

## Evolução pós-Darwin

### Ideias darwinianas: o que continua e o que não faz parte da biologia evolutiva de hoje

Professor Fabrício R Santos  
fsantos@icb.ufmg.br  
Departamento de Biologia Geral, UFMG  
2012

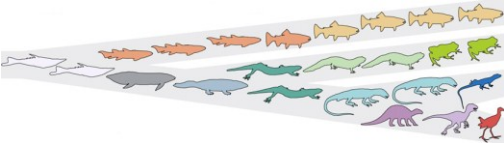
Os seguintes tópicos independentes foram amplamente discutidos na Teoria Evolutiva de Darwin e tiveram algumas influências:

1. *Transmutacionismo*;
2. *Ancestralidade comum*;
3. *Luta pela existência*;
4. *Seleção Natural*;
5. *Seleção Sexual*;
6. *Biogeografia*;
7. *Hereditariedade*.

#### 1) Transmutacionismo (transformação das espécies)

Na Grécia antiga, se formulou a ideia de que espécies eram entidades fixas, imutáveis. **Platão**, ao observar variações dentro das espécies concluiu que estas eram imperfeições e o imutável seria a essência do organismo que é idêntica para todos membros de uma mesma espécie. O *essencialismo Platônico* foi adotado pelo Cristianismo.

A *geração espontânea* foi uma hipótese muito popular até a época de Darwin e até mesmo explorada por **Lamarck**, que a utilizou para explicar a origem do primeiro organismo simples. **Curvier** apresentou uma teoria, o catastrofismo, que buscava explicar a presença de fósseis de animais agora extintos. **Erasmus Darwin** (o avô) escreveu alguns ensaios sobre suas teorias transformistas, que foram lidas por Charles Darwin na adolescência, mas que pouco contribuíram para sua teoria evolutiva. Em 1844, **Richard Chambers** escreveu "Vestiges of the Natural History of Creation" com várias ideias transformistas sem apresentar fundamentos teóricos ou mecanismos convincentes.



#### 2) Ancestralidade comum (descendência com modificação)

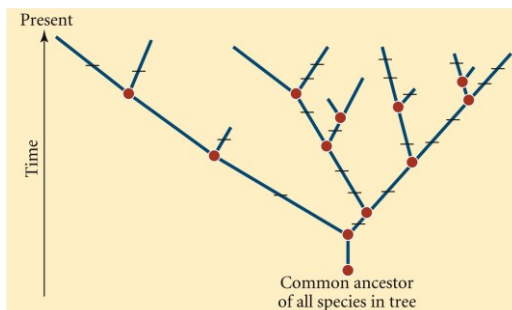
**Lamarck** (1809) apresentou sua teoria na qual apareciam as primeiras ideias de origem e transformação das espécies restritas a animais que não possuam ancestralidade compartilhada, mas derivados de linhagens com diferentes eventos de geração espontânea.

**Richard Owen** utilizou anatomia comparada e introduziu os princípios de Homologia e Analogia. Asas de patos e colibris seriam homólogas, mas no entanto as asas de morcegos e borboletas seriam análogas a estas primeiras. Darwin utilizou estes conceitos, mas atribuiu a homologia ao padrão de ancestralidade comum, bem diferente das ideias criacionistas de **Owen**.

**von Baer** (1832) publicou suas ideias sobre o desenvolvimento do embrião que possuía características dos arquétipos dos organismos, utilizados pelo "criador". No entanto, **Ernest Haeckel** (após a publicação de Darwin) renovou estas ideias como a "Teoria da Recapitulação" associada aos princípios Darwinianos, publicando a chamada Lei Biogenética - *Ontogenia recapitula a Filogenia*.

Darwin leu atentamente as obras do grande geólogo **Charles Lyell** (1832) a bordo do Beagle. Incorporando sua ideia do "uniformitarismo" (a Terra parece estática, mas se encontra em constante mudança geológica), Darwin sincronizou a mudança geológica com a biológica e passou a observar os fósseis como possíveis ancestrais dos organismos modernos.

