



# EVIDÊNCIAS E TEORIAS EVOLUTIVAS

## ADAPTAÇÃO

É o conjunto de características estruturais, fisiológicas e comportamentais que podem determinar a sobrevivência e a reprodução de uma espécie em seu ambiente. Explica o fato de o Brasil apresentar vários tipos de ambientes que abrigam uma imensa **biodiversidade**.

O jacaré-de-papo-amarelo, por exemplo, apresenta olhos e narinas localizados acima da superfície da água quando o animal se desloca em rio. Com isso, ele pode se aproximar de uma presa sem ser notado e, além disso, pode respirar sem maiores restrições.

A adaptação é a capacidade que os indivíduos apresentam de conseguir se adequar as mudanças ambientais ou até um novo ambiente. Existem três tipos de adaptações: mimetismo, camuflagem e a coloração de advertência.

**Mimetismo** é a capacidade que uma espécie possui de se assemelhar a outra, animal ou vegetal. Essa semelhança confere vantagens como proteção contra predadores para um ou ambos os organismos; vantagem na predação e em ação de parasitismo confundindo-se com o ambiente ou se passando por uma espécie que não oferece perigo. O mimetismo pode ser:

**Mimetismo Batesiano:** uma das duas espécies é prejudicial, tem sabor ruim (é impalatável) ou é protegida dos predadores e frequentemente marcada. O mimetismo é inofensivo, sendo protegido contra os predadores pela sua similaridade com o modelo. Um exemplo deste tipo de mimetismo é a larva de mariposa *Hemeroplanes ornatus*, que ao se sentir ameaçada, infla seu tórax e cabeça, assemelhando-se a uma cobra.

**Mimetismo Mülleriano:** ambas as espécies são impalatáveis aos predadores e ganham mutuamente pelo fato de terem a mesma coloração de aviso, uma vez que os predadores aprendem a evitá-las após saborear uma delas. Esse tipo de mimetismo foi proposto pelo naturalista Fritz Müller, em 1864, e geralmente ocorre em espécies próximas e que sofreram com as mesmas pressões seletivas do meio.

A **camuflagem** é uma adaptação que alguns animais exibem que dificulta o risco de detecção. Esta estratégia é útil tanto para se proteger de predadores, como para não ser detectado por potenciais presas. Na camuflagem, o animal confunde-se, no aspecto de sua cor, com o ambiente em que vive, o que dificulta sua visualização pelo predador ou pela presa. A lagartixa satânica, por exemplo, é um animal que apresenta essa forma de defesa. Sua cor e forma fazem com que os predadores o confundam com folhas secas.



**Camuflagem de advertência:** alguns animais apresentam coloração intensa e diversificada e isso pode ser uma advertência de que podem ser perigosos. Desta forma, os predadores os evitam. Esse tipo de interação entre os seres vivos e o ambiente é denominado de coloração de advertência.

## FIXISMO OU CRIACIONISMO

Essa corrente sempre foi vinculada à visão religiosa de mundo, apoiada no Gênesis bíblico: os seres vivos teriam sido criados por Deus (daí “criacionismo”), que os fez já adaptados ao ambiente; desde o início da vida, os seres vivos permaneceriam sem maiores alterações (o que justifica o termo “fixismo”, de fixo, imutável).

## EVOLUÇÃO

Com o tempo, os cientistas – geólogos, principalmente – começaram a notar que o planeta passou e passa por muitas mudanças. Algumas alterações são lentas e outras, bastante bruscas. Hoje confirma-se uma hipótese já antiga de afastamento de massas continentais; Brasil e África, por exemplo, afastam-se alguns centímetros por ano.

Alguns naturalistas do século XIX começaram a elaborar hipóteses acerca da ocorrência de alterações também nos seres vivos ao longo do tempo. Trata-se da corrente de pensamento conhecida como evolucionismo ou transformismo, o mecanismo através do qual os seres vivos se modificam ao longo do tempo.

## EVIDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO

Muitos biólogos procuraram embasar seus argumentos acerca da ocorrência de evolução por meio de dados concretos. Assim, foram sendo reunidas várias evidências evolutivas, entre as quais se destacam: fósseis, semelhanças entre seres vivos, a existência de órgãos vestigiais e, também, evidências bioquímicas.

### A. Fósseis

A morte de um organismo não significa que ele vai necessariamente desintegrar-se de maneira completa. Plantas e animais podem ser encobertos por lava vulcânica e uma parte significativa de seus corpos acaba sendo preservada. Cientistas podem obter informações valiosas sobre o passado do nosso planeta quando encontram esses verdadeiros tesouros científicos, os restos ou vestígios de seres vivos de épocas remotas.



