

# *Revisão de Conceitos e Processos Ecológicos Básicos e de Evolução*



**Silvia Maria Guerra Molina**

Professor Associado

Lab. Ecologia Evolutiva Humana

**Departamento de Genética - ESALQ-USP**

# *Revisão de Conceitos e Processos Ecológicos Básicos e de Evolução*

---

**Colaboraram na elaboração da versão original desse conceitos, como estudante da disciplina:** Emília Patrícia Médici (População); Daniela G. Sakamoto (Comunidades); Alessandra Oliveira (Nicho Ecológico); Cesar Augusto Sapia Pedro (Hábitat); Cesar Augusto P. Bosqueiro (Hábitat); Márcio Santos de Lima (Ecossistema); Ana Clarissa A. Negrini (Sucessão Ecológica); Marcos Custódio Barbosa (Ciclo de Matéria); Marcelo Trevisan Barbano e Ricardo Luíz Zanatto da Silva (Fluxo de Energia); Marcos Souto Urso (Simbiose).

---

Monitor PEEG (anterior): Felipe Carvalho B. Cavalcanti

## Ecologia como ciência:

- Avaliação das consequências que as ações dos seres humanos podem ter sobre as comunidades naturais.

- Enfoques e métodos que buscam ser mais objetivos que o senso comum e produzir conhecimentos mais precisos.

- Níveis de estudo:

organismos (sistemas organizmicos)

populações (sistemas populacionais)

comunidades (ecossistemas)

## **POPULAÇÃO** - em *Ecologia*:

grupos de indivíduos de uma mesma espécie, que ocupam um espaço determinado e funcionam como uma parte de uma **comunidade biótica**.

*(definir o tempo)*

## **COMUNIDADE**

**(comunidade biótica ou biocenose):**

todas as populações que ocupam uma área.

As populações que compõem uma comunidade interagem por meio de transformações metabólicas coevoluídas. *(definir o tempo)*

# ECOSSISTEMA

(sistema ecológico, biossistema ou biogeocenose):

comunidade e ambiente

Qualquer unidade que abranja todos os organismos que “funcionam em conjunto” (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um **fluxo de energia** produza estruturas bióticas claramente definidas e uma **ciclagem de materiais** entre as partes vivas e não-vivas.

**Sucessão Ecológica** refere-se a mudanças que ocorrem na estrutura de espécies e processos da comunidade ao longo do tempo. Pode ser equiparada ao **desenvolvimento do ecossistema**.

A sucessão ecológica de um ambiente tende a elevar a quantidades de energia mantida no ecossistema, aumentando assim a capacidade de suporte do ecossistema.

Para tanto, a energia é capturada pela fotossíntese e mantida nos sistemas orgânicos através de **relações ecológicas** realizadas pelas diversas espécies.

## Capacidade de suporte

- Número máximo de indivíduos de uma espécie que o habitat tem capacidade de suportar.
- Em ecologia é determinada por vários fatores, que incluem a quantidade de alimentos disponível, o espaço, a luz e o grau de competição, doença, predação e acumulação de dejetos.
- Estes fatores inibem uma população de crescer além de um determinado ponto dentro do habitat, e ao chegar àquele ponto ela se estabiliza, flutuando dentro de números limitados.

**BIOMA:** biosistemas regionais ou subcontinentais caracterizados por um tipo principal de vegetação ou outro aspecto identificador de paisagem (ex: bioma da floresta decídua temperada).

**BIOSFERA** ou **ECOSFERA:** o maior sistema biológico, que mais se aproxima da auto-suficiência. Inclui todos os organismos vivos da Terra que interagem com o ambiente físico como um todo.



Cada população em um hábitat pode ser definida por uma série de características biológicas e parâmetros físicos. Esse conjunto é conhecido como seu **nicho ecológico**.

O *nicho ecológico* envolve o espaço físico ocupado por um organismo e o seu papel funcional na comunidade, ou seja a sua posição trófica, além de sua posição nos gradientes ambientais de temperatura, umidade, pH, solo e outras condições de existência.

