

1 O sorriso do flamingo

Buffalo Bill desempenhou o seu papel específico na redução da população de bisões americanos, estimada em sessenta milhões de cabeças, para a quase extinção. Em 1867, sob os termos de um contrato para fornecimento de comida aos trabalhadores das estradas de ferro, ele e seus homens mataram 4.280 animais em apenas oito meses. O massacre pode ter sido indiscriminado, mas a carne obtida não foi desperdiçada. Outros espoliadores de nossa herança natural mataram bisões com um desenfreamento ainda maior, removendo apenas a língua (considerada uma esplêndida iguaria em certos círculos), e deixando o resto da carcaça a apodrecer.

As línguas já haviam figurado antes nos tristes anais da rapacidade humana. Os primeiros exemplos datam daqueles infames episódios de glotonaria gastronômica — as orgias dos imperadores romanos. O sr. Stanley, o “general moderno” de Gilbert Sullivan, podia “citar em versos elegíacos todos os crimes de Heliogábalo” (isso antes de demonstrar suas habilidades para se apropriar de uma rima através do domínio de “peculiaridades parabólicas” no estudo de seções cônicas)*. Entre outros crimes, o licencioso imperador adolescente cometeria o de presidir banquetes onde figuravam com destaque pratos cheios de línguas de flamingo. Suetônio relata que o imperador Vitélio servia uma gigantesca mistura chamada “escudo de Minerva”, feita de fígados de peixe-papagaio, cérebros de pavão e faisão, tripas de lampréia e línguas de flamingo, sendo todos os ingredientes “trazidos em grandes navios de guerra, de lugares tão longínquos quanto o mar de Cárpato e os estreitos espanhóis”.

Lampréias e peixes-papagaio (apesar de não desprovidos de beleza) raramente suscitaram grande paixão. Mas os flamingos, essas elegantes aves de cor vermelho brilhante (como proclama seu nome**), inspiraram apoio ardoroso, dos poetas da Roma antiga aos modernos preservacionistas. Num de seus mais pungentes dísticos, Marcial criticou duramente seus imperadores (por volta de 80 a.C.), ao especular

* “The Major General’s Song”, da opereta *The Pirates of Penzance*, de W. S. Gilbert e A. S. Sullivan. (N.T.)

** Proveniente talvez do latim *Flamma* (chama, fogo) com o sufixo germânico *ingl.*, segundo Antenor Nascentes. (N.T.)

sobre a possibilidade de um destino diferente, houvesse a língua do flamingo sido dotada, não simplesmente de sabor agradável, mas de melodia, como a do rouxinol:

*Dat mihi penna rubens nomen; sed lingua gulosis
Nostra sapit: quid, si garrula lingua foret?*

(Minha asa vermelha me dá o nome; mas os epicuristas consideram saborosa a minha língua. Mas, e se minha língua pudesse cantar?)

A maioria dos pássaros tem línguas magras e pontudas, certamente indignas de um imperador, mesmo em grandes quantidades. O flamingo, para seu posterior e imprevisível infortúnio, adquiriu ao longo da evolução uma língua grande, macia e carnuda. Por quê?

Os flamingos desenvolveram um método extraordinariamente raro de alimentação, único entre as aves e adotado por bem poucos dentre os outros vertebrados. Seus bicos são providos de numerosas fileiras complexas de lamelas córneas — filtros que funcionam como as barbatanas das baleias gigantes. Os flamingos são errônea e comumente retratados como residentes típicos de luxuriantes ilhas tropicais — algo divertido de se ver enquanto se bebe rum e coca-cola na varanda do cassino. Na verdade, eles vivem num dos habitats mais inóspitos do mundo — os lagos rasos e hipersalinos. Poucas criaturas são capazes de tolerar as condições ambientais incomuns desses desertos salinos. As que conseguem se desenvolver podem, na ausência de competidores, multiplicar em muito suas populações. Os lagos hipersalinos, portanto, oferecem aos predadores condições ideais para a evolução de uma estratégia de alimentação por filtragem — poucos tipos de presas potenciais, disponíveis em grandes quantidades e de tamanho essencialmente uniforme. O *Phoenicopterus ruber*, o maior flamingo (de espécie mais comum em nossos jardins zoológicos e nas áreas de preservação das Bahamas e de Bonaire), filtra, predominantemente, presas de dimensões em torno de uma polegada — pequenos moluscos, crustáceos e larvas de insetos, por exemplo. Mas o *Phoeniconaias minor*, o flamingo menor, possui filtros tão densos e eficazes que são capazes até mesmo de reter células de cianofíceas e diatomáceas de 0,02 a 0,1 mm de diâmetro.

