um bom começo a seu embrião fornecendo-lhe um grande suprimento inicial de alimento. Poderá ter havido, portanto, uma tendência evolutiva em direção a gametas maiores. Mas há um senão. A evolução de isogametas maiores do que o estritamente necessário teria aberto as portas à exploração egoísta. Os indivíduos que produzissem gametas menores do que a média começariam a exploração, desde que pudessem garantir que seus gametas pequenos se fundissem com aqueles excepcionalmente grandes. Isto poderia ser conseguido tornando os gametas menores mais móveis e capazes de procurar ativamente os maiores. A vantagem para um indivíduo de produzir gametas pequenos e rápidos seria permitir-se fazer um grande número de gametas e portanto ter potencialmente mais filhos. A seleção natural favoreceu a produção de células sexuais pequenas e que procuravam ativamente as grandes para com elas se fundirem. Podemos pensar, então, em duas "estratégias" sexuais divergentes evoluindo. Havia o grande investimento ou estratégia "honestas". Esta automaticamente abriu caminho para uma estratégia exploradora de pequeno investimento ou "traíçoira". Assim que a divergência entre as duas estratégias tivesse começado, ela teria continuado sem dificuldade. Os intermediários de tamanho médio teriam sido punidos, pois não desfrutavam das vantagens de nenhuma das duas estratégias mais extremadas. Os gametas traíçoiros teriam desenvolvido um tamanho cada vez menor e mobilidade maior. Os honestos teriam desenvolvido um tamanho cada vez maior para compensar o investimento cada vez menor dos traíçoiros; e tornaram-se imóveis porque sempre seriam ativamente perseguidos pelos traíçoiros, de qualquer forma. Cada gameta honesto "preferiria" fundir-se com um outro honesto, mas a pressão seletiva (página 40) para excluir os traíçoiros teria sido mais fraca do que a pressão sobre esses últimos para que se esquivassem ao cerco: os traíçoiros tinham mais a perder e portanto venceram a batalha evolutiva. Os gametas honestos tornaram-se óvulos e os traíçoiros tornaram-se espermatozóides.

Os machos, então, parecem ser criaturas bastante inúteis e baseando-nos apenas no "bem da espécie" poderíamos esperar que tornar-se-iam menos numerosos do que as fêmeas. Como um macho teoricamente pode produzir espermatozóides em número suficiente para manter um harém de 100 fêmeas, poderíamos supor que as fêmeas devessem superar os machos nas populações animais de 100 para 1. Outras maneiras de dizer isto seriam que o macho é mais "sacrificável" e a fêmea mais "valiosa" para a espécie. Encarando-se do ponto de vista da espécie como um todo, é claro, isto

é perfeitamente verdadeiro. Para mencionar um exemplo extremo, em um estudo de leões marinhos, 4 por cento dos machos foram responsáveis por 88 por cento de todas as cópulas observadas. Neste caso e em muitos outros, há grande excesso de machos solteiros que provavelmente nunca terão chance de copular em toda sua vida. Mas, fora isto, esses machos em excesso levam vidas normais e comem os recursos alimentares da população com a mesma fome dos outros adultos. Do ponto de vista do "bem da espécie" isto é horrivelmente esbanjador; os machos em excesso podem ser considerados parasitas sociais. Este é apenas um exemplo das dificuldades com as quais a teoria da seleção de grupo se depara. A teoria do gene egoísta, por outro lado, não tem nenhum problema em explicar o fato dos números de machos e fêmeas tenderem a ser iguais, mesmo quando os machos que realmente se reproduzem constituem uma pequena fração do número total. A explicação foi pela primeira vez oferecida por R. A. Fisher.

O problema de quantos machos e fêmeas nascem é um caso especial de um problema de estratégia parental. Da mesma forma como discutimos o tamanho ótimo da família para um dos pais individualmente tentando maximizar a sobrevivência de seus genes, podemos também discutir a proporção ótima entre os sexos. Será melhor confiar seus preciosos genes a filhos ou a filhas? Suponha que uma mãe investisse todos seus recursos em filhos e, portanto, não lhe sobrasse nada para investir em filhas: contribuiria ela, em média, mais para o "fundo" de genes do futuro do que uma mãe rival que houvesse investido em filhas? Os genes para preferir filhos tornam-se mais ou menos numerosos do que os genes para preferir filhas? O que Fisher mostrou é que em circunstâncias normais a proporção ótima entre os sexos é de 50:50. A fim de ver porque, precisamos primeiro saber alguma coisa sobre a mecânica da determinação dos sexos.

Nos mamíferos, o sexo é determinado geneticamente da seguinte maneira. Todos os óvulos são capazes de se desenvolverem quer num macho, quer numa fêmea. É o espermatozóide que carrega os organismos que determinam os cromossomos. Metade dos espermatozoides produzidos por um homem são produtores de mulheres, ou espermatozoides X, e metade são produtores de homens, ou espermatozoides Y. Os dois tipos de espermatozoides são semelhantes. Diferem apenas com relação a um cromossomo. Um gene para fazer com que um pai tenha apenas filhas poderia atingir seu objetivo fazendo-o produzir apenas espermatozoides X. Um gene para fazer com que uma mãe tenha apenas filhas poderia funcionar fazendo-a secretar um espermicida seletivo, ou fazendo-a abortar os embriões masculinos. O que procuramos é alguma coisa equivalente a uma estratégia evolutivamente estável (EEE), embora aqui, ainda mais do que no capítulo sobre agressão, estratégia é apenas um modo de dizer. Um indivíduo não pode literalmente escolher o sexo de seus filhos. Mas, genes para tender-se a ter filhos de um sexo ou do outro são possíveis. Se supusermos que tais genes favorecedores de proporções desiguais dos sexos existem, teriam quaisquer deles probabilidade de se tornarem mais numerosos no "fundo" do que seus alelos rivais, os quais favorecem proporção igual entre os sexos?

Suponha que nos leões marinhos mencionados acima se originasse um gene mutante que tivesse a tendência a fazer os pais terem principalmente filhas. Como não há falta de machos na população, as filhas não teriam dificuldade em achar parceiros sexuais e o gene para fabricar filhas poderia se difundir. A proporção entre os sexos na população poderia então começar a deslocar-se em direção a um excesso de fêmeas. Do ponto de vista do bem da espécie isto seria bom, pois poucos machos são perfeitamente capazes de fornecer todos os espermatozoides necessários até mesmo para um enorme excesso de fêmeas, como já vimos. Superficialmente, portanto, poderíamos esperar que o gene produtor de fêmeas continuasse a se espalhar até que a proporção entre os sexos estivesse tão desequilibrada que os poucos machos restantes, esgotando-se completamente, mal fossem suficientes. Agora, porém, pense na enorme vantagem genética que será desfrutada pelos poucos pais que têm filhos. Qualquer um que invista em um filho terá uma boa chance de ser o avô de centenas de leões marinhos. Aqueles que estão produzindo apenas filhas têm garantidos alguns netos, mas isto não é nada comparado com as possibilidades genéticas gloriosas que se abrem àqueles especializados em filhos. Os genes para produzir filhos, portanto, tenderão a se tornarem mais numerosos e o pêndulo retornará.

Por simplicidade me expressei em termos de oscilação de um pêndulo. Na prática o pêndulo nunca poderia oscilar para tão longe na direção do predomínio das fêmeas, pois a pressão para ter filhos teria começado a empurrá-lo de volta assim que a proporção entre os sexos se tornasse desigual. A estratégia para produzir números iguais de machos e fêmeas é evolutivamente estável no sentido de que qualquer gene para desviar-se dela ocasiona uma perda líquida.

Contei a história em termos de números de filhos em relação ao número de filhas. Isto para torná-la simples, mas a rigor ela deveria ser elaborada em termos de investimento parental, referindo-se a todo alimento e outros recursos que os pais têm a oferecer, medido da maneira discutida no capítulo anterior. Os pais deveriam *investir* igualmente em filhos e filhas. Isto normalmente significa que eles deveriam ter numericamente a mesma quantidade de filhos e filhas. Mas poderia haver proporções desiguais entre os sexos que fossem evolutivamente estáveis, desde que quantidades proporcionalmente desiguais de recursos fossem investidas em filhos e filhas. No caso dos leões marinhos, poderia ser estável uma política de ter três vezes mais filhos do que filhas, mas fazer de cada um desses últimos um supermacho, investindo nele três vezes mais alimento e outros recursos. Investindo mais alimento em um filho e tornando-o grande e forte, um pai poderá aumentar suas chances de vencer o prêmio supremo de um harém. Mas este é um caso especial. Normalmente a quantidade investida em cada filho será aproximadamente igual à quantidade investida em cada filha; a proporção entre os sexos, em termos de números, é geralmente um para um.

Em sua longa viagem através das gerações, portanto, um gene médio gastará aproximadamente metade de seu tempo em corpos de machos e a outra metade em corpos de fêmeas. Alguns efeitos dos genes só se mostram nos corpos de um dos sexos. Esses são chamados de efeitos gênicos ligados ao sexo. Um gene que controle o tamanho do pênis só expressa esse efeito nos corpos dos machos, mas ele também é transportado nos corpos das fêmeas e poderá ter um efeito bastante diferente nesses últimos. Não há motivo para supor que um homem não possa herdar de uma mãe a tendência a desenvolver um pênis longo.

Não importa em qual dos dois tipos de corpos ele se encontre, poderemos esperar que um gene faça o melhor uso das oportunidades oferecidas por aquele tipo de corpo. Essas oportunidades poderão muito bem ser diferentes dependendo de se o corpo é masculino ou feminino. Como uma aproximação conveniente, podemos novamente supor que cada corpo é uma máquina egoísta tentando fazer o melhor para todos os seus genes. A melhor política para uma máquina egoísta deste tipo freqüentemente será uma se ela for um macho e outra diferente se ela for uma fêmea. Para resumir novamente usaremos a convenção de pensar no indivíduo como se ele tivesse um objetivo consciente. Como anteriormente, nos lembraremos que isto é apenas uma figura de linguagem. Um corpo é, na realidade, uma máquina programada cegamente por seus genes egoístas.

Considere novamente o par acasalado com o qual começamos o capítulo. Ambos os parceiros, como máquinas egoístas, "querem" filhos e filhas em números iguais. Até aqui eles concordam. Onde eles discordam é sobre quem suportará o peso do custo de criar cada um desses filhos. Cada indivíduo quer tantos filhos sobreviventes quanto possível. Quanto menos ele ou ela for obrigado ou obrigada a investir em cada um desses filhos, mais filhos ele ou ela poderá ter. A maneira óbvia de conseguir esta situação desejável é induzir seu parceiro sexual a investir mais do que seu quinhão de recursos em cada filho, deixando você livre para ter outros filhos com outros parceiros. Esta seria uma estratégia desejável para qualquer um dos sexos, mas mais difícil para a fêmea conseguir. Como ela começa investindo mais do que o macho, sob a forma de seu óvulo grande e rico em alimento, no momento da concepção a mãe já está mais "comprometida" com cada filho do que o pai. Ela se predispõe a perder mais se o filhote morrer do que o pai. Mais objetivamente, ela teria que investir mais do que o pai no *futuro*, a fim de trazer um novo filhote substitutivo ao mesmo nível de desenvolvimento. Se ela tentasse a tática de deixar o pai segurando o bebê enquanto fugia com outro macho, o pai poderia, com um custo relativamente pequeno para si, retaliar abandonando também o filhote. Pelo menos nos primeiros estágios do desenvolvimento do filhote, portanto, se houver alguma deserção provavelmente será o pai abandonando a mãe e não vice-versa. Da mesma

forma, pode-se esperar que as fêmeas invistam mais nos filhotes do que os machos, não apenas desde o começo, mas durante todo o desenvolvimento. Assim, nos mamíferos, por exemplo, é a fêmea que incuba o feto em seu próprio corpo, é a fêmea que produz o leite para amamentá-lo quando ele nasce, e é ela ainda que carrega o peso de criá-lo e protegê-lo. O sexo feminino é explorado e a base evolutiva fundamental da exploração é o fato dos óvulos serem maiores do que os espermatozoides.

Em muitas espécies, é claro, o pai de fato trabalha árdua e fielmente tomando conta dos filhotes. Mas, mesmo assim, devemos esperar que normalmente haverá certa pressão evolutiva sobre os machos, no sentido de investirem um pouco menos em cada filho e tentarem ter mais filhotes com fêmeas diferentes. Com isto simplesmente quero dizer que haverá uma tendência para terem sucesso no "fundo" os genes que dizem "Corpo, se você é um macho, abandone sua parceira um pouco mais cedo que meu alelo rival induziria você a fazer e procure outra fêmea". Até que ponto essa pressão evolutiva realmente prevalece na prática varia muito de espécie para espécie. Em muitas delas, por exemplo nas aves do paraíso, a fêmea não recebe absolutamente qualquer ajuda do macho; ela cria os filhotes sozinha. Outras espécies, como as gaivotas do gênero *Rissa*, formam pares monógamos de fidelidade exemplar e ambos os parceiros cooperam na tarefa de criar filhotes. Aqui devemos supor que

uma contra-pressão evolutiva está atuando: deve haver uma penalidade relacionada à estratégia egoísta de exploração do parceiro, assim como um benefício, e nessas gaivotas a penalidade supera o benefício. Em qualquer caso, só valerá a pena para um pai abandonar sua mulher e filho se esta tiver uma probabilidade razoável de criar o filhote por si mesma.

Trivers considerou as possíveis linhas de ação abertas a uma mãe abandonada por seu parceiro. O melhor para ela seria tentar enganar outro macho e fazê-lo adotar seu filhote, "pensando" ser o dele. Isto poderá não ser muito difícil se o filhote ainda for um feto, ainda não nascido. Evidentemente, o filhote carrega metade dos genes da mãe, mas não carrega nenhum gene do pai adotivo ingênuo. A seleção natural puniria severamente tal ingenuidade nos machos e, de fato, favoreceria machos que tratassem de matar quaisquer filhos adotivos em potencial assim que se acasalassem com uma nova fêmea. Muito provavelmente é esta a explicação para o chamado efeito de Bruce: os camundongos machos secretam uma substância química a qual, quando cheirada por uma fêmea grávida, pode fazê-la abortar. Ela só abortará se o cheiro for diferente daquele de seu parceiro anterior. Desta maneira um camundongo macho destrói seus filhos adotivos em potencial e torna sua nova fêmea receptiva a seus próprios avanços sexuais. Ardrey, a propósito, vê no efeito de Bruce um mecanismo de controle populacional! Um exemplo semelhante é o dos leões machos, os quais, quando chegam a uma alcateia algumas vezes matam os filhotes existentes, presumivelmente porque não são seus próprios filhotes.

Um macho pode obter o mesmo resultado sem matar necessariamente os filhos adotivos. Ele pode impingir um período de corte prolongada antes de copular com a fêmea, afugentando todos os outros machos que se aproximem dela e impedindo-a de escapar. Desta maneira ele pode esperar e verificar se ela abriga pequenos filhotes adotivos em seu útero e abandoná-la se for o caso. Veremos adiante um motivo pelo qual uma fêmea poderá querer um longo período de "noivado" antes da copulação. Aqui temos um motivo para um macho querê-lo também. Desde que ele possa isolá-la de todo contato com outros machos, este período de noivado ajuda a evitar que ele seja o benfeitor involuntário dos filhotes de outro macho.

Supondo então que uma fêmea abandonada não possa enganar um novo macho e fazê-lo adotar seu filhote, o que mais poderá ela fazer? Muita coisa poderá depender da idade do filhote. Se ele for recém-concebido ela, sem dúvida, investiu todo um óvulo e talvez mais, mas ainda poderá ser vantajoso abortá-lo e encontrar um novo parceiro o mais rapidamente possível. Nessas circunstâncias seria mutuamente vantajoso para ela e para o novo marido em potencial que ela abortasse - uma vez que estamos supondo que ela não tem esperança de enganá-lo e induzi-lo a adotar o filhote. Isto poderia explicar porque o efeito de Bruce funciona do ponto de vista da fêmea.

Outra opção aberta à fêmea abandonada é resistir e tentar criar o filhote sozinha. Isto lhe será especialmente vantajoso se o filhote já for bastante velho. Quanto mais velho ele for mais já terá sido investido nele e menos será exigido dela para terminar a tarefa de criá-lo. Mesmo se ele ainda for bastante jovem, ainda poderá ser vantajoso para ela tentar salvar alguma coisa de seu investimento inicial, mesmo que ela tenha que trabalhar duplamente para alimentá-lo, agora que o macho foi embora. Não lhe consola o fato do filhote conter metade dos genes do macho também e ela poder ofender este último abandonando o filhote. De nada adianta a ofensa em si. O filhote carrega metade de seus genes e o dilema agora é apenas seu.

Paradoxalmente, uma política razoável para uma fêmea ameaçada de ser abandonada poderá ser deixar o macho antes que ele a deixe. Isto poderia ser vantajoso para ela, mesmo que ela já tenha investido mais no filhote do que o macho. A verdade desagradável é que em certas circunstâncias a vantagem advém ao parceiro que desertar primeiro, seja ele o pai ou a mãe. Nas palavras de Trivers, o parceiro deixado para trás defronta-se com um dilema cruel. É um argumento horrível mas muito sutil. Pode-se esperar que um dos pais deserte no momento quando lhe for possível dizer o seguinte: "Este filhote está agora desenvolvido o suficiente para que um de nós possa terminar de criá-lo sozinho. Portanto, ser-me-ia vantajoso desertar agora, desde que eu pudesse ter certeza que meu parceiro não desertaria também. Se eu desertasse agora, meu parceiro faria o que for melhor para seus genes. Ele seria forçado a tomar uma decisão mais drástica do que a que estou tomando agora, pois eu já teria partido. Meu parceiro "saberia" que se ele partisse também o filhote certamente morreria. Supondo, portanto, que meu parceiro tomará a decisão mais acertada para seus próprios genes egoístas, concluo que minha melhor linha de ação é desertar primeiro. E isto é especialmente verdade, pois meu parceiro talvez esteja "pensando" exatamente a mesma coisa e poderá tomar a iniciativa a qualquer momento abandonando-me!" Como sempre, o solilóquio subjetivo pretende apenas ilustrar. O importante é que os genes para desertar *primeiro* poderiam ser selecionados favoravelmente apenas porque os genes para desertar *em segundo lugar* não o seriam.

Examinemos algumas das coisas que uma fêmea poderá fazer se foi abandonada por seu parceiro. Mas todas elas parecem visar se obter dos males o menor. Há alguma coisa que uma fêmea possa fazer para reduzir a exploração de seu parceiro? Ela tem um forte trunfo em mãos; pode recusar-se a copular. Ela está em demanda, num mercado de vendedores. E isto porque traz o dote de um óvulo grande e nutritivo. O macho que tem sucesso em copular ganha valiosa reserva alimentar para sua prole. A fêmea está, potencialmente, em posição de regatear antes de copular. Assim que ela copula descarta seu ás - seu óvulo é empenhado ao macho. Podemos falar em regatear, mas sabemos muito bem que não é realmente assim. Há alguma maneira realista pela qual alguma coisa equivalente a regatear pudesse evoluir por seleção natural? Analisarei duas possibilidades mais importantes, chamadas de estratégia da bem-aventurança doméstica e estratégia do macho viril.

A versão mais simples da estratégia da bem-aventurança doméstica é a seguinte. A fêmea examina os machos e tenta detectar previamente sinais de fidelidade e domesticidade. Certamente haverá variação na população de machos quanto a sua predisposição a serem maridos fiéis. Se as fêmeas pudessem reconhecer essas qualidades de antemão, elas poderiam se beneficiar escolhendo os machos que as possuíssem. Uma maneira de uma fêmea fazê-lo é "se fazer de difícil" durante um longo tempo, ser recatada. Qualquer macho que não se mostre paciente o suficiente para esperar até que a fêmea eventualmente consinta em copular, provavelmente terá pouca chance de ser um marido fiel. Insistindo num longo período de noivado a fêmea elimina pretendentes casuais e finalmente só copula com um macho que tenha provado de antemão suas qualidades de fidelidade e perseverança. A timidez feminina, de fato, é muito comum entre os animais, assim como períodos prolongados de corte ou noivado. Como já vimos, um noivado longo pode também beneficiar um macho onde haja o perigo dele ser levado a cuidar do filhote de outro macho.