A **diferenciação do nicho** ocorre em resposta às **pressões de seleção** e esta diferenciação é o principal fator determinante na **espeiação**, antecipando-se ao **isolamento genético** estabelecido por outro meio.

**Princípio de exclusão competitiva** (Gause): Somente uma população específica, com um conjunto particular de características biológicas e de respostas aos parâmetros físicos e químicos pode ocupar um dado hábitat.

O nicho ecológico é uma característica de uma população biológica, não uma localização física.

Até que um hábitat seja ocupado por ao menos uma população específica, ele não contém nenhum nicho ecológico.

***Hábitat*** : local onde um organismo ou comunidade vive, podendo incluir tanto o ambiente abiótico quanto outros organismos.

## Observação:

Em textos de autores não da biologia é comum encontrar o termo “nicho” usado no sentido “hábitat”, e o termo “comunidade” usado no sentido “população humana”, entre outras variações.

Esses textos podem ser usados como referência em Ecologia Humana, dada sua interface de áreas.

## MAS:

É necessário deixar claro o significado atribuído a cada termo adotado no trabalho científico.

## CICLO DA MATÉRIA E FLUXO DE ENERGIA

Em todas as interações entre populações e seus ambientes há um fluxo de energia e a rigor, é isso que tais interações significam.

Parâmetros físicos tais como temperatura, ventos, precipitações, disponibilidade de um nutriente, água ou oxigênio integram as interações ambientais e são **intercâmbios de energia.**

Qualquer hábitat possui uma ou mais “hierarquias” nas quais séries de consumidores de alimentos e relações predador-presa podem ser identificadas.

Tais hierarquias são **cadeias alimentares**.

A energia passa de populações de um nível da cadeia alimentar a populações em um nível imediatamente superior. Cada um desses níveis é conhecido como **nível trófico**.

Em **cadeias secundárias** (ou **reductoras**, ou **cadeias alimentares de detritos**): a energia é obtida de fontes químicas pela quebra de matéria orgânica morta, “devolvendo” nutrientes ao solo.

Na transferência de um nível trófico a outro ocorre **perda de energia disponível**. Sendo assim, há limitações quanto ao número de níveis possíveis em uma cadeia alimentar.

Numa **pirâmide ecológica** assim formada, quanto mais elevado o nível em questão, menor a quantidade de energia disponível.

A análise de diversas cadeias alimentares interligadas por diversas espécies forma uma **teia alimentar**.

Uma **espécie-chave** (ou dominante ecológico) pode ser definida como uma espécie cuja população exerce o maior efeito controlador sobre a natureza da comunidade, nem sempre sendo identificada por sua abundância relativa.

**Diversidade de espécies:** nº de populações de diferentes espécies, presentes em um hábitat.



## População humana x limitações ambientais:

diversos autores ressaltam a necessidade do **controle populacional**.

A principal maneira de se efetivar tal controle restringe-se à limitação do número de nascimentos.

Para tanto faz-se necessário definir padrões para **tamanho ótimo**, sub-população e super-população.

## *População ótima:*

relação entre o número de pessoas e a capacidade do ambiente de suportá-las **a curto e a longo prazo.**

O Planeta Terra como um todo está super povoado ainda que de fato existam tanto áreas super povoadas quanto subpovoadas.

A Terra deve ser analisada em conjunto, já que uma população excedente numa área tende a criar problemas para as outras áreas.

# Espécie

Indivíduos de uma mesma espécie apresentam:

- muitas características em comum,
- origem semelhante e
- nenhuma barreira que limite o livre intercruzamento entre seus membros.

Uma população assim constituída caracteriza-se como uma *unidade de evolução*.

## ***Conceito biológico de espécie:***

*Espécies são grupos de populações naturais que inter-cruzam ou têm o potencial para tanto, e que estão reprodutivamente isolados de outros grupos (relação comportamental/genética).*

### Limitações deste conceito:

- Se duas populações próximas não realizam troca gênica, não há meios de saber se há isolamento reprodutivo
- Não pode ser testada para espécies fósseis
- Irrelevante em populações assexuadas
- Não pode ser usada em grupos de plantas em que ocorre hibridização entre populações bastante divergentes.

