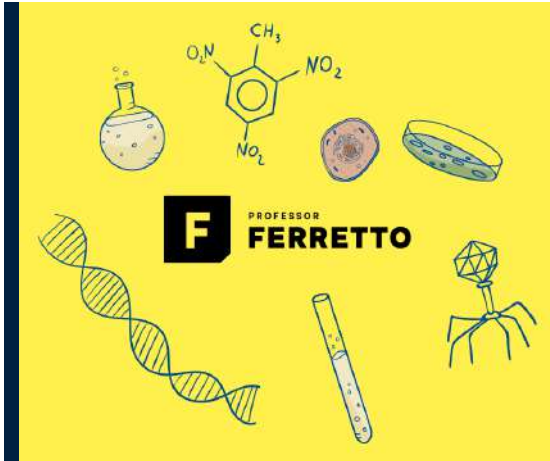


# Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



## ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Teorias evolutivas](#)
- [Teoria sintética da evolução ou neodarwinismo](#)
- [Teoria do equilíbrio pontual de Gould e Eldredge](#)
- [Teoria do gene egoísta de Richard Dawkins](#)

## TEORIAS EVOLUTIVAS

### LAMARCKISMO

O naturalista francês **Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Cavaleiro de Lamarck** foi responsável pela primeira grande tentativa de entender os mecanismos por trás da evolução das espécies. Suas ideias foram expostas na *Filosofia Zoológica*, em 1809.



Jean-Baptiste de Lamarck.

Lamarck sabia que os fatores ambientais podem modificar os indivíduos. A exposição prolongada ao sol torna nossa pele mais morena; fatores nutricionais podem interferir no crescimento e aspecto final de um adulto. Por outro lado, Lamarck sabia que a utilização constante de certos órgãos, como os músculos, pode fazê-los crescer; inversamente, seu desuso tenderia a fazê-los regressir (**Lei do Uso e Desuso**). Todas essas ideias são perfeitamente corretas, quando aplicadas a determinados órgãos de um indivíduo, como os tecidos musculares. A falha de Lamarck, nesse caso, foi generalizar essa noção para outras estruturas, o que é completamente incorreto.

Lamarck, porém, acreditava que essas características adquiridas pudessem ser transmitidas à prole (**Lei da Transmissão dos Caracteres Adquiridos**). Assim, os filhos de um homem moreno pela exposição ao sol nasceriam com a pele mais escura; o filho

de um homem com músculos desenvolvidos adquiriria, por sua vez, melhor estrutura muscular. Nesse ponto, Lamarck estava totalmente errado. O meio ambiente, de fato, provoca mudanças de fenótipo nos organismos; porém foi comprovado experimentalmente, no começo do século, que as mudanças adquiridas não passam à prole. **Lamarck chegou até mesmo a admitir que a necessidade de uma característica acabaria determinando seu aparecimento, sendo que sua inutilidade a faria desaparecer.** A necessidade que certos peixes tinham de respirar ar atmosférico no período da seca teria feito aparecer pulmões; esses teriam permanecido nos descendentes, que ficavam mais tempo no meio terrestre. As brânquias teriam finalmente desaparecido, já que no ar não eram utilizadas. Por raciocínios semelhantes a esse, Lamarck explicava a origem das novas espécies.

O lamarckismo parece extremamente "lógico" ao leigo; afirmações como "o uso de alimentos cozidos a amolecidos enfraquece cada vez mais certos dentes, que tenderão a desaparecer com o decorrer do tempo", ou então, "os insetos se acostumam gradativamente ao DDT a adquirem resistência contra ele", são muitas vezes consideradas corretas por terem uma aparência de "lógica", sendo no entanto francamente lamarckistas.

Foi demonstrado experimentalmente por August Weissmann que características adquiridas não são transmissíveis. Esse pesquisador cortou, por várias gerações, os rabos dos camundongos que usava como reprodutores. Os descendentes, apesar dis-so, continuavam apresentando caudas.