Os rituais de corte freqüentemente incluem considerável investimento pré-copulatório por parte do macho. A fêmea poderá recusar a copular até que o macho lhe tenha construído um ninho. Ou o macho talvez tenha que alimentá-la com quantidades substanciais de alimento. Isto,

evidentemente, é muito bom do ponto de vista da fêmea, mas também sugere outra versão possível da estratégia da bem-aventurança doméstica. Poderiam as fêmeas forçar os machos a investir tanto em sua prole *antes* de permitirem a copulação que não seria mais vantajoso para eles desertar *após* a copulação? A idéia é atraente. Um macho que espera por uma fêmea tímida com a qual eventualmente copular está pagando em preço: está renunciando à chance de copular com outras fêmeas e está gastando muito tempo e energia em cortej á-la. Quando finalmente lhe for permitido copular com determinada fêmea, ele inevitavelmente estará fortemente "comprometido" com ela. Haverá, para ele, pouca tentação em abandoná-la se ele sabe que qualquer fêmea da qual se aproxime no futuro também delongar-se-á da mesma maneira até que possam ir ao que interessa.

Como mostrei em um artigo, há um erro no raciocínio de Trivers neste ponto. Ele pensou que o investimento antecipado em si comprometia o indivíduo a um investimento futuro. Isto é Economia falaciosa. Um homem de negócios nunca deveria dizer "Já investi tanto no avião Concorde (por exemplo) que não posso me dar ao luxo de mandá-lo para o ferro-velho agora". Em vez disto ele sempre deveria se perguntar se seria vantajoso, *no futuro*, suspender suas perdas e abandonar o projeto agora, mesmo que ele já tenha investido muito nele. Da mesma maneira, de nada adianta uma fêmea forçar um macho a investir muito nela na esperança de que isto em si impeça que ele mais tarde a abandone. Esta versão da estratégia da bem-aventurança doméstica depende de uma outra pressuposição crucial. E esta é que se possa confiar que a maioria das fêmeas farão o mesmo jogo. Se houver fêmeas devassas na população, dispostas a aceitar machos que tenham abandonado suas mulheres, então poderia ser vantajoso para um macho abandonar sua mulher, não importando quanto ele já tivesse investido nos filhos.

Muita coisa, portanto, depende de como a maioria das fêmeas se comporta. Se nos fosse permitido pensar em termos de uma conspiração de fêmeas não haveria problema. Mas, uma conspiração de fêmeas não pode evoluir, assim como a conspiração de pombos que consideramos no Capítulo 5 também não pode. Em vez disto devemos procurar estratégias evolutivamente estáveis. Tomemos o método de Maynard Smith de análise de disputas agressivas e apliquemo-lo ao sexo. Será um pouco mais complicado do que o caso dos gaviões e pombos, porque teremos duas estratégias de fêmeas e duas estratégias de machos.

Como na análise de Maynard Smith, a palavra "estratégia" se refere a um programa de comportamento cego e inconsciente. As duas estratégias femininas serão chamadas *tímida* e *rápida*, e as duas estratégias masculinas serão chamadas *fiel* e *galanteador*. As regras de comportamento dos quatro tipos são as seguintes. Fêmeas tímidas não copularão com um macho até que ele tenha passado por um período longo e dispendioso de corte, durando várias semanas. As fêmeas rápidas copularão imediatamente com qualquer macho. Os machos fiéis estão dispostos a cortejar por um longo período; após a copulação eles ficam com a fêmea e ajudam-na a criar os filhotes. Os machos galanteadores perdem a paciência rapidamente se uma fêmea não quiser copular com eles de imediato: vão embora e procuram outra fêmea; após a copulação também não permanecem agindo como bons pais, mas saem em busca de novas fêmeas. Como no caso dos gaviões e pombos, essas não são as únicas estratégias possíveis, mas de qualquer forma é esclarecedor estudar o que acontece com elas.

Como Maynard Smith, usaremos alguns valores hipotéticos arbitrários para os vários custos e benefícios. Para generalizar pode-se usar símbolos algébricos, mas os números são mais fáceis de entender. Suponha que o resultado genético obtido por cada um dos pais quando um filhote é criado com sucesso seja +15 unidades. O custo de criar um filhote, o custo de todo seu alimento, todo o tempo gasto tomando conta dele e todos os riscos corridos por ele é igual a - 20 unidades. O custo é representado por um número negativo porque ele é "pago" pelos pais. O custo de perder tempo com uma corte prolongada também é negativo; seja este custo -3 unidades.

Suponha que tenhamos uma população na qual todas as fêmeas são tímidas e todos os machos são fiéis. Esta é uma sociedade monogâmica ideal. Em cada casal o macho e a fêmea obtêm, ambos, o mesmo resultado médio. Eles obtêm +15 para cada filhote criado; compartilham o custo de criá-lo (20) igualmente entre si, uma média de -10 para cada um. Ambos pagam a penalidade de -3 pontos

por perder tempo numa corte prolongada. O resultado médio para cada um, portanto, será $+15-10 = +2$.

Agora suponha que uma única fêmea rápida entre na população. Ela terá grande sucesso. Ela não paga o custo da demora, pois não se entrega a uma corte prolongada. Como todos os machos da população são fiéis, ela pode ter certeza de encontrar um bom pai para seus filhos, não importa com quem se acasale. Seu resultado médio por filho será $+15-10 = +5$. Ela tem 3 unidades de vantagem sobre suas rivais tímidas. Os genes para rapidez, portanto, começarão a se difundirem.

Se o sucesso das fêmeas rápidas for tão grande que elas começam a predominar na população, as coisas começarão a mudar do lado dos machos também. Até aqui os machos fiéis tiveram o monopólio. Mas agora, se um macho galanteador surgir na população, ele começará a se sair melhor do que seus rivais fiéis. Numa população onde todas as fêmeas são rápidas, os lucros de um macho galanteador são realmente abundantes. Ele obtém os +15 pontos se um filhote for criado com sucesso e não paga nenhuma das duas despesas. O que esta ausência de custos basicamente significa para ele é que ele está livre para sair e se acasalar com novas fêmeas. Cada uma de suas desafortunadas mulheres continua a lutar sozinha com o filhote, pagando todo o custo de -20 pontos, embora nada pague por gastar tempo com a corte. O resultado líquido para uma fêmea rápida quando ela encontra um macho galanteador é $+15-20 = -5$; o resultado para o galanteador é +15. Em uma população na qual todas as fêmeas são rápidas, os genes dos galanteadores se espalharão como varíola.

Se os galanteadores aumentarem com tanto sucesso que passam a dominar a parte masculina da população, as fêmeas rápidas se verão em uma situação difícil. Qualquer fêmea tímida teria uma grande vantagem. Se uma fêmea tímida encontra um macho galanteador nada acontece. Ela insiste numa corte prolongada; ele recusa e sai em busca de outra fêmea. Nenhum dos dois parceiros paga o preço de gastar tempo. Nenhum dos dois ganha qualquer coisa tampouco, pois nenhum filhote é produzido. Isto dá um resultado líquido de zero para uma fêmea tímida em uma população na qual todos os machos são galanteadores. Zero poderá não parecer muito, mas é melhor do que -5, a contagem média para uma fêmea rápida. Mesmo que uma fêmea rápida decidisse abandonar seu filhote depois de ter sido deixada por um galanteador, ela ainda teria pago o preço considerável de um óvulo. Assim, os genes para timidez começam a se difundir pela população novamente.

Para completar o ciclo hipotético, quando as fêmeas tímidas aumentam em número até que predominem, os machos galanteadores, os quais tiveram tanto sucesso com as fêmeas rápidas, começam a se ver em apuros. Fêmea após fêmea insiste numa corte longa e difícil. Os galanteadores pulam de uma para outra, mas a história é sempre a mesma. O resultado líquido para um macho galanteador quando todas as fêmeas são tímidas é zero. Porém, se um macho fiel aparecer, ele será o único com o qual as fêmeas tímidas se acasalarão. Seu resultado líquido será +2, melhor do que aquele dos galanteadores. Assim, os genes para fidelidade começam a aumentar e voltamos ao ponto de partida.

Como no caso da análise da agressão, contei a história como se ela fosse uma oscilação sem fim. Mas, como naquele caso, pode-se mostrar que na realidade não haveria oscilação. O sistema convergiria a um estado estável. Se você fizer as contas, verá que uma população na qual 5/6 das fêmeas são tímidas e 5/8 dos machos são fiéis é evolutivamente estável. Isto, evidentemente, só se aplica aos números arbitrários em particular com os quais começamos, mas é fácil determinar quais seriam as proporções para quaisquer outras pressuposições arbitrárias.

Como nas análises de Maynard Smith, não precisamos pensar que haja dois tipos diferentes de machos e dois tipos de fêmeas. A EEE poderia ser igualmente alcançada se cada macho gastar 5/8 de seu tempo sendo fiel e o resto sendo galanteador, e cada fêmea gastar 5/6 sendo tímida e 1/6 sendo rápida. Não importa como nós imaginemos a EEE, o que ela significa é o seguinte. Qualquer tendência dos membros de qualquer um dos sexos a se desviar da proporção estável adequada será punida por uma mudança resultante na proporção de estratégias do outro sexo, a qual será, por sua vez, desvantajosa para aquele que se desviou originalmente. A EEE, portanto, será preservada.

Podemos concluir que certamente é possível uma população consistindo em grande parte de fêmeas tímidas e machos fiéis desenvolver-se. Nessas circunstâncias a estratégia da bem-aventurança doméstica para as fêmeas realmente parece funcionar. Não precisamos pensar em termos de uma conspiração de fêmeas tímidas. A timidez pode, realmente, ser vantajosa para os genes egoístas de uma fêmea.

Há várias maneiras pelas, quais as fêmeas podem por em prática esse tipo de estratégia. Já sugeri que uma fêmea poderá recusar-se a copular com um macho que ainda não tenha construído um ninho, ou pelo menos que não a tenha ajudado a construí-lo. De fato ocorre que em muitas aves monógamas a copulação não se dá até depois do ninho ter sido construído. O efeito disto é que no momento da concepção o macho investiu no filhote muito mais do que apenas seus espermatozóides baratos.

Exigir que um parceiro em potencial construa um ninho é uma maneira efetiva de uma fêmea segurá-lo. Poder-se-ia pensar que quase qualquer coisa que custe muito ao macho teoricamente serviria, mesmo que este custo não seja diretamente pago sob a forma de benefício ao filhote não nascido. Se todas as fêmeas de uma população forçassem os machos a realizar uma façanha difícil e custosa, como matar um dragão ou escalar uma montanha, antes de consentirem em copular, elas teoricamente poderiam estar reduzindo a tentação dos machos de desertar após a cópula. Qualquer macho tentado a desertar sua parceira e a espalhar maior número de seus genes com outra fêmea, seria desencorajado pela idéia de ter que matar outro dragão. Na prática, no entanto, é pouco provável que as fêmeas impusessem a seus pretendentes tarefas arbitrárias como matar dragões ou procurar o Santo Graal. O motivo é que uma fêmea rival que impusesse uma tarefa não menos árdua, mas mais útil para si e seus filhotes teria vantagem sobre as fêmeas mais românticas que exigissem uma proeza de amor inútil. Construir um ninho talvez seja menos romântico do que matar um dragão ou atravessar o Helesponto à nado, mas é muito mais útil.

Igualmente útil à fêmea é a prática que já mencionei, de alimentação de cortejamento pelo macho. Em aves isto tem sido em geral considerado um tipo de regressão ao comportamento infantil por parte da fêmea. Ela implora do macho, usando os mesmos gestos que um filhote usaria. Tem-se assumido que isto é automaticamente estimulante para o macho, da mesma maneira como um homem acha a fala afetada ou lábios estendidos atraentes em uma mulher adulta. A ave fêmea por esta época necessita de todo alimento extra que puder obter, pois está aumentando suas reservas para o esforço de produzir seus ovos enormes. A alimentação de cortejamento pelo macho provavelmente representa seu investimento direto nos próprios ovos; tem, portanto, o efeito de reduzir a disparidade entre os pais em seu investimento inicial nos filhotes.

Vários insetos e aranhas também demonstram o fenômeno da alimentação de cortejamento. Aqui, uma interpretação alternativa tem, algumas vezes, sido óbvia demais. Uma vez que o macho, como o caso do louva-a-deus, poderá estar a perigo de ser comido pela fêmea maior, qualquer coisa que ele possa fazer para reduzir seu apetite ser-lhe-á vantajoso. Há um sentido macabro no qual se pode dizer que o louva-a-deus investe em seus filhos. Ele é usado como alimento para ajudar a fazer os óvulos, os quais serão então fertilizados, postumamente, por seus próprios espermatozóides armazenados.

Uma fêmea, jogando a estratégia da bem-aventurança doméstica, que simplesmente examine os machos e tente *reconhecer* qualidades de fidelidade de antemão, sujeita-se ao logro. Qualquer macho que se possa fazer passar por um bom tipo doméstico e leal, mas que na realidade esteja escondendo uma forte tendência à deserção e infidelidade, poderia ter grande vantagem. Desde que suas mulheres anteriores desertadas tenham alguma chance de criar alguns dos filhotes, o galanteador poderá transmitir mais genes do que um macho rival que seja um pai e um marido honestos. Os genes para o engano eficiente por parte dos machos tenderão a serem favorecidos no "fundo".

Por outro lado, a seleção natural tenderá a favorecer as fêmeas que se tomarem proficientes em perceber o engano. Uma maneira pela qual elas podem fazê-lo é mostrarem-se especialmente difíceis quando cortejadas por um macho novo, mas em estações de acasalamento sucessivas

tornarem-se cada vez mais dispostas a aceitarem rapidamente os avanços do parceiro do ano anterior. Isto automaticamente punirá os machos jovens estreando sua primeira estação de acasalamento, sejam eles enganadores ou não. A ninhada de fêmeas ingênuas do primeiro ano tenderia a conter uma proporção relativamente alta de genes oriundos de pais infiéis, mas os pais fiéis têm vantagem nos anos subsequentes da vida de uma mãe, pois eles não têm que passar pelos mesmos rituais de acasalamento prolongados que consomem tempo e desperdiçam energia. Se a maioria dos indivíduos em uma população for constituída por filhos de mães experientes - uma suposição razoável em qualquer espécie de vida longa - os genes para paternidade honesta e apropriada prevalecerão no "fundo".

Para simplificar supus que o macho é ou inteiramente honesto ou completamente enganador. Na realidade, será mais provável que todos os machos, de fato todos os indivíduos, sejam um pouco enganadores, no sentido de que estão programados para tirar vantagem de oportunidades para explorar seus parceiros. A seleção natural, aguçando a habilidade de cada parceiro para detectar desonestidade no outro, manteve o fraude em níveis bastante baixos. Os machos têm mais a ganhar com a desonestidade do que as fêmeas; devemos esperar que mesmo nas espécies onde os machos mostram considerável altruísmo paterno, eles geralmente tendem a trabalhar um pouco menos do que as fêmeas e a estar um pouco mais predispostos a evadirem-se. Em aves e mamíferos isto é, com certeza, o que normalmente ocorre.

Há espécies, no entanto, nas quais o macho realmente tem mais trabalho em cuidar dos filhotes do que a fêmea. Entre as aves e os mamíferos esses casos de devoção paterna são extremamente raros, mas eles são comuns entre os peixes. Por que? Este é um desafio à teoria do gene egoísta que tem me intrigado por muito tempo. Uma solução engenhosa foi-me recentemente sugerida por uma orientada minha, Srta. T. R. Carlisle. Ela usa a idéia de Trivers da "ligação cruel", mencionada acima, da seguinte maneira.

Muitos peixes não copulam, mas em vez disto simplesmente expõem suas células sexuais para a água. A fertilização ocorre na água, não dentro do corpo de um dos parceiros. É assim que a reprodução sexual provavelmente começou. Os animais terrestres como as aves, mamíferos e répteis, por outro lado, não se podem permitir este tipo de fertilização externa, pois suas células sexuais são muito vulneráveis ao dessecação. Os gametas de um dos sexos - o macho, pois os espermatozoides são móveis - são introduzidos dentro do interior úmido de um elemento do sexo oposto - a fêmea. Até aqui são fatos; agora vem a idéia. Após a copulação, a fêmea terrestre é deixada com a posse física do embrião; ele está dentro de seu corpo. Mesmo que ela ponha o ovo fertilizado quase imediatamente, o macho ainda terá tempo de desaparecer, forçando a fêmea, desta maneira, a entrar na "ligação cruel". O macho, inevitavelmente, tem a oportunidade de tomar a primeira decisão de desertar, eliminando as opções da fêmea e forçando-a a decidir se abandona o filhote à morte certa ou se fica com ele e cria-o. O cuidado materno, portanto, é mais comum entre os animais terrestres do que o cuidado paterno.

Mas, para os peixes e outros animais aquáticos as coisas são muito diferentes. Se o macho não introduz fisicamente seus espermatozoides no corpo da fêmea, não há sentido obrigatório no qual a fêmea é deixada "com o filho". Qualquer um dos parceiros poderá escapar e deixar o outro de posse dos ovos recém fertilizados. Mas, há até mesmo uma razão possível para explicar porque freqüentemente seria o macho mais vulnerável a ser abandonado. Parece provável que uma batalha evolutiva se desenvolverá a respeito de quem expõe suas células sexuais em primeiro lugar. O parceiro que o fizer terá a vantagem de poder deixar o outro, então, de posse de novos embriões. Por outro lado, o parceiro que expelir suas células sexuais em primeiro lugar corre o risco de seu parceiro em potencial subsequentemente não seguir seu exemplo. O macho, porém, é mais vulnerável, simplesmente porque os espermatozoides são mais leves e têm maior probabilidade de se difundirem do que os óvulos. Se uma fêmea desovar cedo demais, i.e., antes que o macho esteja pronto, não terá grande importância, porque os óvulos, sendo bastante grandes e pesados, provavelmente permanecerão juntos em um grupo coeso por algum tempo. Um peixe fêmea, portanto, pode-se permitir correr o "risco" de desovar cedo. O macho não ousa correr esse risco, pois

se ele expelir seus espermatozoides cedo demais estes terão se dispersado antes que a fêmea esteja pronta e ela própria não desovará, pois não valerá a pena fazê-lo. Devido ao problema da difusão, o macho deve esperar que a fêmea desove e então deve expelir seus espermatozoides sobre os óvulos. Mas ela teve alguns segundos preciosos para desaparecer, deixando o macho de posse dos ovos e forçando-o no dilema de Trivers. Esta teoria, assim, explica claramente porque o cuidado paterno é comum na água mas raro na terra.

Deixando os peixes de lado, passo agora para a outra estratégia feminina importante, a estratégia do macho viril. Nas espécies onde esta política é adotada, as fêmeas, de fato, resignam-se a não obterem ajuda do pai de seus filhos e dedicam-se inteiramente, em vez disto, a conseguir bons genes. Mais uma vez elas usam sua arma de recusar a cópula. Elas recusam-se a acasalar-se com qualquer macho, mas tomam o maior cuidado possível e exercem grande discriminação antes de deixarem um macho copular com elas. Alguns machos sem dúvida contêm um número maior de genes bons do que outros machos, genes que beneficiariam as perspectivas de sobrevivência tanto dos filhos como das filhas. Se uma fêmea puder de alguma forma detectar bons genes nos machos, usando indicações visíveis externamente, ela poderá beneficiar seus próprios genes associando-os a bons genes paternos. Para usar nossa analogia dos times de remadores, uma fêmea pode minimizar a probabilidade de seus genes serem debilitados por se acharem em má companhia. Ela pode tentar escolher a dedo bons colegas de tripulação para seus próprios genes.

Provavelmente a maioria das fêmeas concordarão entre si sobre quais são os melhores machos, uma vez que todas elas têm a mesma informação pela qual se guiar. Esses poucos machos felizardos, portanto, realizarão a maior parte das copulações. E isto eles são bastante capazes de fazer, pois tudo o que devem dar a cada fêmea são alguns espermatozoides baratos. Presumivelmente foi isto que aconteceu nos leões marinhos e nas aves-do-paraíso. As fêmeas permitem a apenas alguns machos de se safarem com a estratégia ideal de exploração egoísta à qual todos os machos aspiram, mas elas certificam-se de que apenas aos melhores machos se permite este luxo.

Do ponto de vista de uma fêmea tentando escolher bons genes com os quais associar os seus próprios, o que está ela procurando? Uma coisa que ela quer é evidência de habilidade para sobreviver. Obviamente, qualquer parceiro que esteja cortejando-a provou sua habilidade para sobreviver pelo menos até a idade adulta, mas ele não provou necessariamente que pode sobreviver muito mais tempo. Uma política bastante boa para uma fêmea seria empenhar-se em obter homens velhos. Quaisquer que sejam suas desvantagens, eles pelo menos provaram que podem sobreviver e a fêmea provavelmente estará associando seus genes a genes para longevidade. Não adianta, no entanto, garantir que seus filhos vivam muito se eles também não lhe derem muitos netos. A longevidade não é evidência *prima facie* de virilidade. Um macho longo, de fato, poderá ter sobrevivido precisamente *porque* ele não se arrisca a fim de se reproduzir. Uma fêmea que selecione um macho velho não terá, necessariamente, mais descendentes do que uma fêmea rival que escolha um jovem o qual mostre alguma outra evidência de genes bons.