## ***Conceito filogenético de espécie:***

Populações que contêm todos os tipos de descendentes conhecidos de um único ancestral comum, formando um ramo independente em uma filogenia.

Além disso, as populações devem ter passado um período evolutivo suficientemente longo para que caracteres diagnósticos existam (relação evolutiva).

### Limitações deste conceito:

- Não há filogenias bem elaboradas para todos os grupos de seres vivos, ainda.
- Usar caracteres específicos para distinguir espécies poderia levar a descrição de “novas” espécies devido à presença de *qualquer* característica diferente, local.

## ***Conceito morfo-específico de espécie:***

Paleontólogos caracterizam espécies com base em diferenças morfológicas entre fósseis. (relação morfológica)

## Limitações deste conceito:

- As definições de espécies podem ser demasiado arbitrárias.

## Espécie:

- Decisões arbitrárias podem levar à “descrição de novas espécies” apenas por questões alheias à ciência.

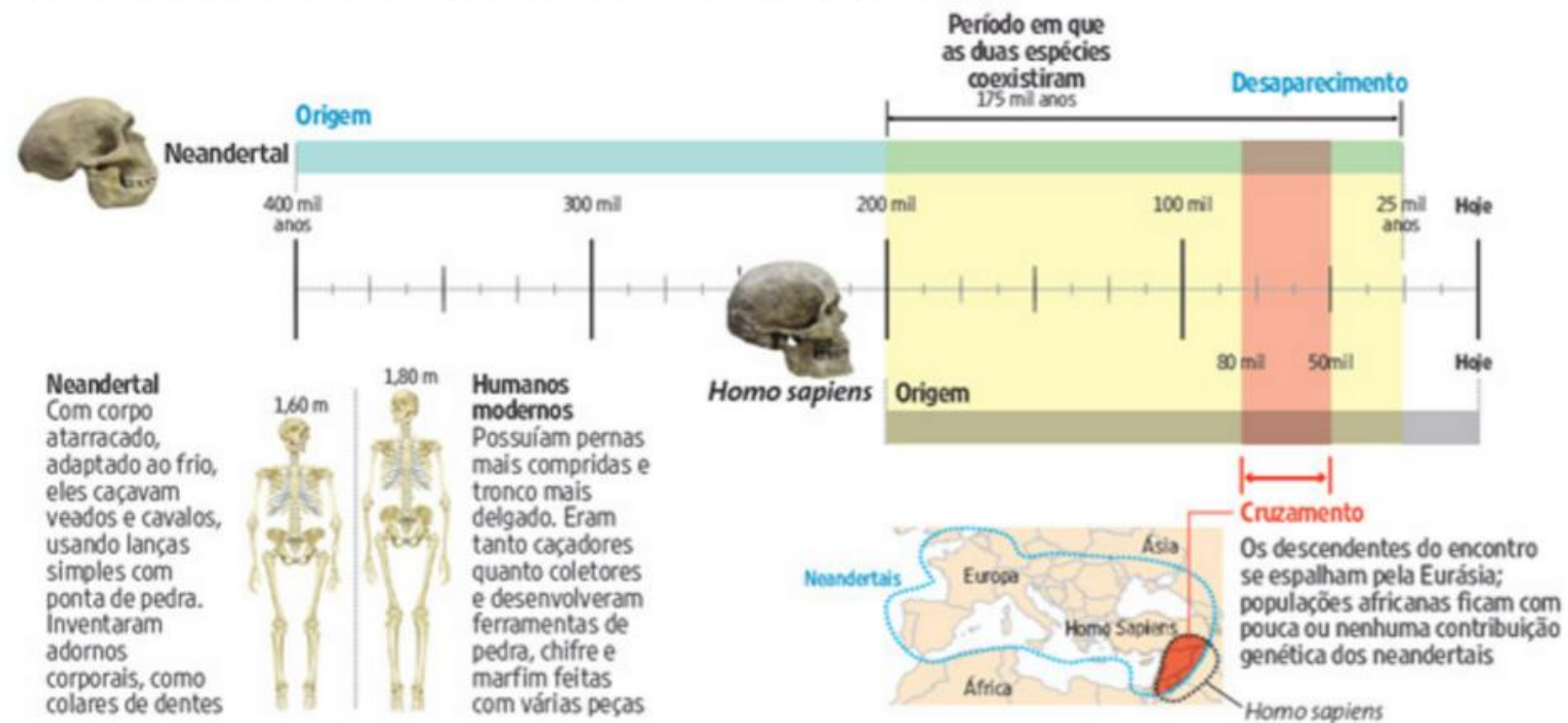
- É também um termo relativo.