Insetos em âmbar.



Pegadas de dinossauro.

Entende-se por resto como sendo qualquer estrutura que sobrou do organismo após sua morte, como escamas, cascos, ossos e conchas. Há casos mais raros de preservação de organismos inteiros, como o de mamutes no gelo e de insetos em âmbar. Outros fósseis são constituídos apenas por marcas preservadas, como a de pegadas em placas de lama endurecida.

## Aranha com cauda e ave são encontradas em âmbar com mais de 90 milhões de anos

Duas descobertas fizeram os pesquisadores quebrarem a cabeça para reorganizar a árvore evolutiva: primeiro, uma aranha com uma cauda maior do que ela, datando 100 milhões de anos, encontrada em Mianmar. A segunda descoberta foi uma ave que viveu há 99 milhões de anos, encontrada no mesmo local que a aranha. Ambos os animais estavam revestidos e preservados em âmbar. O âmbar em questão é aquela resina pegajosa encontrada em árvores, em versão fossilizada, que manteve os animais conservados e intactos por milhões de anos. Acredita-se que o âmbar da região de Mianmar pertença ao período Cretáceo, e por isso possibilita estudos



minuciosos de espécies até então desconhecidas. Mas vamos às descobertas... Corpo de aranha e cauda de escorpião? O aracnídeo denominado *Chimerarachne yingi* que morou na Terra há 100 milhões de anos, compartilha várias características das aranhas modernas: 8 patas, 2 pedipalpos, fiandeiras, etc. Ela ainda traz como novidade uma longa cauda flagelada medindo cerca de 3 milímetros (contra 2,5 milímetros do corpo da aranha). Os pesquisadores acreditam que a cauda teria função sensorial, servindo como uma antena, e que a aranha morava perto de árvores, já que estava envolvida em âmbar. Outra teoria é de que a aranha, apesar de ter fiandeiras, não fabricava teia, e utilizava a seda produzida para embrulhar ovos, fazer toalhas, redes de dormir, ou para marcar seus caminhos.



E a ave? O fóssil de ave apesar de ser 1 milhão de anos mais novo (99 milhões de anos), também é uma descoberta especial! Mesmo não sendo aparentemente “bonita”, o exemplar contém um indivíduo jovem bem preservado, onde é possível identificar a parte de trás do crânio da ave, parte da coluna, quadril, partes de uma asa e de uma perna. Através do fóssil, os pesquisadores poderão estudar a parte interna da ave pré-histórica.

O depósito de Mianmar tem se mostrado um valioso tesouro para o estudo de diversas espécies que viveram no período Cretáceo. Através das modernas técnicas de análise que dispomos, é possível traçar

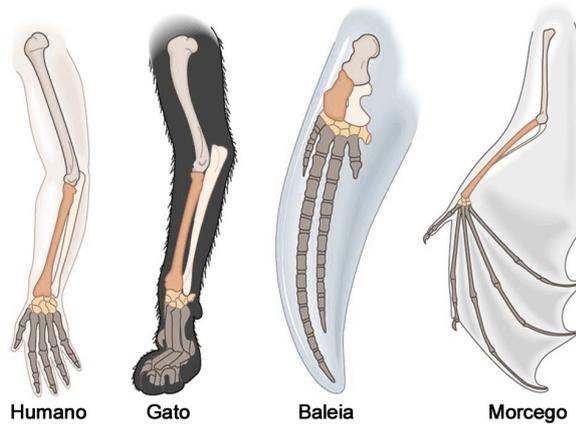
uma linha evolutiva de milhões de anos, que nos permite entender como eram e como viviam outras espécies ao longo desse tempo.

Fonte: *Nature I e II*, National Geographic.

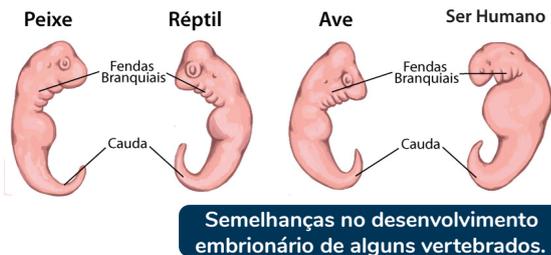


## B. Semelhanças e Parentesco

Quando consideramos um gato e um ser humano, notamos uma série de diferenças externas. No entanto, um estudo anatômico revelará grandes semelhanças internas, por exemplo, em relação aos ossos dos membros superiores.



