

Evolução

3 Seleção Natural e Adaptação



Apresentação da aula

Nesta semana, nós iremos estudar um conceito chave em evolução: seleção natural. Como veremos, trata-se de uma ideia simples (quase intuitiva) e elegante, mas cujas implicações não são imediatas. O próprio Thomas Henry Huxley (brilhante naturalista do século XIX e amigo de Darwin), ao ler o **Origem das Espécies** exclamou: “Como fui estúpido em não ter pensado nisso antes!”.

Huxley não deveria ter sido tão duro consigo mesmo, não é uma ideia fácil de “pegar”. O caderno do professor do Estado de São Paulo de biologia do 3o ano para o 3o bimestre de biologia de 2008 diz que: “*O que inspirou a teoria de Darwin foi a observação da vida em diferentes ambientes. Os vários anos de intensa observação da natureza serviram de base para a proposição da teoria da evolução por seleção natural*”. Dessa forma na aula colocamos vários exemplos e atividades que podem auxiliar aos alunos em sala a entender esse importante conceito.

Seleção natural e adaptação

Quando Darwin cunhou o termo “seleção natural”, ele o fez por ser uma analogia direta com a seleção artificial que vem sendo feita há milênios com plantas e animais domesticados pelo homem. Logo que nossos antepassados começaram a cultivar ou criar animais ou plantas que fossem de seu interesse, especialmente para a alimentação, perceberam que, se utilizassem para reprodutores ou matrizes aqueles indivíduos que tivessem as características mais desejáveis, nas próximas gerações, essas características passariam a ser mais comuns nas gerações subsequentes. Essa é uma prática milenar, que acompanhou o homem na sua jornada em direção à construção das civilizações.

A existência de adaptações nos seres vivos também já é de conhecimento dos estudiosos desde a Antiguidade. Todos aqueles que observam os seres vivos se admiram com órgãos ou estruturas adaptados às suas funções. Quem já observou um beija-flor pairando estático no ar com suas minúsculas asas que batem em ritmo tão frenético, que mal conseguimos distingui-las durante o voo, e um urubu, que plana com as asas estendidas praticamente imóveis, sabe que um beija-flor jamais conseguiria planar com suas asas minúsculas em relação a seu corpo e que um urubu não conseguiria ficar parado no ar com suas asas enormes.

A teoria da evolução por seleção natural de Darwin e Wallace juntou esses dois aspectos: As estruturas biológicas são do jeito que são porque os organismos que as possuem foram selecionado,s naturalmente, por longos períodos de tempo. No caso do beija-flor e do urubu, a teoria propõe que essas duas espécies de aves descendem de um ancestral comum às duas espécies.

O que é a seleção natural?

Para haver seleção natural, em primeiro lugar, é preciso que haja variação genética. Se em uma população existem diferenças entre os indivíduos, mas elas não são passadas aos descendentes, não há possibilidade de haver seleção natural.

Se houver variação genética, isso significa que existem características que são diferentes entre os indivíduos de uma população e que tais características são transmitidas aos descendentes daqueles indivíduos.

Além de haver diferenças genéticas entre os indivíduos, para que haja seleção natural, é também preciso haver sucesso diferencial entre os indivíduos. O sucesso pode ser medido pela capacidade que eles têm de sobreviver e de deixar descendentes. O termo conhecido para a avaliação do sucesso de cada um dos indivíduos é a aptidão darwiniana, ou *fitness*, termo em inglês também bastante empregado.

A aptidão de um indivíduo refere-se ao sucesso que ele pode ter em relação aos demais por possuir uma ou mais características determinadas geneticamente. Mas essa aptidão também é relativa com relação ao ambiente no qual a espécie vive. Por exemplo, suponha que haja diferenças genéticas relativamente a características relacionadas com um fator ambiental, por exemplo a umidade. Em ambientes muito úmidos, certas características podem ser vantajosas, mas as mesmas características podem ser prejudiciais em um ambiente mais seco!