Lamarck também resgatou a ideia de Aristóteles da *Scala Naturae*. Segundo esse princípio, a natureza apresenta uma hierarquia, um impulso inerente aos seres vivos de sempre se aperfeiçoar, a partir dos microorganismos, até atingir o ápice com a humanidade (mais ou menos como se "o sonho de uma bactéria fosse virar um humano"...). Aristóteles, entretanto, acreditava no fixismo, e que as formas mais simples surgiam por geração espontânea, enquanto Lamarck acreditava que a evolução era a responsável por produzir esse efeito. Hoje se sabe que essa ideia não faz o menor sentido, uma vez que a evolução dos seres vivos não é um processo proposital, intencional. Ou seja, que não há direção para a evolução. Não há um impulso em microorganismos que os faça desejar ser mais complexos. Uma bactéria não tem intenção de um dia virar um humano...

**Apesar de ter oferecido uma explicação inadequada para a evolução das espécies, Lamarck foi essencial às ideias evolucionistas por dois motivos:**

- ofereceu a primeira explicação plausível para a evolução;
- foi o primeiro a perceber que o meio ambiente e a adaptação a ele são o que impulsiona a transformação das espécies.

**Princípios lamarckistas:**

- Lei do Uso e do Desuso
- Herança dos Caracteres Adquiridos
- Tendência inevitável ao aumento de complexidade

**Observação:**

Apesar de as ideias lamarckistas estarem, a princípio, incorretas, hoje se sabe que em algumas situações, a herança dos caracteres adquiridos pode ocorrer, o que se dá através de fenômenos de **epigenética**.

Epigenética é um termo usado na biologia para se referir a características genéticas que são estáveis ao longo de diversas divisões celulares mas que não envolvem mudanças na sequência de bases nitrogenadas no material genético do organismo (ou seja, não são mutações), mas sim ativação ou inativação de genes.

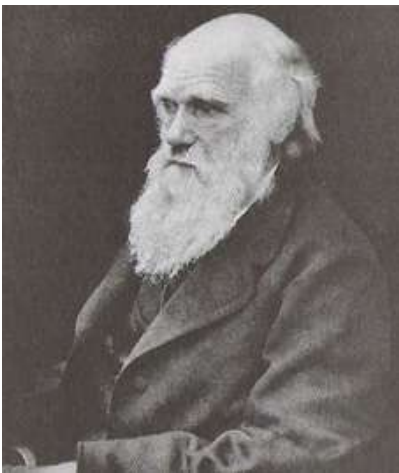
Assim, uma característica epigenética pode ser determinada por fatores ambientais, os quais levam a ativação ou inativação de um gene, podendo ter efeito hereditário, uma vez que o gene em questão pode ser transmitidos às gerações seguintes já ativado ou inativado.

Por exemplo, foi descoberto há alguns anos que descendentes de sobreviventes de campos de concentração da 2ª Guerra Mundial já nasciam previamente estressados. De alguma maneira, as condições estressantes às quais os prisioneiros eram submetidos ativavam gene relacionados ao estresse, ou quais eram transmitidos já ativados aos descendentes dos mesmos

que, mesmo não passando por situações tão extremas, já nasciam previamente estressados por terem herdado os genes já ativados de seus pais, o que é um episódio claro de **herança dos caracteres adquiridos**.

## DARWINISMO

Em 1831, aos 22 anos, o inglês **Charles Robert Darwin** embarcou como naturalista no navio Beagle, que iria empreender uma viagem ao redor do mundo. A viagem do Beagle durou cinco anos e mudou para sempre a história da Biologia.



Charles Darwin

Inicialmente ligado ao campo da geologia e profundamente influenciado pela obra do geólogo inglês Charles Lyell, Darwin coletou na viagem uma série de dados que permitiram que ele se convencesse do longo tempo de existência da Terra, e de que ela sofreu e continuava sofrendo mudanças geológicas. Isso ia de acordo com as ideias de Hutton, mas contra as ideias mais populares da época, de profunda influência religiosa.

Além disso, Darwin coletou espécies animais e vegetais e informações sobre os seus modos de vida e os ambientes em que viviam.