Essa notável semelhança interna é interpretada como resultado de um processo evolutivo: seres humanos e gatos são mamíferos que tiveram um ancestral comum; ao longo do tempo esse ancestral originou espécies que se modificaram profundamente, mas que mantiveram uma semelhança anatômica. Quando se procede a uma análise de desenvolvimento embrionário de animais bastante diferentes, como tartaruga, galinha e homem, notam-se semelhanças surpreendentes. Para os evolucionistas, representam, também, uma evidência de parentesco, ou seja, de um ancestral comum.



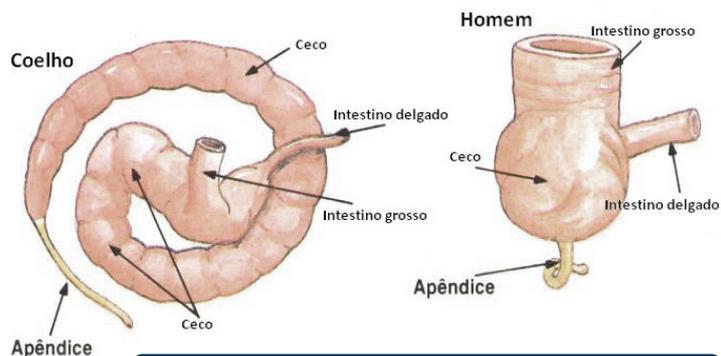
Atualmente, os cientistas analisam as semelhanças entre as espécies de modo muito mais refinado, com a comparação de suas moléculas de DNA e de proteínas. São as chamadas evidências bioquímicas da evolução.

## C. Órgãos Vestigiais

São órgãos normalmente com tamanho reduzido ou aparentemente sem função em uma espécie. Esses mesmos órgãos em outras espécies são bem desenvolvidos e com função importante para o organismo. Esses órgãos, como aparecem em espécies diferentes, podem ser utilizados como indicativo de ancestralidade comum.

Como exemplo de órgão vestigial, podemos citar o apêndice vermiforme, que é reduzido e aparentemente sem função no homem e nos animais carnívoros, e desenvolvido nos animais herbívoros.

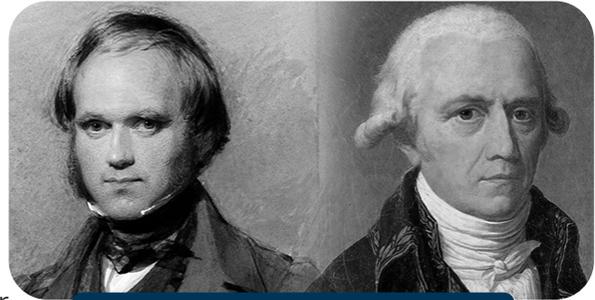
Nos herbívoros, o apêndice vermiforme é importante no processo de digestão da celulose, realizada por microrganismos que vivem nesse apêndice.





## ADAPTAÇÃO: O QUE PENSAVAM DARWIN E LAMARCK?

Logo que começamos a estudar evolução, nos deparamos com as teorias evolutivas e Lamarck é o primeiro a dar as caras em nossos livros didáticos. Sabemos que Lamarck se enganou e que a sua teoria não estava certa. De qualquer forma, as mudanças evolutivas foram registradas pela primeira vez através de suas observações, e isto merece crédito! Hoje acreditamos na teoria de Darwin, que de uma forma diferente, vai explicar a mesma coisa que o Lamarck tentou explicar. Ambos expressaram suas crenças sobre o conceito de adaptação dos indivíduos e é importante que a gente saiba as similaridades e diferenças na teoria de cada um. Vamos lá? O que Lamarck acreditava? Na Teoria dos Caracteres Adquiridos, Lamarck dizia que se um organismo tivesse a vontade ou a necessidade de mudar ao longo da vida, e mudasse para se adaptar ao ambiente, essas mudanças seriam transmitidas para a sua prole. Por exemplo, elefantes de troncos curtos poderiam adquirir troncos longos para poder alcançar a água e os galhos altos, e esta característica – troncos longos – seria transmitida aos seus filhos. Lamarck defendia também a Lei do Uso e Desuso, onde, por exemplo, as partes do corpo que não estivessem sendo usadas, desapareceriam gradualmente, como o apêndice humano. Não podemos julgar Lamarck, afinal demoramos bastante tempo para descobrir a função do nosso apêndice, não é mesmo?



Darwin (à esquerda) e Lamarck (à direita).