Uma população pode ou não ser uma espécie distinta em relação a outra população.

Portanto, **espécie** é um conceito em definição, que ainda é debatido.

# Humanos modernos e neandertais teriam se acasalado há 50 mil anos

A trajetória evolutiva e os encontros dos neandertais e humanos modernos





# Humanos modernos e neandertais teriam se acasalado há 50 mil anos

Um grupo de cientistas liderados por Svante Pääbo, do Instituto Max Planck de Antropologia Evolutiva, na Alemanha, conseguiu usar o material genético de três fósseis da espécie extinta para ler cerca de dois terços de seu genoma.

O DNA neandertal foi comparado com as "letras" químicas totalmente decifradas de chimpanzés e humanos. Entraram na comparação cinco outros genomas de pessoas vivas.

Tais doadores (dois africanos, um papuano, um chinês e um francês) representam quase toda a diversidade genética da humanidade atual.

Passo seguinte: alinhar os bilhões de letrinhas dos genomas. É como escrever a mesma frase várias vezes, uma frase embaixo da outra, levando em conta que acontecerão erros de cópia do texto (mutações).

Se humanos e neandertais não cruzaram depois da separação de suas linhagens, todos os humanos modernos deveriam ter o mesmo texto genético em relação ao DNA do neandertal. Mas não é o que acontece, como explicou à Folha o antropólogo John Hawks, da Universidade de Wisconsin, EUA.

"Em vários casos, quando há uma diferença entre o genoma de um africano e o de um não africano, a versão das populações que não são originárias da África bate com a dos neandertais", diz ele. "O único jeito de explicar esses dados é por cruzamento", continua

# Sexo entre humanos e Neanderthais ocorreu há 100 mil anos

O Estado de São Paulo 19/02/2016

Para realizar o estudo, os cientistas analisaram a sequência genética de fósseis de Neanderthais de diferentes locais da Europa, incluindo espécimes encontrados na caverna Sidrón, nas Astúrias, Norte da Espanha e a caverna Vindija, na Croácia.

De acordo com um dos autores, Antonio Rosas, do Museu Espanhol de Ciência Natural, a pesquisa muda completamente o panorama sobre a relação entre as duas espécies, por mostrar que, além dos genes Neanderthais herdados pelos humanos modernos, o *Homo sapiens* também passou seus genes para os Neanderthais.

"Nos últimos 100 mil anos, humanos anatomicamente modernos migraram para fora da África pela primeira vez. Esses humanos modernos se encontraram e se misturaram com um grupo de Neanderthais, que mais tarde migraram para o sul da atual Sibéria, levando consigo genes de *Homo sapiens*", explicou.

# Sexo entre humanos e Neanderthais ocorreu há 100 mil anos

O Estado de São Paulo 19/02/2016



Hibridização entre o Homo neanderthalensis e o Homo sapiens ocorreu pela primeira vez há 100 mil anos, de acordo com novo estudo Foto: THE NEW YORK TIMES

Em Ecologia Humana as comunidades:

são estudadas não somente em relação a seus fatores biológicos

também são considerados fatores políticos e socioculturais que levam espécies de uma comunidade a serem ameaçadas

além de serem estudados os efeitos dos fatores ambientais.

O termo **estado contínuo** (*steady-state*) refere-se ao equilíbrio auto-ajustador, a uma condição equilibrada que está mais ou menos imune a perturbações, pelo menos em pequena escala.