Os flamingos fazem com que a água passe através de seus filtros de duas maneiras (tal como documentado por Penelope M. Jenkin em seu artigo clássico de 1957): balançando a cabeça para a frente e para trás, eles permitem que a água flua passivamente, ou então, pelo sistema mais comum e eficaz, que inspirou os glutões romanos pelo bom-

beamento ativo sustentado por uma língua grande e forte. A língua preenche um grande canal no bico inferior. Move-se rapidamente para a frente e para trás, com uma frequência de até quatro vezes por segundo, trazendo a água através dos filtros com o movimento para trás e expelindo-a com o movimento para a frente. A superfície da língua está munida de numerosos denticulos que raspam o alimento recolhido nos filtros (exatamente como as baleias recolhem o *krill* de suas barbatanas),

A vasta literatura sobre a alimentação dos flamingos sempre ressaltou esses singulares filtros — e com frequência negligenciou outra característica, intimamente relacionada ao tema, igualmente notável e longamente considerada pelos grandes naturalistas. Os flamingos alimentam-se de cabeça para baixo. Eles se postam na água rasa, abaixam a cabeça até o nível dos pés, ajustando sutilmente a posição da cabeça pelo alongamento ou acentuação da curva em “S” do pescoço. Esse movimento naturalmente inverte a posição normal da cabeça, e, desse modo, os bicos têm seus papéis convencionais trocados durante a alimentação. O bico anatomicamente superior do flamingo fica para baixo e passa a servir, funcionalmente, como uma mandíbula inferior. O bico anatomicamente inferior fica para cima, na posição assumida pelos bicos superiores de quase todas as outras aves.

Com esta curiosa inversão, afinal chegamos ao tema do presente ensaio: esse comportamento incomum resultou em mudanças de forma? E, em caso afirmativo, quais foram elas e como se deram? A teoria de Darwin, na condição de postulada sobre a adaptação a circunstâncias ambientais imediatas (não um progresso geral ou uma direção global), prevê que a forma deve seguir a função a fim de estabelecer uma boa adaptação a estilos peculiares de vida. Em resumo, poderíamos suspeitar que o bico superior do flamingo, agindo funcionalmente como uma mandíbula inferior, evoluiria até se aproximar, ou mesmo imitar, a forma usual da mandíbula inferior de uma ave (e vice-versa no caso do bico anatomicamente inferior e funcionalmente superior). Tal modificação terá ocorrido?

A natureza abriga um enorme séquito de excentricidades, tão especiais que dificilmente sabemos o que prever. Neste caso, porém, nos deparamos com uma inversão precisa de anatomia e função usual — o que nos leva a uma expectativa definida: quando o comportamento presente entra em conflito com a anatomia convencional, os animais com características invertidas deveriam reorientar a forma de seus corpos para uma nova função.



O sorriso enigmático de um cisne — ou será que não é bem isso?

Podemos começar dispensando as costumeiras pontificações (mas só por alguns instantes) e olhar uma figura. Se essa figura lhe provoca uma vaga sensação de familiaridade e um leve estranhamento, sua percepção é aguda. Ainda assim, acompanhe minha exposição.

A princípio julgamos ver um cisne com um longo pescoço e um largo sorriso. Mas, olhe com mais cuidado, pois os detalhes traem esse animal impossível. A boca se abre *acima* dos olhos. As plumas estão voltadas na direção errada. E, onde estão suas pernas? Vou mos-

trar-lhes, a seguir, o famoso original em sua posição correta (e com as pernas de volta) — o flamingo de *Birds of America* de J. J. Audubon, que certamente figurará em qualquer relação de ilustrações mais famosas da história natural.

Esse radical deslocamento perceptual, de cisne feliz para altivo flamingo, traz à lembrança qualquer um dos vários itens-padrão do arsenal de ilusões de óptica da psicologia — particularmente o da jovem dama bem-vestida, com o rosto voltado, que se transforma na velha megera de perfil. Na verdade, qualquer desenho bem-executado de um flamingo, quando visto de cabeça para baixo, produz o mesmo efeito surpreendente (verifiquei todos os retratos historicamente importantes) — e por um motivo óbvio. As mandíbulas evoluíram para se adaptarem à sua função invertida. A mandíbula superior do flamingo de fato se parece com o bico inferior de uma ave típica, e, portanto, vemos o flamingo de cabeça para baixo, não como um absurdo, mas apenas como uma ave parecida com o cisne, ligeiramente estranha.