E no que Darwin acreditava? Para Darwin as mudanças de um indivíduo ao longo da vida não tinham relação nenhuma com os seus desejos e vontades. Ele considerava que organismos de uma mesma espécie poderiam ser diferentes, e que essas variações os ajudariam a sobreviver no ambiente que vivem. Se tomarmos os elefantes como exemplo novamente, os que possuíssem troncos longos sobreviveriam e se reproduziriam, transmitindo esses caracteres aos seus descendentes, já os elefantes de tronco curto morreriam, sem transmitir este traço à prole. Darwin acreditava que a evolução ocorre sem qualquer tipo de plano, ao acaso. O que os dois tinham em comum? Apesar da distinção das duas teorias, Darwin e Lamarck acreditavam que a vida estava mudando com o passar do tempo, e que os seres vivos também estavam e precisavam se adaptar ao ambiente. Além disso, compartilhavam a ideia de que a vida evoluiu de organismos mais simples para mais complexos.

Por que acreditamos em Darwin hoje? Ainda que acreditemos em Darwin, suas ideias não eram totalmente modernas, já que na sua teoria, ele rejeitou vários conceitos que aprendemos hoje ao estudar sobre hereditariedade. De qualquer forma, esta é a teoria aceita hoje e você deve tê-la em mente. Quanto a Lamarck, é fácil entender que as alterações que são feitas em um indivíduo ao longo da vida, não são transmitidas para a sua prole. Se tivermos um órgão amputado, nossos filhos não virão sem esse órgão, como acreditava Lamarck. Além disso, Lamarck realizou um estudo errado da genética. Após os estudos de Mendel, descobrimos que as características são transmitidas através de genes, e que estes genes não são afetados pela nossa própria vontade, como pensava o naturalista. E aí... Pronto pra detonar nos conteúdos de evolução?

Fonte: New England Complex System Institute



## D. Evidências Bioquímicas

Algumas proteínas são extremamente semelhantes entre os vertebrados. Como exemplo, podemos citar o citocromo C, uma molécula presente na cadeia respiratória dos vertebrados. Uma análise detalhada mostrou que a sequência desta proteína difere entre o homem e o macaco em apenas um aminoácido.

Já entre o homem e o peixe, essa diferença aumenta para 20 aminoácidos. Esse dado, associado a outras evidências pode indicar a existência de uma provável ancestral comum.

## DARWIN, LAMARCK E NEODARWINISMO

As principais ideias evolucionistas foram propostas por dois grandes cientistas do século XIX, uma em 1809 e outra em 1859. Analisadas por contemporâneos e por biólogos posteriores, foram refutadas ou revistas. No entanto, essas explicações constituem, atualmente, verdadeiros alicerces das ciências biológicas.

### Lamarck

Um ousado cientista francês, Jean Baptiste Lamarck, publicou, em 1809, uma obra considerada pioneira em evolução biológica: *Filosofia zoológica*. Nessa obra, Lamarck defendia a ideia de que os seres vivos poderiam se modificar ao longo do tempo, a partir de necessidades geradas pelo ambiente. Assim, por exemplo, coelhos ancestrais dos atuais poderiam ter tido orelhas curtas, apresentando necessidade de ouvir a aproximação de predadores. Isso determinaria por parte dos coelhos um esforço para ouvir melhor, movimentando frequentemente as orelhas. A partir daí podem ser enunciados dois fundamentos do lamarckismo:

#### 1) Lei do Uso e Desuso

Estruturas muito utilizadas apresentam a tendência de se desenvolver e as menos utilizadas tendem a se atrofiar.

As estruturas do coelho mais utilizadas seriam suas orelhas e patas traseiras (empregadas na fuga de predadores). No entanto, seus dentes caninos (típicos de animais carnívoros) seriam pouco ou nada empregados, pois eles apresentam dieta à base de plantas.



Mulher-girafa com pescoço alongado pelo uso de anéis.

#### 2) Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos

As mudanças do organismo através de uso e desuso, seriam transmitidas aos descendentes. Assim, ao longo de várias gerações haveria um aumento gradual das orelhas e patas traseiras dos coelhos, enquanto seus dentes caninos terminariam por desaparecer.



Posteriormente, com o desenvolvimento da genética, foram esclarecidos os mecanismos de herança biológica e, efetivamente, não se dá a transmissão de características adquiridas durante a vida. Um exemplo: bebês não nascem com o lobo da orelha furado, apesar de suas mães ou pais terem realizado esse procedimento.