Que outra evidência? Há muitas possibilidades. Talvez músculos fortes como evidência de habilidade para capturar alimento, talvez pernas compridas como evidência de habilidade para fugir de predadores. Uma fêmea poderá beneficiar seus genes associando-os a tais características, pois elas poderão ser qualidades úteis tanto em seus filhos como em suas filhas. Para começar, então, temos que imaginar as fêmeas escolhendo os machos baseadas em rótulos ou indicadores perfeitamente genuínos, os quais tenham a tendência a ser evidência de bons genes subjacentes. Mas, aqui há um aspecto muito interessante, notado por Darwin e claramente enunciado por Fisher. Em uma sociedade na qual os machos competem entre si para serem escolhidos como machos viris pelas fêmeas, uma das melhores coisas que uma mãe pode fazer por seus genes é produzir um filho o qual, por sua vez, se revele um macho viril atraente. Se ela puder garantir que seu filho seja, quando crescer, dos poucos machos afortunados que vencem a maior parte das copulações na sociedade, ela terá um número enorme de netos. O resultado disto é que uma das qualidades mais desejáveis que um macho pode ter aos olhos de uma fêmea é, simplesmente, a própria atratividade sexual. Uma fêmea que se acasale com um macho viril extremamente atraente terá maior

probabilidade de ter filhos atraentes às fêmeas da geração seguinte e que produzirão muitos netos para ela. Originalmente, portanto, pode-se imaginar que as fêmeas selecionam os machos baseados em qualidades obviamente úteis como músculos grandes, mas assim que tais qualidades se tornassem amplamente aceitas como sendo atraentes entre as fêmeas de uma espécie, a seleção natural continuaria a favorecê-las simplesmente porque eram atraentes.

Extravagâncias, tais como as caudas dos machos das aves-do-paraíso, portanto, podem ter evoluído por um tipo de processo instável de fuga. No começo, uma cauda ligeiramente mais comprida do que o normal poderá ter sido escolhida pelas fêmeas como uma qualidade desejável nos machos, talvez por indicar uma constituição saudável e apta. Uma cauda curta em um macho poderá ter sido uma indicação de alguma deficiência vitamínica - evidência de pouca habilidade em obter alimento. Ou talvez os machos de cauda curta não pudessem fugir de predadores, de modo que tinham suas caudas mordidas. Note que não temos que supor que a cauda curta em si tenha sido herdada geneticamente, basta supor que tenha servido como indicação de alguma inferioridade genética. Seja como for não importa por que razão, suponhamos que as fêmeas da espécie ancestral da ave-do-paraíso preferissem machos com caudas mais longas do que o normal. Desde que houvesse *alguma* contribuição genética à variação natural no comprimento da cauda dos machos, esta, com o tempo, causaria um aumento no comprimento médio das caudas dos machos da população. As fêmeas seguiam uma regra simples: examine todos os machos e escolha aquele com a cauda mais longa. Qualquer fêmea que se afastasse desta regra era punida, *mesmo se* as caudas já tivessem se tornado tão longas que na realidade atrapalhavam os machos que as possuíam. Isto porque qualquer fêmea que não produzisse filhos de caudas longas tinha pouca chance de que um de seus filhos fosse considerado atraente. Como a moda das roupas femininas ou do desenho de carros americanos, a tendência em direção a caudas mais longas se iniciou e ganhou momento; foi interrompida apenas quando as caudas se tornaram tão grotescamente longas que suas desvantagens evidentes começaram a superar a vantagem da atratividade sexual.

Esta é uma idéia difícil de aceitar; ela tem atraído seus cétricos desde que Darwin pela primeira vez a propôs, sob o nome de seleção sexual. Uma pessoa que não acredita nela é A. Zahavi, cuja teoria da Raposa, raposa já foi mencionada. Ele apresenta seu próprio "princípio da desvantagem", tremendamente oposto, como uma explicação rival. Ele enfatiza que o próprio fato das fêmeas tentarem selecionar genes bons entre os machos abre as portas ao fraude por parte desses últimos. Músculos fortes poderão ser uma qualidade genuinamente boa para uma fêmea selecionar, mas então, o que impediria os machos de desenvolverem músculos postiços com tanto conteúdo real quanto ombros acolchoados nos jogadores de futebol americano? Se custar menos a um macho desenvolver músculos falsos do que verdadeiros, a seleção sexual deveria favorecer os genes para produzir os primeiros. Não demorará, até a contra-seleção levar à evolução de fêmeas capazes de perceber o embuste. A premissa básica de Zahavi é que a propaganda sexual eventualmente será descoberta pelas fêmeas. Ele, portanto, conclui que os machos realmente bem sucedidos serão aqueles que não fazem propaganda falsa, aqueles que demonstram concretamente que não estão enganando. Se estivermos falando de músculos potentes, então os machos que simplesmente adotem uma aparência visual de músculos fortes logo serão detectados pelas fêmeas. Mas, um macho que demonstre por algo equivalente a levantar pesos ou publicamente fazer flexões que ele realmente tem músculos fortes, terá sucesso em convencer as fêmeas. Em outras palavras, Zahavi acredita que um macho viril deverá não apenas *aparentar* ser um macho de boa qualidade: ele deve realmente sê-lo, caso contrário não será aceito como tal pelas fêmeas cétricas. Apenas as exibições que podem ser feitas por um macho viril verdadeiro, portanto, se desenvolverão.

Até aqui tudo vai bem. Agora vem a parte da teoria de Zahavi que realmente é difícil aceitar. Ele sugere que as caudas das aves-do-paraíso e dos pavões, as enormes galhadas dos cervos e outras características selecionadas sexualmente que sempre pareceram paradoxais por aparentemente serem *desvantajosas* a seus possuidores, evoluem precisamente *porque* são desvantajosas. Um macho com uma cauda longa e incômoda está anunciando às fêmeas que ele é um macho viril tão forte que pode sobreviver *apesar de* sua cauda. Pense numa mulher observando dois homens apostando corrida. Se ambos chegam ao final no mesmo tempo, mas um deles deliberadamente se sobrecarregou com um

saco de carvão às costas, as mulheres naturalmente concluirão que na realidade o homem com o peso é o corredor mais rápido.

Não acredito nesta teoria, embora não esteja tão confiante em meu ceticismo como estava quando pela primeira vez a ouvi. Na ocasião lembrei que sua conclusão lógica deveria ser a evolução de machos com apenas uma perna e um olho. Zahavi, que é originário de Israel, imediatamente retorquiu: "Alguns de nossos melhores generais têm apenas um olho!" No entanto, continua o problema de que a teoria da desvantagem parece encerrar uma contradição básica. Se a desvantagem for genuína - e a essência da teoria é que ela deve sê-lo - então a própria desvantagem punirá os descendentes tão seguramente quanto ela poderá atrair as fêmeas. É importante, de qualquer forma, que a desvantagem não seja transmitida às filhas.

Se reformularmos a teoria da desvantagem em termos de genes, teremos mais ou menos o seguinte. Um gene que faça os machos desenvolverem uma desvantagem, tal como uma cauda longa, torna-se mais numeroso no "fundo" porque as fêmeas escolhem os machos que apresentam desvantagens. E as fêmeas escolhem machos que apresentam desvantagens porque os genes que provocam esta escolha por parte das fêmeas também se tornam freqüentes no "fundo". Isto ocorre porque as fêmeas com uma predileção por machos com desvantagens automaticamente tenderão a selecionar machos com genes bons em outros aspectos, pois esses machos sobreviveram até a idade adulta apesar da desvantagem. Estes "outros" genes bons beneficiarão os corpos dos filhotes, os quais, portanto, sobrevivem e propagam os genes para a própria desvantagem e também os genes para escolher os machos com desvantagem. Desde que os genes para a própria desvantagem exerçam seus efeitos apenas nos filhotes machos, da mesma forma como os genes para a preferência sexual pela desvantagem afetam as fêmeas, a teoria poderá funcionar. Enquanto ela estiver formulada apenas em palavras, não poderemos ter certeza se ela funcionará ou não. Obtemos uma idéia melhor da viabilidade de uma teoria deste tipo quando ela é reformulada em termos de um modelo matemático. Até agora os geneticistas matemáticos que tentaram transformar o princípio da desvantagem num modelo praticável não tiveram sucesso. Isto talvez ocorra porque a teoria não é um princípio praticável ou porque não somos espertos o suficiente. Um dos geneticistas é Maynard Smith, e minha intuição favorece a primeira possibilidade.

Se um macho puder demonstrar sua superioridade sobre outros machos de maneira que não seja necessário colocar-se deliberadamente em desvantagem, ninguém duvidará que possa, assim, ampliar seu sucesso genético. Os leões marinhos obtêm e mantêm seus haréns não por serem esteticamente atraentes às fêmeas, mas pelo simples recurso de espancarem qualquer macho que tente estabelecer-se no harém. Os possuidores de haréns tendem a vencer essas lutas contra os usurpadores em potencial pela razão óbvia que é por isto que eles são possuidores de haréns. Os usurpadores não vencem freqüentemente porque se fossem capazes de vencer já o teriam feito antes! Qualquer fêmea que se acasale apenas com um possuidor de harém, portanto, estará associando seus genes com um macho forte o suficiente para rechaçar desafios sucessivos do grande excesso de machos solteiros desesperados. Com um pouco de sorte seus filhotes herdarão a capacidade de seu pai de manter um harém. Na prática, a fêmea não tem grande escolha, pois o dono do harém *espancar* se ela tenta afastar-se. Continua, no entanto, o princípio de que as fêmeas que decidem acasalar-se com machos que vencem as lutas poderão, ao fazê-lo, beneficiar seus genes. Como vimos, há exemplos de fêmeas preferindo acasalar-se com machos que possuem territórios e com machos que têm uma posição alta na hierarquia de dominância.

Resumindo este capítulo até aqui, os vários tipos diferentes de sistemas de reprodução que encontramos entre os animais- monogamia, promiscuidade, haréns, etc. - podem ser entendidos em termos de interesses conflitantes entre machos e fêmeas. Os indivíduos de cada sexo "querem" maximizar sua produção reprodutiva total durante suas vidas. Devido a uma diferença fundamental entre o tamanho e o número dos espermatozoides e dos óvulos, os machos, em geral, provavelmente se inclinam à promiscuidade e ausência de cuidado paterno. As fêmeas têm dois estratagemas defensivos disponíveis, os quais chamei de estratégias do macho viril e da bem-aventurança doméstica. A circunstância ecológica de uma espécie determinará se as fêmeas inclinam-se em

direção a um ou ao outro desses estratagemas, e também determinará como os machos respondem. Na prática encontram-se todos os intermediários entre o macho viril e a bem-aventurança doméstica, e, como vimos, há casos onde o pai tem mais cuidado com a prole do que a mãe. Este livro não se preocupa com os detalhes de espécies animais particulares, de modo que não discutirei o que poderia predispor uma espécie a uma determinada forma de sistema de reprodução. Em vez disto analisarei as diferenças comumente observadas entre machos e fêmeas em geral, e como essas podem ser interpretadas. Não enfatizarei, portanto, as espécies nas quais as diferenças entre os sexos são pequenas; essas são, em geral, as espécies cujas fêmeas favoreceram a estratégia da bem-aventurança doméstica.

Em primeiro lugar, são os machos que tendem a exibir cores vistosas, sexualmente atraentes, e as fêmeas que tendem a ser mais monótonas. Os indivíduos de ambos os sexos querem evitar serem comidos por predadores; haverá certa pressão evolutiva sobre eles para terem coloração monótona. Cores brilhantes atraem tanto predadores como parceiros sexuais. Em termos de genes, isto significa que os genes para cores brilhantes têm mais probabilidade de terminarem no estômago de predadores do que os genes para cores monótonas. Por outro lado, os genes para cores monótonas poderão ter menos probabilidade do que os genes para cores brilhantes de se encontrarem na geração seguinte, pois indivíduos pouco vistosos têm dificuldade em atrair um parceiro sexual. Há, portanto, duas pressões de seleção conflitantes: os predadores tendendo a remover os genes para cores brilhantes do "fundo" e os parceiros sexuais tendendo a remover os genes para cores monótonas. Como em tantos outros casos, as máquinas de sobrevivência eficientes podem ser consideradas como um compromisso entre pressões de seleção conflitantes. O que nos interessa no momento é que o compromisso ideal para um macho parece ser diferente do compromisso ideal para uma fêmea. Isto, é claro, é plenamente compatível com nossa idéia de considerar os machos jogadores de alto risco e alta recompensa. Porque os machos produzem muitos milhões de espermatozoides para cada óvulo produzido por uma fêmea, os espermatozoides superam em muito o número de óvulos na população. Qualquer óvulo, portanto, tem muito maior probabilidade de participar de fusão sexual do que qualquer espermatozoide. Os óvulos são um recurso relativamente valioso e uma fêmea, conseqüentemente, não precisa ser sexualmente tão atraente quanto um macho a fim de garantir que seus óvulos sejam fertilizados. Um macho é perfeitamente capaz de procriar todos os filhotes nascidos de uma grande população de fêmeas. Mesmo se um macho tiver uma vida curta porque sua cauda vistosa atrai predadores ou se emaranha nos arbustos, ele poderá ter produzido um grande número de filhotes antes de morrer. Um macho pouco atraente ou de cores monótonas poderá viver até mesmo tanto quanto uma fêmea, mas ele deixa poucos filhotes e seus genes não são transmitidos. A que servirá a um macho ganhar o mundo todo e perder seus genes imortais?

Outra diferença sexual comum é que as fêmeas são mais exigentes do que os machos a respeito do parceiro sexual. Um dos motivos para meticulosidade por parte de um indivíduo de qualquer um dos sexos é a necessidade de evitar acasalamento com um membro de outra espécie. Tais hibridizações são nocivas por várias razões. Algumas vezes, como no caso de um homem copular com um carneiro, a copulação não leva à formação de um embrião, de modo que pouco é perdido. No entanto, quando espécies mais próximas como cavalos e jumentos se inter cruzam, o custo, pelo menos para a fêmea, poderá ser considerável. O embrião de uma mula provavelmente se formará, o qual, então, obstruirá o útero da fêmea durante onze meses. Ele tomará grande parte de seu investimento parental total, não apenas sob a forma de alimento absorvido através da placenta, e mais tarde sob a forma de leite, mas, principalmente, sob a forma de tempo que poderia ter sido gasto em criar outros filhotes. Então, quando a mula torna-se adulta, revela-se estéril. Isto provavelmente ocorre porque embora os cromossomos do cavalo e do jumento sejam semelhantes o suficiente para cooperar na formação do corpo forte e saudável da mula, não são semelhantes o suficiente para funcionar adequadamente na meiose. Seja qual for o motivo exato, o investimento considerável despendido pela mãe ao criar uma mula é totalmente desperdiçado do ponto de vista de seus genes. As jumentas deveriam ter muito cuidado em assegurar que o indivíduo com o qual copulam é outro jumento e não um cavalo. Em termos de genes, qualquer gene de jumento que diga "Corpo, se você é uma fêmea, copule com qualquer macho velho, seja ele um jumento ou um

cavalo", é um gene que poderá logo terminar no corpo sem saída de uma mula, e o investimento parental da mãe naquele filhote diminui em muito sua capacidade de criar jumentos férteis. Um macho, por outro lado, tem menos a perder se acasalar-se com um membro da espécie errada e, embora ele talvez nada tenha a ganhar tampouco, deveríamos esperar que os machos fossem menos exigentes em sua escolha de parceiras sexuais. Onde a questão foi estudada, verificou-se que realmente é o que acontece.

Mesmo dentro de uma mesma espécie poderá haver razões para meticulosidade. O acasalamento incestuoso, como a hibridização, provavelmente trará conseqüências genéticas nocivas, neste caso porque os genes recessivos letais é semi-letais se põem a descoberto. Novamente, as fêmeas têm mais a perder do que os machos, pois seu investimento em um determinado filhote tende a ser maior. Onde existem tabus contra o incesto, deveríamos esperar que as fêmeas fossem mais rígidas em sua adesão aos tabus do que os machos. Se supusermos que provavelmente o parceiro sexual mais velho em um relacionamento incestuoso será aquele que toma a iniciativa, deveríamos esperar que uniões incestuosas nas quais o macho é mais velho do que a fêmea fossem mais comuns do que uniões nas quais a fêmea é mais velha. Por exemplo, o incesto pai/filha deveria ser mais comum do que o incesto mãe/filho; o incesto irmão/irmã deveria ser intermediário em freqüência.

Em geral, os machos deveriam ter a tendência a serem mais promíscuos do que as fêmeas. Como a fêmea produz um número limitado de óvulos a uma velocidade relativamente baixa, ela tem pouco a ganhar em ter um grande número de copulações com machos diferentes. O macho, por outro lado, que pode produzir milhões de espermatozóides por dia, tem muito a ganharem ter tantos acasalamentos promíscuos quanto possa conseguir. Copulações em excesso poderão não custar muito, realmente, a uma fêmea, além de um pouco de tempo e energia desperdiçadas, mas não lhe dão nenhum benefício positivo. Um macho, por outro lado, nunca terá tido copulações em número suficiente, sempre deverá procurar o maior número possível de fêmeas diferentes: a palavra excesso não tem significado para um macho.

Não falei explicitamente sobre o homem, mas, quando pensamos a respeito de argumentos evolutivos tais como aqueles deste capítulo, não podemos deixar de refletir, inevitavelmente, sobre nossa própria espécie e nossa própria experiência. A noção de fêmeas adiarem a copulação até que um macho mostre alguma evidência de fidelidade a longo prazo poderá soar familiar. Isto talvez sugira que as mulheres jogam a estratégia da bem-aventurança doméstica e não do macho viril. A maioria das sociedades humanas, de fato, são monogâmicas. Em nossa própria sociedade o investimento parental por ambos os pais é grande e não se mostra desequilibrada de maneira óbvia. As mães, sem dúvida, realizam mais trabalho direto pelas crianças do que os pais, mas estes últimos freqüentemente trabalham de maneira árdua em um sentido mais indireto, a fim de fornecer os recursos materiais que são vertidos aos filhos. Por outro lado, algumas sociedades humanas são promíscuas, e algumas são baseadas em haréns. O que esta surpreendente variedade sugere é que o modo de vida do homem é em grande parte determinado pela cultura e não pelos genes. No entanto, ainda é possível que os homens em geral tenham tendência à promiscuidade e que as mulheres tenham tendência à monogamia, como previríamos do ponto de vista evolutivo. Qual dessas duas tendências vence, em determinada sociedade, depende de detalhes da circunstância cultural, do mesmo modo como em espécies animais diferentes dependerá de detalhes ecológicos.

Uma característica de nossa sociedade que parece ser decididamente anômala é a questão da propaganda sexual. Como vimos, do ponto de vista evolutivo deve-se esperar com grande probabilidade que onde os sexos diferem, sejam os machos que anunciam e as fêmeas que são pouco atraentes. O homem ocidental moderno sem dúvida é excepcional a este respeito. É verdade, é claro, que alguns homens vestem-se vistosamente e que algumas mulheres vestem-se de maneira monótona, mas, em média, não há dúvida que em nossa sociedade o equivalente à cauda do pavão é exibido pela fêmea e não pelo macho. As mulheres pintam a face e colam cílios postiços. Com exceção de atores e homossexuais, os homens não o fazem. As mulheres parecem estar interessadas em sua própria aparência pessoal e a isto são encorajadas por suas revistas. As revistas dos homens

são menos preocupadas com a atratividade sexual masculina e um homem especialmente interessado em sua própria roupa e aparência provavelmente provocará suspeitas, tanto entre os homens como entre as mulheres. Quando uma mulher é descrita em uma conversa, provavelmente sua atratividade sexual, ou ausência dela, será proeminentemente mencionada; isto se dá seja o interlocutor um homem ou uma mulher. Quando um homem é descrito, os adjetivos usados provavelmente nada terão a ver com sexo.

Defrontando-se com esses fatos, um biólogo seria forçado a suspeitar que estivesse olhando para uma sociedade na qual as fêmeas competem pelos machos, ao invés de ocorrer o contrário. No caso das aves-do-paraíso concordamos que as fêmeas são pouco vistosas porque não têm que competir por machos.