As alterações morfológicas vão muito além das modificações da forma exterior responsáveis por essa mudança perceptual tão surpreendente, de flamingo ereto para “cisne” invertido. Note-se, porém, primeiro a curva peculiar do próprio bico. O bico do flamingo projeta-se do seu rosto, mas faz então um desvio angular abrupto, produzindo a acentuada corcova que se parece com um cocho (e que funciona como tal) quando invertida durante a alimentação. Alguns povos do Oriente próximo chamam os flamingos de “camelos do mar”, não porque o bico curvo lembre a corcova do camelo, mas porque ele imita a curva de nariz que confere uma errônea (porém inabalável) impressão de arrogância a ambos os animais (ver meu ensaio sobre a história de Mickey Mouse e as mensagens transmitidas casualmente pelos traços faciais dos animais — ensaio 9 de *O polegar do panda*). Virada de cabeça para baixo, a curvatura torna-se um sorriso, e um “cisne” sorridente substitui o flamingo arrogante.

Os bicos estão minuciosamente adaptados a seus papéis invertidos, e não simplesmente curvados no ponto médio com vistas a uma reorientação adequada. Em primeiro lugar, os tamanhos relativos foram rearranjados para complementar os formatos. O bico superior é pequeno e raso, e o inferior, profundo e maciço. (Na maioria das aves, o bico inferior, menor, move-se para cima e para baixo contra o bico superior, maior.) Em segundo lugar, o bico inferior do flamingo (funcionalmente superior durante a alimentação) evoluiu até adquirir uma rigidez incomum. Os ossos de cada metade (ou *ramus* no jargão técnico) são firmemente fundidos, e os próprios *rami* são, por sua vez, sol-



O famoso flamingo, de *Birds of America*, de J. J. Audubon.

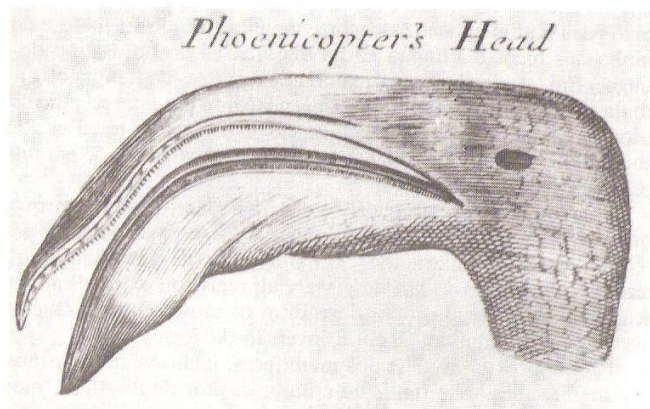
dados um ao outro. O bico inferior é maciço e bem fixado. A língua é disposta longitudinalmente numa cavidade profunda da mandíbula inferior. (Lembre-se de que a alimentação por filtração serve como

tema coordenador de todas essas mudanças — a postura de cabeça para baixo para a alimentação, a decorrente alteração do formato e do tamanho dos bicos e a língua gorda que quase selou o destino do flamingo.) Em terceiro lugar, na maioria das espécies de flamingo, a mandíbula superior, de tamanho menor, encaixa-se em um receptáculo inferior, de tamanho maior, numa inversão da convenção usual — a mandíbula inferior, com movimento para cima, encaixando-se em um bico superior de tamanho maior.

Essas mudanças complexas e coordenadas formam um quadro convincente, mas deixam de lado uma peça, reconhecida como sendo a chave para as peculiaridades do flamingo desde que Menipo, quase trezentos anos antes do apelo de Marcial, registrou a primeira especulação ainda preservada sobre o assunto: os movimentos também são invertidos para combinar com a inversão da forma?

Na maioria das aves (e dos mamíferos, inclusive nós mesmos), a mandíbula superior se funde ao crânio; os atos de mastigar, morder e gritar fazem com que a mandíbula inferior se mova contra esse suporte fixo. Se a postura alimentar invertida converteu a mandíbula superior do flamingo numa mandíbula inferior funcional em tamanho e forma, então devemos supor que, ao contrário de toda a praxe anatômica, esse bico superior se move para cima e para baixo contra uma mandíbula inferior rígida. O flamingo, em resumo, deveria alimentar-se erguendo e baixando sua mandíbula superior.