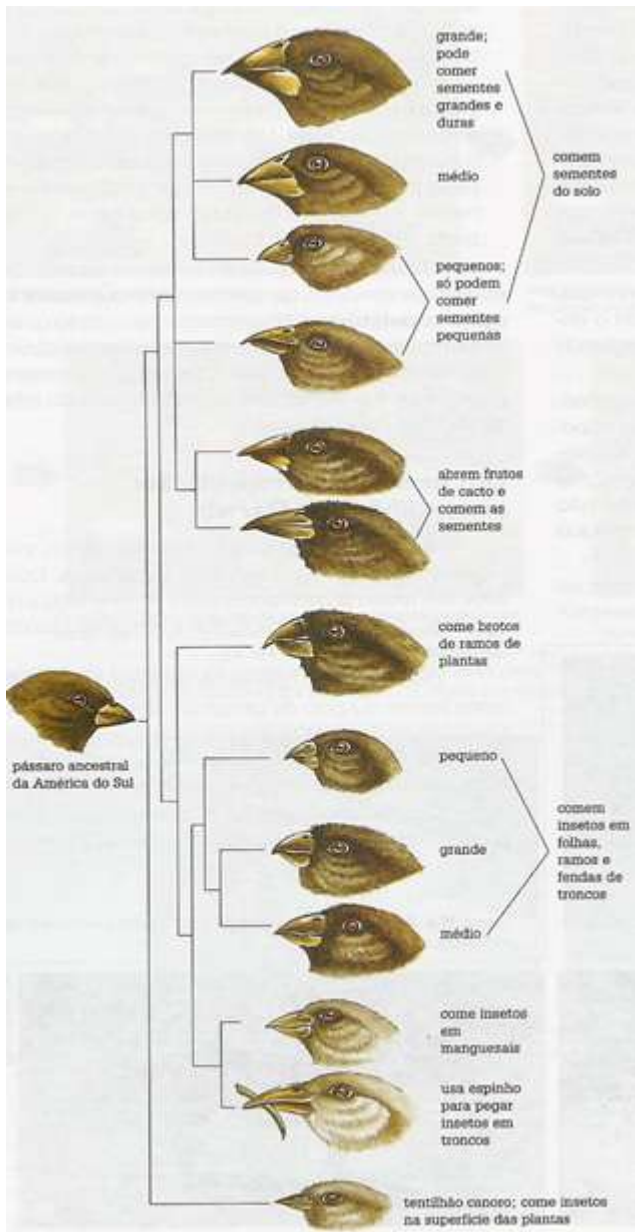
Ele também recolheu uma grande quantidade de fósseis, muitos deles nunca descritos até então. Chamou a atenção de Darwin o fato de que numa mesma região, fósseis e espécies vivas eram às vezes muito semelhantes.

Tudo isso começou a despertar em Darwin uma série de questionamentos. Se a Terra é antiga o suficiente para cadeias montanhosas se levantarem, como ele pôde reconhecer em suas observações nos Andes, por que não haveria tempo suficiente para as espécies vivas mudarem também? Se o pensamento criacionista/fixista era correto, porque o criador teria colocado numa mesma região organismos tão semelhantes como os fósseis e suas contrapartes atuais? E por que se, como se acreditava na época, fósseis haviam sido criados por eventos como o dilúvio, por que numa região em que havia duas espécies tão semelhantes, uma foi eliminada deixando somente fósseis e a outra permaneceu viva? Não seria mais lógico a espécie fóssil ter mudado e dado origem à espécie atual?

Um lugar visitado por Darwin que foi marcante para o desenvolvimento de suas ideias evolucionistas foram as Ilhas Galápagos, no Oceano Pacífico, hoje pertencentes ao Equador. Um arquipélago isolado do continente, com várias ilhas espalhadas a longas distâncias umas das outras, as Ilhas Galápagos apresentam uma fauna incomum e particular de cada ilha. O nome galápagos é uma referência aos mais marcantes habitantes das ilhas, tartarugas terrestres gigantes (galápagos em espanhol). É possível reconhecer de qual ilha cada tartaruga veio pelo formato de seu casco. Também, pássaros chamados de tentilhões depois viriam a se tornar um dos grandes fundamentos da

evolução darwinista. Cada ilha possuía uma espécie diferente de tentilhão, com um bico adaptado a uma diferente função alimentar, dependendo dos recursos do local. O mais curioso, é que essas aves se assemelhavam aos tentilhões do continente, que constituíam somente uma espécie. Novamente, Darwin tinha uma incoerência no pensamento fixista: por que em todo o continente há uma só variedade de tentilhão, em cada ilha das Galápagos há uma versão diferente? Depois Darwin iria entender que, provavelmente, um mesmo tentilhão original teria povoado todas as ilhas, e seus bicos haviam evoluído, resultando em adaptação às condições alimentares de cada uma delas.

### Tome nota:



Tentilhões das Ilhas Galápagos ajudaram Darwin desenvolver as ideias sobre seleção natural.

