

LGN215 - Genética Geral

Aula 12: Evolução

Prof. Dr. Antonio Augusto Franco Garcia

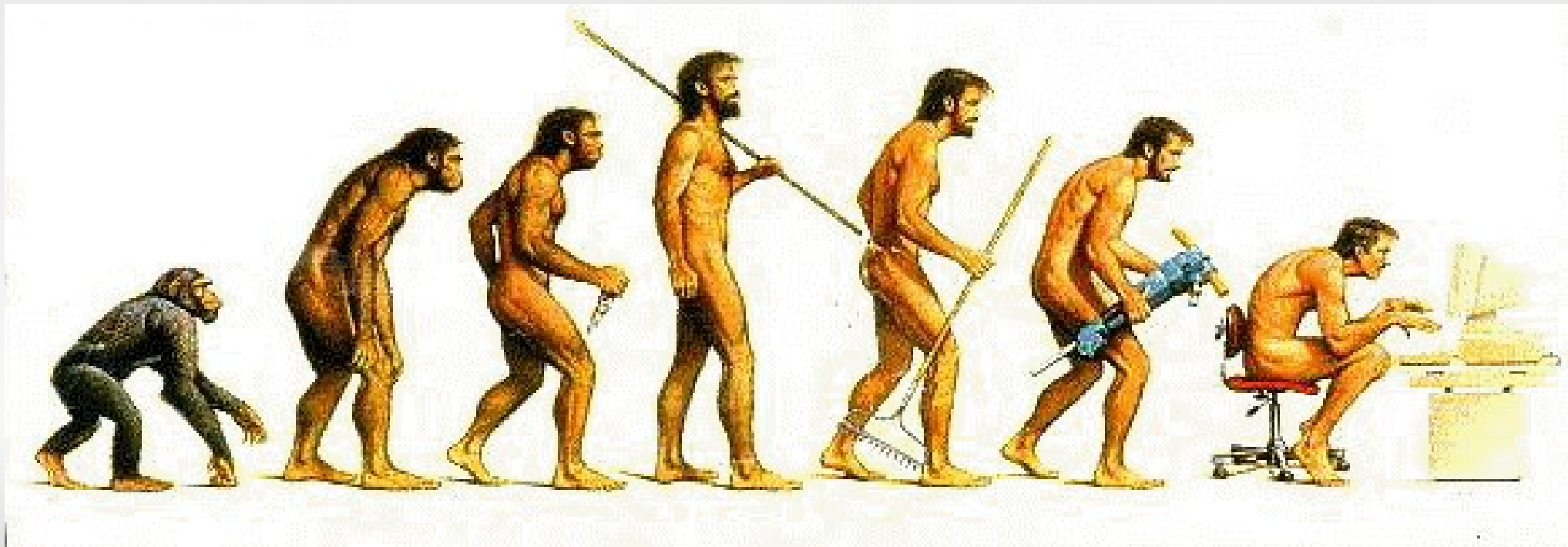
Monitora: Maria Marta Pastina

25 de Novembro de 2008

Piracicaba - SP

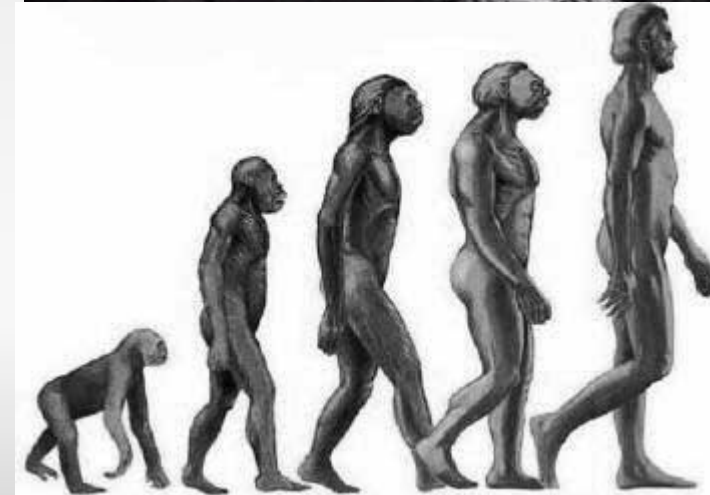
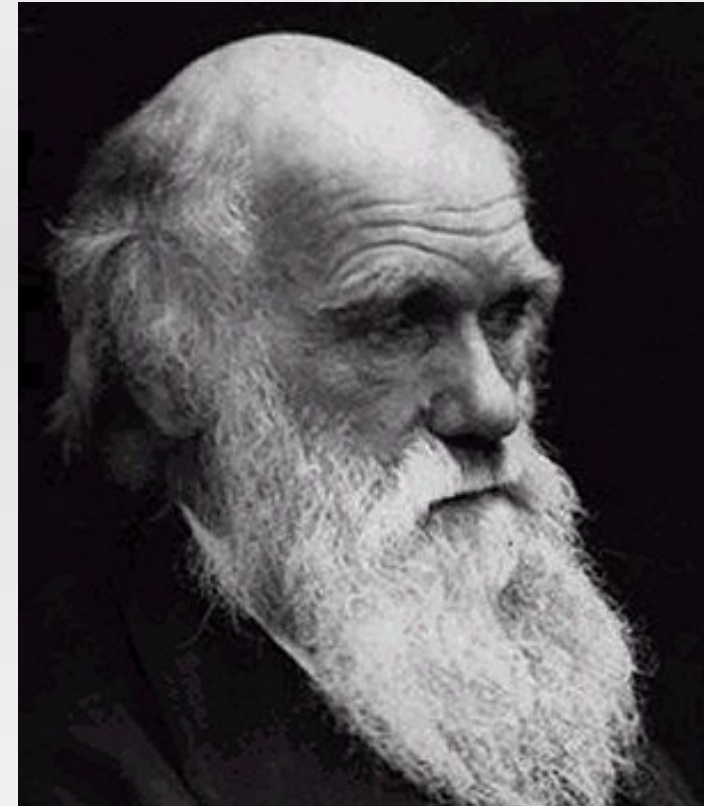
Evolução

- Teoria da Evolução formulada por Darwin
- Teoria Sintética da Evolução (Neodarwinismo)



Charles Robert Darwin (1809 - 1882)

- Darwin documentou e comprovou a evolução, tornando esta idéia aceitável pelos cientistas e público em geral
- Destruiu o conceito válido até então de um mundo estável (fixo)
- Nasceu em Shrewsbury, Inglaterra, em 12/02/1809
- Estudou medicina e, mais tarde, teologia
- Teve contatos com geólogos, botânicos, entomologistas e outros naturalistas na universidade



Evolução

ADVERTISEMENT

GET 15 ISSUES OF NATURE FREE

nature
Autumn Discount

ADVERTISEMENT

- [My account](#)
- [E-alert sign up](#)
- [RSS feed](#)
- [Subscribe](#)

naturenews

[Login](#)

[nature news home](#) [news archive](#) [specials](#) [opinion](#) [features](#) [news blog](#) [events blog](#) [nature journal](#)

Specials

[See all specials](#)

Darwin 200

The 200th anniversary of the birth of Charles Robert Darwin falls on 12 February 2009. Darwin was arguably the most influential scientist of modern times. No single researcher has since matched his collective impact on the natural and social sciences; on politics, religions, and philosophy; on art and cultural relations, and in ways that the man himself would never have imagined. This *Nature* news special will provide continuously updated news, research and analysis on Darwin's life, his science and his legacy, as well as news from the [Darwin200 consortium](#) of organizations celebrating this landmark event.



Editorial



Darwin200

Beyond the origin

As *Nature* anticipates next year's bicentenary of Darwin's birth and the 150th anniversary of *On the Origin of Species*, we begin our coverage with a look 50 years into the future.
19 November 2008

News Features

Recent activity

most recent

- [A new twist for horse racing](#)
24 November 2008
- [Climate researchers 'should cut their carbon footprint'](#)
21 November 2008
- [Brain implant allows mute man to speak](#)
21 November 2008
- [Australia's big hop into genomics](#)
21 November 2008
- [Carbon dioxide discovered on distant planet](#)
21 November 2008

commented

- [Older scientists publish more papers](#)
 - [30 comments](#)28 October 2008
- [Time to test time](#)
 - [29 comments](#)10 November 2008
- [Should healthy people take statins too?](#)
 - [13 comments](#)10 November 2008
- [Why plastic isn't always fantastic](#)
 - [13 comments](#)06 November 2008
- [India makes history with launch of Moon mission](#)
 - [12 comments](#)29 October 2008

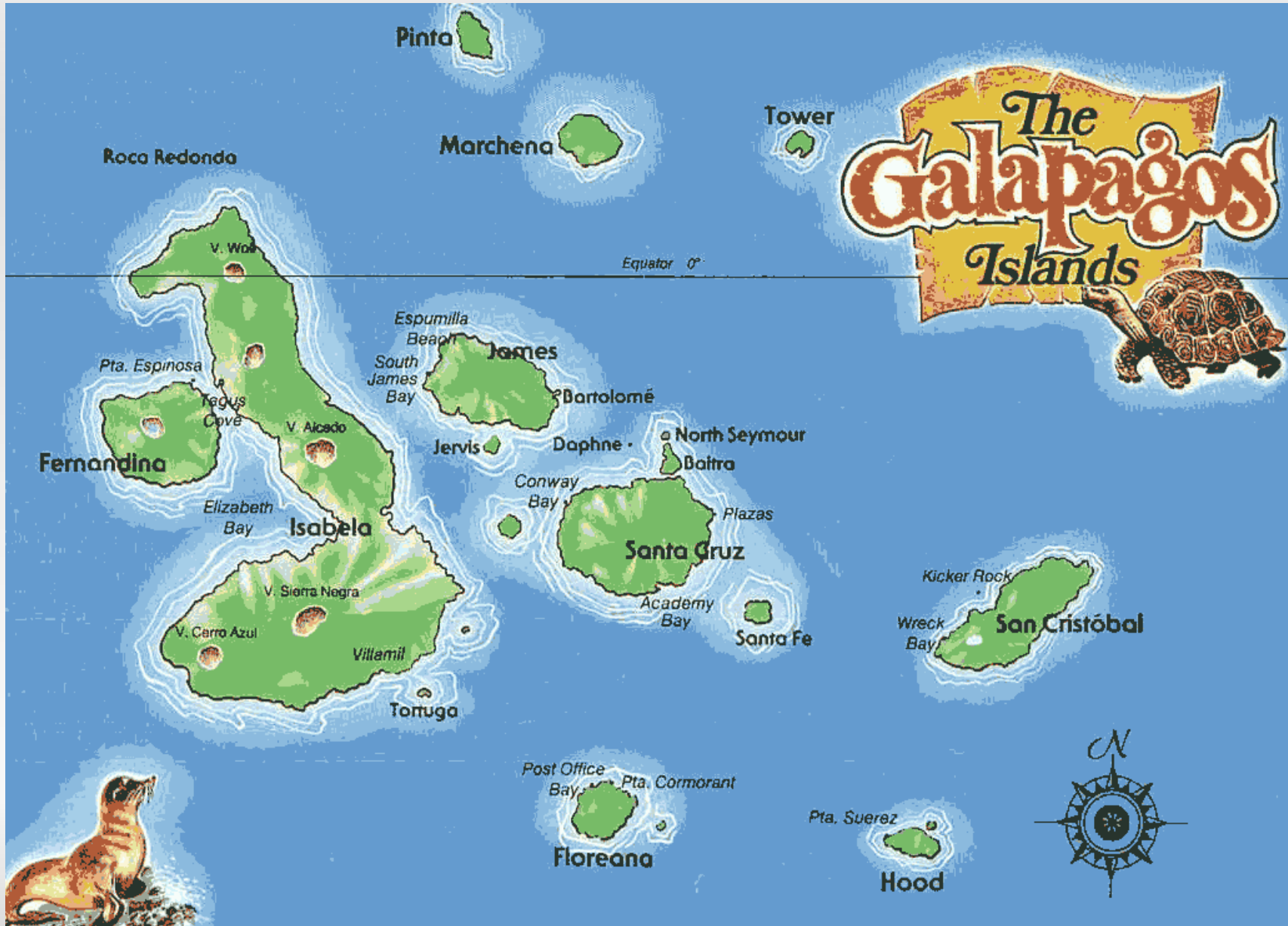
Charles Robert Darwin (1809 - 1882)