Fazendo justiça à clareza de pensamento dos nossos melhores naturalistas, notei com prazer em minhas leituras que esta questão central vem sendo considerada fundamental há mais de dois mil anos — por cientistas de diversas culturas e ao longo de todas as vicissitudes de teoria e prática que têm marcado a história da biologia. Georges Buffon, o maior de todos os naturalistas sinópticos, iniciou seu ensaio sobre flamingos, de meados do século XVIII, admitindo a fama de sua coloração vermelha, mas, ao mesmo tempo, sustentando que o estranho formato de seu bico constituía um problema de interesse ainda maior: “Essa cor flamejante não é o único traço notável exibido por essa ave. Seu bico tem um formato extraordinário, a parte superior sendo achatada e fortemente curvada em sua porção central, e a inferior densa e bem assentada, como uma grande colher.” Em resumo, usando a sua adorável língua, “*une figure d'un beau bizarre et d'une forme distinguée*”. Então, remontando a questão até Menipo, Buffon estabeleceu o *primum desideratum* dos estudos sobre flamingos — “saber se, neste bico singular, é (como disseram muitos naturalistas) a parte superior que se move, ao passo que a inferior mantém-se fixa e imóvel”.



O flamingo de Nehemiah Grew, 1681. A ilustração que acompanha a primeira proposição importante de que os flamingos se alimentam movendo a mandíbula superior para cima e para baixo apoiada sobre a mandíbula inferior. De N. Grew, *Musaeum Regalis Societatis*, 1681. Reproduzido de *Natural History*.

O primeiro comentário amplo e explícito fora oferecido em 1681 por Nehemiah Grew, o grande naturalista inglês (conhecido principalmente por seus pioneiros estudos microscópicos de plantas). Ao catalogar as coleções da Royal Society — no seu *Musaeum Regalis Societatis, or a catalogue and description of the natural and artificial rarities belonging to the Royal Society and preserved at Gresham College, whereunto is subjoyned the comparative anatomy of stomachs and guts* [*Musaeum Regalis Societatis*, ou catálogo e descrição das raridades naturais e artificiais pertencentes à Royal Society e preservadas no Gresham College, ao qual se acha apenas a anatomia comparativa dos estômagos e intestinos] —, ele encontrou um único flamingo (ver figura) e declarou: “Aquilo no qual ele se mostra mais notável é no bico.” Grew achava que as singularidades do bico seriam explicadas caso a porção superior se movesse apoiada contra uma mandíbula inferior estacionária. Ele afirmava que a “forma e o tamanho grande do bico superior (o qual, neste caso, ao contrário do que ocorre com todas as aves que vi, é mais fino e bem menor que o inferior) indicam que ele é mais apropriado para o movimento e para realizar o contato, e o inferior, para recebê-lo”.



Flamingos em sua postura alimentar característica — de cabeça para baixo. Fotografia de D. Purcell.

A questão não foi inteiramente solucionada até que Jenkin publicasse seu abrangente trabalho em 1957 — confirmando com dados sólidos as suspeitas e o bom julgamento de Menipo, Grew e Buffon. Na verdade, os flamingos (assim como várias outras aves) desenvolveram uma articulação esférica altamente móvel entre as mandíbulas superior e inferior. Os bicos, por conseguinte, têm maior mobilidade, e cada um deles pode se mover de modo independente. No alisamento de plumas com o bico, tanto a mandíbula superior quanto a inferior podem ser abertas e operadas uma contra a outra. Mas na alimentação, a mandíbula superior em geral se abaixa e se ergue apoiada contra uma mandíbula inferior estacionária — exatamente como os grandes naturalistas sempre haviam suposto.

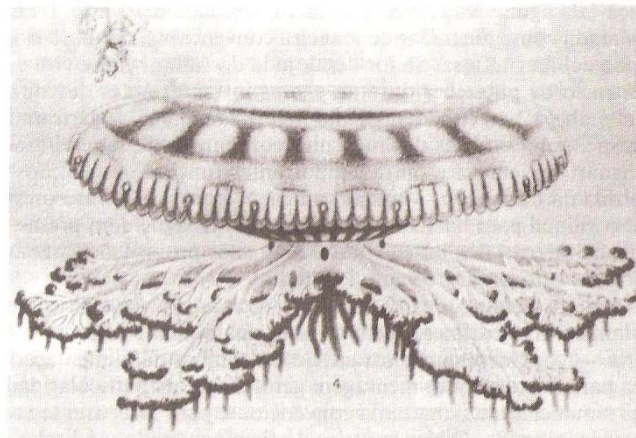
A reviravolta do flamingo é completa e abrangente — quanto à forma e ao movimento. As formas são subvertidas pela inclinação, os tamanhos trocados, o encaixe invertido e a sustentação deslocada. A ação também é invertida. Uma inversão particular de comportamento engendrou uma complexa inversão na forma. A evolução como adap-

tação a modos particulares de vida — na visão de Darwin — ganha força a partir de um teste extremo imposto por uma forma de vida de cabeça para baixo.