Além disso, é preciso que haja competição entre os indivíduos para haver seleção natural. A essa competição normalmente se associa a expressão utilizada por Darwin - “luta

pela sobrevivência”. Esse é um aspecto que precisa ser bem esclarecido para não resultar em interpretações erradas sobre a seleção natural. A palavra “luta” significa também uma disputa ativa de natureza física por um recurso. Mas a “luta pela sobrevivência” pode ser bem mais sutil se entendida em sua forma mais abrangente. Não se pode imaginar duas plantas lutando diretamente entre si, mas dois indivíduos podem competir por um recurso limitado, importante para elas, tal como a incidência de luz solar. Nesse caso, uma planta que tenha uma inclinação das folhas mais adequada à região em que vive, ou que possua um sistema de fotossíntese mais eficiente que a outra certamente levará vantagem. Isso sem significar em absoluto que elas “briguem” diretamente.

A competição intraespecífica, ou seja, a competição que existe entre indivíduos de uma mesma espécie, é uma decorrência natural do fato de que o potencial reprodutivo de uma espécie é sempre muito maior que aquele que pode ser realizado. O potencial reprodutivo refere-se ao número de descendentes que um indivíduo pode deixar. Não existe, na natureza, qualquer organismo que tenha um potencial reprodutivo igual ou menor que o suficiente para manter a população com tamanho constante! Isso é muito fácil de se demonstrar. Suponha que exista uma espécie de dois sexos de fertilização cruzada. Para manter exatamente o mesmo tamanho populacional, bastaria que cada casal produzisse somente dois descendentes, um macho e uma fêmea. Suponha que essa espécie de fato produzisse somente dois descendentes, sendo um de cada sexo, durante toda a sua vida reprodutiva. Entretanto, se em cada geração houvesse alguns indivíduos que não conseguissem sobreviver até a fase de maturação sexual, a população diminuiria de tamanho, tendendo à sua total extinção!

Os tipos de seleção natural

Seleção estabilizadora

Embora haja associação quase imediata entre os termos “evolução” e “seleção natural”, nem sempre a seleção natural resulta em evolução! Um dos tipos de seleção natural é a seleção estabilizadora. Esse tipo de seleção ocorre quando existe, na população, uma distribuição de características geneticamente determinadas, onde ambos os extremos são prejudiciais. Um exemplo desse fenômeno pode ser observado quando se comparam dados de taxa de sobrevivência neonatal humana com o peso ao nascer. Bebês muito pequenos e bebês muito grandes são aqueles que, sem cuidados especiais, teriam probabilidade menor de sobrevivência do que aqueles que têm um peso mais próximo da média populacional. Estes têm maior chance de sobrevivência e são menos indicados aos cuidados especiais no pós-parto.

Seleção direcional

Neste tipo de seleção, a tendência da população é um dos fenótipos ser substituído gradualmente por outro fenótipo mais vantajoso. Este é o tipo de seleção mais conhecido. Existem inúmeros exemplos de seleção direcional. Um deles é tratado na maioria dos livros didáticos sobre evolução, mas ele deve ser abordado com cuidado especial. É a questão do pescoço da girafa. Esse exemplo tornou-se especialmente famoso por ter sido abordado por Lamarck em seu livro de 1809. Segundo Lamarck, as girafas, que esticavam

seu pescoço para alcançar folhas mais acima das copas das árvores, acabavam por tê-lo estendido pelo uso e transmitiam essa característica aos seus descendentes. Darwin abordou o tema somente na sexta edição do seu livro “A origem das espécies”, em decorrência de discussões que aconteceram após a publicação das edições anteriores. Segundo Darwin, em cada uma das gerações, havia variação no tamanho do pescoço das girafas e aquelas com pescoço maior tinham mais sucesso na alimentação e, portanto, deixava mais descendentes com a característica herdada. Mais recentemente, verificou-se que os machos de girafa, em suas disputas por território, usam seus pescoços nessas lutas. Entretanto, as girafas com pescoços maiores também têm mais sucesso na sua alimentação de folhas dispostas em níveis mais altos, conforme demonstrado em pesquisas de campo recentes realizadas na África. Assim, o pescoço enorme da girafa resulta de uma combinação de seleção natural e de seleção sexual (veja mais adiante). Por essa complicação, esse exemplo não é muito didático. Outro exemplo de seleção natural que é bastante empregado em livros didáticos é o da coloração da mariposa *Biston betularia* na Inglaterra. Relata a história que, antes da revolução industrial, havia predominância de formas claras, que conseguiam se dissimular dos predadores, pois se confundiam com líquens que ocorrem nas cascas de árvore da região. Com a revolução industrial, os líquens desapareceram das árvores por causa da poluição atmosférica. Com isso, as formas mais claras teriam sido mais predadas por pássaros e foram substituídas pelas formas mais escuras, pela ação da seleção natural pelas aves predadoras de insetos. Com o avanço no combate à poluição atmosférica devido à legislação mais severa e com emprego de tecnologia de limpeza de rejeitos industriais, os líquens voltaram e, com isso, também as formas claras aumentaram de frequência. Tal exemplo tem sido criticado por algumas disparidades, como o uso de mariposas mortas para a demonstração da predação diferencial por pássaros, mas tais detalhes não invalidam a demonstração de seleção natural nessa situação.