Estes últimos são brilhantes e pomposos porque as fêmeas estão em demanda e podem se permitir serem exigentes. O motivo pelo qual as fêmeas nas aves-do-paraíso estão em demanda é que os óvulos são um recurso mais escasso do que os espermatozoides. O que aconteceu ao homem ocidental moderno? O macho realmente se tornou o sexo procurado, aquele que está em demanda, o sexo que se pode permitir ser exigente? Se assim for, qual o motivo?

VOCÊ COÇA MINHAS COSTAS, EU MONTAREI SOBRE AS SUAS

Analizamos interações parentais, sexuais e agressivas entre máquinas de sobrevivência pertencentes à mesma espécie. Há aspectos surpreendentes nas interações animais que aparentemente não são englobados de maneira óbvia por nenhum desses tópicos. Um desses é a tendência que tantos animais têm a viver em grupos. As aves formam bandos, os insetos enxames, peixes e baleias cardumes, os mamíferos que habitam campinas reúnem-se em manadas ou caçam em grupos. Esses agregados geralmente consistem de membros de uma única espécie apenas, mas há exceções. As zebras freqüentemente formam bandos com os gnus e bandos mistos de aves são algumas vezes vistos.

Os benefícios sugeridos que um indivíduo pode obter da vida em grupo constituem uma lista bastante variada. Não vou apresentar o catálogo, mas mencionarei apenas algumas sugestões. Ao fazê-lo voltarei aos exemplos restantes de comportamento aparentemente altruísta que apresentei no Capítulo 1 e que prometi explicar. Isto levará a um exame dos insetos sociais, sem o qual nenhuma descrição de altruísmo animal estaria completa. Finalmente, neste capítulo um tanto variado, mencionarei a idéia importante do altruísmo recíproco, o princípio do "Você coça minhas costas, eu coçarei as suas".

Se os animais vivem juntos em grupos, seus genes devem obter mais benefícios da associação do que os animais investem. Um bando de hienas pode capturar presas tão maiores do que uma hiena isoladamente pode derrubar que vale à pena para cada indivíduo egoísta caçar em bando, mesmo que isto signifique compartilhar o alimento. É provavelmente por razões semelhantes que algumas aranhas cooperam na construção de uma teia comunal enorme. Os pingüins imperiais conservam o calor aconchegando-se. Cada um lucra apresentando aos elementos uma área menor do que apresentaria se estivesse sozinho. Um peixe que nada obliquamente atrás de outro poderá ganhar uma vantagem hidrodinâmica a partir da turbulência causada pelo peixe da frente. Isto poderia ser parcialmente a razão para os peixes formarem cardumes. Um truque semelhante relacionado à turbulência do ar é conhecido dos ciclistas, e talvez explique a formação em V das aves em voo. Provavelmente há competição para evitar a posição desvantajosa à frente do bando. As aves possivelmente se revezem como líderes involuntários - uma forma de altruísmo recíproco retardado a ser discutido no fim do capítulo.

Muitos dos benefícios sugeridos para a vida em grupo têm se relacionado à proteção contra predadores. Uma formulação elegante de uma teoria deste tipo foi dada por W. D. Hamilton, em um artigo intitulado *Geometria para a manada egoísta*. Antes que o título provoque um mal-entendido, devo enfatizar que por "manada egoísta" ele quis dizer "manada de indivíduos egoístas".

Novamente começamos com um "modelo" simples, o qual, embora abstrato, ajuda-nos a compreender o mundo real. Suponha que uma espécie de animal é caçada por um animal que sempre tende a atacar a presa mais próxima. Do ponto de vista do predador esta é uma estratégia razoável, pois tende a diminuir o gasto de energia. Do ponto de vista da presa ela tem uma consequência interessante; significa que cada presa constantemente tentará evitar ser o indivíduo mais próximo do predador. Se a presa puder detectar o predador à distância, ela simplesmente fugirá. Mas, se o predador puder surgir repentinamente, sem aviso, por exemplo se ele se emboscar oculto no capim alto, então cada presa ainda poderá tomar medidas a fim de minimizar sua chance de ser o indivíduo mais próximo do predador. Podemos imaginar cada presa como estando circundada por um "domínio de perigo". Este é definido como a área na qual qualquer ponto está mais próximo àquele indivíduo do que a qualquer outro indivíduo. Por exemplo, se as presas deslocam-se espaçadas segundo uma formação geométrica regular, o domínio de perigo ao redor de cada indivíduo (salvo se ele estiver na borda) poderá ter forma aproximadamente hexagonal. Se um predador estiver espreitando no domínio hexagonal de perigo ao redor do indivíduo A, então este indivíduo

provavelmente será comido. Os indivíduos nas bordas da manada são especialmente vulneráveis, pois seu domínio de perigo não é um hexágono relativamente pequeno, mas inclui uma vasta área do lado aberto.

Claramente, um indivíduo sensato tentará manter seu domínio de perigo o menor possível. Particularmente, ele tentará evitar ficar na borda da manada. Se ele se encontrar aí ele tomará medidas imediatas a fim de deslocar-se em direção ao centro. Infelizmente, alguém tem que ficar na borda, mas no que se refere a cada indivíduo, não será ele! Haverá uma migração incessante das bordas de um agregado em direção ao centro. Se o rebanho anteriormente estava frouxo e desgarrado, ele logo estará firmemente agrupado como resultado da migração para dentro. Mesmo se iniciarmos nosso modelo sem nenhuma tendência à agregação, com as presas dispersas ao acaso, o ímpeto egoísta de cada indivíduo será para reduzir seu domínio de perigo tentando colocar-se em uma brecha entre outros indivíduos. Isto rapidamente levará à formação de agregados, os quais se tornarão cada vez mais densamente compactados.

Na vida real, obviamente, a tendência à compactação será limitada por pressões opostas: caso contrário todos os indivíduos colapsariam em urna pilha em contorção! Mesmo assim, o modelo é interessante na medida em que mostramos que até suposições muito simples podem prever agregação. Outros modelos, mais elaborados, têm sido propostos. O fato deles serem mais realistas não diminui o valor do modelo mais simples de Hamilton ao ajudar-nos a pensar sobre o problema da agregação animal.

O modelo da manada egoísta em si não comporta interações de cooperação. Não há, aqui, altruísmo, apenas a exploração egoísta por parte de cada indivíduo, de todos os outros indivíduos. Mas, na vida real, há casos onde os indivíduos parecem tomar medidas para proteger colegas de grupo de predadores. Os gritos de alarme das aves vêm à mente. Eles certamente funcionam como sinais de alarme no sentido de fazer com que os indivíduos que os ouvem iniciem ação de fuga imediata. Não há indicação de que a ave que emite o grito esteja "tentando desviar a atenção do predador" de suas colegas: Ela está simplesmente informando-as da existência do predador - avisando-as. No entanto, o ato de gritar, parece, pelo menos à primeira vista, ser altruísta, pois tem o *efeito* de chamar a atenção do predador para a ave que grita. Podemos deduzir isto indiretamente de um fato notado por P. R. Marler. As características físicas dos gritos parecem ser idealmente adaptadas a torná-los difíceis de localizar. Se a um engenheiro especialista em Acústica fosse pedido projetar um som do qual um predador achasse difícil se aproximar, ele produziria algo muito semelhante aos gritos de alarme reais de muitas aves canoras pequenas. Na natureza esta característica dos gritos deve ter sido produzida pela seleção natural, e sabemos o que isto significa. Significa que um grande número de indivíduos morreram porque seus gritos de alarme não eram exatamente perfeitos. Portanto, parece haver certo perigo associado à emissão dos gritos de alarme. A teoria do gene egoísta deverá apresentar uma vantagem convincente de emitir gritos de alarme, vantagem essa grande o suficiente para contrabalançar esse perigo.

Isto, de fato, não é muito difícil. Os gritos de alarme das aves têm sido tantas vezes considerados "embaraçosos" para a teoria darwiniana que tornou-se um tipo de esporte imaginar explicações para eles. Em consequência, temos agora tantas explicações boas que é difícil lembrar o que causou toda a confusão. Evidentemente, se há alguma probabilidade do bando conter alguns parentes próximos, um gene para emitir o grito de alarme poderá prosperar no "fundo" porque ele tem uma boa chance de estar nos corpos de alguns dos indivíduos salvos. Isto ocorre mesmo que a ave que emite o grito pague caro pelo seu altruísmo atraindo a atenção do predador para si própria.

Se você não estiver satisfeito com esta idéia de seleção de parentesco, há várias outras teorias para escolher. Há muitas maneiras pelas quais a ave que grita poderia obter benefício egoísta avisando suas colegas. Trivers relaciona cinco boas idéias, mas acho as duas seguintes, de minha autoria, bem mais convincentes.

A primeira chamo de teoria *cave*, da palavra latina significando "tenha cuidado", ainda usada por meninos de escola para avisar da aproximação de uma autoridade. Esta teoria é apropriada para aves camufladas que agacham-se imóveis sob os arbustos quando há ameaça de perigo. Suponha que

um bando de tais aves esteja alimentando-se em um campo. Um gavião voa ao longe; ele ainda não viu o bando e não está voando diretamente em sua direção, mas há o perigo que seus olhos aguçados detectem-no a qualquer momento e ele se lance ao ataque. Suponha que um membro do bando vê o gavião, mas os demais ainda não o viram. Este indivíduo de vista aguçada poderia imediatamente imobilizar-se e agachar no capim. Mas isto de pouco lhe adiantaria, pois seus companheiros ainda estão passeando conspícua e ruidosamente. Qualquer um deles poderia atrair a atenção do gavião e então todo o bando estaria em perigo. De um ponto de vista puramente egoísta a melhor política a ser seguida pelo indivíduo que detecta o gavião em primeiro lugar é assobiar um aviso rápido a seus companheiros e assim silenciá-los e reduzir a probabilidade de inadvertidamente atrair o gavião para perto de si.

A outra teoria que quero mencionar pode ser chamada de teoria "nunca rompa as fileiras". Esta é apropriada a espécies de aves que fogem quando um predador se aproxima, talvez para uma árvore. Novamente, imagine que um indivíduo, em um bando de aves se alimentando, detectou um predador. O que ele deverá fazer? Ele poderia simplesmente fugir, sem avisar seus colegas. Mas agora ele seria uma ave isolada, não seria mais parte de um bando relativamente anônimo, mas um ser deslocado. Sabe-se, de fato, que os gaviões atacam pombos isolados, mas mesmo que isto não ocorresse há muitas razões teóricas para pensar que romper as fileiras poderá ser uma política suicida. Mesmo que seus companheiros eventualmente o seguissem, o indivíduo que primeiro voa temporariamente aumenta seu domínio de perigo. Quer a teoria de Hamilton em particular esteja certa ou errada, deve haver alguma vantagem importante para viverem bandos, caso contrário as aves não o fariam. Seja qual for esta vantagem, o indivíduo que deixa o bando à frente dos demais será privado, pelo menos parcialmente, desta vantagem. Se ele não deve romper as fileiras, então, o que deve o pássaro observador fazer? Talvez devesse simplesmente continuar como se nada houvesse acontecido e confiar na proteção decorrente do fato dele pertencer ao bando, Mas isto também envolve graves riscos. Ele ainda está a descoberto, altamente vulnerável; estaria muito mais seguro em uma árvore. A melhor política, de fato, é voar para uma árvore, mas *tendo certeza que todos os demais fazem o mesmo*. Desta forma ele não se tornará um deslocado, nem se privará das vantagens decorrentes de ser parte de uma multidão, mas ganhará a vantagem de se cobrir. Outra vez, emitir um grito de aviso é visto como tendo uma vantagem puramente egoísta. E. L. Chamov e J. R. Krebs propuseram uma teoria semelhante na qual chegam a usar a palavra "manipulação" para descrever o que a ave que grita faz ao resto de seu bando. Distanciamo-nos muito do altruísmo puro e desinteressado!

Superficialmente essas teorias poderão parecer incompatíveis com a afirmação de que o indivíduo que dá o grito de alarme se põe em perigo. Não há, na realidade, nenhuma incompatibilidade. Ele se poria em perigo ainda maior se não gritasse. Alguns indivíduos morreram porque deram gritos de alarme, especialmente aqueles cujos gritos eram fáceis de localizar. Outros indivíduos morreram porque não deram gritos de alarme. A teoria *cave* e a teoria "nunca rompa as fileiras" são apenas duas dentre muitas maneiras de explicar porque.

E com relação à gazela Thompson saltitante, a qual mencionei no Capítulo 1 e cujo altruísmo aparentemente suicida levou Ardrey a afirmar categoricamente que só poderia ser explicado por seleção de grupo? Aqui a teoria do gene egoísta defronta-se com um desafio mais severo. Os gritos de alarme nas aves de fato funcionam, mas eles claramente são planejados para serem o mais inconspícuos e discretos possíveis. Não é o que acontece com os saltos altos da gazela. Eles são ostensivos, chegando à provocação direta. Parece que as gazelas deliberadamente chamam a atenção do predador, quase como se estivessem desafiando-o. Esta observação levou a uma teoria encantadoramente ousada. Ela foi originalmente antecipada por N. Smythe, mas, levada à sua conclusão lógica, ela leva a assinatura inconfundível de A. Zahavi.

A teoria de Zahavi pode ser expressa da seguinte forma. A porção crucial de raciocínio lateral é a idéia que o saltitamento, longe de ser um sinal às outras gazelas, na realidade destina-se aos predadores. Ele é notado pelas outras gazelas e afeta seu comportamento, mas isto é acidental, pois é primariamente selecionado como um sinal para o predador. Traduzido grosseiramente para o

português significa: "Veja como posso pular alto, obviamente sou uma gazela saudável e apta, você não pode me pegar, seria muito mais sensato tentar capturar meu vizinho que não está pulando tão alto!" Em termos menos antropomórficos, os genes para pular alto e ostensivamente provavelmente não serão comidos pelos predadores porque estes tendem a escolher as presas que parecem fáceis de serem capturadas. Especificamente, sabe-se que muitos mamíferos predadores atacam os velhos e doentes. Um indivíduo que pula alto está demonstrando, de maneira exagerada, que não é nem velho, nem doente. Segundo esta teoria, a exibição está longe de ser altruísta. Na melhor das hipóteses é egoísta, pois seu objetivo é convencer o predador a perseguir outro animal. De certa forma há uma competição para ver quem pula mais alto, o vencido sendo escolhido pelo predador.

O outro exemplo ao qual eu disse que voltaria é o caso das abelhas kamikaze, as quais aterrorizam os ladrões de mel, mas cometem suicídio quase certo no processo. A abelha é apenas um exemplo de um inseto altamente social. Outros insetos sociais são as vespas, formigas e térmitas, ou cupins. Quero discutir os insetos sociais de maneira geral, não apenas as abelhas suicidas. Os feitos dos insetos sociais são lendários, especialmente suas notáveis façanhas de cooperação e aparente altruísmo. As missões suicidas de aterrorização lustram suas proezas de auto-abnegação. Em certas formigas há uma casta de operárias com abdomens grotescamente inchados, cheios de alimento, cuja única função na vida é dependurarem-se do teto como lâmpadas inchadas, sendo usadas como reservas de alimento pelas outras operárias. Do ponto de vista humano elas absolutamente não vivem como indivíduos; sua individualidade é subjugada, aparentemente para o bem-estar da comunidade. A sociedade de formigas, abelhas ou térmitas alcança um tipo de individualidade a um nível mais alto. O alimento é compartilhado a tal ponto que pode-se falar num estômago comunal. As informações são compartilhadas tão eficientemente por sinais químicos e pela famosa "dança" das abelhas que a comunidade comporta-se quase como se fosse uma unidade com um sistema nervoso e órgãos dos sentidos próprios. Invasores são reconhecidos e repelidos quase com a seletividade do sistema de reação imunológica do corpo. A temperatura bastante alta dentro de uma colméia é regulada quase tão precisamente quanto a temperatura do corpo humano, embora a abelha individualmente não seja um animal de "sangue quente". Finalmente, e o mais importante, a analogia aplica-se à reprodução. A maioria dos indivíduos numa colônia de insetos sociais são operárias estéreis. A "linhagem germinativa" - a linha da continuidade dos genes imortais - flui através do corpo de uma minoria de indivíduos, os reprodutores. Estes são análogos às nossas próprias células reprodutivas nos testículos e ovários. As operárias estéreis são análogas ao fígado, músculo e células nervosas.

O comportamento kamikaze e outras formas de altruísmo e cooperação entre as operárias não parecem surpreendentes quando aceitamos o fato de que elas são estéreis. O corpo de um animal normal é manipulado para garantir a sobrevivência de seus genes, tanto pela produção de descendentes como pelo cuidado com outros indivíduos contendo os mesmos genes. O suicídio tendo em vista o cuidado com outros indivíduos é incompatível com a produção futura dos próprios descendentes. O auto-sacrifício suicida, portanto, raramente evolui. Mas uma abelha operária nunca produz seus próprios descendentes. Todos os seus esforços são dirigidos à preservação de seus genes cuidando de parentes que não são sua prole. A morte de uma única operária estéril não é mais séria a seus genes do que o desprender-se de uma folha no outono o é para os genes de uma árvore.

Há uma tentação a nos tornarmos místicos com relação aos insetos sociais, mas realmente não há necessidade disto. Vale à pena examinar com certo detalhe como a teoria do gene egoísta trata deles, especialmente como ela explica a origem evolutiva do fenômeno extraordinário da esterilidade das operárias, do qual tanta coisa parece decorrer.

Uma colônia de insetos sociais é uma enorme família, geralmente todos descendentes da mesma mãe. As operárias, que raramente ou nunca se reproduzem, frequentemente estão divididas em várias castas distintas, incluindo operárias pequenas e grandes, soldados e castas altamente especializadas como nas formigas nutridoras mencionadas acima. As fêmeas reprodutivas são chamadas rainhas. Os machos reprodutivos são algumas vezes chamados zangões ou reis. Nas sociedades mais avançadas os reprodutores nunca fazem nada a não ser procriar, mas nesta tarefa

eles são extremamente eficientes. Eles dependem das operárias para sua alimentação e proteção, e estas são também responsáveis pelo cuidado com a prole. Em algumas espécies de formigas e térmitas a rainha distendeu-se numa enorme fábrica de ovos, dificilmente identificável como um inseto, centenas de vezes maior do que uma operária e praticamente incapaz de se locomover. Ela é constantemente atendida por operárias que a limpam, alimentam e transportam seu fluxo constante de ovos para os viveiros comunais. Se uma rainha monstruosa destas tem que deslocar-se da célula real ela é levada com toda pompa às costas de batalhões de operárias esforçadas.

No Capítulo 7 introduzi a distinção entre produzir filhotes e cuidar deles. Eu disse que normalmente evoluiriam estratégias mistas, combinando produção e cuidado. No Capítulo 5 vimos que as estratégias evolutivamente estáveis podiam ser de dois tipos gerais. Ou cada indivíduo na população pode se comportar de maneira mista, e desta forma os indivíduos geralmente atingem uma mistura ponderada de produção e cuidado, ou *então* a população poderá estar dividida em dois tipos diferentes de indivíduos: foi assim que imaginamos primeiramente o equilíbrio entre gaviões e pombos. Mas é teoricamente possível conseguir-se um equilíbrio evolutivamente estável entre produzir e criar adotando-se a segunda alternativa: a população poderia ser dividida em produtores e criadores. Mas isto só pode ser evolutivamente estável se os criadores forem parentes próximos dos indivíduos de quem eles cuidam, pelo menos tão próximos quanto seriam de sua própria prole, se a tivessem. Embora seja teoricamente possível a evolução prosseguir nesta direção, aparentemente apenas nos insetos sociais isto se deu.

Os indivíduos nos insetos sociais estão divididos em duas classes principais, produtores e criadores. Os primeiros são os machos e fêmeas reprodutores. Os criadores são as operárias - machos e fêmeas estéreis nos térmitas, fêmeas estéreis em todos os outros insetos sociais. Ambos os tipos realizam seu trabalho mais eficientemente porque não têm que se preocupar com o outro. Mas, eficientemente do ponto de vista de quem? A pergunta que será lançada à teoria darwiniana é o brado familiar: "O que as operárias ganham com isto?"

Algumas pessoas responderam "nada". Elas acham que a rainha está fazendo o que quer, manipulando as operárias por meios químicos para seus próprios objetivos egoístas, fazendo-as cuidar de sua própria prole abundante. Esta é uma versão da teoria da "manipulação parental" de Alexander, mencionada no Capítulo 8. A idéia oposta é que as operárias "cultivam" os reprodutores, manipulando-os para aumentar sua produtividade em propagar réplicas dos genes das operárias. Sem dúvida, as máquinas de sobrevivência feitas pela rainha não são descendentes das operárias, mas são, de qualquer forma, parentes próximos. Foi Hamilton quem entendeu brilhantemente que pelo menos nas formigas, abelhas e vespas as operárias poderão, na realidade, ser mais intimamente relacionadas às larvas do que a própria rainha! Isto levou-o, e mais tarde Trivers e Hare, aos mais espetaculares triunfos da teoria do gene egoísta. O raciocínio é o seguinte.