- Aos 22 anos embarca no navio “The Beagle”
- Uma viagem de 5 anos (1831 a 1835) como naturalista de bordo
- Encontra nessa viagem evidências a favor da evolução e contra a idéia de espécies fixas



Charles Robert Darwin (1809 - 1882)

- Ilhas Galápagos



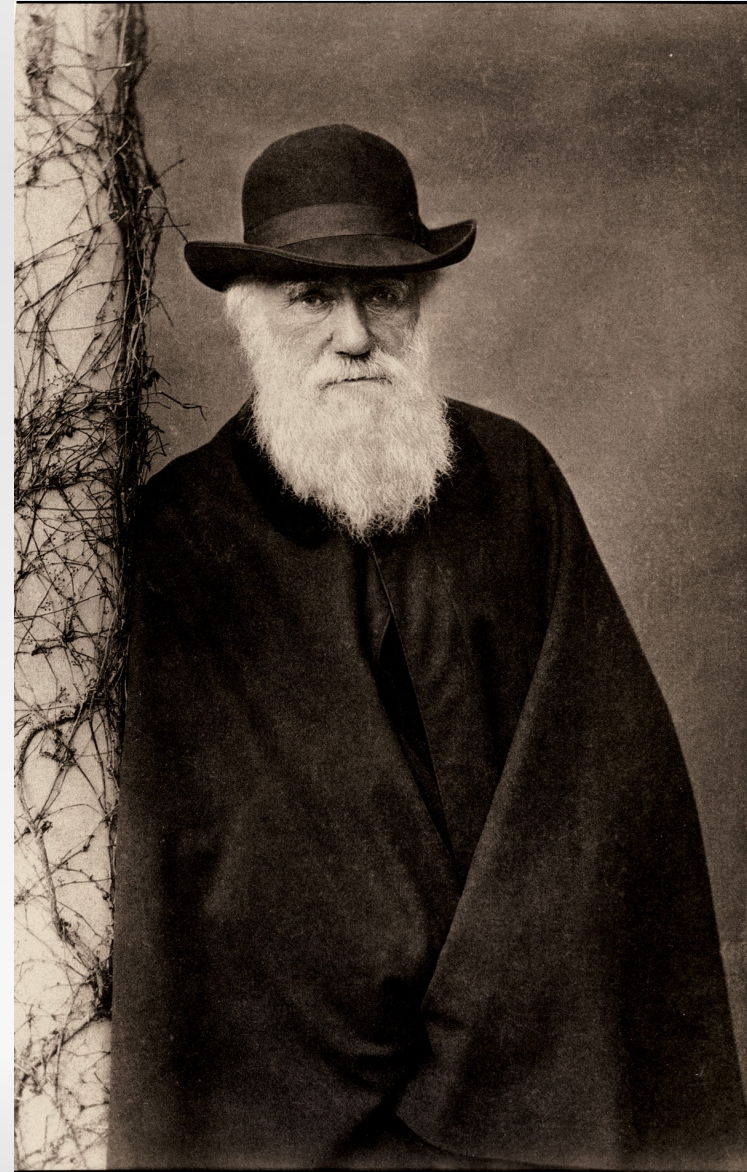
Charles Robert Darwin (1809 - 1882)

- Ilhas Galápagos



Charles Robert Darwin (1809 - 1882)

- Em 1838 desenvolveu a teoria da Seleção Natural, publicada conjuntamente com Alfred Russel Wallace em 1858
- Em 1859 publicou o livro "A Origem das Espécies", no qual introduziu a idéia de evolução a partir de um ancestral comum, por meio de seleção natural, que se tornou a explicação científica dominante para a diversidade de espécies na natureza



Teoria da Evolução (Darwin)

- Darwin propôs uma nova explicação para o fenômeno aceito de evolução:
 - Uma população de uma determinada espécie, em um determinado momento, inclui indivíduos com características variadas (qualitativamente diferentes uns dos outros);
 - A evolução da espécie como um todo resulta de taxas diferentes de sobrevivência e de reprodução dos vários tipos de indivíduos, de modo que as frequências relativas dos tipos mudam com o tempo;
 - A população da geração seguinte conterá uma frequência maior dos tipos que são mais bem-sucedidos em sobreviver e se reproduzir sob as condições ambientais existentes (**Seleção Natural**);
 - Segundo esta visão, a evolução é um processo aleatório.

Teoria da Evolução (Darwin)

- Pode ser resumida em três princípios:
 - **Princípio da variação:** entre os indivíduos de qualquer população, há variações quanto à morfologia, à fisiologia e ao comportamento
 - **Princípio da hereditariedade:** os descendentes se assemelham aos seus genitores mais que a indivíduos não aparentados
 - **Princípio da seleção:** algumas formas são mais bem-sucedidas do que outras em sobreviver e se reproduzir em um determinado ambiente (Seleção Natural)
- Para que ocorra evolução por um mecanismo variacional, os princípios de Darwin de variação, hereditariedade e seleção devem se manter

Evolução

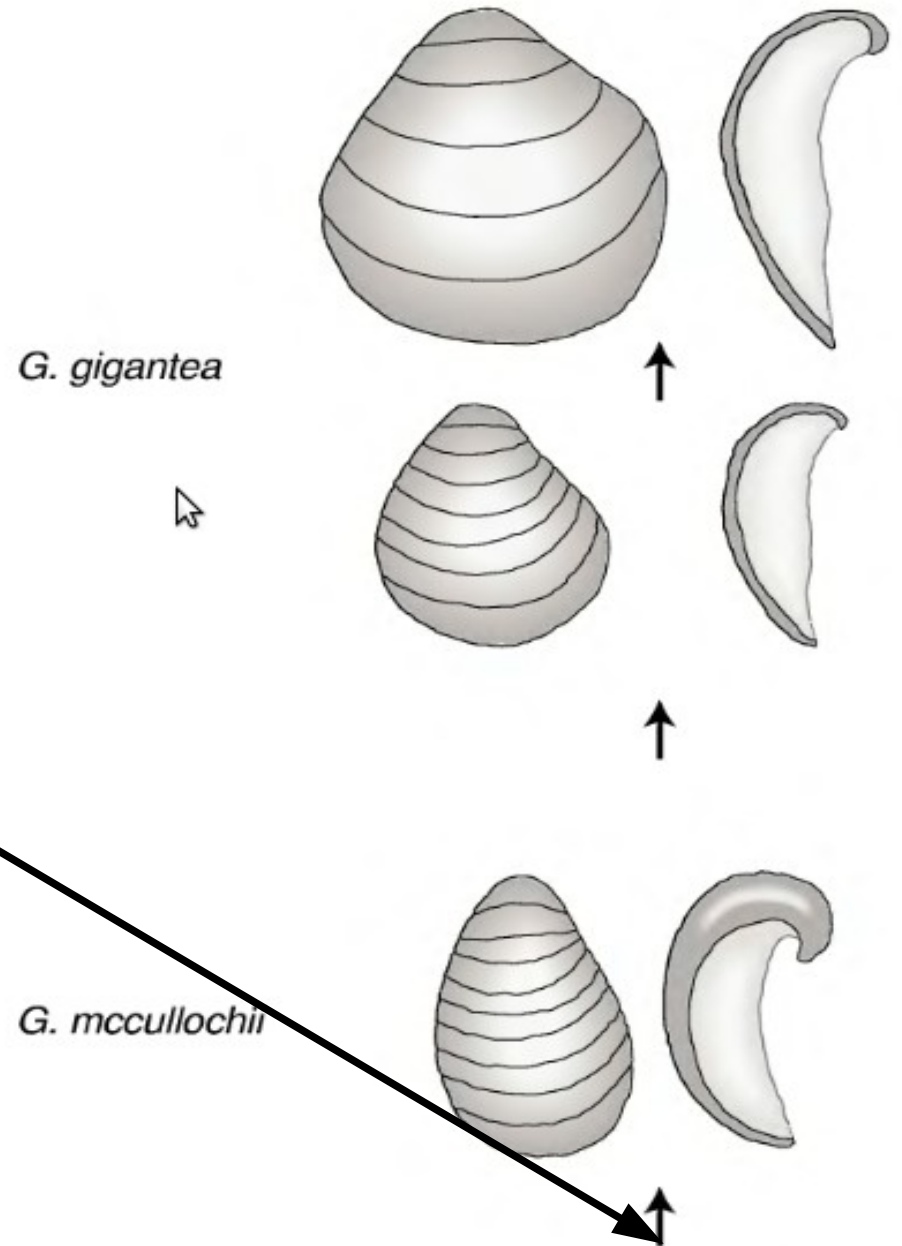
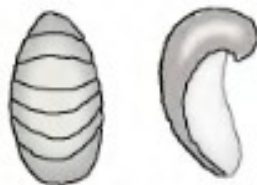
- Evidentemente, um processo seletivo só pode produzir uma mudança na composição de uma população se existirem algumas variações dentre as quais selecionar. Se todos os indivíduos forem idênticos, nenhuma intensidade de reprodução diferencial dos indivíduos poderá afetar a composição da população
- Além disso, a variação deve ser em parte herdável, para que a reprodução diferencial altere a composição genética da população
- As espécies não só devem mudar, mas também originar novas e diferentes espécies no curso da evolução
- As variações herdáveis fornecem a matéria-prima para as mudanças sucessivas dentro de uma espécie e para a origem de novas espécies

Evolução

- Mudanças no tamanho e na curvatura da concha do molusco bivalvo *Gryphaea* durante sua evolução no início do período Jurássico