Em algum momento, Darwin começou a reconhecer a possibilidade da evolução das espécies.

Em 1836, quando Darwin voltou à Inglaterra, estava de posse de uma imensa massa de informações sobre plantas e animais, com as quais mais tarde formularia suas ideias sobre o mecanismo evolutivo e sobre a origem das espécies.

De 1836 a 1842, Darwin classificou e organizou os dados que havia coletado. No entanto, em outubro de 1838, Darwin leu o ensaio de **Thomas Malthus** sobre populações: *Princípios de Populações*. Neste ensaio, Darwin encontrou as ideias de que o crescimento das populações humanas ocorre em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos tende a crescer em progressão aritmética. Assim, diz Malthus num certo trecho: "... a população tem essa tendência constante de aumentar além dos meios de subsistência...". A leitura de Malthus parece ter fornecido a Darwin a chave para a compreensão das ideias sobre seleção natural, que mais tarde organizaria. Em 1842, Darwin começou a escrever um esboço de uma teoria da origem de novas espécies a partir de espécies anteriores.

Darwin, entretanto, teve bastante receio em divulgar suas revolucionárias descobertas. Tanto que resolveu não publicar durante algum tempo suas ideias. Um dos motivos de tanto receio foi o fato dele por não ter ainda reconhecimento na comunidade científica como biólogo, mas sim como geólogo. Era uma idéia surpreendente demais para ser aceita, principalmente vinda de alguém que não tinha formação biológica. Darwin então começou a publicar uma série de trabalhos na área de Biologia, e passa a ter o reconhecimento que lhe faltava. Ele só precisava agora convencer toda a conservadora sociedade britânica da era vitoriana de que as ideias fixistas da Bíblia não estavam corretas. E que a espécie humana é apenas mais uma dentro de toda a natureza, mantendo relações de parentesco

com outros seres vivos. Definitivamente, isso tirava da humanidade seu status especial. Cadê a coragem para falar sobre isso?...

Somente em 1858, quando o também naturalista **Alfred Russel Wallace** mandou-lhe, da Malásia, um ensaio que apresentava uma teoria sobre a origem das espécies muito semelhante à dele, Darwin teve a coragem de publicar suas anotações. Finalmente, os trabalhos de Darwin e de Wallace foram apresentados numa mesma sessão da Sociedade Lineana, em julho de 1858, notando-se uma incrível semelhança entre os pontos fundamentais.

Em 1859, foi publicado o livro *A Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural*, em que Darwin expunha sua teoria, enfatizando em particular o conceito de **seleção natural**.

A teoria de Darwin sobre a evolução das espécies provocou uma revolução no mundo intelectual que vai da Biologia às Ciências Humanas, passando pela Economia. O raciocínio darwinista pode ser assim resumido:

1. - Os organismos vivos têm grande capacidade de reprodução. Apesar disso, já que o suprimento alimentar é reduzido (ideias de Malthus), poucos indivíduos chegam à idade de procriação.

- Disso decorre que organismos com as mesmas exigências alimentares competem entre si, "lutando" constantemente pela existência (o que Darwin chamava de "luta pela vida").

2. - Os organismos apresentam variações hereditárias, e portanto transmissíveis. Para Darwin, as variações hereditárias conferem aos seus portadores probabilidades diferentes de sobrevivência e reprodução: algumas variações são mais favoráveis à existência do que outras, num determinado ambiente.

- Disso decorre que os organismos com as variações mais favoráveis num dado ambiente estarão mais capacitados a sobreviver a se reproduzir nele do que os que possuem variações desfavoráveis. Assim, a taxa de sobrevivência e reprodução mais alta nos organismos mais aptos implica numa melhor adaptação da população como um todo, que a cada geração fica ainda melhor adaptada.

**Tanto para Lamarck como para Darwin, o ambiente tem um papel importante. Para Lamarck, o ambiente causa, induz as variações; para Darwin, o ambiente apenas seleciona a variação mais adaptativa.**

**A grande falha de Darwin foi não saber explicar a origem da variabilidade.** Na verdade, na época de Darwin, ninguém conhecia. Somente em 1866 é que Mendel lança os fundamentos da genética, portanto, posteriormente ao lançamento dos trabalhos de Darwin. No entanto, deve-se lembrar que Mendel não foi reconhecido no seu tempo, e nem suas ideias, de modo que a genética só começa a ser divulgada nos meios científicos em 1900, bem após a morte de Mendel e do próprio Darwin. Mutações, por sua vez, só foram descritas no século XX, com os trabalhos de Hugo De Vries.