Os insetos do grupo conhecido como Hymenoptera, o qual inclui formigas, abelhas e vespas, possui um sistema muito estranho de determinação do sexo. Os térmitas não pertencem a este grupo e não compartilham a mesma peculiaridade. O ninho de um himenóptero tipicamente tem apenas uma rainha madura. Ela realizou um vôo nupcial quando era jovem e armazenou os espermatozóides pelo resto de sua longa vida - dez anos ou mais. Ela distribui os espermatozóides aos óvulos ao longo dos anos, deixando que sejam fertilizados à medida que passam pelos ovidutos. Mas nem todos os óvulos são fecundados. Aqueles que não são fertilizados desenvolvem-se em machos. O macho, portanto, não tem pai e todas as células de seu corpo contêm apenas um único conjunto de cromossomos (todos obtidos de sua mãe), em vez do conjunto duplo (um do pai e um da mãe) como nos seres humanos. Em termos da analogia do Capítulo 3, um himenóptero macho tem apenas uma cópia de cada "volume" em cada uma de suas células, em vez dos dois volumes normais.

Uma fêmea de himenóptero, por outro lado, é normal no sentido de ter um pai e o conjunto duplo usual de cromossomos em cada célula de seu corpo. Uma fêmea se desenvolve em uma operária ou em uma rainha dependendo de como é criada e não de seus genes. Quer dizer, cada fêmea tem um conjunto completo de genes produtores de rainhas e um conjunto completo de genes produtores de operárias (ou melhor, conjuntos de genes para produzir cada casta especializada de

operária, soldado, etc.). Qual conjunto de genes é "ligado" dependerá de como a fêmea é criada, particularmente do alimento que recebe.

Embora haja muitas complicações, a situação é essencialmente a seguinte. Não sabemos porque este sistema extraordinário de reprodução sexuada evoluiu. Sem dúvida houve boas razões, mas por enquanto devemos tratá-lo simplesmente como um fato curioso a respeito dos Hymenoptera. Seja qual for a razão original para o fato insólito, ele causa grande confusão nas regras claras do Capítulo 6 para se calcular parentesco. Uma consequência é que os espermatozoides de um macho, ao invés de serem todos diferentes como nos seres humanos, são todos exatamente iguais. O macho possui apenas um único conjunto de genes em cada uma das células de seu corpo e não um conjunto duplo. Cada espermatozoide, portanto, deve receber o conjunto completo de genes, e não uma amostra de 50 por cento, e todos os espermatozoides de um macho qualquer são, portanto, idênticos. Vamos, agora, tentar calcular o parentesco entre uma mãe e o filho. Se um macho sabidamente possui um gene A, qual a probabilidade de sua mãe compartilhá-lo com ele? A resposta deve ser 100 por cento, pois o macho não teve pai e obteve todos os seus genes de sua mãe. Mas, agora suponha que sabemos que uma rainha tem o gene B. A probabilidade de seu filho compartilhá-lo é de apenas 50 por cento, pois ele contém apenas metade de seus genes. Isto parece uma contradição, mas não é. Um macho obtém *todos os* seus genes de sua mãe, mas esta dá apenas *metade* de seus genes a seu filho. A solução para o aparente paradoxo está no fato de que um macho possui apenas metade do número normal de genes. É inútil tentar determinar se o índice "verdadeiro" de parentesco é $1/2$ ou 1. O índice é apenas uma medida artificial; se ela nos coloca em dificuldades em casos particulares, talvez tenhamos que abandoná-la e voltar aos primeiros princípios. Do ponto de vista de um gene A no corpo de uma rainha, a probabilidade deste gene ser compartilhado por um filho é de $1/2$, da mesma forma como em relação a uma filha. Do ponto de vista da rainha, portanto, seus descendentes, de ambos os sexos, estão relacionados tão intimamente a ela quanto crianças a sua mãe.

Com relação a irmãs a situação começa a ficar intrigante. Irmãs legítimas não compartilham simplesmente o mesmo pai: os dois espermatozoides que as conceberam eram idênticos quanto a todos os genes. As irmãs, portanto, são equivalentes a gêmeos idênticos no que se refere a seus genes paternos. Se uma fêmea tem um gene A, ela deve tê-lo obtido ou de seu pai ou de sua mãe. Neste último caso, portanto, há 50 por cento de probabilidade que sua irmã o compartilhe. Mas, se ela o obteve de seu pai, há 100 por cento de probabilidade que sua irmã o possua. Portanto, o parentesco entre irmãs legítimas nos himenópteros não é $1/2$, como seria em animais sexuais normais, mas $3/4$.

Conclui-se que uma fêmea de himenóptero está mais intimamente relacionada com suas irmãs legítimas do que com seus descendentes de ambos os sexos. Como Hamilton compreendeu (embora ele não o tenha dito exatamente da mesma maneira) isto poderá predispor uma fêmea a cultivar sua própria mãe como uma eficiente máquina de produzir irmãs. Um gene para produzir irmãs substitutivamente replica-se mais rapidamente do que um gene para produzir descendentes diretamente. Daí a evolução da esterilidade das operárias. Presumivelmente não é por acaso que a sociabilidade verdadeira, com esterilidade das operárias, parece ter evoluído nada menos do que onze vezes *independentemente* nos Hymenoptera e apenas uma vez em todo o resto do reino animal, ou seja, nos térmitas.

No entanto, há um senão. Se as operárias forem bem sucedidas em cultivar sua mãe como máquina de produzir irmãs, elas devem, de alguma forma, refrear a tendência natural daquela a lhes dar, também, um número igual de pequenos irmãos. Do ponto de vista de uma operária a probabilidade de um irmão conter um de seus genes em particular é de apenas $1/4$. Se se deixasse a rainha produzir descendentes reprodutivos machos e fêmeas em proporções iguais, a fazenda não teria lucro do ponto de vista das operárias. Elas não estariam maximizando a propagação de seus preciosos genes.

Trivers e Hare compreenderam que as operárias devem tentar desviar a proporção entre os sexos em favor das fêmeas. Eles tomaram os cálculos de Fisher a respeito de proporções ótimas

entre os sexos (os quais examinamos no capítulo anterior) e reformularam-nos para o caso especial dos Hymenoptera. O resultado foi que a proporção ótima de investimento para uma mãe é, como de costume, 1:1. Mas, a proporção ótima para uma irmã é 3:1 em favor de irmãs e não de irmãos. Se você é uma fêmea de himenóptero, a maneira mais eficiente para propagar seus genes é deixar de se reproduzir e fazer sua mãe fornecer-lhe irmãs e irmãos reprodutores na proporção de 3:1. Mas, se você *tiver* que produzir descendentes próprios, poderá beneficiar seus genes da melhor maneira tendo filhos e filhas reprodutores em proporções iguais.

Como vimos, a diferença entre rainhas e operárias não é genética. No que se refere a seus genes, um embrião de uma fêmea poderá destinar-se a se tornar uma operária, que "quer" uma proporção de 3:1 entre os sexos, ou uma rainha, que "quer" uma proporção de 1:1. Então, o que este "querer" significa? Significa que um gene que se encontre no corpo de uma rainha pode se propagar melhor se este corpo investir igualmente em filhos e filhas reprodutivos. Mas, o mesmo gene se encontrando no corpo de uma operária pode se propagar melhor fazendo a mãe deste corpo ter mais filhas do que filhos. Não há um paradoxo real. Um gene deve tirar a máxima vantagem dos meios à sua disposição. Se ele se encontrar em posição de influenciar o desenvolvimento de um corpo destinado a se tornar uma rainha, sua estratégia mais eficiente para explorar este controle será diferente daquela adequada no caso dele se ver em posição de influenciar a maneira como o corpo de uma operária se desenvolve.

Isto significa que há conflito de interesses na fazenda. A rainha "tenta" investir igualmente em machos e fêmeas. As operárias tentam desviar a proporção dos reprodutores na direção de três fêmeas para cada macho. Se estivermos corretos em imaginar as operárias como fazendeiras e a rainha como sua vaca de reprodução, presumivelmente as operárias terão sucesso em conseguir sua proporção de 3:1. Caso contrário, se a rainha realmente for digna de seu nome e se as operárias são suas escravas e babás obedientes dos viveiros reais, então deveríamos esperara proporção de 1:1 que a rainha "prefere" que prevaleça. Quem vence este caso especial da batalha das gerações? Este é um problema que pode ser submetido a teste; foi exatamente isto que Trivers e Hare fizeram, utilizando um grande número de espécies de formigas.

A proporção entre os sexos que interessa é a proporção entre reprodutores machos e fêmeas. Estes são as formas aladas grandes que emergem do ninho das formigas em erupções periódicas para realizar vôos nupciais, após os quais as rainhas jovens poderão tentar fundar novas colônias. São essas formas aladas que devem ser contadas a fim de se obter uma estimativa da proporção entre os sexos. Os reprodutores machos e fêmeas, em muitas espécies são de tamanho muito diferente. Isto complica o problema, pois, como vir-nos no capítulo anterior, os cálculos de Fisher relativos à proporção ótima entre os sexos a rigor se aplicam não a *números* de machos e fêmeas mas a *quantidade de investimento* nos dois sexos. Trivers e Hare levaram isto em conta pesando-os. Tomaram 20 espécies de formigas e estimaram a proporção entre os sexos em termos de investimento nos reprodutores. Encontraram um resultado convincentemente próximo da proporção de 3:1 entre fêmeas e machos, predita pela teoria de que as operárias controlam a situação para seu próprio benefício.

Parece, portanto, que nas formigas estudadas o conflito de interesses é "ganho" pelas operárias. Isto não é tão surpreendente, pois os corpos de operárias, sendo os guardiões dos viveiros, têm mais poder em termos práticos do que os corpos de rainhas. Os genes que tentam manipular o mundo através de corpos de rainhas são neutralizados por genes que manipulam o mundo por meio de corpos de operárias. É interessante procurar circunstâncias especiais nas quais poderíamos esperar que as rainhas tivessem mais poder prático do que as operárias. Trivers e Hare compreenderam que havia exatamente uma dessas circunstâncias que podia ser usada como teste crucial da teoria.

Este se origina do fato de existirem certas espécies de formigas que utilizam escravos. As operárias de uma espécie que possui escravos ou não trabalham normalmente ou fazem-no muito mal. No que elas são boas é em realizar incursões para obter escravos. Guerra verdadeira, na qual exércitos rivais grandes lutam até a morte, só é conhecida no homem e nos insetos sociais. Em

muitas espécies de formigas a casta especializada de operárias, conhecida como soldados, possui mandíbulas formidáveis para lutar e devotam seu tempo a lutar pela colônia contra outros exércitos de formigas. As incursões para obter escravos são apenas um tipo de esforço de guerra. As escravizadoras montam um ataque a um ninho de formigas pertencentes a uma espécie diferente, tentam matar as operárias ou soldados que o defendem, e carregam os filhotes que ainda não eclodiram. Estes eclodem no ninho de suas capturadoras. Eles não "percebem" que são escravos e põem-se a trabalhar seguindo seus programas nervosos embutidos, realizando todas as tarefas que normalmente realizariam no próprio ninho. As operárias escravizadoras ou os soldados engajam-se em outras incursões, enquanto os escravos ficam no ninho e continuam com o serviço diário de mantê-lo, limpando, buscando alimento e cuidando da prole.

Os escravos, evidentemente, estão ingenuamente ignorantes do fato de que não são relacionados à rainha e às larvas das quais estão cuidando. Involuntariamente estão criando novos batalhões de escravizadoras. Sem dúvida, a seleção natural, agindo sobre os genes da espécie de escravos, tende a favorecer adaptações anti-escravidão. No entanto, essas não são, está claro, plenamente efetivas, pois a escravidão é um fenômeno muito difundido.

A conseqüência da escravidão interessante de nosso ponto de vista é a seguinte. A rainha da espécie escravizadora está agora em posição de virar a proporção entre os sexos na direção que ela "prefere". Isto ocorre porque suas próprias larvas, as escravizadoras, não mantêm mais o controle prático dos viveiros. Este controle agora é mantido pelos escravos. Eles "pensam" que estão cuidando de seus próprios irmãos e presumivelmente fazem o que seria *apropriado em seu próprio ninho* para atingir o desvio desejado de 3:1 em favor das irmãs. Mas a rainha da espécie escravizadora consegue ter sucesso com contramedidas: não há seleção operando sobre os escravos para neutralizar essas contra-medidas porque eles não são relacionados às larvas.

Por exemplo, suponha que em qualquer espécie de formiga, as rainhas "tentam" disfarçar os ovos que produzem machos fazendo com que tenham o cheiro de ovos de fêmeas. A seleção natural normalmente favorecerá qualquer tendência por parte das operárias de "perceber" o disfarce. Podemos imaginar uma batalha evolutiva na qual as rainhas continuamente "alteram o código" e as operárias "decifram-no". A guerra será ganha por quem quer que consiga introduzir mais de seus genes na geração seguinte, através dos corpos dos reprodutores. Como vimos, normalmente as operárias vencerão. Mas, quando a rainha de uma espécie *escravizadora* muda o código, as operárias escravas não podem desenvolver nenhuma habilidade para decifrá-lo. Isto porque qualquer gene numa operária escrava para "decifrar o código" não está representado no corpo de qualquer indivíduo reprodutor, e dessa forma não é transmitido. Todos os reprodutores pertencem à espécie escravizadora e são parentes da rainha mas não das escravas. Se os genes dessas últimas se encontrarem em algum reprodutor, será nos reprodutores que emergem do ninho original do qual foram raptados. As operárias escravas, na melhor das hipóteses, estarão decifrando O código errado! As rainhas de uma espécie escravizadora, portanto, podem ser bem sucedidas mudando livremente seu código, sem que haja qualquer perigo que os genes para decifrar o código sejam propagados à geração seguinte.

O desfecho desse argumento complicado é que deveríamos esperar nas espécies escravizadoras que a proporção de investimento nos reprodutores de ambos os sexos se aproximasse de 1:1 e não 3:1. Pelo menos uma vez a rainha será dona da situação. É isto que Trivers e Hare descobriram, embora só tenham examinado duas espécies escravizadoras.

Devo enfatizar que narrei a história de maneira idealizada. A vida real não é tão clara e ordenada. A espécie mais familiar de inseto social, a abelha, por exemplo, parece fazer completamente a coisa "errada". Há um grande excesso de investimento em machos, em relação a rainhas - o que parece não fazer sentido quer do ponto de vista das operárias, quer da rainha mãe. Hamilton ofereceu uma solução possível para este enigma. Ele lembra que quando uma abelha rainha deixa a colméia ela sai com um grande enxame de operárias auxiliares, as quais ajudam-na a iniciar uma nova colônia. Essas operárias são perdidas para a colméia original e o custo de produzi-las deve ser computado como parte do custo da reprodução; para cada rainha que parte,

muitas operárias extras têm que ser feitas. O investimento nessas operárias extras deveria ser contado como parte do investimento em fêmeas reprodutoras. As operárias extras deveriam ser pesadas na balança contra os machos, quando a proporção entre os sexos é calculada. Assim, esta não foi uma dificuldade muito séria para a teoria, afinal de contas.

Um problema mais embaraçoso nos trabalhos elegantes da teoria é o fato de que em algumas espécies a rainha jovem em seu vôo nupcial acasala-se com vários machos, não apenas com um. Isto significa que o parentesco médio entre suas filhas é menos de $3/4$ e poderá até se aproximar de $1/4$ em casos extremos. É tentador, embora provavelmente não seja muito lógico, considerar isto como um golpe astuto desferido pelas rainhas contra as operárias! A propósito, isto poderá parecer sugerir que as operárias deveriam acompanhar a rainha em seu vôo nupcial, a fim de impedi-la de acasalar-se mais de uma vez. Mas isto de forma alguma ajudaria os genes das operárias - ajudaria apenas os genes daquelas da geração seguinte. Não há espírito de sindicato entre as operárias como uma classe. Cada uma delas se "preocupa" apenas com seus próprios genes. Uma operária talvez tivesse "gostado" de ter acompanhado sua própria mãe, crias faltou-lhe a oportunidade, já que naquela ocasião ela ainda não tinha sido concebida. Uma rainha jovem em seu vôo nupcial é a irmã da atual geração de operárias, não sua mãe. Elas, portanto, estão de seu lado e não do lado da geração seguinte de operárias, que são apenas suas sobrinhas. Já estou tonto, e é hora de terminar este assunto.

Utilizei a analogia do cultivo para o que as operárias dos himenópteros fazem a suas mães. A fazenda é de genes. As operárias usam sua mãe como um fabricante de cópias de seus próprios genes mais eficiente do que elas próprias seriam. Os genes saem da linha de produção em pacotes chamados indivíduos reprodutores. Esta analogia com o cultivo não deve ser confundida com um sentido bastante diferente no qual se pode dizer que os insetos sociais cultivam. Eles descobriram, como o homem, muito tempo depois, que a cultura estabelecida de alimento pode ser mais eficiente do que a caça ou a coleta.

Várias espécies de formigas do Novo Mundo, por exemplo, e, independentemente, térmitas da África, cultivam "jardins de fungos". As mais bem conhecidas são as saúvas da América do Sul. Elas são extremamente bem sucedidas. Colônias isoladas com mais de dois milhões de indivíduos foram encontradas. Seus ninhos consistem de enormes e amplos complexos subterrâneos de passagens e galerias, descendo até uma profundidade de três metros ou mais, construídos pela escavação de até 40 toneladas de terra. As câmaras subterrâneas contêm os jardins de fungos. As formigas deliberadamente semeiam o fungo de uma determinada espécie em canteiros adubados que elas preparam fragmentando as folhas com as mandíbulas. Em vez de buscar alimento diretamente, as operárias buscam folhas para fazer o adubo. O "apetite" de uma colônia de saúvas por folhas é gigantesco. Isto as torna uma importante praga econômica, mas as folhas não são alimento para si mas para seus fungos. As formigas eventualmente colhem e comem o fungo, além de dá-lo às larvas. Os fungos são mais eficientes em degradar o material das folhas do que seriam os estômagos das formigas; assim estas se beneficiam com a associação. É possível que o fungo também se beneficie, embora seja colhido: as formigas propagam-no mais eficientemente do que seu próprio mecanismo de dispersão de esporos poderia fazê-lo. Além disto, as formigas limpam os jardins de fungos, livrando-os de espécies invasoras de outros fungos. Eliminando a competição, isto poderá beneficiar os próprios fungos domésticos das formigas. Poder-se-ia dizer que existe um tipo de relacionamento de altruísmo mútuo entre as formigas e os fungos. É notável que um sistema muito semelhante de cultivo de fungos evoluiu independentemente entre os térmitas pouco relacionados com as formigas.

As formigas possuem seus próprios animais domésticos, assim como suas plantas cultivadas. Os afídeos - pulgões - são altamente especializados em sugar os líquidos das plantas. Eles sugam a seiva de seus vasos mais eficientemente do que podem depois digeri-la. Em conseqüência, excretam um líquido que teve apenas parte de seu valor nutritivo retirado. Gotículas deste líquido rico em açúcar são eliminadas pela extremidade posterior a grande velocidade, em alguns casos mais do que o peso do corpo do próprio inseto por hora. O líquido normalmente cai em gotas ao chão - poderia ter sido o alimento providencial conhecido como "maná" no Velho Testamento. Formigas de várias

espécies, porém, interceptam-no assim que ele sai do pulgão. As formigas "ordenham" os afídeos afagando a parte posterior de seu corpo com suas antenas e patas. Os afídeos respondem, em alguns casos aparentemente retendo suas gotículas até que uma formiga os acaricie, e até mesmo recolhendo uma gotícula se a formiga não está pronta para recebê-la. Sugeriu-se que alguns afídeos desenvolveram a parte posterior do corpo de modo a se assemelhar à fisionomia de uma formiga, mais eficiente para atraí-las. O que os afídeos ganham com a associação aparentemente é proteção contra seus inimigos naturais. Como nosso próprio gado leiteiro, eles levam uma vida protegida, e as espécies de afídeos muito cultivadas pelas formigas perderam seus mecanismos normais de defesa. Em alguns casos as formigas cuidam dos ovos dos afídeos dentro de seus próprios ninhos subterrâneos, alimentam os filhotes e, finalmente, quando eles crescem, carregam-nos cuidadosamente para o local protegido de pastagem.