Mas os flamingos são apenas um exemplo divertido ou simbolizam uma generalidade? O que dizer de outras criaturas que vivem de cabeça para baixo? Consideremos outro animal de águas rasas das Índias Ocidentais, a medusa invertida, *Cassiopea xamachana* (a heterodoxa denominação da espécie é uma menção ao nome dado pelos nativos americanos à ilha da Jamaica).

A *Cassiopea* é uma água-viva não convencional em vários aspectos. Ela não desenvolve tentáculos marginais nem boca central. Em vez disso, oito “braços orais” (assim chamados porque cada um deles contém uma boca) carnudos e complexamente ramificados emergem de um talo central curto e robusto, ligado ao costureiro guarda-chuva das águas-vivas, só que com uma diferença (ver a figura — uma reprodução da clássica litografia da monografia de Mayer, de 1910, *Medusae of the World*). Os braços orais estão repletos de células algáceas simbióticas, um possível impulso adaptativo para a elaborada ramificação (com o fim de fornecer superfícies captadoras de luz aos simbioses fotossintetizantes). Cada braço oral abriga cerca de quarenta vesículas orais — sacos ocos conectados com os canais alimentares e contendo nas pontas bolsas de nematocistos, ou células urticantes. As vesículas disparam seus nematocistos contra as presas (em geral pequenos crustáceos) em filamentos de muco; os filamentos com as vítimas grudadas e paralisadas são depois puxados para as bocas orais. (Sim, também achei engraçada, assim como alguns de vocês, a redundante expressão “boca oral” — o equivalente zoológico de torta de pizza ou corrente AC. Esta expressão desajeitada é o resultado infeliz de uma decisão anterior de designar os apêndices como “braços orais” — um equivalente reduzido de “bocas dos braços orais”).

A anatomia incomum da *Cassiopea* combina com sua orientação e seu estilo de vida não convencionais. As águas-vivas comuns, providas de auto-respeito, nadam ativamente com seus guarda-chuvas para cima e os braços e tentáculos para baixo. A *Cassiopea* permanece estacionada no fundo de poços rasos e regiões costeiras — de cabeça para baixo. O topo de seu guarda-chuva se abraça ao sedimento, e os braços orais ondulam por cima, esperando que pequenos crustáceos adentrem sua órbita. Os navegadores de Fort Jefferson, nas Tortugas, onde a *Cassiopea* guarnece as docas, chamavam-nas de “bolos de musgo”. (Como a *Cassiopea* é capaz de dar uma ferroada bem dolorida, e, já que os marinheiros em geral “apimentam” sua linguagem de mo-



Cassiopea xamachana. Note a concavidade da superfície superior e o anel muscular erguido. Figura reproduzida tal como foi apresentada (na posição ecológica errada, com o lado pretensamente correto para cima). De Mayer, 1910. Reproduzido de *Natural History*.

do a que ela se adapte à qualidade do estímulo, fico imaginando como eles realmente as chamavam. Contudo, o sr. H. F. Perkins, ao escrever em 1908 sobre a anatomia da *Cassiopea*, preferiu não nos contar.)

O guarda-chuva da *Cassiopea* lembra a mandíbula do flamingo em sua adaptação à vida invertida. A superfície superior do guarda-chuva mostra-se suavemente convexa nas águas-vivas comuns, como exige a eficiência hidrodinâmica. Mas a superfície superior do guarda-chuva da *Cassiopea* (a superfície funcionalmente inferior na vida de cabeça para baixo) é acentuadamente côncava — bem apropriada para servir como um dispositivo de ventosa para pegar e segurar o substrato.