Existem, entretanto, bons exemplos de seleção direcional e que podem ser abordados didaticamente pelo seu potencial de motivação, por estarem relacionados às questões ambientais ou de saúde pública.

O DDT é um inseticida, que foi caracterizado como tal pela primeira vez em 1939, embora já tivesse sido sintetizado em 1874. Quando foi testado no combate a insetos praga e insetos transmissores de doenças, foi um sucesso estrondoso. Nessa época, previa-se que o uso de tal inseticida resolveria os problemas causado pelos insetos na agricultura. Logo depois se verificou que sua eficiência não era tão boa como havia sido nas aplicações iniciais. Insetos que tinham uma resistência natural a esse inseticida aumentaram de frequência na população, já que aqueles que eram sensíveis tinham sido rapidamente dizimados.

Um dos primeiros medicamentos contra o HIV, vírus causador da AIDS, foi o AZT, análogo a um ribonucleotídeo. Devido à ação de seleção direcional nos vírus, esse medicamento logo perdeu a eficácia. Atualmente, aplica-se uma mistura de medicamentos diferentes no tratamento da AIDS, conhecida como coquetel anti-HIV. Neste caso, a probabilidade de que uma linhagem de vírus venha a se tornar resistente pela ação da seleção natural é bem menor, pois um vírus resistente a todos os componentes da mistura precisaria ter mutações favoráveis em vários genes ao mesmo tempo, o que é pouco provável. Entretanto, mesmo sendo pouco provável, isso não é impossível. Para prevenir esse acontecimento, a formulação do coquetel anti-HIV é constantemente modificada.

Atualmente no Brasil, é proibida a venda de antibióticos sem prescrição médica também para diminuir a chance da evolução de linhagens bacterianas resistentes a esses

medicamentos tão valiosos, que corriam o risco de se tornar inúteis graças à seleção de linhagens bacterianas resistentes.

Seleção disruptiva

Este tipo de seleção é exatamente o contrário da seleção estabilizadora. Na seleção disruptiva, os fenótipos extremos são os que são favorecidos e os intermediários são prejudicados. A seleção disruptiva ocorre quando há heterogeneidade ambiental. Suponha que haja dois nichos ecológicos em um ambiente, em um exemplo hipotético, um animal que se alimenta de dois tipos diferentes de frutos, um deles com baixo teor de açúcar e outro rico nesse nutriente. Um metabolismo voltado à obtenção de energia a partir de açúcares seria favorecido naqueles animais que se alimentam de frutos ricos nesse nutriente, mas seria prejudicial em animais que se alimentam de frutos pobres em açúcares, ocorrendo o inverso também. A seleção disruptiva favorece o aparecimento de diferenciação entre as populações e tem sido considerada importante na diferenciação de novas espécies mais especialistas que a espécie ancestral. Esse assunto será retomado no módulo que abordará a formação de novas espécies.

Seleção sexual

Algumas características apresentadas por alguns animais parecem não estar relacionadas com a sua sobrevivência em seus ambientes. Por exemplo, animais que apresentam coloração ou formas exuberantes podem facilitar a sua captura por predadores ou essa característica pode até mesmo dificultar sua livre movimentação. Os exemplos que têm mais chamado a atenção dos naturalistas são a cauda do pavão ou a coloração aberrante de plumas de aves, que fazem com que elas se destaquem no meio da vegetação dos seus habitats. Na maioria dos casos, essas características são diferentes nos machos e nas fêmeas, fenômeno que é conhecido como dimorfismo sexual.