Uma relação de benefício mútuo entre membros de espécies diferentes é chamada mutualismo ou simbiose. Os membros de espécies diferentes freqüentemente têm muito a oferecer uns aos outros porque podem trazer "habilidades" diferentes à sociedade. Este tipo de assimetria fundamental pode levar a estratégias evolutivamente estáveis de cooperação mútua. Os afídeos têm o tipo certo de partes bucais para sugar seiva vegetal, mas essas partes bucais sugadoras de nada servem para auto-defesa. As formigas não podem sugar seiva vegetal, mas são boas para lutar. Os genes de formigas para criar e proteger os afídeos foram favorecidos nos "fundos" de genes das formigas. Os genes de afídeos para cooperar com as formigas foram favorecidos em seus "fundos".

Relações simbióticas de benefício mútuo são comuns entre animais e plantas. Um líquen parece superficialmente ser uma planta individual como qualquer outra. Mas é, na realidade, uma união simbiótica íntima entre um fungo e uma alga verde. Nenhum dos elementos poderia viver sem o outro. Se sua união tivesse se tornado um pouco mais íntima não mais seríamos capazes de dizer que o líquen é um organismo duplo. Talvez, então, haja outros organismos duplos ou múltiplos os quais não reconhecemos como tais. Talvez até nós mesmos?

Dentro de cada uma de nossas células há numerosos corpúsculos chamados mitocôndrias. Elas são fábricas químicas, responsáveis pelo fornecimento da maior parte da energia de que precisamos. Se perdêssemos nossas mitocôndrias morreríamos em segundos. Recentemente foi sugerido de maneira plausível que as mitocôndrias são, originalmente, bactérias simbiotas que juntaram suas forças ao nosso tipo de célula logo no começo da evolução. Sugestões semelhantes têm sido feitas para outros corpúsculos dentro de nossas células. Esta é uma daquelas idéias revolucionárias com as quais leva tempo se acostumar, mas uma idéia para a qual chegou a hora. Imagino que chegaremos a aceitar a idéia mais radical de que cada um de nossos genes é uma unidade simbiótica. Somos colônias gigantes de genes simbiotas. Não podemos, na verdade, falar de "evidência" a favor desta idéia, mas, como tentei sugerir em capítulos anteriores, ela é realmente inerente à própria maneira como pensamos a respeito do funcionamento dos genes nas espécies sexuadas. O outro lado da medalha é que os vírus podem ser genes desgarrados de "colônias" como a nossa. Eles consistem de DNA puro (ou uma molécula auto replicadora semelhante) envolto por uma capa de proteína. São todos parasitas. A proposta é que eles evoluíram a partir de genes "rebeldes" que escaparam, e agora passam de corpo para corpo diretamente pelo ar, e não através dos veículos mais convencionais -- espermatozoides e óvulos. Se isto for verdade, poderemos então nos considerar colônias de vírus! Alguns deles cooperam simbioticamente e passam de corpo para corpo em espermatozoides e óvulos. Esses são os "genes" convencionais. Outros vivem parasiticamente e viajam como podem. Se o DNA parasita viaja em espermatozoides e óvulos, ele talvez forme o excesso "paradoxal" de DNA mencionado no Capítulo 3. Se ele viaja através do ar ou por outros meios diretos, ele é chamado "vírus" no sentido normal.

Mas essas são especulações para o futuro. Atualmente estamos preocupados com a simbiose ao nível superior de relacionamento entre organismos multicelulares, e não dentro deles. A palavra simbiose é usada convencionalmente para designar as associações entre membros de espécies diferentes. Mas, agora que deixamos de lado a idéia de evolução segundo o "bem da espécie", parece não haver motivo lógico para distinguir as associações entre membros de espécies diferentes das

associações entre membros da mesma espécie. Em geral, as associações de benefício mútuo evoluirão se cada elemento puder obter mais do que ele introduz. Isto é válido quer estejamos falando de membros do mesmo bando de hienas, de criaturas completamente diferentes como formigas e afídeos, ou de abelhas e flores. Na prática poderá ser difícil distinguir casos de benefício mútuo bidirecional genuínos de casos de exploração unidirecional.

A evolução das associações de benefício mútuo teoricamente é fácil de imaginar se os favores são feitos e recebidos simultaneamente, como no caso dos elementos que constituem um líquen. Mas os problemas surgem se há um atraso entre a realização de um favor e sua retribuição. Isto porque o elemento que recebe o favor poderá ficar tentado a trapacear e recusar-se a retribuí-lo na sua vez. A solução deste problema é interessante e vale à pena ser discutida detalhadamente. Posso fazê-lo melhor em termos de um exemplo hipotético.

Suponha que uma espécie de ave seja parasitada por um tipo particularmente incômodo de piolho que transmite uma doença perigosa. É muito importante que esses piolhos sejam removidos o quanto antes. Um indivíduo normalmente pode retirar seus próprios piolhos ao alisar suas penas. Há um lugar, no entanto - o topo da cabeça - que ele não pode alcançar com seu bico. A solução para o problema rapidamente ocorre a qualquer ser humano. Um indivíduo poderá não ser capaz de alcançar sua própria cabeça, mas nada é mais fácil do que um amigo fazê-lo por ele. Depois, quando o amigo for parasitado, a boa ação poderá ser paga. O pentear-se mútuo, de fato, é muito comum tanto em aves como em mamíferos.

Isto intuitivamente tem sentido. Qualquer um com capacidade consciente de previsão pode perceber que é sensato engajar-se em arranjos mútuos de coçar as costas. Mas aprendemos a ter cuidado com o que parece intuitivamente sensato. O gene não tem capacidade de previsão. Pode a teoria do gene egoísta explicar o coçar de costas mútuas, ou "altruísmo recíproco", onde haja um atraso entre a boa ação e a retribuição? Williams discutiu o problema rapidamente em seu livro de 1966, ao qual já me referi. Ele concluiu, como Darwin já o havia feito, que o altruísmo recíproco retardado pode evoluir em espécies capazes de reconhecerem seus membros e lembrarem-se deles. Trivers, em 1971, levou o assunto adiante. Quando ele estava escrevendo não tinha disponível o conceito de Maynard Smith de estratégia evolutivamente estável. Se ele o tivesse, imagino que o teria usado, pois ele fornece uma maneira natural de expressar suas idéias. Sua referência ao "dilema do prisioneiro", um quebra-cabeças favorito da Teoria dos Jogos, mostra que ele já estava pensando na mesma direção.

Suponha que *B* tenha um parasita no topo de sua cabeça. *A* retira-o. Depois, chega o momento quando *A* tem um parasita em sua cabeça. Ele naturalmente procura *B* a fim de que este possa retribuir sua boa ação. *B* simplesmente vira-se e vai embora. *B* é um trapaceiro, um indivíduo que aceita o benefício do altruísmo de outros indivíduos, mas que não o retribui, ou que o retribui insuficientemente. Os trapaceiros saem-se melhor do que os altruístas indiscriminados, pois ganham os benefícios sem pagar os custos. O custo de pentear a cabeça de outro indivíduo sem dúvida parece pequeno comparado com o benefício de se ter um parasita perigoso retirado, mas não é desprezível. Tempo e energia valiosos têm que ser gastos.

Suponhamos que a população consista de indivíduos que adotam uma de duas estratégias. Como nas análises de Maynard Smith, não estamos nos referindo a estratégias conscientes, mas a programas de comportamento inconsciente estabelecidos pelos genes. Chame as duas estratégias de Tolo e Trapaceiro. Os tolos penteiam indiscriminadamente qualquer um que o necessite. Os trapaceiros aceitam o altruísmo dos tolos, mas nunca penteiam ninguém, nem mesmo alguém que já os tenha penteado anteriormente. Como no caso dos gaviões e pombos, arbitrariamente atribuímos pontos. Não importa quais sejam os valores exatos, desde que o benefício de ser penteado exceda o custo de pentear. Se a incidência de parasitas for alta, qualquer indivíduo tolo numa população de tolos pode esperar ser penteado aproximadamente com a mesma frequência com que ele penteia. O resultado médio para um tolo entre tolos, portanto, é positivo. Todos eles, de fato, saem-se muito bem, e a palavra tolo parece imprópria. Mas agora suponha que surja um trapaceiro, ele pode esperar ser penteado por todos, mas nada dá em troca. Seu resultado médio é melhor do que a média para

um tolo. Os genes trapaceiros portanto, começarão a difundir-se pela população. Os genes tolos se extinguirão. Isto ocorre porque os trapaceiros, não importa qual a proporção na população, sempre terão mais sucesso do que os tolos. Considere, por exemplo, o caso quando a população consiste de 50 por cento de tolos e 50 por cento de trapaceiros. O resultado médio tanto para tolos como para trapaceiros será menor do que aquele para um indivíduo qualquer numa população de 100 por cento de tolos. Mesmo assim, os trapaceiros estarão se saindo melhor do que os tolos, pois estão obtendo todos os benefícios - sendo como são - e nada dando em troca. Quando a população de trapaceiros atingir 90 por cento, o resultado médio para todos os indivíduos será muito baixo; muitos animais de ambos os tipos provavelmente estarão morrendo da infecção transmitida pelos piolhos. Mesmo assim os trapaceiros estarão se saindo melhor do que os tolos. Mesmo se toda a população declinar em direção à extinção nunca haverá uma ocasião na qual os tolos se saiam melhor do que os trapaceiros. Portanto, desde que consideremos apenas essas duas estratégias, nada poderá impedir a extinção dos tolos e, provavelmente, a extinção igualmente de toda a população.

Suponha agora que haja uma terceira estratégia chamada Rancoroso. Os indivíduos rancorosos penteiam estranhos e aqueles que já os pentearam anteriormente. No entanto, se algum indivíduo os enganar, eles lembram-se do incidente e recusam-se a pentear este indivíduo no futuro. Em uma população de indivíduos rancorosos e de tolos, é impossível distinguir um do outro. Ambos os tipos comportam-se altruisticamente em relação a todos, e ambos obtêm um resultado médio igual alto. Em uma população consistindo principalmente de trapaceiros, um único indivíduo rancoroso não seria muito bem sucedido. Ele gastaria muita energia penteando a maior parte dos indivíduos que encontrasse - pois levaria tempo até ele ter rancor contra todos eles. Por outro lado, ninguém o pentearia em troca. Se os indivíduos rancorosos forem raros em comparação aos trapaceiros, o gene para rancor se extinguirá. Assim que os rancorosos conseguem aumentar em número de modo a atingirem uma proporção crítica, no entanto, a probabilidade de se encontrarem torna-se suficientemente grande para compensar o esforço despendido em pentear trapaceiros. Quando esta proporção crítica é alcançada eles começarão a ter um resultado médio maior do que os trapaceiros, e estes serão levados cada vez mais depressa à extinção. Quando eles estiverem quase extintos a taxa de declínio torna-se-á mais lenta e eles poderão sobreviver como uma minoria por bastante tempo. Isto se dá porque para um dado trapaceiro raro há apenas uma pequena chance dele encontrar o mesmo indivíduo rancoroso duas vezes; a proporção, na população, de indivíduos rancorosos contra determinado trapaceiro, portanto, será pequena.

Contei a história dessas estratégias como se fosse intuitivamente óbvio o que aconteceria. De fato, não é assim tão óbvio e realmente tive o cuidado de fazer a simulação em um computador para me certificar de que a intuição estava correta. Rancoroso revela-se, efetivamente, uma estratégia evolutivamente estável contra tolo e trapaceiro, no sentido de que em uma população consistindo principalmente de indivíduos rancorosos, nem os tolos, nem os trapaceiros invadirão. Trapaceiro, no entanto, também é uma EEE, pois uma população consistindo principalmente deles não será invadida nem por rancorosos, nem por tolo. Uma população poderia se estabilizar com qualquer uma dessas duas estratégias evolutivamente estáveis. A longo prazo ela poderá passar de uma à outra. Dependendo dos valores exatos dos resultados - as suposições na simulação, é claro, foram completamente arbitrárias - um ou o outro dos dois estados estáveis terá uma "zona de atração" maior e terá maior probabilidade de ser alcançado. Note, a propósito, que embora uma população de trapaceiros tenha maior probabilidade de se extinguir do que uma população de indivíduos rancorosos, isto de forma alguma afeta sua posição do EEE. Se uma população atinge uma EEE que a leva à extinção, ela se extinguirá e isto é tudo.

É bastante divertido observar uma simulação de computador a qual começa com uma grande maioria de tolos, uma minoria de rancorosos um pouco acima da frequência crítica, e uma minoria de trapaceiros com aproximadamente o mesmo tamanho. A primeira coisa que acontece é uma queda dramática na população de tolos, à medida que os trapaceiros exploram-nos implacavelmente. Os trapaceiros experimentam uma explosão populacional crescente, atingindo seu pico assim que o último tolo perece. Mas os trapaceiros terão que se haver com os rancorosos. Durante o declínio súbito dos tolos, os rancorosos vagarosamente diminuirão de número, prejudicados pelos

trapaceiros prósperos, mas conseguindo manter-se. Depois que o último tolo se foi e os trapaceiros não podem mais ter sucesso tão facilmente com a exploração egoísta, os rancorosos vagarosamente começam a aumentar às custas dos trapaceiros. O aumento de sua população uniformemente ganha impulso. Ele se acelera abruptamente, a população de trapaceiros cai quase até a extinção, depois se estabiliza quando estes desfrutam o privilégio da raridade e a relativa liberdade dos rancorosos que isto proporciona. No entanto, vagarosa e inexoravelmente os trapaceiros são expulsos e os rancorosos tornam-se possuidores únicos. Paradoxalmente, a presença dos tolos na realidade pôs em perigo os rancorosos no começo da história porque eles foram responsáveis pela prosperidade temporária dos trapaceiros.

Meu exemplo hipotético a respeito dos perigos de não ser penteado, a propósito, é bastante plausível. Camundongos mantidos em isolamento tendem a desenvolver feridas desagradáveis nas partes da cabeça que não podem alcançar. Em um estudo, os camundongos mantidos em grupos não tiveram este problema, porque os indivíduos lambiam-se as cabeças mutuamente. Seria interessante testar a teoria do altruísmo recíproco experimentalmente; parece que camundongos são material adequado ao estudo.

Trivers discute a notável simbiose dos peixes limpadores. Cerca de cinquenta espécies, incluindo pequenos peixes e camarões, vivem de coletar parasitas da superfície de peixes maiores de outras espécies. Os peixes grandes obviamente beneficiam-se ao serem limpos e os limpadores obtêm um bom suprimento de alimento. O relacionamento é simbiótico. Em muitos casos os peixes grandes abrem suas bocas e permitem que os limpadores entrem para limpar seus dentes e em seguida saiam nadando através das brânquias, as quais eles também limpam. Poder-se-ia esperar que um peixe grande esperasse astuciosamente até que tivesse sido completamente limpo e então devorasse o limpador. Entretanto, em vez disto, ele normalmente deixa o limpador afastar-se livremente. Este é um feito considerável de aparente altruísmo, pois em muitos casos o limpador tem o mesmo tamanho que as presas normais do peixe maior.

Os peixes limpadores possuem padrões de listras e exibições de danças especiais que os identificam como limpadores. Os peixes grandes tendem a evitar comer os peixes pequenos que tenham o tipo correto de listras e que deles se aproximem com o tipo certo de dana. Eles entram num estado como que de transe e oferecem ao limpador livre acesso a seu exterior e interior. Os genes egoístas sendo como são, não surpreende que trapaceiros implacáveis e explorados se aproveitaram da situação. Há espécies de peixes pequenos que se parecem com os limpadores e dançam da mesma maneira a fim de conseguir um salvo-conduto para se aproximar do peixe maior. Quando este último entrou no transe esperado, o trapaceiro, em vez de extrair um parasita, abocanha um pedaço da barbatana do peixe maior e bate em rápida retirada. Mas, apesar dos trapaceiros, o relacionamento entre os limpadores e seus clientes é, em grande parte, amigável e estável. A profissão de limpador desempenha um papel importante na vida diária da comunidade do recife de coral. Cada limpador tem seu próprio território e tem-se observado peixes grandes fazerem fila para serem atendidos, como fregueses num salão de barbeiro. Provavelmente é este apego ao lugar que torna possível a evolução, neste caso, do altruísmo recíproco retardado. O benefício para um peixe grande de poder retornar constantemente ao mesmo "salão de barbeiro", em vez de sempre procurar um novo, deve compensar o custo de evitar comer o limpador. A presença de limpadores miméticos embusteiros talvez indiretamente arrisque os limpadores legítimos estabelecendo uma pequena pressão sobre os peixes grandes para que estes comam dançarinos listrados. O apego ao lugar por parte dos limpadores genuínos permite aos fregueses achá-los e evitar trapaceiros.

Uma memória durável e a capacidade para o reconhecimento individual são bem desenvolvidas no homem. Poderíamos esperar, portanto, que o altruísmo recíproco tivesse desempenhado um papel importante na evolução humana. Trivers chega a sugerir que muitas de nossas características psicológicas - inveja, culpa, gratidão, simpatia, etc. - foram moldadas pela seleção natural para melhorar a habilidade de trapacear, para detectar trapaceiros e para evitar que os outros indivíduos pensem que somos um embusteiro. De interesse particular são os "trapaceiros sutis", os quais parecem retribuir, mas que consistentemente devolvem um pouco menos do que

recebem. É até mesmo possível que o cérebro aumentado do homem e sua predisposição a raciocinar matematicamente tenham evoluído como um mecanismo para trapacear cada vez mais maliciosamente e para a detecção cada vez mais aguçada da trapaça em outros. O dinheiro é um símbolo formal de altruísmo recíproco retardado.

Não tem fim a fascinante especulação que a idéia de altruísmo recíproco provoca quando a aplicamos a nossa própria espécie. Tentadora como ela seja, não sou melhor em tais especulações do que qualquer outro, de modo que deixo o leitor divertir-se.

MEMES: OS NOVOS REPLICADORES

Até agora não falei muito a respeito do homem em especial, embora tampouco o tenha deliberadamente excluído. Parte do motivo por eu ter usado o termo "máquina de sobrevivência" é que "animal" teria excluído as plantas e, para algumas pessoas, os seres humanos. Os argumentos apresentados deveriam *prima facie*, aplicar-se a qualquer ser que evoluiu. Se uma espécie constituir exceção, devem haver boas razões. Há boas razões para supor que nossa própria espécie seja única? Acredito que a resposta seja afirmativa.

Quase tudo que é incomum no homem pode ser resumido em uma palavra: "cultura". Não usei a palavra em um sentido esnobe, mas como os cientistas a usam. A transmissão cultural é análoga à transmissão genética no sentido de que embora seja basicamente conservadora, pode originar um tipo de evolução. Geoffrey Chaucer não poderia manter conversação com um inglês contemporâneo, embora estejam ligados entre si por uma cadeia ininterrupta de cerca de vinte gerações de ingleses, cada um dos quais podia falar com seus vizinhos imediatos na cadeia, como um filho fala com seu pai. A língua parece "evoluir" por meios não genéticos e a uma velocidade muito superior a da evolução genética.

A transmissão cultural não é característica apenas do homem. O melhor exemplo que conheço entre os animais foi recentemente descrito por P. F. Jenkins no canto de uma ave ("saddleback") que vive em ilhas próximas da Nova Zelândia. Na ilha na qual ele trabalhou havia um repertório total de cerca de nove cantos diferentes. Cada macho emitia apenas um ou alguns desses cantos. Os machos podiam ser classificados em grupos dialetais. Por exemplo, um grupo de oito machos possuindo territórios adjacentes, emitiam um canto específico chamado CC. Outros grupos dialetais emitiam cantos diferentes. Algumas vezes os membros de um grupo dialetal compartilhavam mais de um canto diferente. Comparando os cantos dos pais e filhos Jenkins mostrou que os padrões de canto não eram herdados geneticamente. Cada macho jovem provavelmente adotaria por imitação os cantos de seus vizinhos de território, de modo análogo à linguagem humana. Durante a maior parte do tempo em que Jenkins esteve lá, havia um número constante de cantos na ilha, um tipo de "fundo de cantos" do qual cada macho jovem obtinha seu próprio repertório pequeno. Mas, ocasionalmente Jenkins teve o privilégio de testemunhar a "invenção" de um novo canto, a qual ocorria por um erro na imitação de um canto antigo. Ele escreve: "Mostrou-se que novas formas de canto originam-se de várias maneiras pela mudança da altura de uma nota, repetição, elisão de notas e combinação de trechos de outros cantos já existentes... O aparecimento da nova forma era um acontecimento abrupto e o resultado era bastante estável durante vários anos. Além disto, em vários casos a variante foi transmitida com precisão em sua nova forma a jovens, de modo que um grupo reconhecidamente coerente de cantores semelhantes se desenvolveu". Jenkins se refere à origem dos novos cantos como "mutações culturais".