## Darwinismo

O pioneirismo de Lamarck não foi reconhecido pelos seus contemporâneos. No entanto, 50 anos depois da publicação de seu trabalho, um cientista inglês daria andamento ao desenvolvimento das ideias evolutivas: Charles Darwin.

Aos 22 anos interessou-se em participar de uma expedição realizada pela Marinha Inglesa, dando a volta ao redor do mundo. A expedição percorreu parte da América do Sul, sendo que Darwin encontrou, na Argentina, fósseis de animais semelhantes a tatus. Posteriormente, a expedição passa algumas semanas no arquipélago de Galápagos, a aproximadamente mil quilômetros do Equador.



Rota navegada por Charles Darwin no navio Beagle.

Nessas ilhas, ficou intrigado com os jabutis gigantes que ali viviam. Notou que havia tipos distintos de tentilhões (uma espécie de pássaro) nas diferentes ilhas; os animais diferiam em relação ao formato do bico, no aspecto das patas e no comprimento do pescoço. Deveria haver uma explicação para essas diferenças.

Após seu retorno à Inglaterra, Darwin passou a trabalhar com o material que obteve durante a expedição. Em 1859, publicou o livro *A Origem das Espécies*, que tratava de evolução biológica.

## Visão Darwinista da Evolução

Darwin relata que para ele foi decisiva a leitura do trabalho de Thomas Malthus (*Um Ensaio Sobre Populações*) no qual, segundo Malthus, haveria uma grande luta pela sobrevivência diante da produção insuficiente de alimento.

O mecanismo evolutivo proposto por Darwin pode ser assim iniciado:

- a) os seres de uma espécie apresentam tendência de gerar muitos indivíduos;
- b) no entanto, as populações naturais mantêm-se estáveis;
- c) isso significa que apenas alguns indivíduos sobrevivem.



Teoria Malthusiana



Darwin considerou um fato importante: os integrantes de uma mesma espécie não são idênticos e deu o nome de variabilidade a essas diferenças.

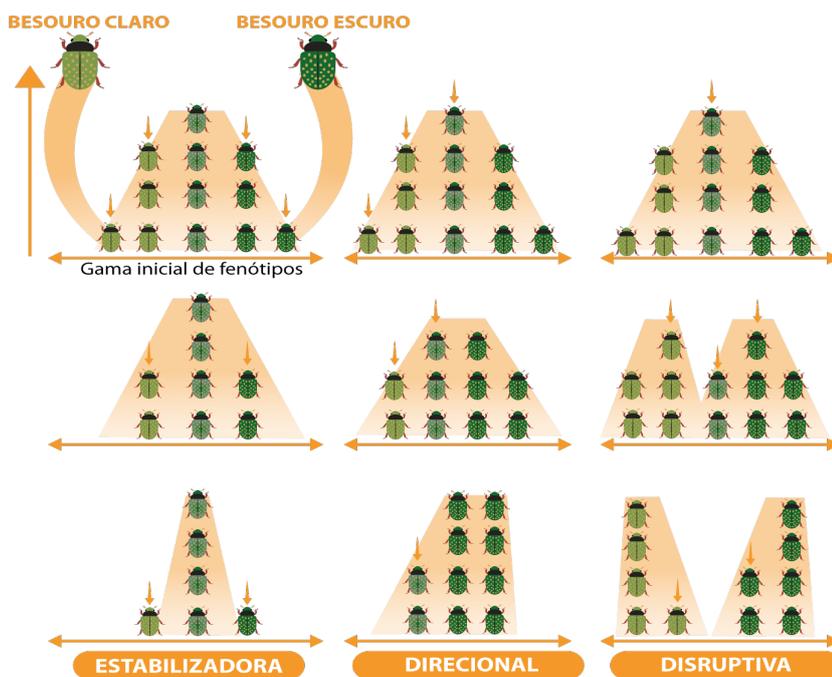
Entre os organismos da mesma espécie, devem sobreviver os que forem mais adaptados. Nesse ponto, o ambiente teria um papel fundamental, selecionando os indivíduos mais aptos, permitindo sua sobrevivência e reprodução. Essa “escolha” dos mais aptos, Darwin denominou **seleção natural**.