Assim, muitas vezes, Darwin, por não conhecer os fundamentos da genética, usa ideias lamarckistas para explicar fenômenos genéticos, como a Lei do Uso e do Desuso e a Herança dos Caracteres Adquiridos. Para Darwin, no entanto, essas ideias eram úteis somente para explicar fenômenos genéticos, sendo a evolução explicada pelos fenômenos de seleção natural.

**Princípios darwinistas**  
- Variabilidade  
- Seleção natural

## TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO OU NEODARWINISMO

Darwin não soube explicar satisfatoriamente as causas da variabilidade (também, o cara não podia saber tudo, né?). Com a redescoberta dos trabalhos de Mendel sobre genética e a descoberta das mutações por Hugo de Vries, as causas da variabilidade puderam ser finalmente compreendidas.

Com base nos trabalhos de vários cientistas nas décadas de 1930 e 1940, como Ronald A. Fischer, J. B. S. Haldane, Sewall Wright, Theodosius Dobzhansky e Ernst Mayr, ideias genéticas foram acrescidas aos conceitos evolucionistas de seleção natural. A evolução, modernamente, é explicada dentro da **Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo**. Para ela, as causas da variabilidade são as **mutações** e a **recombinação gênica**.

**Mutações são a fonte primária da variabilidade, uma vez que elas promovem o surgimento de novos genes, e, assim, de novas características.**

É importante que se tenha em mente a ideia de que mutações ocorrem completamente ao acaso, sem efeito previsível. Por esse motivo, a ideia da *Scala Naturae* que Lamarck usava não faz sentido: os seres vivos não evoluem propositalmente; a evolução não conduz necessariamente ao aumento de complexidade ou ao "aperfeiçoamento" da espécie. Como as mutações dão início a todo o processo evolutivo, a evolução acaba por ser um processo casual. A seleção natural apenas seleciona as mutações que aperfeiçoam a capacidade de adaptação ao meio, e por isso mutações de efeito deletério normalmente são excluídas da população por competição com indivíduos normais.

**Recombinação gênica implica em mecanismos capazes de espalhar os genes surgidos por mutação ao longo da população, mas não cria novos genes ou características.**

A única maneira de fazer isso é através de mecanismos de reprodução sexuada. Qualquer mecanismo que envolva a transferência de genes entre indivíduos deve ser considerado recombinação gênica. Processos como **meiose** (devido ao **crossing-over** e à segregação dos cromossomos homólogos) e fecundação são os mais comuns den-

tro dos mecanismos de recombinação gênica. Além disso, mecanismos de reprodução sexuada em bactérias como conjugação, transdução e transformação também são recombinação gênica.

#### **Princípios neodarwinistas**

- Mutações
- Recombinação gênica
- Seleção natural

#### **Reconhecendo Lamarck e Darwin**

Vejam esta questão:

**(FUVEST) Relacione cada frase abaixo com a teoria da evolução de Lamarck ou de Darwin. Justifique sua resposta.**

**A) Pela necessidade de viver em terra firme, os ovos dos répteis adquiriram casca, tornando-se resistentes à dessecação.**

**B) Por terem desenvolvido ovos dotados de casca resistente à dessecação, os répteis puderam conquistar o ambiente terrestre.**

Como reconhecer as ideias lamarckistas e darwinistas?

**- Para Lamarck, o meio determina o surgimento de uma característica que seja necessária à adaptação; para Darwin, o meio apenas seleciona características favoráveis previamente surgidas num indivíduo.**

**- Para Lamarck, inicialmente há a necessidade do surgimento de uma característica e então ela surge (pela Lei do Uso e do Desuso); para Darwin, a característica surge (pela variabilidade) e, caso ela seja vantajosa, será selecionada (pela Seleção Natural).**

**- Para Lamarck, a evolução é intencional: há um impulso, uma vontade inerente à espécie de que ela evolua para se adaptar; para Darwin, a evolução é casual: ao acaso, surge uma característica que será selecionada caso seja vantajosa para a adaptação.**

Assim, a primeira ideia é lamarckista e a segunda darwinista.