O canto nesta ave realmente evolui por meios não genéticos. Há outros exemplos de evolução cultural nas aves e nos macacos, mas eles são apenas curiosidades interessantes. É a nossa própria espécie que realmente mostra o que a evolução cultural pode fazer. A linguagem é apenas um exemplo dentre muitos. A moda nos vestidos e na alimentação, cerimônias e costumes, arte e arquitetura, Engenharia e Tecnologia, tudo isto evolui no tempo histórico de uma maneira que parece evolução genética altamente acelerada, mas que na realidade nada tem a ver com esta última. No entanto, como na evolução genética, a mudança pode ser progressiva. Há um sentido no qual a Ciência moderna realmente é melhor do que a Ciência antiga. Nossa compreensão do Universo não apenas muda com o passar dos séculos: ela melhora. Sem dúvida, a atual explosão de aperfeiçoamento data apenas do Renascimento, o qual foi precedido por um período sombrio de estagnação no qual a cultura científica européia ficou congelada no nível atingido pelos gregos. Mas,

como vimos no Capítulo 5, a evolução genética também pode ocorrer como uma série de explosões curtas entre platôs estáveis.

A analogia entre a evolução cultural e a evolução genética tem sido freqüentemente enfatizada, algumas vezes num contexto de conotações místicas desnecessárias. A analogia entre o progresso científico e a evolução genética pela seleção natural tem sido esclarecida especialmente por "Sir" Karl Popper. Quero ir ainda mais além por direções que também estão sendo exploradas, por exemplo pelo geneticista L. L. Cavalli-Sforza, o antropólogo F. T. Cloak e o etólogo J. M. Cullen.

Como um darwinista entusiasta, tenho ficado insatisfeito com as explicações do comportamento humano oferecidas por outros entusiastas semelhantes. Eles têm tentado procurar "vantagens biológicas" nos vários atributos da civilização humana. Por exemplo, a religião tribal tem sido vista como um mecanismo de solidificação da identidade do grupo, importante para uma espécie que caça em bandos cujos indivíduos dependem da cooperação para capturar presas grandes e velozes. O pressuposto evolutivo em termos do qual tais teorias são concebidas muitas vezes é implicitamente do tipo seleção de grupo, mas é possível reformular as teorias em termos de seleção gênica ortodoxa. Talvez o homem tenha passado boa parte dos últimos milhões de anos vivendo em pequenos grupos de parentesco. A seleção de parentesco e a seleção em favor do altruísmo recíproco poderão ter atuado sobre os genes humanos produzindo muitos de nossos atributos e tendências psicológicas básicas. Essas idéias são plausíveis até certo ponto, mas acho que elas nem começam a enfrentar o enorme desafio de explicar a cultura, a evolução cultural e as imensas diferenças entre as culturas humanas espalhadas pelo mundo, do egoísmo absoluto dos Ik de Uganda, descrito por Colin Turnbull, ao altruísmo suave dos Arapesh de Margaret Mead. Acho que temos que começar novamente e voltar aos primeiros princípios. O argumento que proporei, que talvez pareça surpreendente provindo do autor dos capítulos anteriores, é que para uma compreensão da evolução do homem moderno devemos começar desprezando o gene como a única base de nossas idéias a respeito de evolução. Sou um darwinista entusiasta, mas acho que o darwinismo é uma teoria grande demais para ser confinada ao contexto limitado do gene. O gene entrará em minha tese como uma analogia, nada mais.

O que, afinal de contas, é tão especial a respeito dos genes? A resposta é que eles são replicadores. As leis da Física supostamente são verdadeiras em todo o universo acessível. Há qualquer princípio da Biologia que possivelmente tenha uma validade universal semelhante? Quando os astronautas viajarem para planetas distantes e procurarem vida, eles podem esperar encontrar criaturas por demais estranhas e misteriosas para que possamos imaginar. Mas, há alguma coisa que deva sempre caracterizar a vida, onde quer que ela se encontre e qualquer que seja a base de sua química? Se existirem formas de vida cuja química é baseada em silício e não em carbono, ou em amônia e não água, se forem descobertas criaturas que morrem queimadas a -1000 C, se for encontrada uma forma de vida que não é baseada em química, mas em circuitos eletrônicos de reverberação, haverá, ainda assim, um princípio geral que se aplique à toda a vida? Evidentemente eu não sei, mas se tivesse que apostar, confiaria meu dinheiro em um princípio fundamental. Esta é a lei de que toda a vida evolui pela sobrevivência diferencial de entidades replicadoras. O gene, a molécula de DNA, por acaso é a entidade replicadora mais comum em nosso planeta. Poderá haver outras. Se houver, desde que certas outras condições sejam satisfeitas, elas quase inevitavelmente tenderão a tornarem-se a base de um processo evolutivo.

Mas temos que ir para mundos distantes a fim de encontrar outros tipos de replicadores e outros tipos resultantes de evolução? Acho que um novo tipo de replicador recentemente surgiu neste próprio planeta. Ele está nos encarando de frente. Ainda está em sua infância, vagueando desajeitadamente num caldo primordial, mas já está conseguindo uma mudança evolutiva a uma velocidade que deixa o velho gene muito atrás.

O novo caldo é o caldo da cultura humana. Precisamos de um nome para o novo replicador, um substantivo que transmita a idéia de uma unidade de transmissão cultural, ou uma unidade de *imitação*. "Mimeme" provém de uma raiz grega adequada, mas quero um monossílabo que soe um pouco como "gene". Espero que meus amigos helenistas me perdoem se eu abreviar mimeme para

meme. Se servir como consolo, pode-se, alternativamente, pensar que a palavra está relacionada a "memória", ou à palavra francesa *même*.

Exemplos de memes são melodias, idéias, "slogans", modas do vestuário, maneiras de fazer potes ou de construir arcos. Da mesma forma como os genes se propagam no "fundo" pulando de corpo para corpo através dos espermatozoides ou dos óvulos, da mesma maneira os memes propagam-se no "fundo" de memes pulando de cérebro para cérebro por meio de um processo que pode ser chamado, no sentido amplo, de imitação. Se um cientista ouve ou lê uma idéia boa ele a transmite a seus colegas e alunos. Ele a menciona em seus artigos e conferências. Se a idéia pegar, pode-se dizer que ela se propaga, si própria, espalhando-se de cérebro a cérebro. Como meu colega N. K. Humphrey claramente resumiu uma versão inicial deste capítulo: ". . . os memes devem ser considerados como estruturas vivas, não apenas metafórica mas tecnicamente. Quando você planta um meme fértil em minha mente, você literalmente parasita meu cérebro, transformando-o num veículo para a propagação do meme, exatamente como um vírus pode parasitar o mecanismo genético de uma célula hospedeira. E isto não é apenas uma maneira de falar - o meme, por exemplo, para "crença numa vida após a morte" é, de fato, realizado fisicamente, milhões de vezes, como uma estrutura nos sistemas nervosos dos homens, individualmente, por todo o mundo".

Considere a idéia de Deus. Não sabemos como ela se originou no "fundo" de memes. Provavelmente originou-se muitas vezes por "mutação" independente. De qualquer forma, ela é realmente muito antiga. Como se replica? Pela palavra escrita e falada, auxiliada por música e arte estupendas. Por que tem um valor de sobrevivência tão alto? Lembre-se que "valor de sobrevivência" aqui não significa valor para um gene no "fundo", mas valor para um meme num "fundo" de memes. A pergunta realmente significa: o que há com a idéia de um deus que lhe dá estabilidade e penetração no ambiente cultural? O valor de sobrevivência do meme para deus no "fundo" resulta de sua grande atração psicológica. Ele fornece uma resposta superficialmente plausível para questões profundas e perturbadoras a respeito da existência. Ele sugere que as injustiças neste mundo talvez possam ser corrigidas no próximo. Os "braços eternos" oferecem uma proteção contra nossas próprias deficiências, a qual, como o placebo do médico, não é menos eficiente por ser imaginária. Essas são algumas das razões pelas quais a idéia de Deus é copiada tão facilmente por gerações sucessivas de cérebros individuais. Deus existe, mesmo se apenas sob a forma de um meme com alto valor de sobrevivência ou de poder infectante no ambiente fornecido pela cultura humana.

Alguns de meus colegas sugeriram que esta descrição do valor de sobrevivência do meme para deus não resolve o problema. Em última análise eles querem sempre retomar à "vantagem biológica". Para eles não basta dizer que a idéia de um deus possui "grande atratividade psicológica". Eles querem saber *por que* ela o tem. A atratividade psicológica significa atratividade aos cérebros, e estes são moldados pela seleção natural de genes nos "fundos". Eles querem descobrir uma maneira pela qual ter um cérebro destes aumenta a sobrevivência dos genes.

Tenho muita simpatia por esta atitude e não duvido que haja vantagens genéticas em termos cérebros como temos. No entanto acho que esses colegas verificarão, se olharem cuidadosamente para os princípios básicos de suas próprias pressuposições, que deixam de resolver tantos problemas quanto eu. Basicamente, a razão pela qual é uma boa política tentar explicar fenômenos biológicos em termos de vantagem aos genes é que eles são replicadores. Assim que o caldo primordial ofereceu condições nas quais as moléculas podiam fazer cópias de si mesmas, os próprios replicadores passaram a dominar. Por mais de três bilhões de anos o DNA tem sido o único replicador digno de menção no mundo. Mas ele não mantém necessariamente esses direitos de monopólio para sempre. Sempre que surgirem condições nas quais um novo tipo de replicador possa fazer cópias de si mesmo, os novos replicadores *tenderão* a dominar e a iniciar um novo tipo de evolução própria. Quando essa nova evolução começar não terá, em nenhum sentido obrigatório, que se submeter à antiga. A evolução antiga de seleção de genes, produzindo cérebros, forneceu o "caldo" no qual os primeiros memes originaram-se. Quando os memes auto-copiadores surgiram, seu próprio tipo de evolução, muito mais rápido, teve início. Nós, biólogos, assimilamos a idéia de

evolução genética tão profundamente que temos a tendência a esquecer que ela é apenas um dentre vários tipos possíveis de evolução.

É por imitação, em um sentido amplo, que os memes *podem* replicar-se. Mas, da mesma maneira como nem todos os genes que podem se replicar têm sucesso em fazê-lo, da mesma forma alguns memes são mais bem sucedidos no "fundo" do que outros. Isto é análogo à seleção natural. Mencionei exemplos específicos de qualidades que determinam um alto valor de sobrevivência entre os memes. Mas, de um modo geral, elas têm que ser as iguais àquelas discutidas para os replicadores do Capítulo 2: longevidade, fecundidade e fidelidade de cópia. A longevidade de uma cópia qualquer de um meme é, talvez, relativamente pouco importante, assim como o é uma cópia qualquer de um gene. A cópia da melodia "Auld Lang Syrie" que existe em meu cérebro durará apenas até o fim de minha vida. A cópia da mesma melodia impressa em volume do Livro *de Canções do Estudante Escocês* provavelmente não durará muito mais que isto. Mas espero que existirão cópias da mesma melodia impressas e nos cérebros das pessoas por muitos séculos. Como no caso dos genes, a fecundidade é muito mais importante do que a longevidade de cópias específicas. Se o meme for uma idéia científica, sua difusão dependerá de quão aceitável ela é para a população de cientistas; uma primeira estimativa de seu valor de sobrevivência poderia ser obtida contando o número de vezes que ela é citada em revistas científicas em anos subsequentes. Se for uma melodia popular, sua difusão pelo "fundo" de memes poderá ser avaliada pelo número de pessoas que a assobiam nas ruas. Se for uma moda de sapato feminino, o memeticista de população poderá usar estatísticas de vendas de lojas de sapatos. Alguns memes, como alguns genes, conseguem um sucesso brilhante a curto prazo ao espalharem-se rapidamente, mas não permanecem muito tempo no "fundo". As canções populares e os saltos finos são exemplos destes. Outros, tais como as leis religiosas judaicas, poderão continuar a se propagar durante milhares de anos, geralmente devido à grande durabilidade em potencial dos registros escritos.

Isto me leva à terceira qualidade geral dos replicadores bem sucedidos: a fidelidade de cópia. Aqui devo admitir que estou inseguro. À primeira vista parece que os memes não são, de forma alguma, replicadores de alta fidelidade. Cada vez que um cientista ouve uma idéia e transmite-a a outra pessoa ele provavelmente muda-a bastante. Não fiz segredo a respeito de minha dívida às idéias de R. L. Trivers neste livro. No entanto, não as repeti com suas próprias palavras. Reformulei-as para meus próprios propósitos, alterando a ênfase, misturando-as com minhas próprias idéias e de outras pessoas. Os memes estão sendo transmitidos a você sob forma alterada. Isto é bastante diferente da qualidade particulada, do tipo tudo-ou-nada, da transmissão dos genes. Parece que a transmissão dos memes está sujeita à mutação contínua e também à mistura.

É possível que esta aparência de não particularidade seja ilusória e que a analogia com os genes não se interrompa. Afinal de contas, se olharmos para a herança de muitas características genéticas tais como a altura ou a da pele nos seres humanos, não parecerá o resultado de genes indivisíveis e que não se misturam. Se uma pessoa negra e uma branca se casam, seus filhos não serão nem negros e nem brancos: serão intermediários. Isto não significa que os genes envolvidos não sejam partículas. Ocorre apenas que há tantos deles relacionados à cor da pele, cada um tendo um efeito tão pequeno, que *parecem* se misturar. Até agora falei de memes como se fosse óbvio de que um meme unitário consiste. Mas isto, é claro, está longe de ser óbvio. Eu disse que uma melodia era um meme, mas e uma sinfonia: quantos memes temos aqui? Será cada movimento um meme, cada frase ou melodia, cada compasso, cada acorde, ou o que?

Apelo ao mesmo truque lingüístico usado no Capítulo 3. Neste capítulo dividi o "complexo gênico" em unidades genéticas grandes e pequenas, e unidades dentro de outras unidades. O "gene" foi definido não de maneira rígida absoluta, mas como uma unidade de conveniência, um pedaço de cromossomo com fidelidade de cópia suficiente para servir como unidade viável de seleção natural. Se uma única frase da Nona Sinfonia de Beethoven for característica e memorável o suficiente para ser abstraída do contexto de toda a sinfonia e utilizada como um prefixo enlouquece doramente intrometido de uma estação de rádio européia, então, neste sentido, ela merece ser chamada de meme. A propósito, ela diminuiu marcantemente minha capacidade de apreciar a sinfonia original.

Da mesma maneira, quando dizemos que todos os biólogos atualmente acreditam na teoria de Darwin, não queremos dizer que todo biólogo tem, gravada em seu cérebro, uma cópia idêntica das palavras exatas do próprio Charles Darwin. Cada indivíduo tem sua própria maneira de interpretar as idéias de Darwin. Ele provavelmente as aprendeu não das obras de Darwin, mas de autores mais recentes. Muito do que Darwin disse, em detalhe, está errado. Se Darwin lesse este livro, ele dificilmente reconheceria aqui sua teoria original, embora espero que ele gostasse da maneira como apresentei-a. No entanto, apesar de tudo isto, existe alguma coisa, alguma essência do Darwinismo, que está presente na mente de todo indivíduo que entende a teoria. Se assim não fosse, então quase qualquer afirmação a respeito de duas pessoas concordarem entre si não teria sentido. Um "meme de idéia" pode ser definido como uma entidade capaz de ser transmitida de um cérebro para outro. O meme da teoria de Darwin, portanto, é o fundamento essencial da idéia que é compartilhado por todos os cérebros que compreendem-na. As *diferenças* nas maneiras como as pessoas representam a teoria não são, por definição, parte do meme. Se a teoria de Darwin puder ser subdividida em partes componentes, de tal forma que algumas pessoas acreditam no componente A mas não no componente B, enquanto outras acreditam em B mas não em A, então A e B deveriam ser considerados memes separados. Se quase todas as pessoas que acreditam em A também acreditam em B - se os memes estiverem, usando o termo genético, fortemente "ligados" - então será conveniente juntá-los como um só meme.

Prossigamos um pouco mais com a analogia entre memes e genes. Por todo este livro enfatizei que não devemos pensar nos genes como agentes conscientes intencionais. A seleção natural cega, no entanto, faz com que eles se comportem como se fossem intencionais, e tem sido conveniente, para abreviar, referirmo-nos aos genes na linguagem de propósitos. Por exemplo, quando dizemos "os genes estão tentando aumentar seu número nos "fundos" do futuro", o que realmente queremos dizer é que "os genes que se comportam de modo a aumentarem seu número nos "fundos" do futuro tendem a ser os genes cujos efeitos vemos no mundo". Assim como achamos conveniente imaginar os genes como agentes ativos, trabalhando intencionalmente para sua própria sobrevivência, talvez seja conveniente pensar da mesma maneira sobre os memes. Em nenhum dos dois casos devemos nos tornar místicos. Em ambos a idéia de propósito é apenas uma metáfora, mas já vimos que metáfora útil ela é no caso dos genes. Até mesmo usamos palavras como "egoísta" e "implacável" para os genes, tendo plena consciência de que eram apenas um modo de falar. Poderemos, com exatidão o mesmo espírito, procurar memes egoístas ou implacáveis?

Há um problema aqui com relação à natureza da competição. Onde há reprodução sexuada cada gene está competindo especificamente com seus próprios alelos - rivais quanto à mesma fenda cromossômica. Os memes parecem nada ter de equivalente a cromossomos ou a alelos. Suponho que haja um sentido banal pelo qual se pode dizer que muitas idéias têm "opostos". Mas, em geral, os memes assemelham-se às primeiras moléculas replicadoras, flutuando caoticamente livres no caldo primordial, e não aos genes modernos em seus regimentos cromossômicos regularmente pareados. Em que sentido, então, estão os memes competindo entre si? Deveríamos esperar que fossem "egoístas" ou "implacáveis" se não têm alelos? A resposta é que deveríamos, porque há um sentido no qual eles devem engajar-se em um tipo de competição entre si.

Qualquer usuário de um computador digital sabe como são preciosos o tempo e o espaço de armazenamento de memória de um computador. Em muitos centros de computação grandes eles são literalmente avaliados em dinheiro; ou cada usuário poderá receber uma ração de tempo, medida em segundos, e uma ração de espaço, medida em "palavras". Os computadores nos quais os memes vivem são os cérebros humanos. O tempo possivelmente seja um fator limitante mais importante do que espaço de armazenamento; ele é objeto de forte competição. O cérebro humano e o corpo por ele controlado não podem fazer mais do que uma ou algumas coisas de cada vez. Se um meme quiser dominar a atenção de um cérebro humano, ele deve fazê-lo às custas de memes "rivais". Outros artigos pelos quais os memes competem são tempo de rádio e televisão, espaço para anúncios, espaço de jornal e espaço de estantes de biblioteca.

No caso dos genes, vimos no Capítulo 3 que complexos co-adaptados de genes podem se originar no "fundo". Um conjunto grande de genes relacionados ao mimetismo nas borboletas tornou-se fortemente unido no mesmo cromossomo, tão fortemente que pode ser visto como um gene. No Capítulo 5 examinamos a idéia mais sofisticada do conjunto evolutivamente estável de genes. Dentes, garras, vísceras e órgãos dos sentidos mutuamente adequados evoluíram nos "fundos" gênicos dos carnívoros, enquanto que um conjunto estável diferente emergiu dos "fundos" dos herbívoros. Será que alguma coisa semelhante ocorre nos "fundos" de memes? Terá o meme para deus, por exemplo, se associado a outros memes específicos, e será que esta associação auxilia a sobrevivência de cada um dos memes componentes? Talvez pudéssemos considerar uma igreja organizada, com sua arquitetura, rituais, leis, música, arte e tradição escrita como um conjunto co-adaptado estável de memes que se auxiliam mutuamente.

Para mencionar um exemplo específico, um aspecto da doutrina que tem sido eficiente em compelir à obediência religiosa é a ameaça do fogo infernal. Muitas crianças e até mesmo alguns adultos acreditam que sofrerão tormentos horríveis após a morte se não obedecerem as regras dos sacerdotes. Esta é uma técnica particularmente sórdida de persuasão, tendo causado grande angústia psicológica por toda a Idade Média e até mesmo hoje. Mas é altamente eficiente. Quase podemos supor que foi deliberadamente planejada por um clero maquiavélico treinado em técnicas profundas de doutrinação psicológica. No entanto, duvido que os sacerdotes tenham sido tão inteligentes. Mais provavelmente memes inconscientes garantiram sua própria sobrevivência por meio das mesmas qualidades de pseudo-implacabilidade que os genes bem sucedidos exibem. A idéia de fogo infernal é, simplesmente, auto-perpetuadora devido a seu impacto psicológico profundo. Ela ligou-se ao meme para deus porque as duas idéias reforçam-se mutuamente e cada uma ajuda a sobrevivência da outra no "fundo" de memes.