## Descendência com modificação



EVOLUTION 2e, Figure 1.3 (Part 2)

## Homologia: descendência de caracteres modificados dos ancestrais comuns

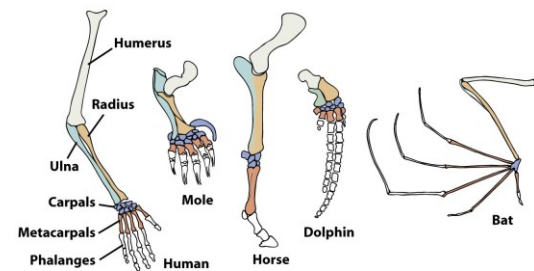


Figure 2-18 Evolutionary Analysis, 6/e  
© 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.

### Embriologia: caracteres embrionários documentam ancestralidade comum

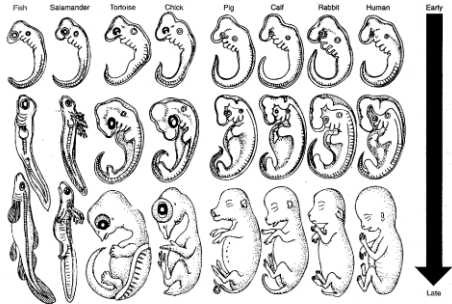
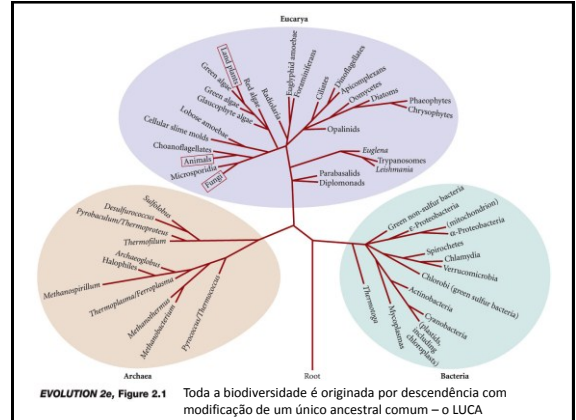


FIGURE 5.38 Haeckel's comparison of early embryonic stages across vertebrate groups. Eight species are shown across the figure. The youngest developmental stage of each is at the top of the figure followed by two successively older stages below.

After Haeckel.

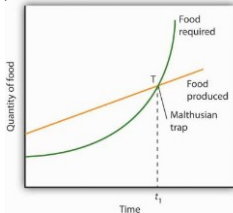
Haeckel exagerou na interpretação das comparações de embriões com sua Lei Biogenética.



EVOLUTION 2e, Figure 2.1 Toda a biodiversidade é originada por descendência com modificação de um único ancestral comum – o LUCA

### 3) Luta pela existência (sobrevivência do mais apto)

O lamarckista **Herbert Spencer** cunhou o termo "*Survival of the fittest*", frequentemente atribuído a Darwin de forma equivocada. Este aspecto abordado frequentemente na teoria de Darwin diz respeito à competição inter e intra-espécies. As primeiras ideias sobre o tema vieram da leitura do ensaio de **Thomas Malthus** (1838), *Principle of Population*, que argumentava que em breve o mundo teria mais pessoas do que a quantidade de comida produzida para nutri-las. Como nasciam mais pessoas do que pudessem sobreviver, isto gerava uma alta competição na espécie humana.



A produção de comida aumenta geometricamente, enquanto a população humana (e demais espécies) tende a aumentar exponencialmente.