**Tome nota:**

**Órgãos Vestigiais**

Órgãos vestigiais, como mencionado anteriormente, são órgãos que não apresentam função num grupo de seres vivos, mas com função num grupo relacionado de seres vivos, como é o caso do apêndice vermiforme em humanos

A explicação dada pelo lamarckismo aos órgãos vestigiais é que o desuso os tenha gerado. **Já a explicação darwinista considera órgãos vestigiais um “relaxamento” da seleção natural. Se órgãos vestigiais já não têm função num grupo, sua perda não trará vantagens nem desvantagens, mas sua manutenção também será indiferente. Desse modo, a seleção natural não age em órgãos vestigiais porque eles são indiferentes.**

Pelos corporais em humanos não trazem vantagens nem desvantagens a partir do momento que o uso de roupas para se proteger do frio ou calor os tornou dispensáveis. Ao longo da evolução, indivíduos que mantiveram os pelos não encontraram nenhum obstáculo particular à sobrevivência, mas aqueles que perderam os pelos também não. Assim, se os pelos são indiferentes, a seleção natural não os influenciará. Será que um dia humanos se tornarão totalmente desprovidos de pelos? Cuidado com sua resposta. Se você imaginar que os pelos não têm utilidade e por isso desaparecerão, você estará usando o raciocínio lamarckista do uso e desuso e por isso estará errado. Pode ser que os pelos desapareçam ou não, dependendo de mutações que venham a ocorrer. Como as mutações são aleatórias, o desaparecimento dos pelos no futuro não pode ser visto como certo.

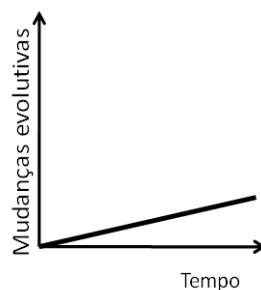
Peixes que habitam lagos em cavernas são muitas vezes cegos, e seus olhos são vestigiais. A explicação para isso é que, fora de cavernas, peixes cegos são mais fáceis de ser predados do que peixes que enxergam, que têm maior facilidade em fugir de predadores. Em cavernas, no entanto, a ausência de luz torna peixes cegos e não cegos igualmente adaptados. (Cuidado novamente para não pensar que os peixes cegos melhorarão seu olfato, audição ou tato para compensar a perda de visão: você estará usando a lei do uso e desuso novamente; o que pode ocorrer é que, sem enxergar, peixes cegos ou peixes não cegos no escuro passem a prestar mais atenção em odores, sons e outros estímulos sensoriais devido à falta de informações visuais.) Peixes não cegos tenderão a abandonar a caverna quando perceberem alguma luminosidade que os conduza para fora. Já os peixes cegos que abandonam a caverna serão mais facilmente eliminados, sobrando então peixes cegos predominantemente no interior da caverna. Não é que a seleção natural favoreça os peixes cegos dentro da caverna; ela apenas os desfavorece fora da mesma. Ao longo do tempo, pode ser que toda a população de peixes em uma caverna seja cega por descender de um ancestral cego que, por mutações, tenha desenvolvido alguma vantagem adaptativa especial, como um olfato ou audição mais apurados.

**TEORIA DO EQUILÍBRIO PONTUADO DE GOULD E ELDREDGE**

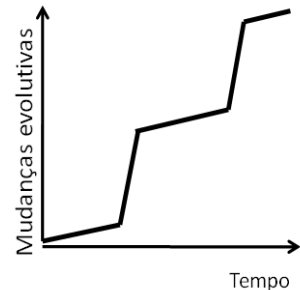
Uma outra nova maneira de enxergar a evolução é a velocidade com que as mudanças ocorrem. Para Darwin, a evolução envolvia transformações lentas e graduais, ao longo de milhões de anos, uma ideia denominada de **Gradualismo Filético**.

Em 1972, Stephen Jay Gould e Niles Eldredge propuseram uma revisão nesse detalhe do raciocínio darwinista, com a **Teoria do Equilíbrio Pontuado**. Para ela, na maior parte do tempo, vale a visão darwinista das mudanças lentas e graduais nas espécies. Esses períodos de poucas mudanças evolutivas são conhecidos como estases. Entretanto, em algumas ocasiões, particularmente após alterações ambientais em larga escala, num curto espaço de tempo,

mudanças podem ocorrer de modo mais intenso, de maneira mais rápida. Dessa maneira, a evolução oscila períodos de equilíbrio, com poucas mudanças, com períodos de grandes e rápidas alterações.