A *Cassiopea* realizou uma segunda e intrigante modificação para a sua insólita vida invertida. A maioria das águas-vivas move-se na água contraindo anéis de músculos concêntricos que circundam a porção exterior do guarda-chuva. Na *Cassiopea*, um desses anéis musculares foi erguido e acentuado, formando uma faixa circular contínua que rodeia a concavidade interna. Este aro erguido opera juntamente com a superfície côncava para formar uma eficaz ventosa que mantém a

“cabeça” da água-viva em sua posição apropriada no fundo. (A *Cassiopea* ainda consegue nadar de maneira convencional, embora o faça de modo débil e ineficaz. Se for desalojada do fundo, ela se vira e nada por meio de pulsações durante alguns instantes antes de voltar a fixar a “cabeça” no fundo.) Alguns cientistas também sugeriram que as contrações pulsatórias dos músculos concêntricos, em geral usados para nadar, servem para outras importantes funções na posição fixa e invertida da *Cassiopea* — manter a ligação com o substrato pressionando o animal para baixo e mover correntes de água com presas potenciais na direção dos braços orais. Mas estas proposições razoáveis não foram testadas de forma adequada.

Assim, os flamingos e a *Cassiopea* — dois animais que dificilmente poderiam ser mais diferentes em modelo anatômico e história evolucionária — compartilham a característica comum da alimentação de cabeça para baixo. Como mensagem geral dentre as particularidades, ambos remodelaram a anatomia convencional para fazer frente ao estilo de vida invertido. O bico superior do flamingo mudou radicalmente — em tamanho, formato e movimento — para parecer e funcionar como o bico inferior da maioria das aves. O ápice estrutural da guarda-chuva da *Cassiopea* inverteu o seu formato para funcionar adequadamente como um “pé ecológico”.

A adaptação tem um poder maravilhoso de alterar um projeto anatômico, amplamente difundido e estável entre milhares de espécies, para responder às exigências invertidas de um estilo de vida ímpar adotado por uma ou algumas poucas formas aberrantes. No entanto, não devemos concluir que a adaptação darwiniana ao meio ambiente local possui poder irrestrito para modelar formatos teoricamente ótimos para todas as situações. A seleção natural, como processo histórico, só pode trabalhar com o material disponível — nestes casos, os modelos anatômicos convencionais desenvolvidos para a vida comum. As imperfeições e soluções excêntricas resultantes, construídas a partir de partes disponíveis, registram um processo que se desdobra no tempo a partir de antecedentes inadequados, não a obra de um arquiteto perfeito trabalhando *ab nihilo*. A *Cassiopea* elege uma faixa de músculos comumente usada para nadar e forma um aro saliente que agarra o substrato. Os flamingos curvam o bico numa curiosa corcova como a única solução topológica para uma nova orientação.

Estas adaptações à vida de cabeça para baixo não são apenas fatos divertidos. Elas nos ajudam a compreender a solução para um dilema maior, e clássico, na teoria da evolução (daí minha decisão de uni-los neste ensaio). Podemos compreender facilmente como os fla-

✓ Estruturalistas
Funcionalistas

mingos e a *Cassiopea* funcionam; suas características incomuns de fato os tornam adaptados para as suas vidas não convencionais. Mas como surgem estas estruturas bizarras se a evolução tem de avançar através de etapas intermediárias (ninguém irá sugerir com seriedade que o primeiro protoflamingo virou a cabeça para baixo e depois gerou descendentes com um conjunto completo de adaptações complexas à vida invertida).

Nos anos pré-darwinianos do começo do século XIX, quando a teoria da evolução era novidade, e quando os primeiros expoentes de uma idéia tão radical estavam tentando formular as suas implicações, surgiram duas escolas que conduziram a um debate interessante (e em boa parte esquecido) que durou até que Darwin resolvesse a polêmica. Ambos os lados admitiam o bom ajuste que em geral existe entre forma e função — adaptação no sentido estático, não-histórico. Os estruturalistas, como Etienne Geoffroy Saint-Hilaire argumentavam que a forma deve mudar primeiro e depois encontrar uma função. Os funcionalistas, como Jean Baptiste Lamarck, sustentavam que os organismos devem primeiro adotar um modo de vida diferente para acionar algum tipo de pressão para uma forma subsequente alterada.

A natureza desta “pressão” inspirou outro debate famoso (e mais lembrado, se bem que não mais importante). Lamarck afirmava que os organismos reagiam criativamente às necessidades impostas pelo meio ambiente e depois transmitiam as mudanças resultantes diretamente para a prole — a “herança de caracteres adquiridos” no jargão costumeiro. Darwin argumentava que o meio ambiente não impunha as exigências adaptativas de imediato. Em vez disso, os organismos que, por sorte, variavam em direções melhor ajustadas ao meio ambiente local, através de um processo de seleção natural, deixavam uma descendência sobrevivente maior.