Se a densidade populacional humana continuar a aumentar, o crescimento de patologias sociais e físicas poderá vir a limitar tal crescimento.

Apesar de o ser humano se adaptar a situações diversas, persiste a necessidade de avaliar o que é sucesso adaptativo para nossa espécie.

Na Síntese Moderna da Evolução, a evolução caracteriza-se pela ausência de motivo ou de propósito.

O acaso e a necessidade (livro: J. Monod) são as duas faces da transformação biológica.

Nesta definição, a evolução envolve:

- . erros ocasionais nos materiais genéticos
- . alterações ocasionais nas condições do ambiente
- . padrões de desempenho dos organismos dentro de seus ambientes.

Adaptação Evolutiva (sentido genético estrito):

número de descendentes que irão representar o indivíduo (ou grupo de indivíduos ou uma espécie) no conjunto de organismos que existirão num determinado período posterior.

Neste sentido, por mais bem condicionado o indivíduo que morra sem deixar filhos terá fracassado do ponto de vista estrito da evolução biológica – também há a evolução cultural.

**(ATENÇÃO: há o cuidado para com parentes e grupo!!)**

O próprio êxito evolutivo pode ser transitório, como demonstra a extinção de organismos que foram altamente bem sucedidos em tempos anteriores.

Traços adaptativos/ adaptações:

uma parte específica da anatomia (ex: cor)

um processo fisiológico (ex: velocidade de respiração)

um padrão de comportamento (ex: uma dança de acasalamento)

ocorrem por acaso, mas podem se manter na espécie quando melhoram as chances de um organismo sobreviver e se reproduzir.

Neste sentido, o conceito de adaptação abrange também a evolução que cria esse traço.



## Variabilidade

(mutação -> diversidade -> seleção -> evolução):

- substituições aleatórias de nucleotídeos nos genes podem provocar mudanças correspondentes de anatomia, fisiologia ou comportamento
- esse processo dissemina, na população, múltiplas formas do(s) gene(s)
- também ocorre quando os genes mudam de posição nos cromossomos, ou quando o número de cromossomos (e, portanto, de genes) aumenta ou diminui
- o genótipo sendo alterado por uma ou outra dessas formas pode resultar em um fenótipo diferente.

Novos fenótipos geralmente têm um efeito na sobrevivência e na reprodução.

Se o efeito for favorável e levar a índices mais elevados de sobrevivência e reprodução, os genes mutantes começam a se espalhar na população.

Se o efeito for desfavorável, os genes que o provocaram vão diminuindo e podem desaparecer por completo.

Evolução: mudança de frequências gênicas na população ao longo das gerações

## ***Seleção Natural:***

Teoria de Darwin: 3 premissas e 1 conclusão

- Todas as espécies geram mais descendentes do que aqueles que podem sobreviver e se reproduzir nas condições do ambiente onde residem
- Os organismos variam na sua habilidade de sobreviver e se reproduzir
- Parte da variação na habilidade de sobreviver e se reproduzir é hereditária

***Conclusão:*** ocorrência de seleção natural  
(genótipos com maior adaptação deixam mais descendentes do que os genótipos menos adaptados ao ambiente onde residem)

Ou seja:

Alelos favoráveis levam à maior adaptação e ocorrerão em maiores proporções nas futuras gerações que na atual.

**Evolução:** mudança nas frequências alélicas – ao longo das gerações - em populações de animais, vegetais ou de micro-organismos.

**Darwinismo:** teoria da seleção natural que explica como ocorre uma parte ou aspecto da evolução – a micro-evolução.

**Um processo darwinista requer as seguintes condições :**

**Reprodução:** os agentes devem ser capazes de produzir cópias de si próprios e essas cópias devem ter igualmente a capacidade de se reproduzirem

**Hereditariedade:** As cópias devem herdar as características dos originais

**Varição(\*):** Ocasionalmente, as cópias têm que ser imperfeitas (diversidade no interior da população)

**Seleção Natural:** Os indivíduos são selecionados pelo ambiente. A seleção natural destrói - e não cria.  
Em nível local tende a reduzir a variabilidade, em nível global a aumentar.