Apesar de Darwin ter dado um passo gigantesco na compreensão do mecanismo de evolução biológica, ele não pôde explicá-lo em sua totalidade. Um dos aspectos falhos em sua teoria era a inexistência de exemplos concretos de evolução. Outro problema era seu desconhecimento acerca dos mecanismos de herança biológica, capazes de explicar as causas da variabilidade entre os seres vivos de uma determinada espécie. Vale lembrar que a Genética efetivamente começa em 1900, com a redescoberta dos trabalhos de Gregor Mendel e Darwin morreu em 1882. No século XX, os biólogos puderam completar o trabalho de Darwin. Encontraram exemplos atuais de evolução e explicaram as causas da variabilidade. Assim, foi feita a síntese entre duas áreas da Biologia: a Genética com a Evolução. Disso resultou a Teoria Sintética da Evolução, também conhecida como neodarwinismo.

## TIPOS DE SELEÇÃO NATURAL

A seleção natural é o processo de adaptação de uma população ao meio de vida. Existem 3 tipos de seleção natural: direcional, estabilizadora e disruptiva.



As figuras acima apresentam três tipos de seleção natural, nas quais os besouros claros e escuros se proliferaram e desenvolveram, ao longo das gerações, certas características.



Na seleção direcional, há um favorecimento de um determinado fenótipo extremo e detrimento dos outros fenótipos, que são eliminados. Um exemplo desse tipo de seleção é a resistência a antibióticos e o melanismo industrial.

Na seleção estabilizadora, o favorecimento ocorre nos fenótipos (e, como consequência, nos genótipos) intermediários, com eliminação dos fenótipos extremos. Um exemplo desse tipo de seleção é os indivíduos com anemia falciforme em áreas em que a malária está presente.

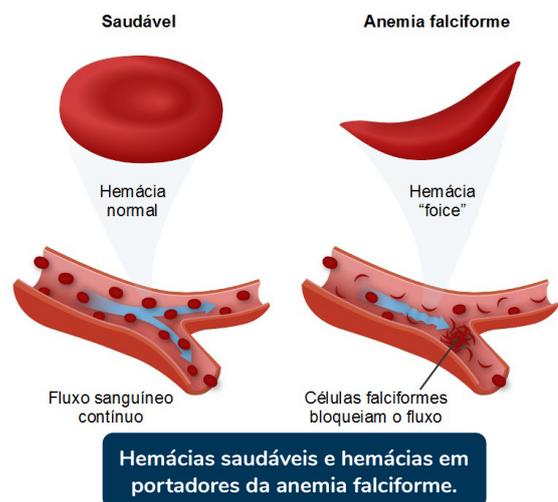
E o último tipo de seleção é a disruptiva que ocorre o favorecimento dos fenótipos extremos, com diminuição progressiva dos intermediários. Um exemplo deste tipo de seleção são as plantas que crescem em regiões próximas de minas. Certas áreas do solo, onde são lançados rejeitos de minério, têm alto índice de contaminação por esses metais, mantendo fronteiras bem definidas com áreas não contaminadas.

### Por que a anemia falciforme é mais comum em populações africanas?

A seleção natural é um dos mecanismos básicos de evolução. De acordo com a teoria evolutiva, uma característica vantajosa que confira uma maior taxa de sobrevivência e reprodução é selecionada, sendo então repassada hereditariamente e aumentando sua proporção nas populações.

A seleção natural pode parecer, portanto, a seleção apenas das características obviamente boas às espécies. Porém, alguns exemplos nos mostram que a seleção natural e a evolução são muito mais complexas, como é o caso da correlação entre a **anemia falciforme** e a malária em **países africanos**.

A anemia falciforme é um distúrbio genético que resulta em uma alteração no formato natural das **hemácias – as células sanguíneas** responsáveis pelo transporte de oxigênio em nosso organismo. Além da diminuição na quantidade de células sanguíneas – **anemia** – a alteração na função das hemácias também pode resultar em uma obstrução do fluxo sanguíneo, causando crises agudas de dor em portadores da doença.



Este distúrbio é grave e não tem cura, podendo reduzir drasticamente a

expectativa de vida de indivíduos afetados. Seria de se esperar, portanto, que uma doença tão grave e mortal fosse rara em populações humanas, mas este não é o caso.

A incidência da **mutação** para a anemia falciforme é mais alta, porém, em indivíduos que possuem apenas uma cópia da mutação. Isso porque, assim como outras doenças herdadas geneticamente, a anemia falciforme somente produz sintomas quando em



**homozigose**, isto é, quando duas cópias da mutação são herdadas – uma cópia do pai e uma cópia da mãe. Em sua forma **heterozigota** – quando o indivíduo possui apenas uma cópia da mutação –, o distúrbio é assintomático, sendo denominado traço falciforme.