Como Darwin venceu esta discussão sobre a natureza das informações que o meio ambiente passa para o organismo, Lamarck foi eclipsado e, ainda hoje, apesar dos vários esforços dos historiadores para corrigir o equívoco, sofre de uma reputação imposta de perdedor, que não deve ter nenhuma de suas idéias levadas a sério.

Mas Lamarck tinha a resposta certa (a mesma que Darwin) para a disputa maior entre estruturalistas e funcionalistas. (Ele apenas propôs o mecanismo errado para explicar como o meio ambiente transmite suas mensagens aos organismos.) A solução estruturalista de Geoffroy propõe um óbvio dilema. Se a estrutura muda primeiro, de acordo com desconhecidas “leis de forma”, e depois encontra o meio ambiente mais adequado para o seu estado alterado, como pode sur-

gir a adaptação precisa? Poderíamos admitir que algumas mudanças básicas e gerais tendem a preceder algum significado ou vantagem funcional — um animal poderia, por exemplo, tornar-se maior e depois explorar as vantagens inerentes a um tamanho maior. Mas como acreditar seriamente que algo tão complexo, tão variado e tão profundamente adaptado a uma ecologia incomum como o bico do flamingo poderia surgir antes do fato e sem relação com a sua serventia — permitindo que apenas mais tarde o flamingo descobrisse como aquele bico funcionava tão bem de cabeça para baixo?

A solução funcionalista de Lamarck reveste-se de uma simplicidade refinada atualmente aceita por quase todos os evolucionistas (mas que costuma ser atribuída a Darwin, que também a defendia. Por mais que eu admire Darwin, quero fazer um apelo para que este princípio básico seja reconhecido como contribuição principal de Lamarck. Ele não surge como uma nota de rodapé eventual na *Philosophie zoologique* de Lamarck, de 1809, mas como um tema central de seu livro. Lamarck sabia muito bem sobre o que estava argumentando e por quê). Lamarck simplesmente reconhecia que a mudança de comportamento deve preceder a alteração da forma. Um organismo entra em um novo ambiente com a sua antiga forma, adaptada para outros estilos de vida. A inovação comportamental estabelece uma discordância entre função nova e forma herdada — um ímpeto para a mudança (por meio de reação criativa e herança direta para Lamarck, por meio de seleção natural para Darwin). O protoflamingo primeiro inverte o seu bico normal — e ele não funciona muito bem. A proto-*Cassiopea* fica de cabeça para baixo, mas o seu guarda-chuva convexo não agarra o substrato. Lamarck escreveu:

Não é nem a forma do corpo, nem a das suas partes, que dá origem aos hábitos dos animais e ao seu modo de vida; mas, pelo contrário, foram os hábitos, o modo de vida, e todas as outras influências do meio ambiente que modelaram ao longo do tempo o formato do corpo e das partes dos animais.

A evidência direta da solução de Lamarck não pode surgir de adaptações tão “completas” quanto o bico do flamingo ou o guarda-chuva da *Cassiopea* — embora, mesmo neste caso, a inferência se torne verdadeiramente irresistível (afinal, por que deveriam os flamingos, de modo exclusivo entre as aves, desenvolver um bico tão peculiar, se não para explorar o ambiente incomum que escolheram?). Devemos surpreender o processo em seus estágios iniciais — encontrando animais

invertidos que já alteraram o seu comportamento, mas não a sua forma.

Os silurídeos africanos da família Mochokidae incluem várias espécies que caracteristicamente nadam de barriga para cima (ver G. Sterba, na bibliografia). O comportamento já se modificou radicalmente, e em alguns casos dispomos até mesmo de bons palpites quanto aos gatilhos que detonaram o processo. (O *Synodontis nigriventris*, por exemplo, come algas raspando o lado inferior das folhas de plantas aquáticas.) Mas a forma mudou pouco, isso quando mudou. Algumas poucas espécies inverteram o costumeiro padrão de coloração mimética própria de peixes que nadam perto da superfície. As barrigas claras da maioria dos peixes, vistas contra o sol, os tornam invisíveis aos predadores que olham de baixo. Mas o *S. nigriventris*, como dá a entender o seu nome (barriga preta), é escuro no lado anatomicamente inferior, e claro no lado estruturalmente superior. Como este peixe nada de barriga para cima, o lado claro fica para baixo, como de costume. No entanto, a não ser por esta mudança de cor, a maioria dos Mochokidae invertidos tem a mesma aparência que os seus parentes que nadam com a barriga para baixo. O tamanho, o formato e a posição das nadadeiras não mudaram. O detonador do processo (supostamente recente) é comportamental. Teremos de esperar para ver quais mudanças ainda podem ocorrer.