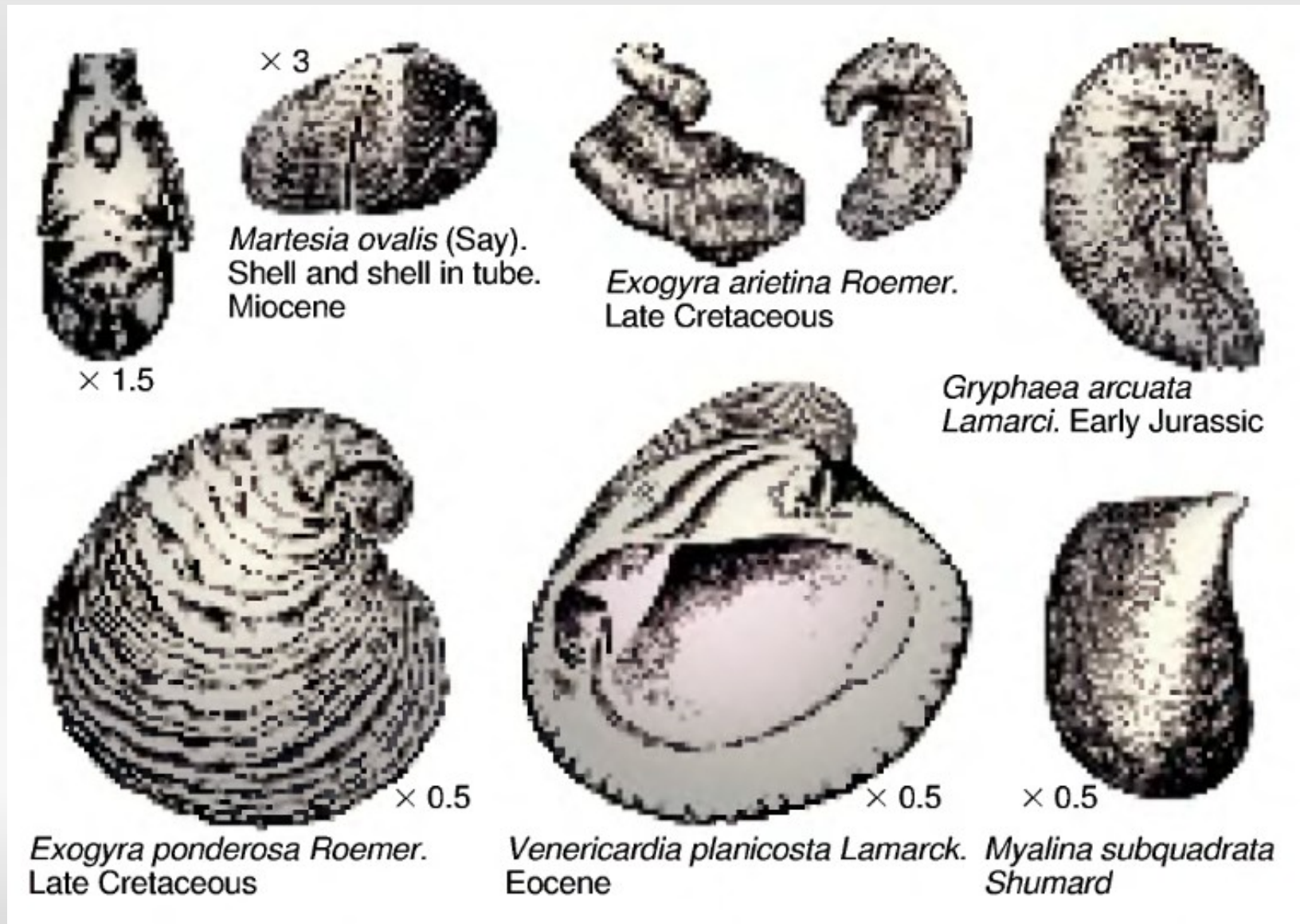


G. arcuata obliquata



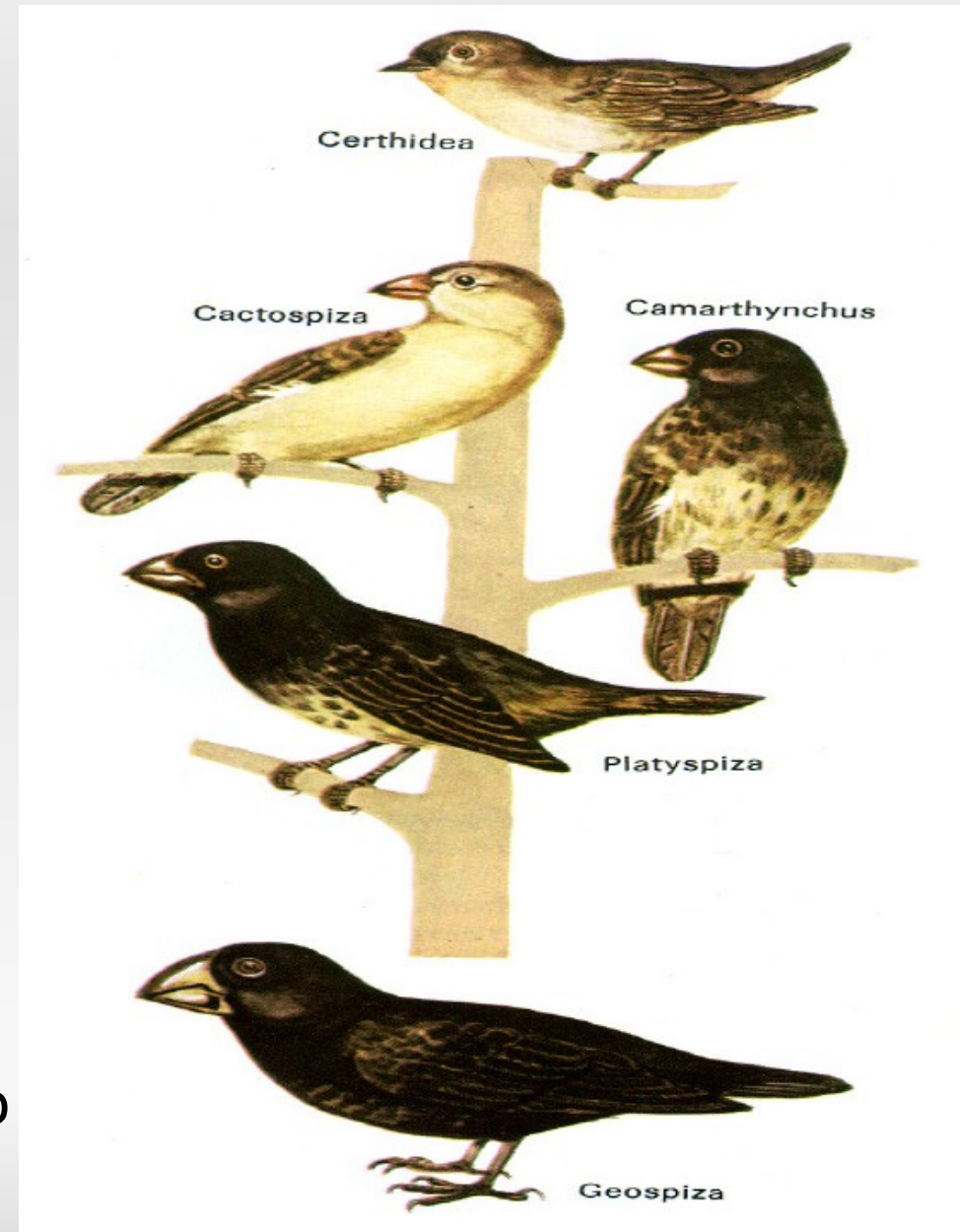
Evolução

- Variedade de formas de conchas do molusco bivalvo que apareceram nos últimos 300 milhões de anos de evolução



Evolução

- Ilhas Galápagos: Tentilhões
 - diferentes ilhas
 - diferenças morfológicas, principalmente em relação ao bico
 - pressões seletivas diferentes em ambientes diferentes (devido a correntes marítimas do oceano)
- Darwin observou 13 espécies, embora conhecesse apenas uma no continente



Evolução

Tentilhão-insetívoro



Certhidea olivacea



**Tentilhão-insetívoro
que come algumas plantas**



Cactospiza pallida



**Tentilhão-herbívoro
que come alguns insetos**



Geospiza conirostris



Tentilhão-arborícola-herbívoro



Platyspiza crassirostris



Evolução

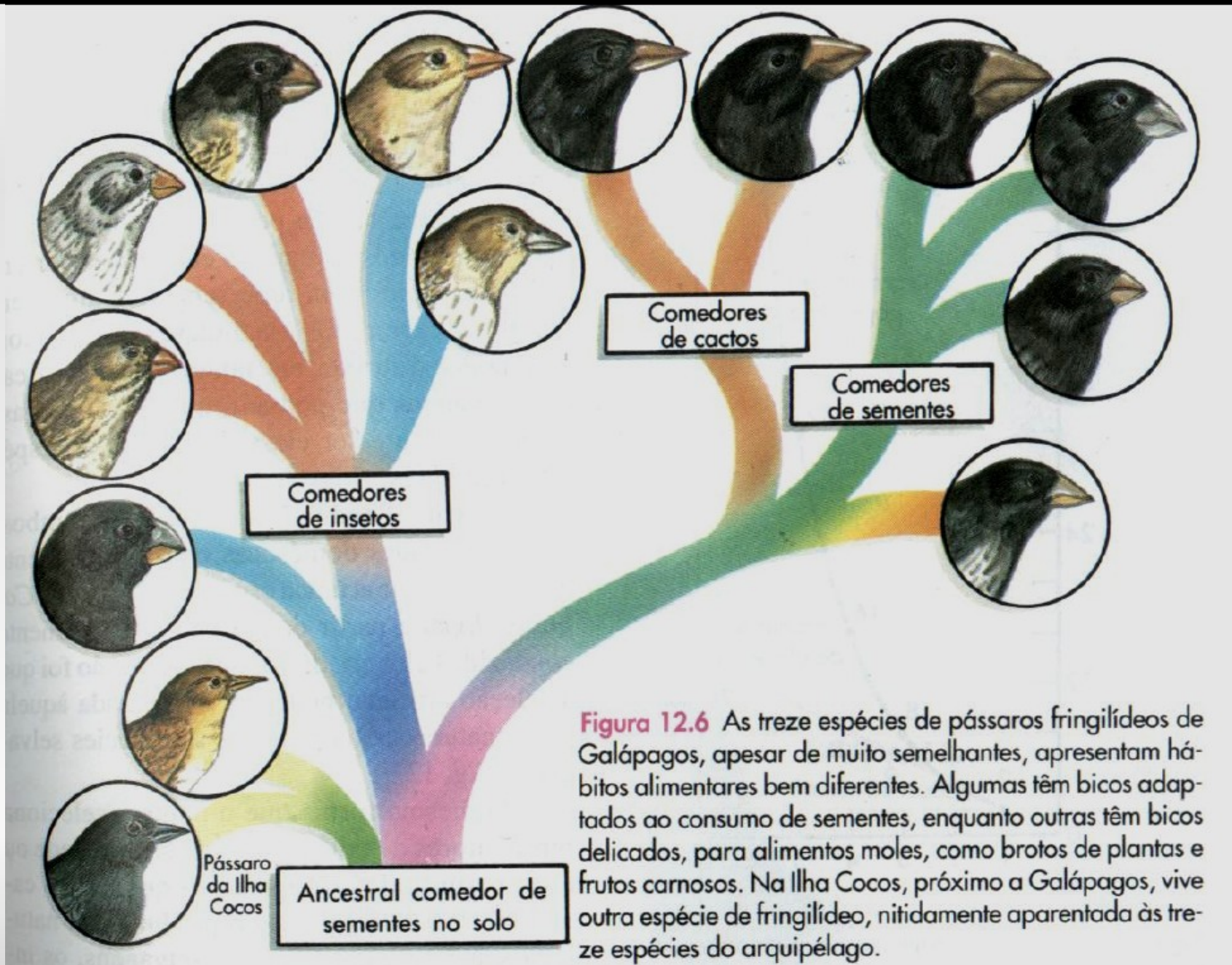
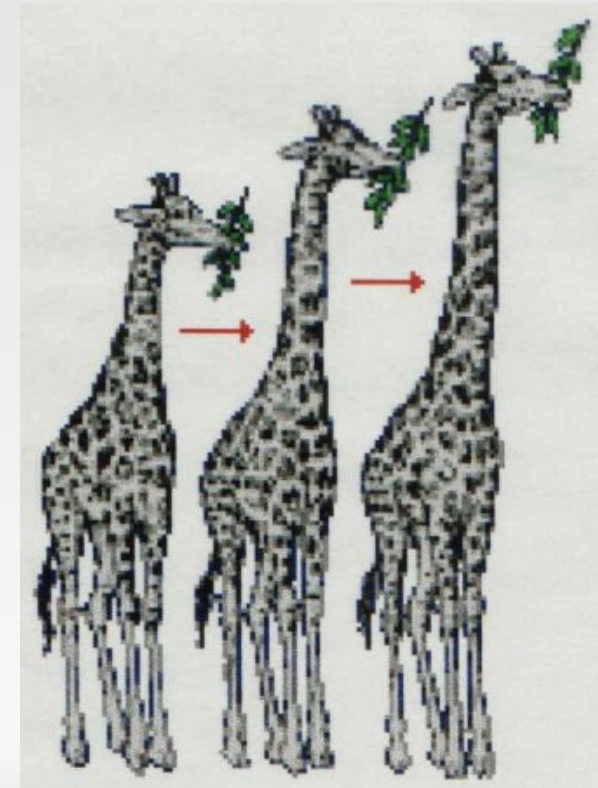
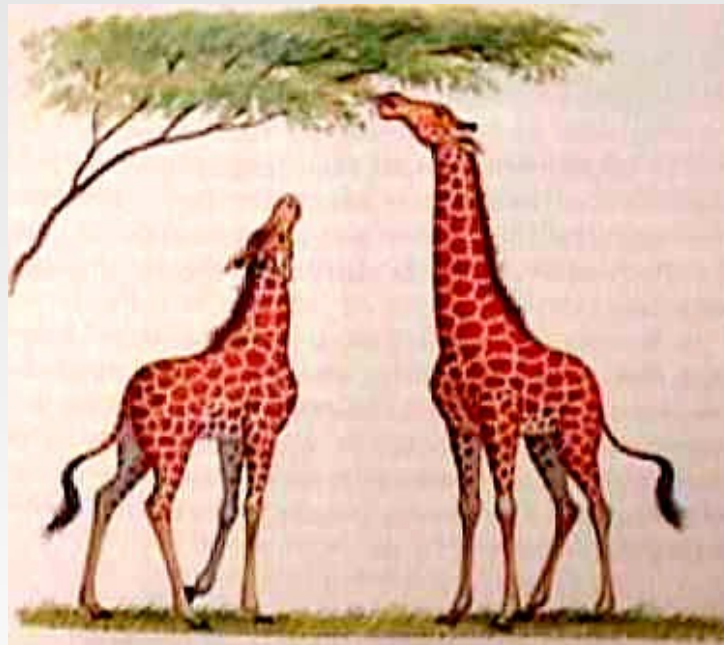
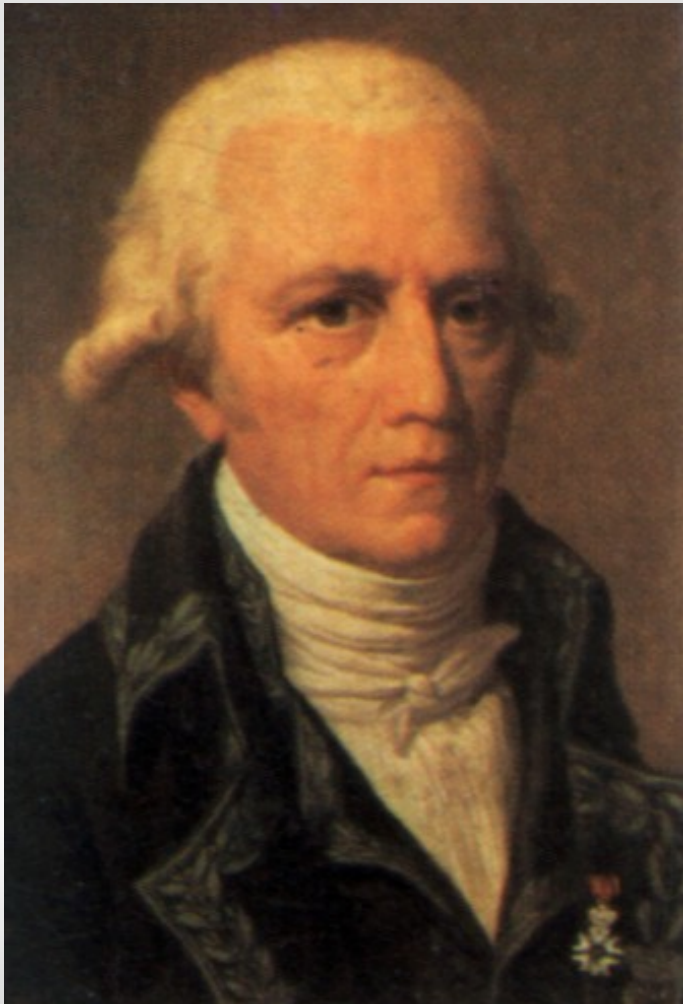