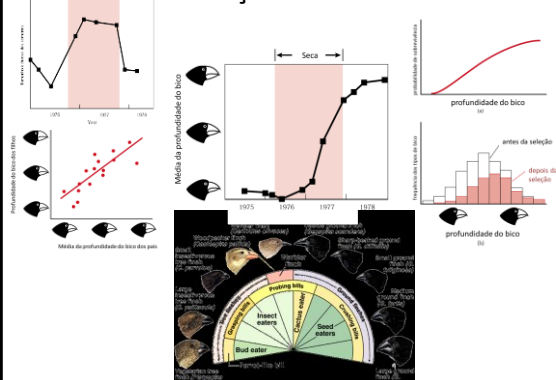
### 4) Seleção natural

**Lamarck** (1809) apontava duas causas para a mudança evolutiva: direcionamento à perfeição (progresso) e capacidade intrínseca de adaptação do indivíduo (uso e desuso). A primeira parte foi inteiramente discordante da teoria evolutiva, mas a possibilidade de influência do ambiente na herança influenciou algumas ideias de Darwin. Na verdade, os mecanismos de herança não eram conhecidos (ver hereditariedade em seguida), e se imaginava que as chamadas gêmulas pudessem captar sinais do ambiente e influenciar algumas características (Pangênese de Darwin).

No entanto, Darwin atribuiu como causa principal de mudança evolutiva, a Seleção Natural, que se baseava na ação seletiva do ambiente ao longo das gerações sobre variantes geradas aleatoriamente e previamente existentes nas populações.

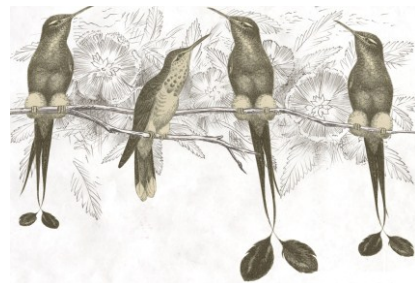
A Seleção Natural de forma muito parecida à que Darwin publicara foi abordada brevemente em alguns ensaios pelo botânico **Patrick Mathew** (1831) e o naturalista **Charles Wells** (1813), este último trabalhando sobre "raças" humanas. Darwin deu um sentido global, abrangente a todos os organismos, para o papel da Seleção Natural. Além disto, Darwin didaticamente, fez analogias entre os métodos de seleção artificial de animais domésticos e o princípio da Seleção Natural.

### Seleção Natural



### 5) Seleção Sexual

Aparentemente não houve precursores a abordarem este tema, mas Darwin e Wallace exploraram bastante o tópico para explicar a plumagem diferencial de machos e fêmeas, principalmente em aves. No entanto, Wallace não concordava com Darwin a respeito da escolha da fêmea se relacionar com a plumagem mais colorida dos machos, e somente considerava que estas eram selecionadas desta forma para proporcionar camuflagem.



## 6] Biogeografia

Alguns precursores, tais como **Buffon** e **Gmelin**, hipotetizaram múltiplos centros de criação das espécies no mundo como produto das condições da região onde estas se originavam. Vários zoologistas da época de Darwin acreditavam que as espécies se distribuíam a partir de um ponto de origem. Esta distribuição quando interrompida por uma barreira geográfica, levou Darwin a propor um modo de especiação alopátrica. No entanto Darwin parecia dar mais peso aos modos de especiação simpátrica, sem necessidade de isolamento geográfico.

Darwin, assim como Alfred Russel Wallace, utilizaram-se de extensa informação advinda de suas coletas de material biológico de diferentes regiões: América do Sul e Galápagos durante a viagem do Beagle por Charles Darwin (1831-1836) e na Amazônia e Arquipélago Malaio por A.R. Wallace (1844-1858). Os dois descobriram de forma independente os princípios de especiação geográfica e seleção natural.



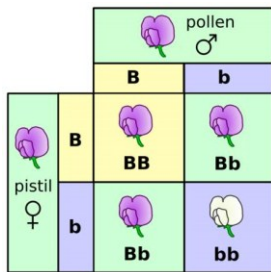
## 7] Hereditariedade

O princípio das gêmulas de Hipócrates foi reformulado por Darwin com a **Pangênese** para explicar o mecanismo de herança por mistura de caracteres que poderia envolver algum direcionamento ambiental, com algumas influências de Lamarck. No entanto a maior parte da variabilidade de acordo com Darwin teria uma origem alheia ao ambiente, isto é, geradas totalmente ao acaso.

A **Herança por Mistura**, uma crença comum na época, dizia que em geral os filhos herdavam caracteres que seriam a média daqueles dos pais. Deste modo a variabilidade se perdia rapidamente a cada geração. Em resposta, Darwin sugeriu que talvez o ambiente fizesse com que muitas novas variantes aparecessem em alguns casos, aumentando a variabilidade que era perdida pela Mistura. No entanto estas variantes normalmente seriam geradas ao acaso e não sendo para um determinado propósito como Lamarck sugeria.