Como questão final, os leitores podem reconhecer a validade de minha argumentação, mas rejeitar os exemplos como triviais ou periféricos. Todos amamos os flamingos, e a *Cassiopea* estimula o nosso interesse (o nosso corpo também, se nos metermos com ela). Os Mochokidae são divertidos nos aquários. Mas é possível ver a forma de vida invertida como algo mais que um cantinho engraçado da história natural? Todos os meus exemplos são as adaptações acabadas de umas poucas espécies; a vida invertida pode levar a algo fundamental e amplo?

Como importante ilustração tirada da história (embora a idéia seja, quase com certeza, incorreta), o modo de vida invertido certa vez arrebatou a atenção como especulação fundamental sobre a origem dos vertebrados — a teoria do “verme que se virou”, por assim dizer. Os anelídeos e os artrópodes, os mais complexos dos invertebrados segmentados, desenvolvem cordões nervosos ventrais (no lado de baixo); o esôfago penetra nos cordões nervosos e liga uma boca ainda mais ventral a um canal alimentar central (intestino) localizado acima dos cordões nervosos. Nos vertebrados o cordão nervoso principal está disposto longitudinalmente em posição dorsal (no lado de cima), e o ca-

7
E
D
R
E
DO
SER-
ME
INVERTIDO

nal alimentar, inclusive boca e esôfago, localiza-se inteiramente no lado de baixo.

Estes dois modelos anatômicos parecem inteiramente incompatíveis e não relacionados. Não obstante, e ironicamente no contexto do contraste que fiz entre a opinião estrutural e a funcional, o maior de todos os estruturalistas, o próprio Geoffroy Saint-Hilaire, notou que um anelídeo virado de barriga para cima fica um bocado parecido com um vertebrado — pois o cordão nervoso ventral torna-se então dorsal e fica acima do canal alimentar. Resolvendo um problema, surgem outros: a boca agora se abre no lado de cima do verme invertido. Geoffroy sugeriu, como uma solução *ad hoc*, que exige demais da credulidade, que a antiga boca e o esôfago que penetra no nervo simplesmente desapareceram, e que uma abertura de todo nova (a boca de vertebrado) desenvolveu-se abaixo do cordão nervoso, ligando-se diretamente ao canal alimentar, e não mais penetrando no sistema nervoso. (Tantas outras diferenças incomodam a comparação — por exemplo, a falta de qualquer estrutura nos anelídeos que lembre a notocorda ou as fendas branquiais dos vertebrados, disparidades fundamentais no desenvolvimento embriológico dos dois grupos — que a teoria do verme nunca impôs assentimento geral, embora tenha se mantido por quase um século como uma controvérsia fundamental.)

Geoffroy nunca pretendeu que sua comparação de vertebrado com verme invertido fosse uma especulação evolucionária, mas apenas uma comparação estrutural para escorar a sua notável teoria de que todos os animais compartilham de um plano arquitetônico comum. (Ele também sustentava que os segmentos do esqueleto externo de um inseto correspondiam às nossas vértebras internas — e que os insetos viviam literalmente dentro das próprias vértebras. Esta comparação implicava a conclusão adicional e assombrosa, francamente defendida por Geoffroy, de que as pernas dos insetos são costelas de vertebrado.)

Geoffroy também expôs a sua comparação como uma hipótese funcional sobre a adaptação — ele não sustentava (como Lamarck poderia ter feito) que o comportamento inovador de um verme (de virar-se de barriga para cima) havia detonado uma pressão adaptativa para uma remodelação anatômica. Muito pelo contrário. Como estruturalista, ele afirmava que ventre e dorso são termos de invenção humana sem nenhum sentido, usados para descrever uma orientação superficial também desprovida de sentido para aquilo que realmente importa — leis estruturais abstratas de forma e caminhos de modificação permitidos.

Hoje, rejeitamos a especulação de Geoffroy junto com a sua abordagem de forma e função. O modo de vida invertido confirma a asserção de Lamarck de que a mudança substancial na morfologia surge em geral como consequência de gatilhos comportamentais. O famoso lema do século XIV, daquela arrogante instituição — o New College — de Oxford, parece incorporar uma verdade essencial tanto sobre a história quanto sobre a conduta: os modos fazem o homem.

A mudança de
o gatilho da modifica-
ção da forma e da função.