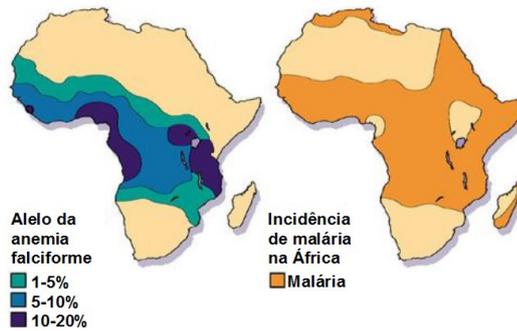
Em algumas regiões da **África**, até 40% da população pode apresentar uma cópia da mutação. As altas taxas do traço falciforme são encontradas principalmente em regiões de forte incidência de malária – doença causada pela presença de protozários do gênero *Plasmodium* na corrente sanguínea. Esta correlação entre a incidência das duas doenças chamou a atenção de diversos pesquisadores, que por muitos anos trabalharam em pesquisas em busca da compreensão dos mecanismos relacionados entre as duas.

Após muito trabalho, os pesquisadores chegaram à conclusão de que a correlação geográfica das duas doenças deve ao fato de que a mutação para a anemia falciforme foi fortemente selecionada, especialmente em populações africanas. Isso porque a presença do traço genético para a anemia falciforme protegeria, de alguma forma, o indivíduo da infecção por *Plasmodium*. Pesquisas mais recentes conseguiram explicar, inclusive, os mecanismos biológicos relacionados a esta associação.

Segundo estas pesquisas, o principal fator de proteção contra a malária é a enzima heme oxigenase-1 (HO-1), cuja expressão é induzida pela presença de hemácias falciformes. A HO-1 é responsável pela catálise de heme sanguínea, liberando, dentre outros produtos, monóxido de carbono (CO). Com o aumento na atividade da HO-1 no sangue, mais moléculas de CO são liberadas, e estas previnem a invasão e o crescimento do *Plasmodium* no sangue, evitando, assim, o surgimento de sintomas da malária.

Sendo assim, apesar da gravidade da anemia falciforme e dos fortes riscos à vida dos portadores do distúrbio, possuir apenas um dos alelos para a doença traz uma vantagem evolutiva a moradores de regiões com forte incidência da malária. Com o aumento na quantidade de portadores heterozigotos do alelo para a anemia falciforme, aumenta também a incidência de portadores homozigotos dos alelos, sendo estes os portadores da anemia falciforme em sua versão mais agressiva.

Correlação entre alelo da anemia falciforme e malária no continente africano



Correlação entre a presença de um alelo para anemia falciforme (traço falciforme) e a incidência de malária na África.

### Esquema Genético

Ambos Progenitores com Traço de Anemia Falciforme (AS)



Caso ambos os progenitores sejam portadores do traço falciforme, a probabilidade de nascimento de uma criança com anemia falciforme é de 25%.

Fonte: The Lancet.



## NEODARWINISMO

Pode-se dizer, então, que o neodarwinismo incorpora as causas da variabilidade aos conceitos do darwinismo clássico.

Sabe-se que a variabilidade é gerada por vários fatores. Por ora citaremos dois deles:

- a) o *crossing-over* ou recombinação gênica;
- b) as mutações.

**Mutação** é uma mudança brusca no material genético e pode ocorrer em qualquer ser vivo, de vírus ao homem. Trata-se de uma propriedade da vida. Mutações ocorrem ao acaso (são aleatórias) e podem produzir novos tipos de genes.

Uma questão fundamental a ser entendida é que as mutações podem ser favoráveis, desfavoráveis ou indiferentes; a seleção natural vai “decidir” em qual dessas modalidades uma certa mutação vai ser classificada.

A compreensão do mecanismo evolutivo fica mais fácil através de alguns exemplos clássicos.

### A. Melanismo Industrial – As mariposas de Manchester

Mariposas da espécie *Biston betularia* apresentam duas modalidades: a forma clara e a escura (ou melânica). Os bosques ingleses abrigam pássaros predadores de mariposas. Antes da industrialização, os bosques tinham um aspecto claro, uma vez que troncos de árvores e rochas eram recobertos por líquens. Com a industrialização também veio a poluição, que matou os líquens e escureceu os bosques devido à fuligem liberada na queima de carvão.

Assim, a população de mariposas sofreu mudanças, tomando-se a industrialização como referência: nos bosques claros, havia uma maioria de mariposas brancas, depois, com a poluição, os bosques se tornaram escuros e a maioria das mariposas passou a ser as escuras.

Trata-se de um processo de adaptação de uma espécie ao ambiente.