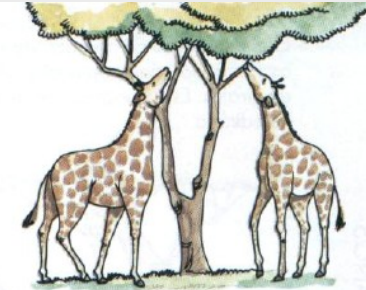
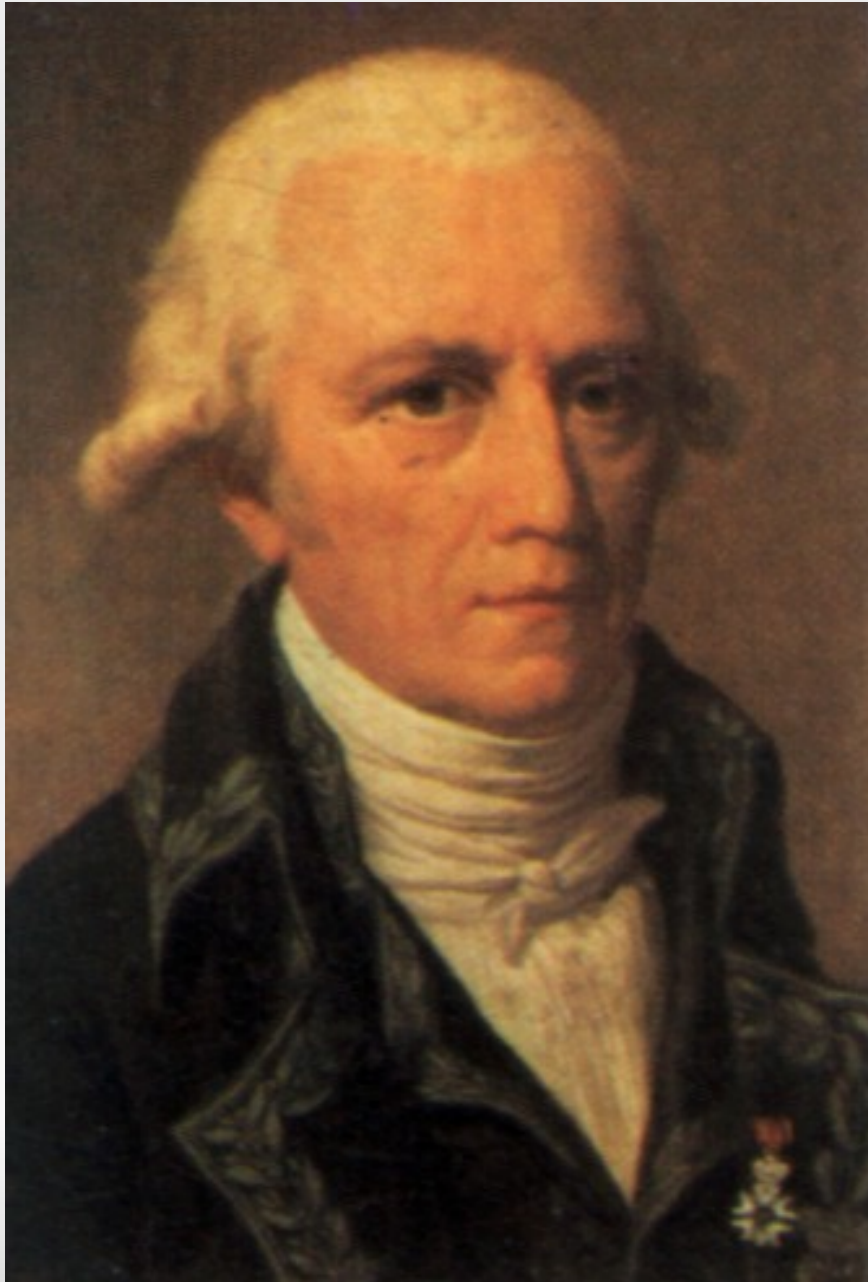
Figura 12.6 As treze espécies de pássaros fringílídeos de Galápagos, apesar de muito semelhantes, apresentam hábitos alimentares bem diferentes. Algumas têm bicos adaptados ao consumo de sementes, enquanto outras têm bicos delicados, para alimentos moles, como brotos de plantas e frutos carnosos. Na Ilha Cocos, próximo a Galápagos, vive outra espécie de fringílídeo, nitidamente aparentada às treze espécies do arquipélago.

Evolução

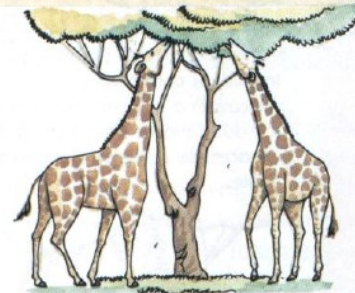
- Diferente da teoria incorreta de **LAMARCK** de que o ambiente altera a forma dos indivíduos, a qual é herdada, **DARWIN** acreditava que a variação já existia e que o ambiente selecionava o tipo mais adaptado → **Seleção Natural** (sobrevivência do mais apto)



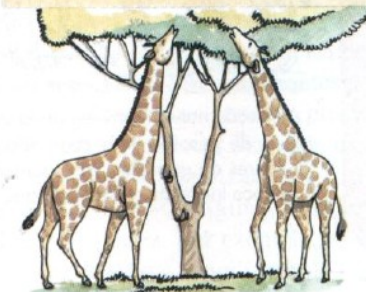
Evolução: Lamarck



Os ancestrais das girafas eram animais de pescoço curto. A necessidade de alcançar as folhas das árvores provocava o alongamento do pescoço.



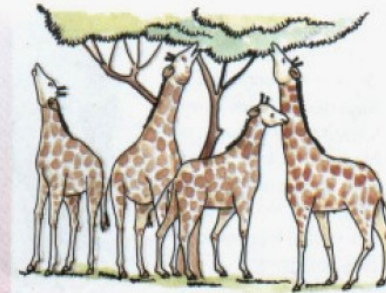
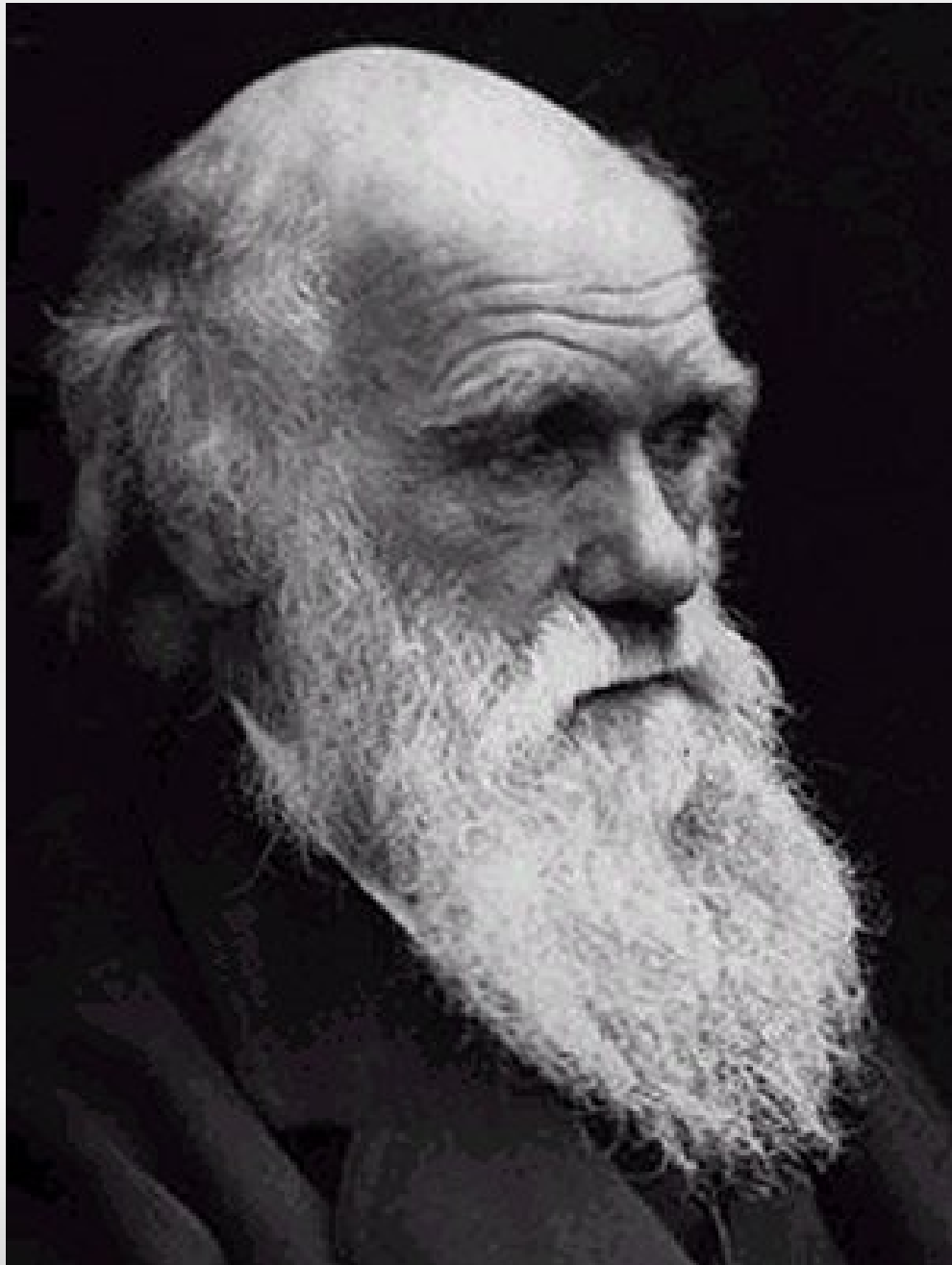
Como resultado do exercício constante, o pescoço ia se tornando cada vez mais comprido. Essa característica adquirida era transmitida à descendência.