Após a sétima edição do "Origem das espécies" a **Pangênese** recebeu maior ênfase, o que hoje é visto como resultado da perplexidade de Darwin em não conseguir explicar a hereditariedade e seu papel na Evolução, que apesar de ter sido explicada por **Gregor Mendel** em 1865, não foi reconhecida e divulgada até o ano de 1900. Para muitos, Darwin se tornou um pouco "Lamarckiano" com o passar dos anos. No entanto, apesar do desconhecimento de Darwin acerca da hereditariedade, os princípios evolutivos e o mecanismo de seleção natural são inteiramente compatíveis com a moderna visão da genética, a qual iniciou a fusão com a Teoria da Evolução em 1930, com estudos de genética das populações na chamada Síntese Evolutiva.

## Herança mendeliana



A herança é particulada na forma de genes e depende da segregação de alelos paternos e maternos entre indivíduos ao longo das gerações. A combinação de alelos é o genótipo que resulta em um fenótipo, cuja expressão pode ser influenciada pelo ambiente. Mas há outros fenômenos complexos: epigenética e epistasia (ou interações gênicas).

## Conceitos em evolução e equívocos comuns

Uma das definições mais comuns de **Evolução Biológica**: mudança nas propriedades das populações de organismos que transcendem o período de vida de um único indivíduo.

Evolução **não** significa progresso, avanço ou aperfeiçoamento, mas existem algumas tendências evolutivas, mudanças enviesadas e previsíveis devido a pressões seletivas de longo prazo.

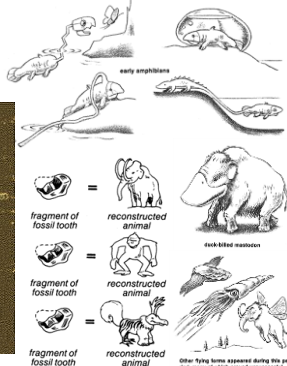
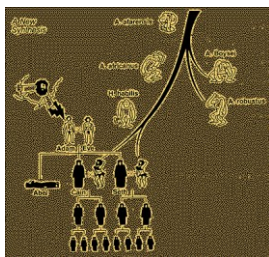
O principal fator causador de mudanças evolutivas é a **Seleção Natural**, mas o **acaso** (mutações, deriva etc) é parte da Evolução.

**Ontogenia** (desenvolvimento de zigoto a adulto) não é Evolução.

Mudanças evolutivas são apenas as **hereditárias**. Algumas espécies tem uma certa **plasticidade fenotípica** cujo caráter pode desaparecer ou modificar caso o ambiente seja alterado.

Ao invés de dizer formas de vida **superiores (avançadas)** ou **inferiores (primitivas)** para se referir a organismos atuais, use o nome dos grupos (humanos, fungos, briófitas) ou use o termo basal para se referir a uma linhagem que se diverge anteriormente na filogenia. Ex: anfíbios são basais em relação a mamíferos.

A incompreensão do que é Ciência e de como esta funciona leva a interpretações equivocadas e falaciosas



A **Ciência** é o caminho da dúvida, do questionamento constante.

Só persistem as ideias científicas que forem corroboradas por estudos futuros.

Nenhum cientista é "guru".

### Após Darwin: o que mudou na Teoria da Evolução?

#### 1. HERANÇA

A) Acreditava-se que a herança se dava através da mistura de "elementos", o que fazia com que, de geração para geração, decaísse a variabilidade existente nas populações (-)

#### 2. VARIAÇÕES HEREDITÁRIAS

B) Deve ser muito elevada a taxa de surgimento de variações novas nas populações (-)

C) A variação hereditária que surge *de novo* em cada geração aparece ao acaso – isto é, não é uma resposta às necessidades adaptativas dos indivíduos em relação ao ambiente (+)

D) A mudança das condições de vida dos seres vivos tende a aumentar a taxa de aparecimento dessas variações herdáveis (- ?)