A explicação para o dimorfismo sexual surgiu quando da própria formulação da teoria da evolução. Em seu livro “A origem das espécies”, Darwin dedica um capítulo a essa questão. Ele explica que há um tipo de seleção que atua em um dos sexos por causa da escolha que é feita pelos indivíduos do outro sexo. Na imensa maioria dos casos em que há dimorfismo sexual, o sexo que é mais exuberante em termos de forma e coloração é o macho. Isso resulta da escolha por parte das fêmeas dos indivíduos com quem elas irão se acasalar. Os sexos são definidos de acordo com o tipo de gameta que produzem. Os machos produzem os espermatozoides, gametas muito pequenos e móveis. As fêmeas produzem os óvulos, gametas maiores e sem mobilidade própria. Por serem pequenos, os espermatozoides podem ser produzidos em grandes quantidades, ao passo que as fêmeas, que são, na maioria das vezes, responsáveis pela nutrição e cuidado com seus descendentes, produzem óvulos em quantidades muito menores que a quantidade de espermatozoides produzidos pelos machos. Assim, a estratégia mais eficiente para os machos é tentar se reproduzir com o maior número de fêmeas possível, uma vez que o custo relativo da produção de um espermatozoide é muito baixo. Por outro lado, a estratégia mais eficiente para as fêmeas é garantir a sobrevivência dos seus descendentes, já que têm de fornecer a eles nutrientes e energia, pelo menos nas fases iniciais de seu desenvolvimento. Ora, se o sucesso dos descendentes depende da qualidade dos genitores, é mais eficiente, para as fêmeas, escolher como pai de seus descendentes o macho que teria características mais vantajosas, pois essas características podem ser transmitidas aos seus descendentes.

O dimorfismo sexual resulta, portanto, na maior parte dos casos, da seleção de machos por parte das fêmeas. O que é intrigante é pensar por que razão uma fêmea de pavão escolhe um macho que tenha uma cauda tão grande e exuberante, uma vez que isso dificulta sua mobilidade, além de facilitar a vida de seus predadores, principalmente pelo fato de que essas características podem ser transmitidas a seus descendentes! A explicação para isso é a de que, se uma cauda tão grande e chamativa continua ilesa depois de tudo o que aconteceu durante a vida do pavão macho, é porque esse macho apresenta características vantajosas. Uma cauda vistosa significa que o macho conseguiu lidar com as dificuldades que aconteceram em sua vida, tais como doenças ou eventuais contatos com predadores, além de ter tido sucesso na obtenção de alimentos saudáveis.

O mesmo raciocínio se aplica para outras características. Uma coloração chamativa implica também o sucesso no escape da ação de predadores. Nesse caso, as colorações conspícuas podem também facilitar o encontro das fêmeas, pois os machos que se destacam de seus ambientes são facilmente encontradas pelas fêmeas em busca de acasalamento.

Há também muitos casos de dimorfismo sexual de tamanho, onde os machos são maiores que as fêmeas. Em geral, o dimorfismo sexual de tamanho está associado com territorialidade e poligamia. Os machos que controlam territórios são preferidos pelas fêmeas. No caso de territorialidade, há disputas entre machos pelo controle dos territórios mais favoráveis. Essas disputas raramente chegam a resultar em morte de um dos oponentes, havendo disputas totalmente ritualizadas, nas quais os machos sequer chegam a se tocar. Elas podem ser consideradas como uma demonstração de habilidades, onde os machos que se reconhecem menos hábeis simplesmente abandonam a disputa e procuram oponentes menos aptos em outros territórios ou, então, aguardam o envelhecimento do possuidor do território e seu próprio aprimoramento posterior.

Para saber mais

Links

- [Objeto Educacional](#) do MEC sobre Seleção Natural
- Pontociência – [Seleção natural](#)
- Pontociência – [Resistência a antibióticos](#)
- Pontociência – [Experimentos: praticando a seleção natural](#)

Vídeos

- [Darwin 200 anos](#): a seleção natural das espécies
- Pontociência – [Aula dinâmica: seleção natural](#)

Atividades

Questionário

Após assistir aos 6 vídeos da sessão **Para saber mais**, responda as perguntas:

- Comparando-se os conteúdos dos vídeos e das aulas da presente disciplina, você conseguiu perceber em algum vídeo e/ou atividade algum erro conceitual sobre evolução?
- Para cada vídeo, destaque o que você achou mais interessante.
- Escolha um dos vídeos e apresente simplificadamente (em até 400 palavras) uma proposta de atividade didática utilizando esse vídeo em sala de aula para abordar o tema evolução