Milhares de anos depois, em consequência do uso intensivo e da transmissão à prole dos caracteres adquiridos, as girafas desenvolveram pescoços longos e musculosos.

MILHARES DE ANOS

Evolução: Darwin



O comprimento do pescoço variava entre os indivíduos das populações ancestrais de girafas. Essa variação era de natureza hereditária.



Indivíduos com pescoços mais longos alcançavam o alimento dos ramos mais altos das árvores. Por isso, tinham mais chances de sobreviver e deixar descendentes.



A seleção natural, privilegiando os indivíduos de pescoço mais comprido durante milhares de gerações, é responsável pelo pescoço longo das girafas atuais.

MILHÕES DE ANOS

Teoria de Darwin

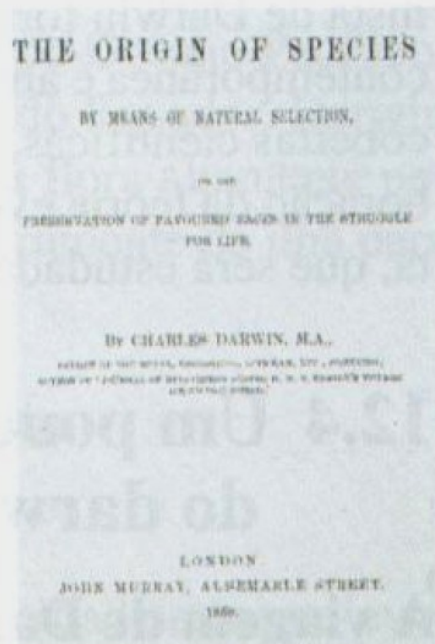
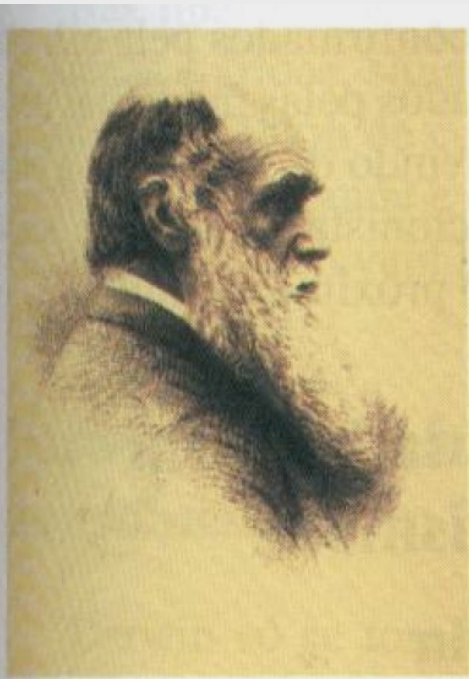
- Uma população não pode crescer indefinidamente por falta de recursos (alimentos são escassos)
- Competição por alimento, espaço, etc.: sobrevivem os mais adaptados (provenientes de uma população variante). Assim, esses indivíduos têm mais chance de deixar descendentes (mortalidade diferencial)
- A seleção natural é a causa dessa mortalidade diferencial
- Conceito Darwiniano de seleção natural: mortalidade diferencial
- Conceito atual (neo-darwiniano): sucesso reprodutivo diferencial

Teoria de Darwin

- 1) Todos os organismos têm potencialidade para aumentar em número em progressão geométrica;
- 2) Em cada geração, entretanto, o número de indivíduos de uma mesma espécie permanece constante;
- 3) Conclui-se que deve haver competição pela sobrevivência;
- 4) Variações (que podem ser herdadas) são encontradas entre indivíduos de todas as espécies;
- 5) Algumas variações são favoráveis a um organismo em um determinado ambiente e auxiliam na sua sobrevivência e reprodução;
- 6) Variações favoráveis são transmitidas para os descendentes e, acumulando-se com o tempo, dão origem a grandes diferenças. Assim, eventualmente, novas espécies são produzidas a partir de espécies antigas.

Teoria de Darwin

- Darwin tem esta idéia em 1838, mas só apresenta em 1858 junto com a mesma teoria de Wallace, mas com mais evidências.
- Em 1859, publica a “Origem das Espécies” (1ª edição em 1859 e última edição em 1872), que contém duas teses separadas:

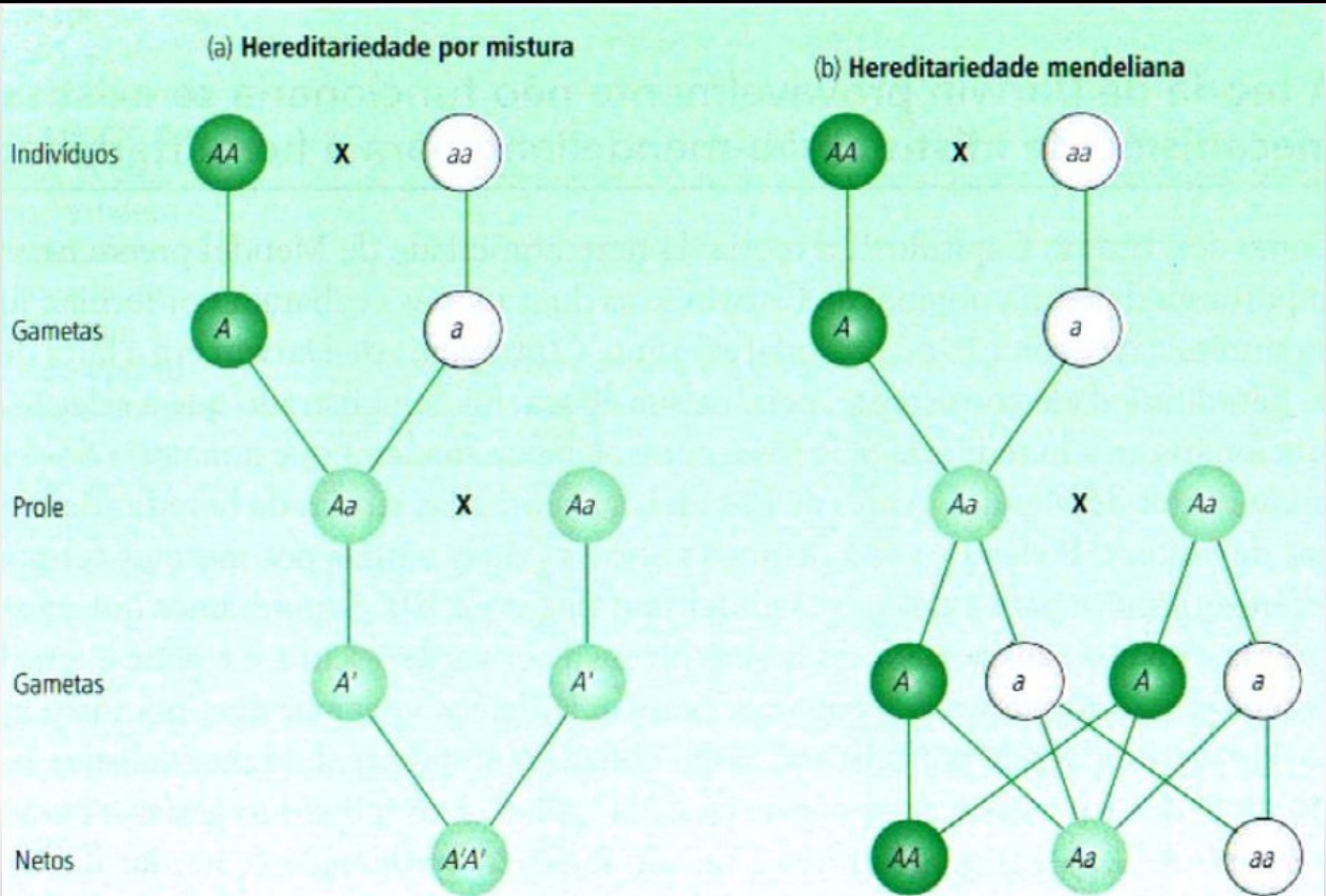


- a) Todos os organismos descenderam com modificação a partir de ancestrais comuns
- b) O principal agente de modificação é a seleção natural sobre a variação individual

Darwinismo e Mendelismo

- Grande falha de Darwin: desconhecia as causas da variação hereditária
- Acreditava, junto a criadores de animais, que haviam substâncias de natureza fluida, e que o caráter intermediário dos híbridos era resultante da “mistura” em seus corpos, de fluidos dos ascendentes
- Críticas à seleção natural:
 - Fleming Jenkin → seleção natural não poderia escolher os melhores fluidos numa mistura

Darwinismo e Mendelismo



Teoria Sintética da Evolução

- Sob o ponto de vista genético, a evolução corresponde a “qualquer alteração das frequências alélicas da população, visando torná-la mais adaptada”.
- Variabilidade: condição básica para que ocorram processos evolutivos
- Os fatores que alteram as frequências alélicas das populações são agrupados no que se denomina **Teoria Sintética da Evolução** e se fundamenta nos seguintes processos:
 - a) Processo que cria variabilidade – mutação
 - b) Processos que ampliam a variabilidade – recombinação genética, hibridação, alterações na estrutura e número de cromossomos e migração
 - c) Processos que orientam as populações para maior adaptação – seleção natural, deriva genética e isolamento reprodutivo

Processo que cria variabilidade

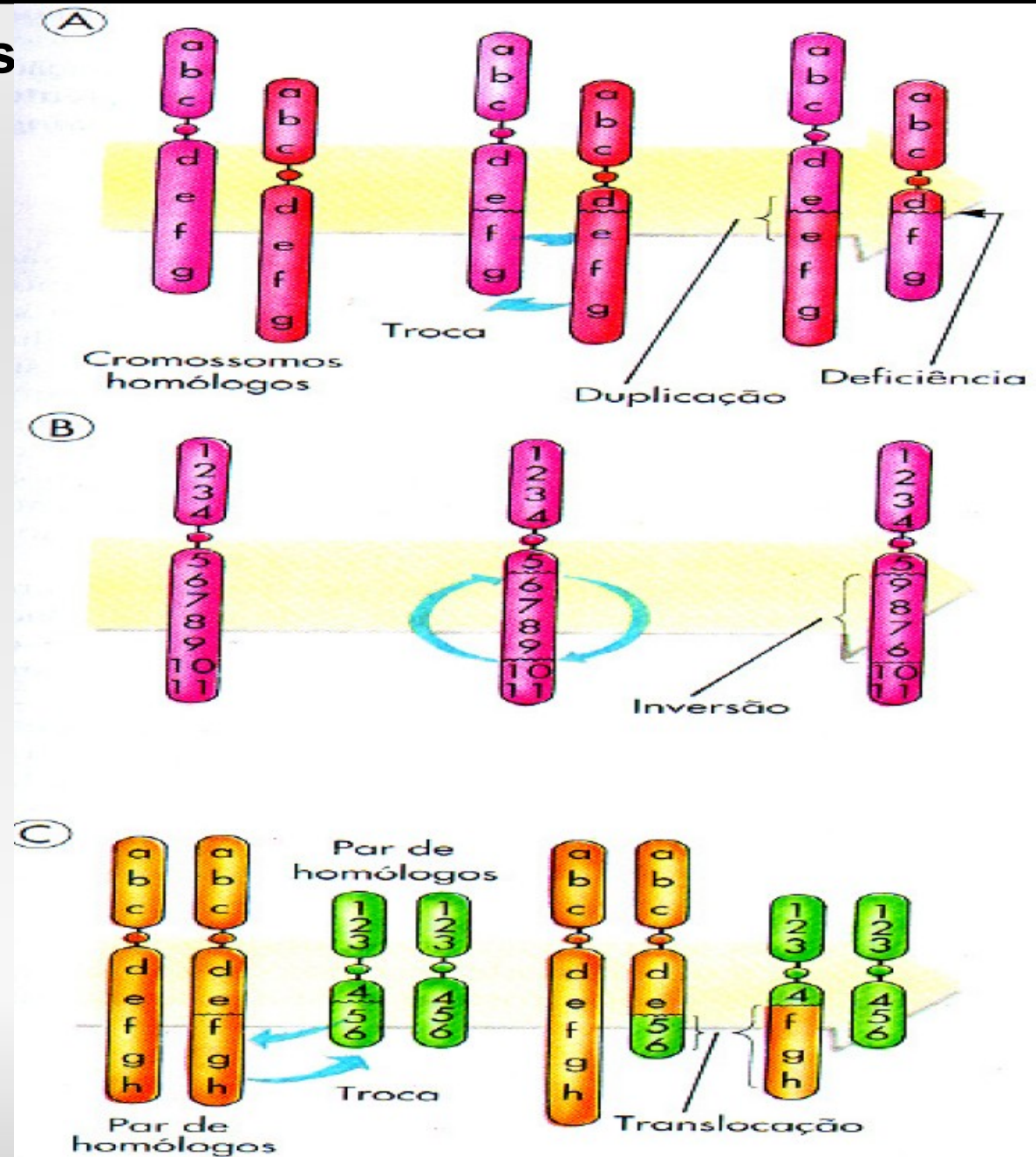
- **Mutações pontuais ou mutações gênicas:** alterações na sequência do DNA de um gene
 - substituição de nucleotídeos na região codificante de um gene
 - inversões na ordem dos nucleotídeos, resultando na codificação de um amino-ácido diferente na cadeia polipeptídica
 - adição ou deleção de um nucleotídeo na área codificante, que pode causar mudança na leitura e produzir uma proteína diferente