**a) Variabilidade:** é representada pela existência de mariposas claras e escuras, geradas por meio de mutação aleatória.

**b) Seleção natural:** é realizada pelos pássaros em conjunto com os troncos claros ou escuros das árvores.

**c) Adaptação:** em ambiente claro, as mariposas claras são menos predadas e predominam na população. Quando o ambiente se torna escuro pela poluição, as mariposas escuras são menos visíveis e tornam-se mais abundantes.



Em tronco claro destacam-se mariposas escuras. Num tronco escurecido ficam evidenciadas as mariposas claras.

### Bactérias resistentes a Antibióticos

Quando uma indústria farmacêutica lança um novo tipo de antibiótico para tratar determinada doença bacteriana, o produto apresenta alta eficiência durante algum tempo. Posteriormente, acaba perdendo sua eficácia.

A explicação é similar à apresentada para os insetos e inseticidas: entre as bactérias surgem indivíduos mutantes que são resistentes ao antibiótico e, com o tempo, passam a predominar.

### Conclusão

Nos dois exemplos estudados ocorreu uma mudança na população:

Ser vivo	Tipo predominante no início	Tipo predominante no final
Mariposas	Claras	Escuras
Bactérias	Sensíveis	Resistentes

As características dos seres vivos estudados acima, são determinados por genes. Quando, no caso das mariposas, dizemos que inicialmente havia mais claras e no final mais escuras, podemos entender isso tudo de modo mais profundo: “Inicialmente, a população de mariposas apresentava maior frequência (ou porcentagem) de genes para cor clara; no final, passou a ter maior frequência de genes para cor escura”. Isso reflete o processo evolutivo, de um modo geral: “Evolução corresponde a uma alteração na frequência dos genes de uma população”.

### Por que os bicos das aves são diferentes?

Você já deve ter notado a imensa variedade de bicos de aves que existe na natureza. Os beija-flores, como sugere o nome, utilizam seus bicos finos e compridos para se alimentarem do néctar das partes mais profundas das flores. Os colhereiros conseguem capturar com eficiência pequenos invertebrados aquáticos graças ao seu bico em formato de colher. Já as aves de rapina possuem bicos fortes, curvos e afiados, que são perfeitos para dilacerar suas presas.

A essa altura já ficou óbvio que a forma dos bicos das aves tem a ver com a alimentação de cada espécie, certo? Mas você já parou para pensar por que isto ocorre?

Os diferentes bicos das aves são resultado de milhares de anos de evolução. Sabemos que os recursos alimentares são limitados, o que gera competição entre os indivíduos.

## Pra que “serve” cada tipo de bico



Nessa disputa, a seleção natural favorece os organismos que conseguem explorar melhor os recursos do ambiente – neste caso, os que têm os bicos mais adequados aos alimentos disponíveis. Atualmente os diferentes tipos de bico conferem às espécies de aves distintas possibilidades de alimentação.



Diferença entre os bicos de duas espécies de tentilhões que habitam o arquipélago de Galápagos, uma especializada em se alimentar de cactos (*Geospiza scandens*, à esquerda), e outra em se alimentar de sementes (*Geospiza magnirostris*, à direita).

Um dos exemplos mais famosos e ilustrativos dessa situação são os tentilhões do arquipélago de Galápagos, no Oceano Pacífico. Nas diferentes ilhas de galápagos, existem tentilhões especializados em dietas específicas. Os tentilhões-dos-cactos (*Geospiza scandens*), por exemplo, possuem um bico longo e afiado perfeito para rasgar e comer as flores e a polpa dos cactos de que se alimentam. Já o tentilhões-do-solo-dos-galápagos (*Geospiza magnirostris*) possuem bicos grandes e robustos que os permitem quebrar com habilidade as sementes que fazem parte de sua dieta.

Entre os tentilhões de Galápagos há espécies cujo tamanho médio do bico vem mudando levemente de acordo com as condições climáticas: anos mais secos, por exemplo, favorecem indivíduos com bico mais forte, capaz de quebrar sementes mais duras – o que demonstra que este processo continua atuando.

Além disso, embora a disputa por alimentos seja o principal responsável pelas diferenças nos bicos das aves, outros fatores podem atuar em paralelo na evolução dessa característica. O bico colorido em tons de amarelo e laranja do tucano-toco (*Ramphastos toco*), por exemplo, funciona como atrativo na escolha dos parceiros sexuais e também pode ser usado como um radiador para troca de calor com o ambiente.

Fontes: Science 2002 e Science 2009.