A evolução darwinista implica em mudanças pequenas ao longo de extensos períodos de tempo.



O equilíbrio pontuado defende que, em algumas ocasiões, em curtos espaços de tempo, grandes mudanças evolutivas podem ocorrer.

No exemplo dos mamíferos, durante os milhões de anos que conviveram com os dinossauros, eles pouco mudaram. Não havia como se adaptar a novos nichos devido à competição com os dinossauros. Com a extinção deles, entretanto, vários nichos ecológicos antes fechados aos mamíferos foram abertos, e dessa maneira a seleção natural pôde agir para modificar rapidamente algumas espécies de mamíferos para ocupar os nichos abertos.

O equilíbrio pontuado explica a escassez de fósseis com características intermediárias entre espécies. Os biólogos normalmente atribuem essa escassez a falhas no registro fóssil. O equilíbrio pontuado explica a aparição repentina de novos fósseis dentro dos períodos de rápida mudança evolutiva. (O “repentino”, aqui, tem significado geológico, equivalendo a alguns poucos milhares de anos...)

O equilíbrio pontuado explica ainda a existência de seres conhecidos como **rélicos** (do latim *reliquus*, ‘reliquias’), que aparentemente pouco mudaram em muito tempo. Apelidados de “fósseis vivos”, estes são seres bastante conservados ao longo do tempo, assemelhando-se a fósseis de milhões de anos de idade.

São exemplos de seres rélicos orgânicos como os peixes celacantos (*Latimeria*), os caranguejos-pata-de-cavalo (*Limulus*), as gimnospermas cicas (*Cycas*) e as gimnospermas ginkgófitas (*Ginkgo biloba*).

Segundo a teoria do equilíbrio pontuado, seres rélicos podem ser explicados por serem organismos que estão passando por longos períodos de estase, uma vez que se encontram bem adaptados a ambientes estáveis, que pouco mudaram durante todo esse tempo.

## TEORIA DO GENE EGOÍSTA DE RICHARD DAWKINS

Se, de acordo com Darwin, a vida é uma eterna competição pelos recursos naturais no ambiente, ou seja, uma luta pela vida, onde apenas os mais adaptados sobrevivem, qual o sentido do comportamento altruísta de alguns indivíduos? Por que pais protegem e alimentam seus filhos, mesmo, às vezes, à custa de sua saúde e mesmo sobrevivência, se esses filhos são potenciais competidores pelos recursos naturais no ambiente?

Em 1976, Richard Dawkins publica o livro **O Gene Egoísta**, que vem colocar uma nova maneira de enxergar o processo evolutivo e explicar o sentido biológico do comportamento altruísta.

Segundo essa ideia, **os organismos são meros re-**

**ceptáculos dos genes, e existem somente com o objetivo de propagar esses genes.** Assim, para a Biologia, o **sentido da vida é a propagação das espécies, ou seja, a reprodução**, que, segundo a Teoria do Gene Egoísta, ocorre exatamente para a propagação dos genes. Desse modo, cada organismo é apenas uma “máquina de sobrevivência” do gene, cujo objetivo é a **propagação desses genes** através da reprodução.

Assim, segundo essa ideia, “**os organismos são passageiros, mas os genes são eternos**”, de modo que, se um indivíduo morre, mas produziu descendentes, seus genes permanecem nos seus descendentes. O **comportamento altruísta** de pais quanto aos filhos é apenas uma maneira de propagar os genes: se os pais dão a vida por ser filhos, mesmo morrendo, mantêm seus genes no meio. Por esse motivo, Dawkins argumenta que os genes são egoístas: os mesmos querem se propagar mesmo às custas da sobrevivência do organismo, e manipulam o comportamento dos seres vivos, induzindo, por exemplo, os pais a terem instintos de proteção dos filhos, para garantir essa propagação.

Mesmo o altruísmo com indivíduos da mesma espécie, mas fora da família, pode fazer sentido segundo a teoria do gene egoísta, uma vez que indivíduos da mesma espécie apresentam todos genes semelhantes: ajudar alguém da mesma espécie, mesmo que de outra família, é ajudar seus próprios genes no outro indivíduo.

**Tome nota:**