Processos que ampliam a variabilidade

- **Mutações cromossômicas estruturais:** resultado da quebra e reunião de cromossomos
 - podem afetar um único gene quando a quebra ocorre numa região codificante;
 - causam deleções e duplicações de pequenos segmentos, bem como inversões e translocações de segmentos cromossômicos;
 - esses rearranjos modificam grupos de ligação dos cromossomos envolvidos;

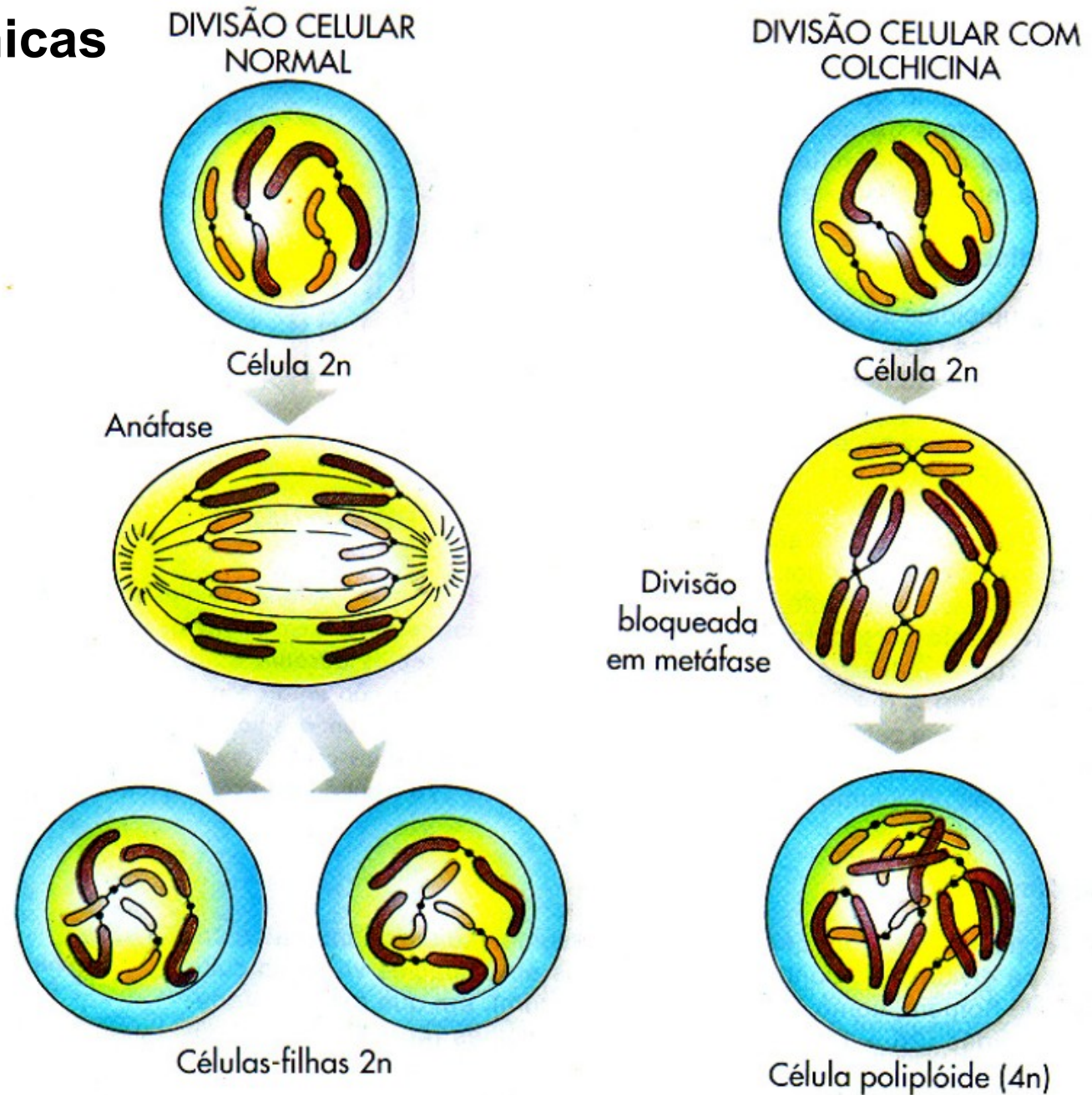
Processos que ampliam a variabilidade

- Mutações cromossômicas estruturais:



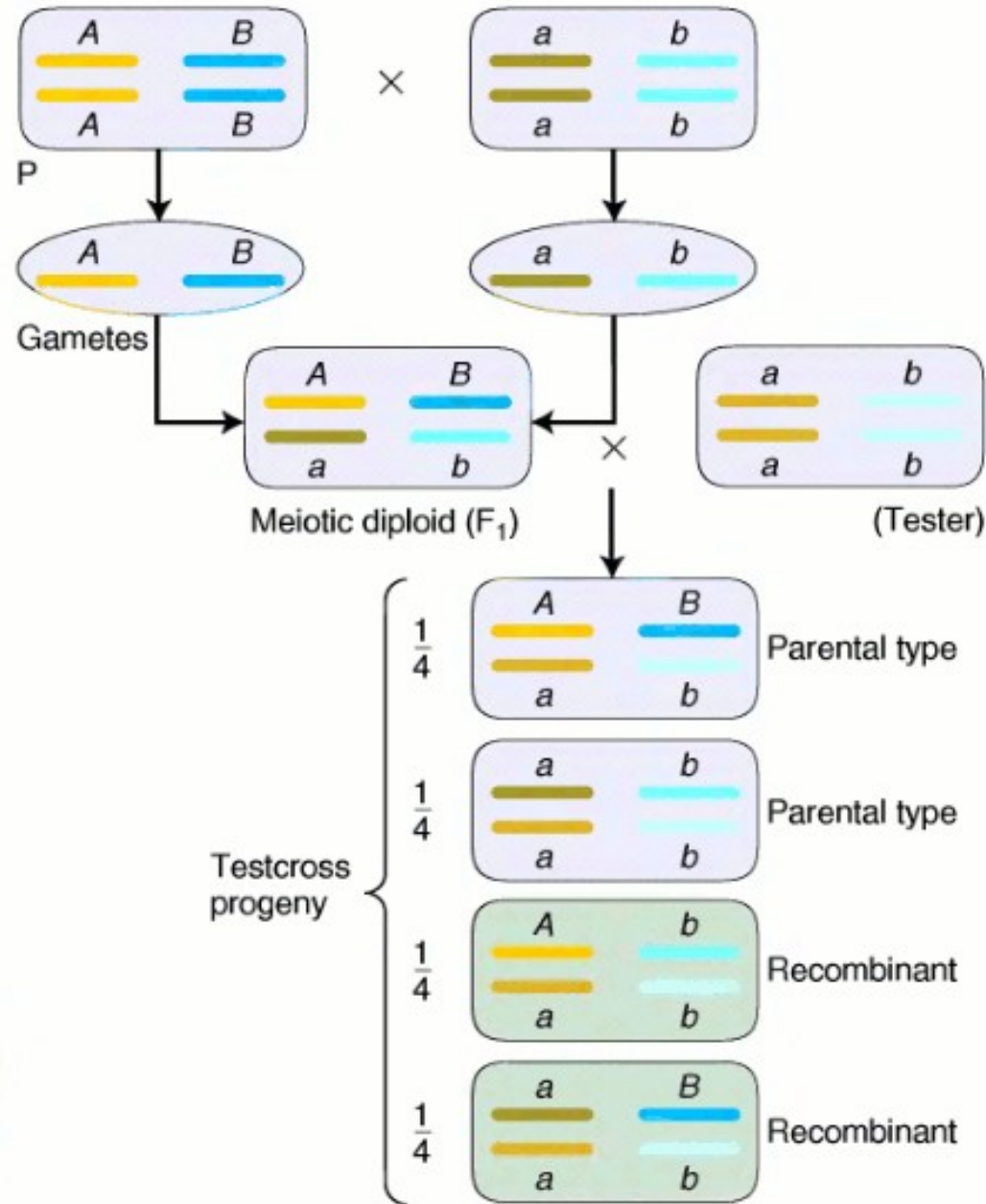
Processos que ampliam a variabilidade

- **Mutações cromossômicas numéricas:**



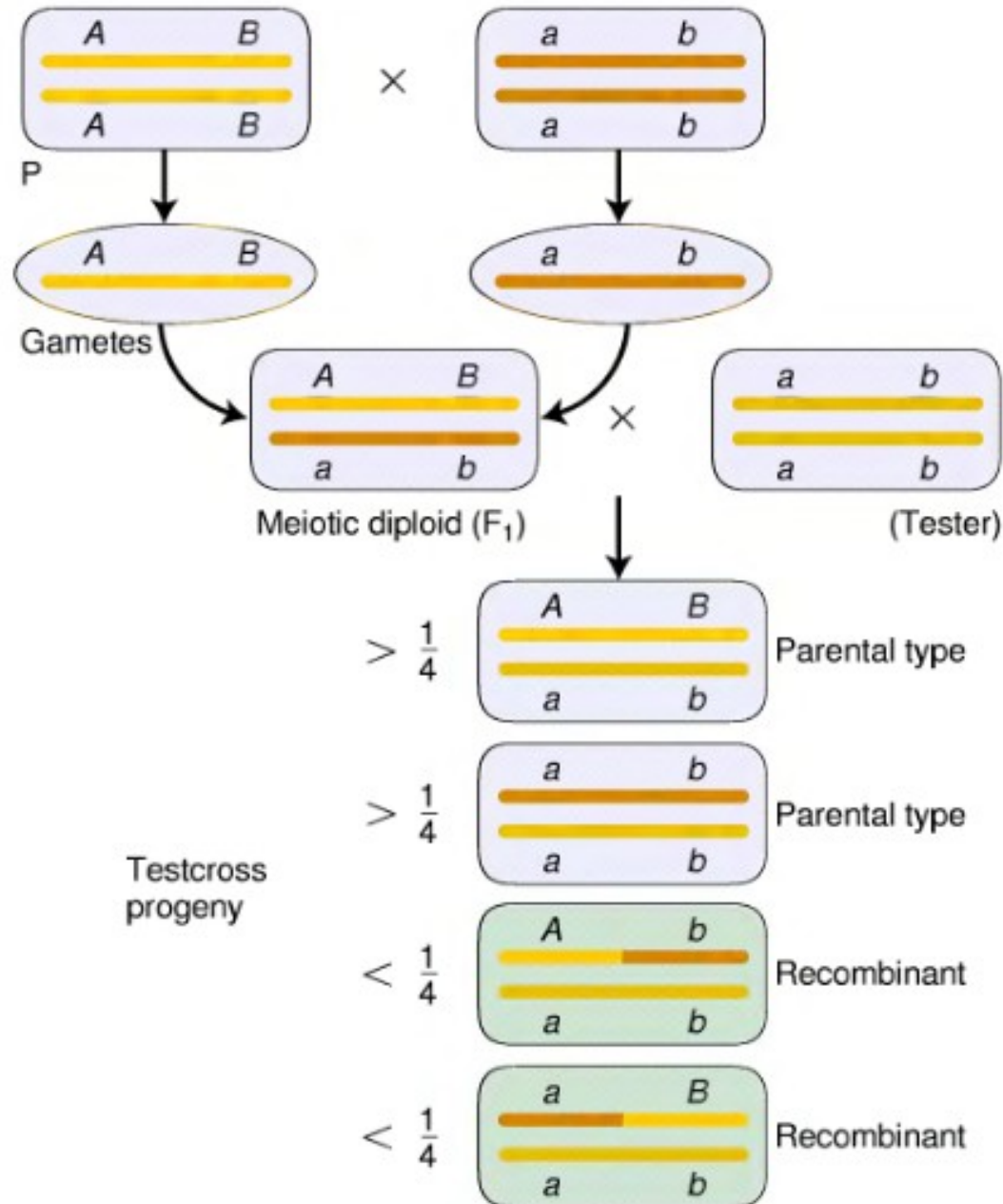
Processos que ampliam a variabilidade

- Recombinação:



Processos que ampliam a variabilidade

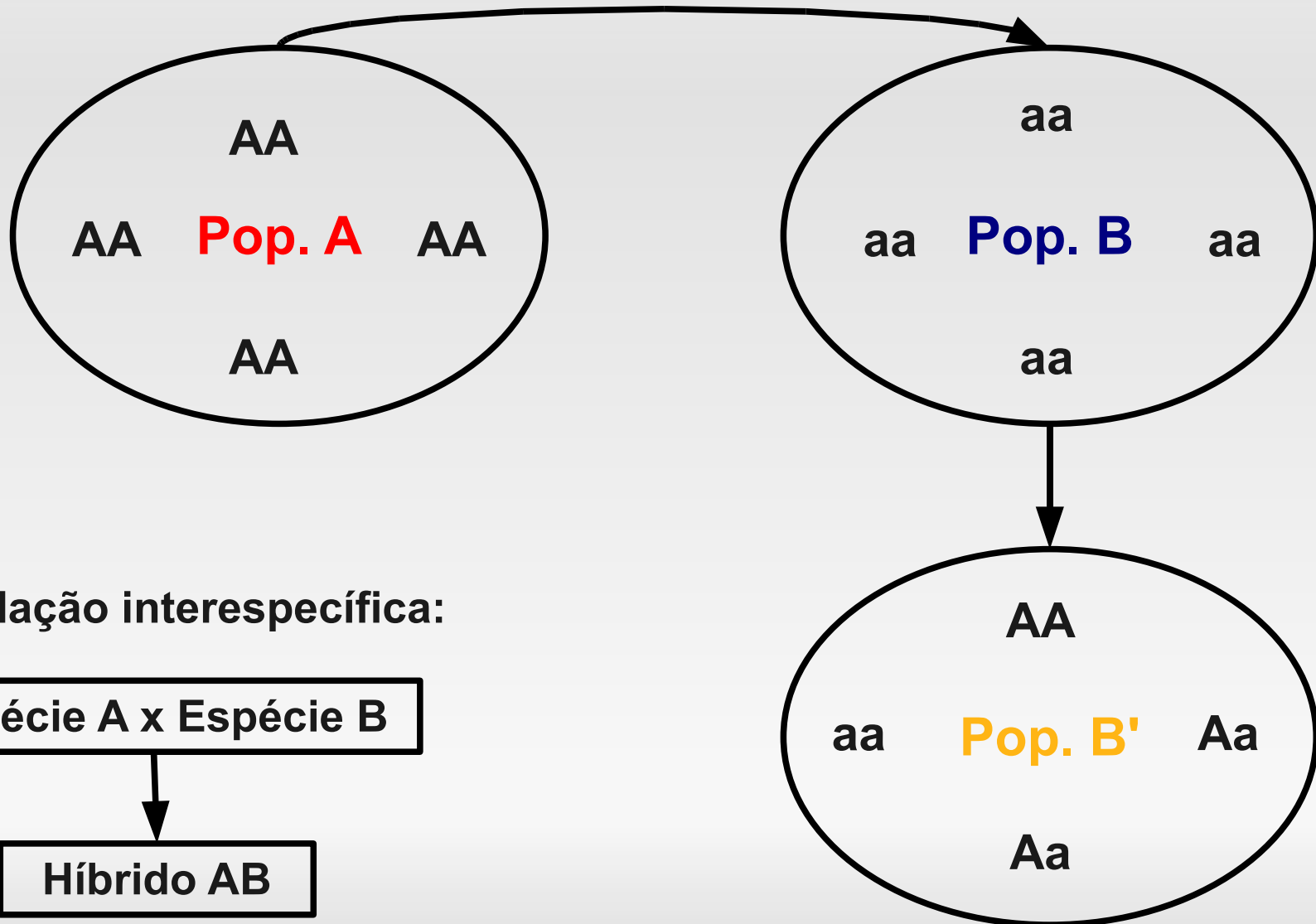
- Recombinação:



Processos que ampliam a variabilidade

- Hibridação:

Migração



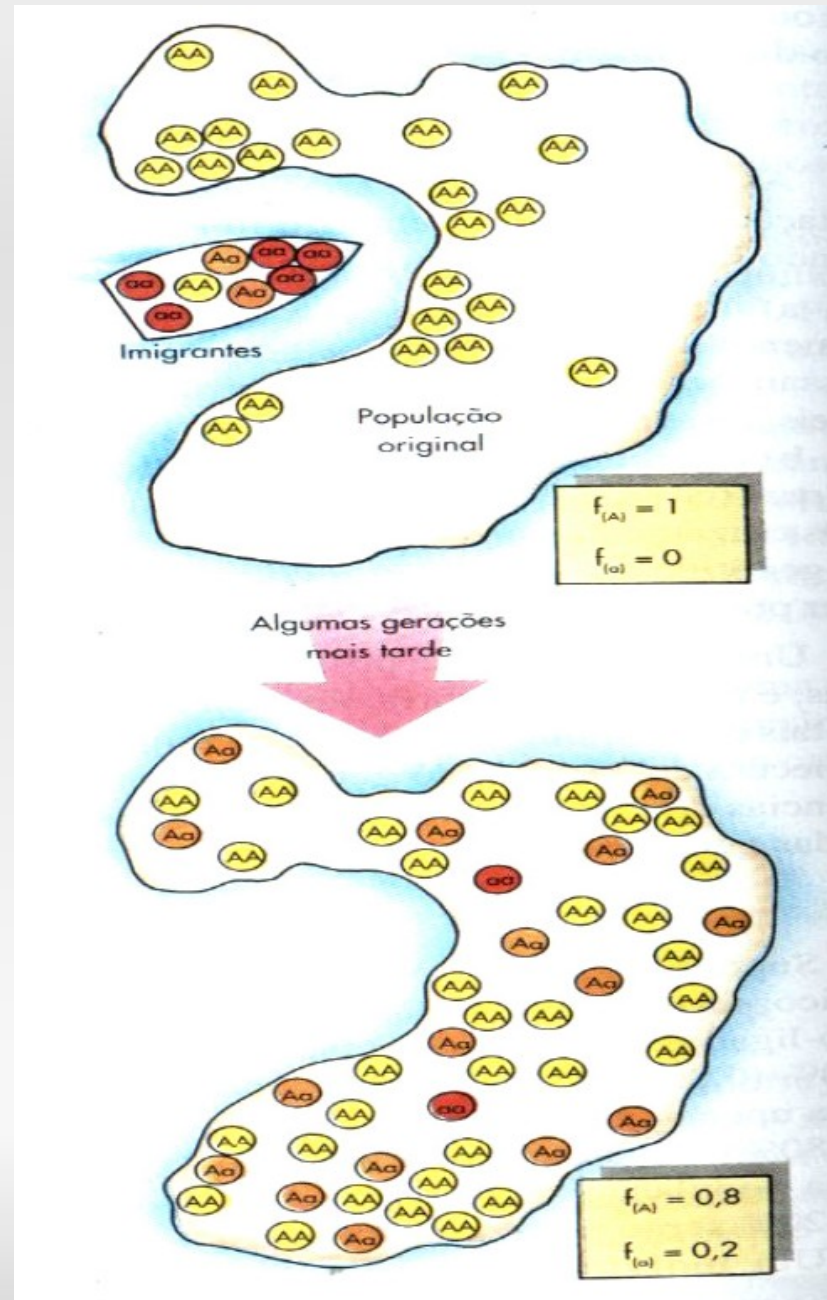
Hibridação interespecífica:

Espécie A x Espécie B

Híbrido AB

Processos que ampliam a variabilidade

- Migração:

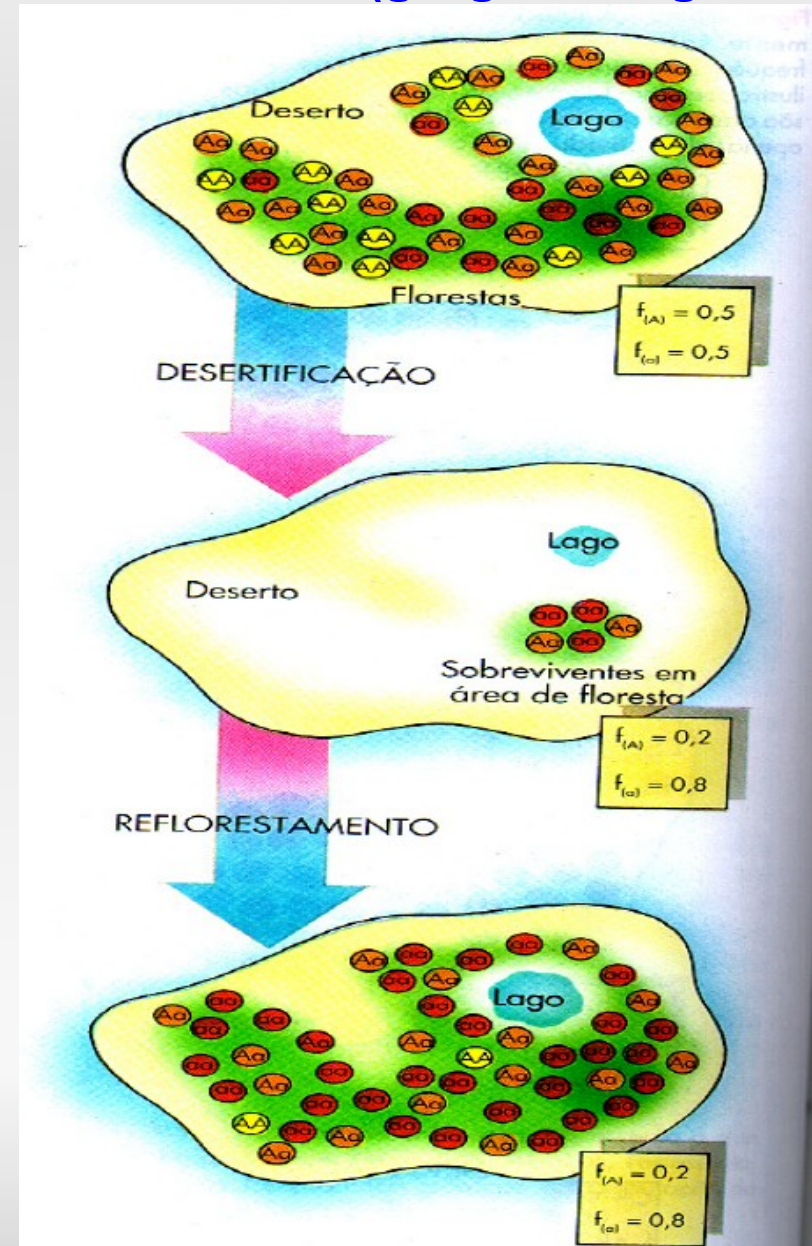


Processos que levam a maior adaptação

Deriva genética:



Efeito de Afunilamento (gargalo de garrafa)



Processos que levam a maior adaptação

- **Seleção Natural:** mecanismo direcional, não aleatório
- Exemplo clássico de Seleção Natural:
 - Mariposas (*Biston betularia*): estudada por Ford e Kettlewell (Inglaterra)
 - Pousavam em árvores do gênero *Betula*, com líquens
 - Polimorfismo p/ coloração:
 - forma typica (cor cinza claro)
 - forma carbonária (cor escura)
 - Predadores: duas espécies de pássaros



Seleção Natural

- Experimentos por Kettlewell:
 - Criou milhares de mariposas. Marcou-as e soltou-as em duas áreas. Recapturou-as.
 - A) Área industrial próximo a Birmingham:
 - 13% forma típica
 - 27,5% forma carbonária
 - B) Área não industrial de Dorset:
 - 14,6% forma típica
 - 4,7% forma carbonária



Processos que levam a maior adaptação

- **Isolamento reprodutivo:** processo que dificulta ou impede a troca de alelos entre duas populações e é essencial para a formação de espécies novas, bem como para a manutenção da identidade de cada uma. Compreende (Stebbins, 1970):
 - Mecanismos pré-zigóticos: impedem a fertilização e formação do zigoto
 - Mecanismos pós-zigóticos: a fecundação ocorre e os zigotos híbridos são formados, mas estes são inviáveis ou dão origem a indivíduos fracos ou estéreis

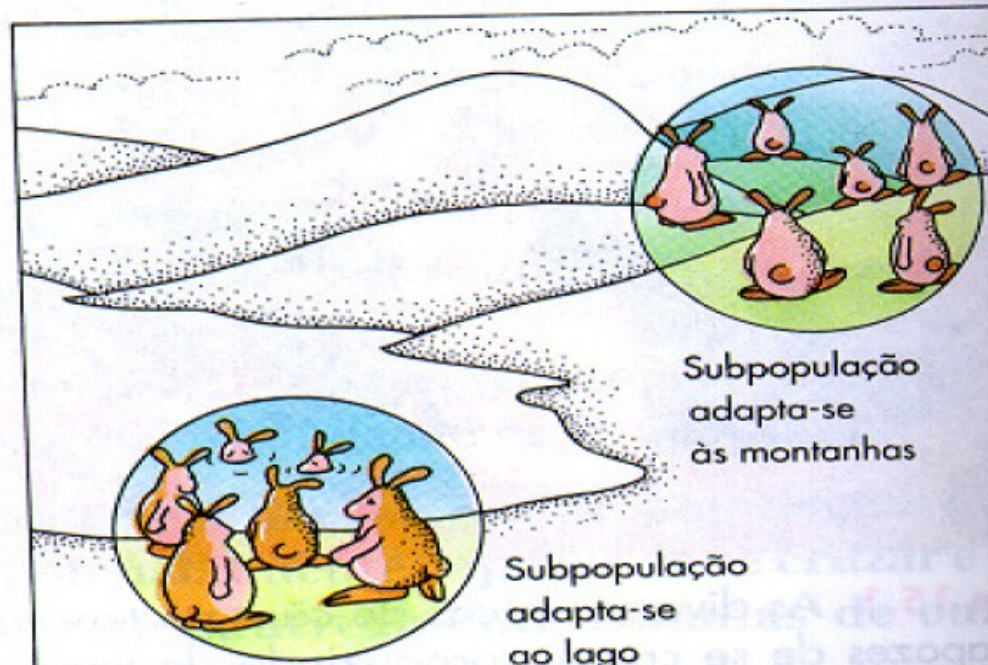
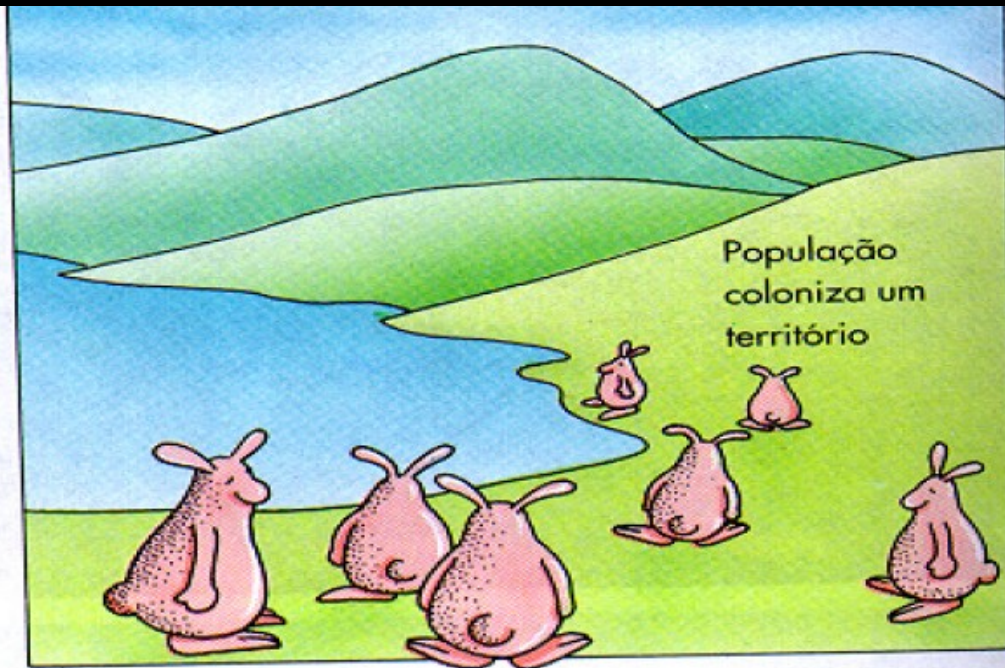
Processos que levam a maior adaptação

- **Mecanismos pré-zigóticos:**
 - Habitat: as populações vivem na mesma região, mas ocupam diferentes condições ambientais
 - Sazonal ou temporal: as populações ocorrem na mesma região, mas apresentam maturidade sexual em épocas diferentes
 - Etológico (animais): as populações são isoladas por comportamentos diferentes e incompatíveis antes do acasalamento
 - Mecânico: a fecundação cruzada é impedida ou restringida por diferenças estruturais dos órgãos reprodutivos
 - Incompatibilidade gamética: os gametas não sobrevivem em órgãos reprodutivos estranhos

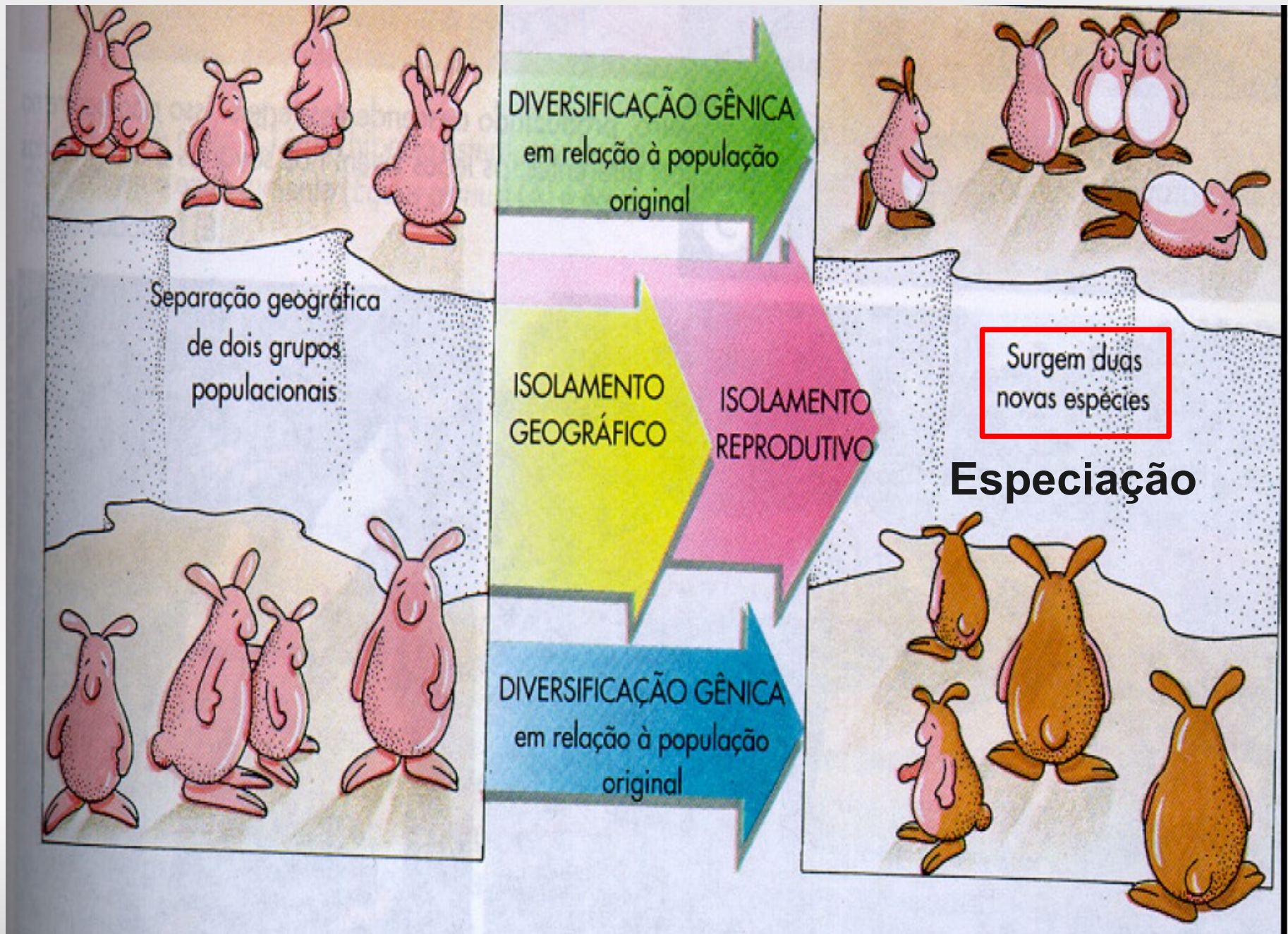
Processos que levam a maior adaptação

- **Mecanismos pós-zigóticos:**
 - Inviabilidade ou debilidade do híbrido
 - Esterilidade do híbrido: os híbridos são estéreis porque os órgãos reprodutivos não se desenvolvem completamente ou o processo meiótico é anormal

Migração



Isolamento geográfico e reprodutivo



Especiação

- A **especiação** é a formação de novas espécies e engloba todos os processos de evolução já comentados, geralmente associados a um isolamento geográfico
- Os mecanismos geradores e amplificadores da variabilidade ocorrem e fornecem os recursos necessários para tornar uma espécie mais adaptada e resistir às alterações ambientais
- Essa variabilidade pode permitir que alguns indivíduos ocupem novas condições ambientais, formando assim subpopulações que, para se adaptarem ao novo ambiente, acumulam complexos gênicos adaptativos (causando diferenciação entre subpopulações)
- Como as subpopulações ocupam habitats diferentes (isolamento geográfico), os cruzamentos entre elas não são freqüentes (NÃO OCORRE FLUXO GÊNICO), o que contribui para aumentar a divergência genética entre subpopulações, possibilitando o surgimento de um mecanismo de isolamento reprodutivo, que mesmo que as subpopulações sejam colocadas novamente no mesmo ambiente, permanecem isoladas reprodutivamente, caracterizando espécies diferentes (**ESPECIAÇÃO**)