Outro membro do complexo religioso de memes é chamado fé; significa confiança cega, na ausência de evidência, ou mesmo diante dela. A história de São Tomé é narrada não para que o admiremos, mas para que possamos admirar, por comparação, os outros apóstolos. Tomé exigiu evidência. Nada pode ser mais letal para certos tipos de memes do que a tendência a procurar evidência. Os outros apóstolos, cuja fé era tão forte que não precisavam de evidência, nos são apresentados como dignos de serem imitados. O meme para a fé cega garante sua própria perpetuação pelo recurso inconsciente simples de desencorajar a indagação racional.

A fé cega pode justificar qualquer coisa. Se um homem acredita em um deus diferente, ou mesmo se ele utiliza um ritual diferente para adorar o mesmo deus, a fé cega pode decretar que ele deve morrer - na cruz, na fogueira, traspassado pela espada de um cruzado, por uma bala numa rua de Beirute ou numa explosão em um bar de Belfast. Os memes para a fé cega possuem seus próprios métodos implacáveis de se propagarem. Isto vale tanto para a fé religiosa cega como para a fé patriótica e política.

Os memes e os genes muitas vezes podem se reforçar mutuamente, mas as vezes eles se opõem. O hábito do celibato, por exemplo, supõe-se não ser herdado geneticamente. Um gene para o celibato está fadado a falhar no "fundo", exceto sob condições muito especiais tais como encontramos nos insetos sociais. Assim mesmo, um meme para o celibato pode ser bem sucedido no "fundo" de memes. Suponha, por exemplo, que o sucesso de um meme dependa de quanto tempo as pessoas gastam transmitindo-o ativamente a outras pessoas. Todo tempo gasto em fazer qualquer outra coisa que não tentar transmitir o meme pode ser considerado tempo perdido do ponto de vista do meme. O meme para o celibato é transmitido por sacerdotes aos meninos jovens que ainda não decidiram o que querem fazer de suas vidas. O meio de transmissão é a influência humana de vários tipos, a palavra escrita e falada, o exemplo pessoal e assim por diante. Suponha, para continuar o raciocínio, que o casamento enfraquecesse o poder de um sacerdote de influenciar sua congregação, talvez porque ocupasse grande parte de seu tempo e atenção. Isto, de fato, tem sido proposto como um motivo oficial para a obrigação ao celibato entre padres. Se isto ocorresse, o resultado seria que o meme para o celibato poderia ter maior valor de sobrevivência do que o meme para o casamento. Exatamente o oposto, é claro, ocorreria com um gene para o celibato. Se o sacerdote é uma máquina

de sobrevivência para os memes, o celibato será um atributo útil para ser introduzido nele. O celibato é apenas um componente secundário em um grande complexo de memes religiosos que se ajudam mutuamente.

Imagino que os complexos de memes co-adaptados evoluam da mesma maneira como os complexos de genes. A seleção favorece os memes que exploram seu ambiente cultural para vantagem própria. Este ambiente cultural consiste de outros memes que também estão sendo selecionados. O "fundo" de memes, portanto, passa a ter os atributos de um conjunto evolutivamente estável, o qual os novos memes acham difícil invadir.

Tenho sido um pouco negativo com relação aos memes, mas eles têm seu lado alegre também. Quando morremos há duas coisas que podemos deixar atrás de nós; genes e memes. Somos construídos como máquinas gênicas, criados para transmitir nossos genes. Mas este nosso aspecto será esquecido em três gerações. Seu filho, talvez até seu neto, poderão se assemelhar a você, talvez nas características faciais, no talento para a música ou na cor do cabelo. Mas, com a passagem de cada geração, a contribuição de seus genes fica dividida pela metade; não leva muito tempo para atingir proporções desprezíveis. Nossos genes poderão ser imortais, mas a coleção de genes que constitui cada um de nós certamente desintegrar-se-á. A rainha Elizabeth II é descendente direta de Guilherme o Conquistador. No entanto é bastante provável que ela não possua um único gene proveniente do velho rei. Não devemos buscar a imortalidade na reprodução.

Mas, se você contribui para a cultura mundial, se você tem uma boa idéia, compõe uma melodia, inventa uma vela de ignição ou escreve um poema, a idéia poderá sobreviver, intacta, muito tempo após seus genes terem se dissolvido no "fundo" comum. Sócrates poderá ter ou não genes vivos no mundo hoje, como G. C. Williams observou, mas quem se importa com isso? Os complexos de memes de Sócrates, Leonardo, Copérnico e Marconi ainda prosperam.

Não importa quão especulativo seja meu desenvolvimento da teoria dos memes, há um item sério que eu gostaria de enfatizar mais uma vez. Quando examinamos a evolução das características culturais e seu valor de sobrevivência, devemos deixar claro a sobrevivência *de quem* estamos falando. Os biólogos, como vimos, estão acostumados a procurar vantagens ao nível do gene (ou do indivíduo, do grupo, ou da espécie, de acordo com o gosto). O que não levamos em conta anteriormente é que uma característica cultural poderá ter evoluído da maneira como o fez simplesmente porque é *vantajoso para ela própria*.

Não temos que procurar valores biológicos de sobrevivência convencionais de características como religião, música e danças rituais, embora eles também possam estar presentes. Assim que os genes fornecerem às suas máquinas de sobrevivência cérebros capazes de imitação rápida, os memes automaticamente assumirão a responsabilidade. Não temos nem mesmo que postular uma vantagem genética da imitação, embora isso certamente ajudasse. Basta que o cérebro seja *capaz* de imitação: haverá então a evolução de memes que exploram plenamente a capacidade.

Termino agora o tópico dos novos replicadores e encerro o livro com um lembrete de esperança moderada. Uma característica única do homem, a qual poderá ou não ter evoluído memicamente, é sua capacidade de previsão consciente. Os genes egoístas (e, se você permitir as especulações desse capítulo, os memes também) não têm capacidade de previsão. Eles são replicadores inconscientes e cegos. O fato deles se replicarem, juntamente com certas outras condições, significa, quer se queira quer não, que eles tenderão em direção à evolução de qualidades as quais, no sentido especial deste livro, podem ser chamados de egoístas. Não se pode esperar que um replicador simples, seja ele um gene ou um meme, abra mão de vantagens egoístas a curto prazo, mesmo que lhe fosse vantajoso, a longo prazo, fazê-lo. Vimos isto no capítulo sobre a agressão. Mesmo que a "conspiração de pombos" seja melhor para *cada indivíduo isoladamente* do que a estratégia evolutivamente estável, a seleção natural favorecerá a EEE.

É possível que ainda outra qualidade única do homem seja a capacidade de altruísmo verdadeiro, desinteressado e genuíno. Eu espero que sim, mas não vou discutir o assunto nem especular a respeito de sua possível evolução mêmica. O que estou argumentando agora P que mesmo que olhemos para o lado escuro e assumamos que o homem é fundamentalmente egoísta,

nossa capacidade consciente de previsão - nossa capacidade de simular o futuro na imaginação poderia nos salvar dos piores excessos egoístas dos replicadores cegos. Pelo menos temos o equipamento mental para promover nossos interesses egoístas a longo prazo e não simplesmente aqueles a curto prazo. Podemos ver os benefícios a longo prazo de participar de uma "conspiração de pombos" e podemos nos reunir para discutir maneiras de fazer com que a conspiração funcione. Temos o poder de desafiar os genes egoístas de nosso nascimento e, se necessário, os memes egoístas de nossa doutrinação. Podemos até discutir maneiras de cultivar e estimular o altruísmo puro e desinteressado - o que não ocorre na Natureza e que nunca existiu antes em toda história do mundo. Somos construídos como máquinas gênicas e cultivados como máquinas mêmicas, mas temos o poder de nos revoltarmos contra nossos criadores. Somente nós, na Terra, podemos nos rebelar contra a tirania dos replicadores egoístas.

BIBLIOGRAFIA

Nem todos os trabalhos indicados aqui estão mencionados pelo nome no livro, mas todos eles são mencionados pelo número no índice.

1. Alexander, R. D. (1961). Aggressiveness, territoriality, and sexual behavior in field crickets. *Behaviour* 17, 130-223.
2. Alexander, R. D. (1974). The evolution of social behavior. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5, 325-83.
3. Alice, W. C. (sem data). *The social life of animais*. Heinemann, London.
4. Alvarez, F., de Reyna, A. e Segura, H. (no prelo) Experimental brood-parasitism of the magpie (*Pica pica*). *Anim. Behav.*
5. Ardrey, R. (1970). *The social contract*. Collins, London.
6. Bastock, M. (1967). *Courtship: a zoological study*. Heinemann, London.
7. Bertram, B. C. R. (1976). Kin selection in lions and in evolution. In *Growing Points in Ethology* (eds. P. P. G. Bateson & R. A. Hinde). Cambridge University Press. pp. 281-301
8. Bodmer, W. F. (1970). The evolutionary significance of recombination in prokaryotes. *Symp. Soc. General Microbial.* 20, 279-94.
9. Broadbent, D. E. (1961). *Behaviour*. Eyre and Spottiswood, London.
10. Burgess, J. W. (1976). Social spiders. *Sci -Amer.* 234, (3), 101-6.
11. Cairns-Smith, A. G. (1971). *The life puzzle*. Oliver and Boyd, Edinburgh.
12. Cavalli-Sforza, L. L. (1971). Similarities and dissimilarities of sociocultural and biological evolution. In *Mathematics in the archaeological and historical sciences* (eds. F. R. Hodson *et ai.*). University Press, Edinburgh.
13. Charnov, E. L. e Krebs, J. R. (1975). The evolution of alarm calls; altruism or manipulation? *Amer. Nat.* 109, 107-12.
14. Cloack, F. T. Jr. (1975). Is a cultural ethology possible? *Hum. Ecol.* 3, 161-82.
15. Cullen, J. M. (1972). Some principles of animal communication. In *Nonverbal communication* (ed. R. A. Hinde). Cambridge University Press. pp. 101-22.
16. Cullen, J. 'M. Estudo não publicado sobre a teoria da evolução não genética.
17. Darwin, C. R. (1859). *The origin of species*. John Murray, London.
18. Dawkins, R. e Carlisle, T. R. (1976). Parental investment, mate desertion and a fallacy. *Nature* 262, 131-2.
19. Dobzhansky, T. (1962). *Mankind evolving*. Yale University Press, New Haven.
20. Ehrlich, P. R., Ehrlich, A. H., e Holdren, J. P. (1973). *Human ecology*. Freeman, San Francisco.
21. Eibl-Eibesfeldt, I. (1971). *Love and hate*. Methuen, London.
22. Elton, C. S. (1942). *Voles, mice and lemmings*. Oxford University Press.
23. Fisher, R. A. (1930). *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press, Oxford.
24. Gardner, B. T. e Gardner, R. A. (1971). Two-way communication with an infant chimpanzee. In *Behavior of non-human primates* (eds. A. M. Schrier and S. Stollnitz). Academic Press. New York and London.
25. Haldane, J. B. S. (1955). Population genetics. *New Biology* 18, 34-51
26. Hamilton, W. D. (1964). The genetical theory of social behaviour (I e II). *F. Theoret. Biol.* 7, 1-16; 17-32.
27. Hamilton, W. D. (1967). Extraordinary sex ratios. *Science* 156, 477-88.
28. Hamilton, W. D. (1971). Geometry for the selfish herd. *F. Theoret. Biol.* 31, 295-311.

29. Hamilton, W. D. (1972). Altruism and related phenomena, mainly in social insects. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 3, 193-232.
30. Hamilton, W. D. (1975)- Gamblers since life began: barnacles, aphids, elms. *Q. Rev. Biol.* 50, 175-80.
31. Hinde, R. A. (1974). *Biological bases of human social behaviour*. McGraw-Hill, New York.
32. Hoyle, E. e Elliot, J. (1962). Ameaça de Andrômeda - Trad. Jorge Fonseca, Ed. Livros do Brasil. Coleção Argonauta no- 92. Lisboa (sem data).
33. Jenkins, P. F. (no prelo) - Cultural transmission of song patterns and dialect development in a free-living bird population. *Anim. Behav.*
34. Kalmus, H. (1969). Animal behaviour and theories of games and of language. *Anim. Behav.* 17, 607-17.
35. Krebs, J. R, (no prelo). The significance of song repertoires - the Beau Geste hypotesis. *Anim. Behav.*
36. Kruuk, H. (1972). *The spotted hyena: a study of predation and social behavior*. Chicago University Press.
37. Lack, D. (1954). *The natural regulation of animal numbers*. Clarendon Press, Oxford.
38. Lack, D. (1966). *Population studies of birds*. Clarendon Press, Oxford.
39. Le Boeuf, B. J. (1974). Male mate competition and reproductive success in elephant seals. *Amer. Zool.* 14, 163-76.
40. Lewin, B. (1974) *Gene expression - 2*. Wiley, London.
41. Lidicker, W. Z. Jr. (1965). Comparative study of density regulation in confined populations of four species of rodents. *Researches on population ecology* 7, (27), 57-72.
42. Lorenz, K. Z. (1966). *A Agressão*. Trad. Maria Isabel Tamem, Liv. Martins Fontes, Editora Santos, 1973.
43. Lorenz, K. Z. (1966). *Evolution and modification of behavior*. Methuen, London.
44. Luria, S. E. (1973). *Vida - Experiência Inacabada*. Itatiaia-Edusp, 1979.
45. MacArthur, R, H. (1965). Ecological consequences of natural selection. In *Theoretical and mathematical biology* (eds. T. H. Waterman and H. J. Morowitz). Blaisdell, New York, pp. 388-97.
46. McFarland, D. J. (1971). *Feedback mechanisms in animal behaviour*. Academic Press, London.
47. Marler, P. R. (1959). Developments in the study of animal communication. In *Darwin's biological work* (ed. P. R. Bell). Cambridge University Press. pp. 150-206.
48. Maynard Smith, J. (1972). Game theory and the evolution of fighting. In J. Maynard Smith *On evolution*. Edinburgh University Press.
49. Maynard Smith, J. (1974). The theory of games and the evolution of animal conflict. *F. Theoret. Biol.* 47, 209-21.
50. Maynard Smith, J. (1975). *The theory of evolution*. Penguin, London.
51. Maynard Smith, J. (1976). Sexual selection and the handicap principle. *F. Theoret. Biol.* 57, 239-42.
52. Maynard Smith, J. (1976). Evolution and the theory of games. *Amer. Sci.* 64, 41-5.
53. Maynard Smith, J. and Parker, G. A. (1976). The logic of asymmetric contests. *Anim. Behav.* 24, 159-75.
54. Maynard Smith, J. and Price, G. R. (1973). The logic of animal conflicts. *Nature* 246, 15-18.
55. Mead, M. (1950). *Male and female*. Gollancz, London.
56. Medawar, P. B. (1957). *The uniqueness of the individual*. Methuen, London.

57. Monod, J. L. (1974). - A propósito da Teoria Molecular da Evolução. Em Problemas da Revolução Científica. Org. por R. Harré. Editora Itatiaia Limitada em co-edição com a Editora da Universidade de São Paulo. Belo Horizonte - São Paulo, 1976. Trad. Leonidas Hegenberg e Octanny S. da Mota. Volume primeiro da Coleção O Homem e a Ciência. Dirigido por Antônio Brito da Cunha. Páginas 27-40.
58. Montagu, A. (1976). *The nature of human aggression*. Oxford University Press, New York.
59. Moais, Desmond (1957). "Typical Intensity' and its relation to the problem of ritualization. *Behaviour II*, 1-21.
60. *Nuffield Biology Teachers Guide IV* (1966). Longmans, London, p. 96.
61. Orgel, L. E. (1973). *The origins of life*. Chapman and Hall, London.
62. Parker, G. A. Baker, R. R., and Smith, V. G. F. (1972). The origin and evolution of gametic dimorphism and the male-female phenomenon. *F. Theoret. Biol.* 36, S 29-53.
63. Payne, R. S. and McVay, S. (1971). Songs of humpback whales. *Science* 173, S 83-97.
64. Popper, K. (1974). - A Racionalidade das Revoluções Científicas. Em Problemas da Revolução Científica. Org. por R. Harré. Editora Itatiaia Limitada em co-edição com a Editora da Universidade de São Paulo. Belo Horizonte - São Paulo, 1976. Vol. 1 da Coleção O homem e a Ciência. Págs. 91-113.
65. Rothenbuhler, W. C. (1964). Behavior genetics of nest cleaning in honey bees IV. Responses of F₁, and backcross generations to disease-killed brood. *Amer. Zool.* 4, III-23.
66. Ryder, R. (1975). *Victims of science*. Davis-Poyntet, London.
67. Sagan, L. (1967). On the origin of mitosing cells. *F. Theoret. Biol.* 14, 225-74.
68. Sheppard, P. M. (1958). *Natural selection and heredity*. Hutchinson, London.
69. Simpson, G. G. (1966). The biological nature of man. *Science*. 152, 472-78.
70. Smythe, N. (1970). On the existence of 'pursuit invitation' signals in mammals. *Amer. Nat.* 104, 491-94.
71. Tinbergen, N. (1953). *Social behaviour in animals*. Methuen, London.
72. Treisman, M, and Dawkins, R. (no prelo). The cost of meiosis - is there any? *F. Theoret. Biol.*
73. Trivers, R. L. (1971). The evolution of reciprocal altruism. *Q. Rev. Biol.* 46, 35-57.
74. Trivers, R. L. (1972). Parental investment and sexual selection. In *Sexual selection and the descent of man* (ed. B. Campbell). Aldine, Chicago.
75. Trivers, R. L. (1974). Parent-offspring conflict. *Amer. Zool.* 14, 249-4.
76. Trivers, R. L. and Hare, H. (1976). Haplodiploidy and the evolution of the social insects. *Science* 191, 249-63.
77. Turnbull, C. (1972). *The mountain people*. Jonathan Cape, London.
78. Wickler, W. (1968). *Mimicry*. World University Library, London.
79. Williams, G. C. (1966). *Adaptation and natural selection*. Princeton University Press, New Jersey.
80. Williams, G. C. (1975). *Sex and evolution*. Princeton University Press, New Jersey.
81. Wilson, E. O. (1971). *The insect societies*. Harvard University Press.
82. Wilson, E. O. (1975). *Sociobiology: the new synthesis*. Harvard University Press.
83. Wynne-Edwards, V. C. (1962). *Animal dispersion in relation to social behaviour* Oliver and Boyd, Edinburgh.
84. Young, J. Z. (1975). *The life of mammals*, 2nd edition. Clarendon Press, Oxford
85. Zahavi, A. (1975). Mate selection - a selection for a handicap. *F Theoret. Biol.* 53, 205-14,

86. Zahavi, A, (no prelo). Reliability in communication systems and the evolution of altruism. In *Evolutionary Ecology* (ed. B. Stonchouse and C. M. Perrins). Macmillan, London.
Zahavi, A. Personal communication, quoted by permission.

A presente edição de O GENE EGOISTA, de autoria de Richard Dawkins foi traduzida por Geraldo H. M. Florsheim. É o volume nº 7 da Coleção O Homem e a Ciência, dirigida por Antônio Brito da Cunha, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Foi composta em IBM Polyester-Film, com tipos da Família Press Roman, corpo 10/12. Notas em corpo 8/10 da mesma família. A mancha tipográfica é de 26 x 40 paicas, em máquina MC Composer IBM, operada por Marli Passos de Souza nos estúdios da própria Editora. O papel é de fabricação nacional, no formato 87 x 114 - 85 g/m², especialmente fabricado para esta edição e fornecido por SAMAB - S. A. Mercantil Anglo-Brasileira, à Av. Amazonas, 311 - Belo Horizonte. A capa foi concebida pela artista plástica Branca de Castro. Os fotolitos da capa foram executados por YANGUER – Estúdio Gráfico Ltda., à Rua Mem de Sá, 134 - São Paulo. Planejado e diagramado por Alceu Letal. Impressa na Gráfica Bisordi Ltda., à Rua Santa Clara, 54 - Brás - São Paulo, para a Editora Itatiaia Limitada, à Rua da Bahia, 902 - Belo Horizonte, em regime de co-edição com a EDUSP - EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, em agosto de 1979, e no catálogo geral leva o número 0586.