E) As variações formam um *continuum* (Ex.: Números de vértebras, pétalas, cromossomos) [(~) mutações = saltos?]

#### 3. EVOLUÇÃO LENTA, GRADUAL E INTERMITENTE

F) A evolução é gradual. Constitui-se num processo lento e contínuo ao longo do tempo, marcado por certas intermitências. Se pudessemos ter todos os fósseis à nossa disposição, poderíamos "ver" como teriam lentamente ocorrido os mínimos passos de cada segmento evolutivo. (Gradualismo) (+ ?)

#### 4. SELEÇÃO NATURAL

G) O fator direcionador da seleção natural é a capacidade variável dos seres vivos deixarem descendentes que sobrevivam até a idade reprodutiva. (+)

H) A seleção natural é *perfeccionista*; trabalha para o "bem" da população, promovendo sua maior adaptabilidade ao meio e, caso mudem as condições ecológicas/ambientais, ocorre a readaptação às novas condições. "*And as natural selection works solely by and for the good of each being, all corporeal and mental endowments will tend to progress toward perfection*" (-) [a seleção natural é oportunista].

I) Como a taxa de reprodução é o elemento básico através do qual a seleção natural é definida, subentende-se que os seres vivos apresentem uma tendência para aumentar ao máximo o seu número. Há situações, no entanto, que podem impedir essa maximização reprodutiva. [(- ?) canibalismo, diminuição do cuidado parental, interrupção do fluxo reprodutivo, migração, territorialidade, etc].

#### 5. SELEÇÃO SEXUAL

J) Decorrente da competição entre os machos de uma mesma espécie em disputas pelas fêmeas (+)

K) A seleção sexual é muito importante na evolução, tendo sido provavelmente o fator mais significativo na "raciação" humana (-)

#### 6. CARGA GENÉTICA NA SELEÇÃO SEXUAL

L) A seleção sexual que resulta no aparecimento dentro de cada espécie de variações sem a menor relação com a adaptação às condições ambientais, pode selecionar características aparentemente desvantajosas sob o ponto de vista da seleção natural, baixando o valor adaptativo médio das populações (+)

#### 7. O ACASO E AS VARIAÇÕES NEUTRAS

M) As variações são em sua grande maioria adaptativas. (- ?) [grande parte dos polimorfismos são neutros - que não codificam fenótipos ou não alteram a função - DNA/Proteínas].

N) O simples acaso pode criar diferenciações interpopacionais, alterando as frequências das formas polimórficas "neutras" ou mesmo fixando uma delas (+) [Deriva Genética].

#### 8. CARACTERES ADQUIRIDOS

O) Alguns caracteres adquiridos (em função do uso e desuso) podem transformar-se em hereditários. "Na minha opinião, o maior erro que cometi foi o de não haver dado suficiente valor à ação direta do ambiente, isto é, alimento, clima, etc., independentemente da seleção natural" (Darwin, Carta a Moritz Wagner, 13/10/1876) (-) [isto não foi expresso em seus livros].

#### 9. PANGÊNESE E TELEGONIA

P) Teoria das gêmulas explicam o aumento da taxa de mutação e alguns caracteres adquiridos (-)

Q) A telegonia existe (-)

#### 10. ESPECIAÇÃO SIMPÁTRICA

R) Duas ou mais espécies novas podem surgir a partir de uma única (cladogênese) que ocupe, sem descontinuidade, uma única área (~ ?) [ocorre somente em condições especiais]

#### 11. RAÇAS (SUBESPÉCIES) E ESPÉCIES

S) A atribuição de grupos de organismos a determinadas variedades, subespécies e espécies baseia-se apenas em semelhanças e deriva de mera conveniência (+ ?)

#### 12. EVOLUÇÃO E PROGRESSO

T) A evolução não implica em "progresso" (+)

#### 13. IMPULSO EVOLUTIVO

U) Não há um impulso evolutivo, uma força diretriz transcendente na evolução (+)

V) Todos os seres vivos atuais derivam de uma ou algumas formas de vida criadas por Deus (isto não está expresso no Origens).