**Em qualquer sistema onde ocorram essas características deverá ocorrer evolução**

(Um processo darwinista requer as seguintes condições)

### **Varição(\*):**

Ocasionalmente, as cópias têm que ser imperfeitas  
(diversidade no interior da população)

Cabe ressaltar que Darwin considerava a importância da recombinação para a variabilidade.

A recombinação amplifica a variabilidade gerada pelas mutações e imigrações.

Lembramos que entre as forças evolutivas estão a mutação, a seleção natural, a migração e a deriva ou oscilação genética.

O problema da existência de um objetivo na evolução não tem relação com a eliminação dos inaptos, e sim com a forma com que se dá a origem dos aptos.

A Evolução Biológica vai se compondo passo a passo atendendo aos requisitos (de adaptação ao ambiente) de apenas uma ou duas gerações, sem ser norteadada por visão alguma inclusive de natureza ética ou moral e sem estar comprometida com qualquer finalidade distante.

- **Macroevolução** é o estudo da evolução analisado a partir da escala de conjuntos de genes independentes.

Tem como foco as mudanças que ocorrem no **nível de espécie ou acima**.

- Em contraste, a **microevolução** tem como objeto de estudo mudanças evolutivas em menor escala, que ocorrem **dentro de uma espécie ou população**, e podem ser descritas como mudanças nas **frequências alélicas**.



- **Especiação** é o processo evolutivo pelo qual as espécies vivas, diferentes, se formam. Este processo pode ser uma transformação gradual de uma espécie em outra (**anagênese**) ou pela divisão de uma espécie em duas por **cladogênese**.
- Modos principais de especiação:  
**alopatria, simpatria, parapatia e peripatria.**
- A especiação pode também ser induzida artificialmente, através de cruzamentos selecionados ou experiências laboratoriais.

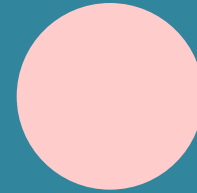
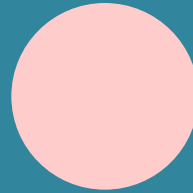
Alopatria

Peripatria

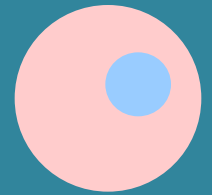
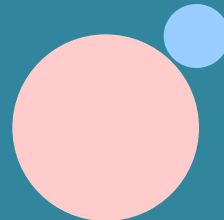
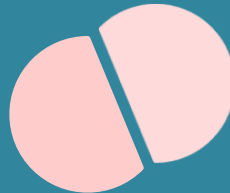
Parapatría

Simpatria

População Original



Passo Inicial de Espeiação



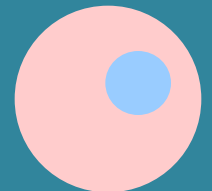
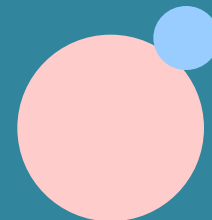
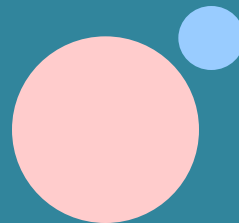
forma-se barreira

entrada em novo habitat

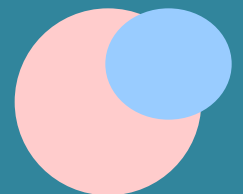
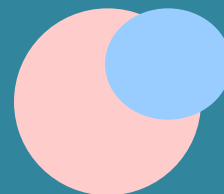
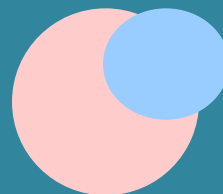
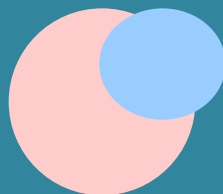
entrada em novo habitat

mudança genética

Isolamento Reprodutivo



Novas espécies Distintas após Equilíbrio



- **Cladística:**

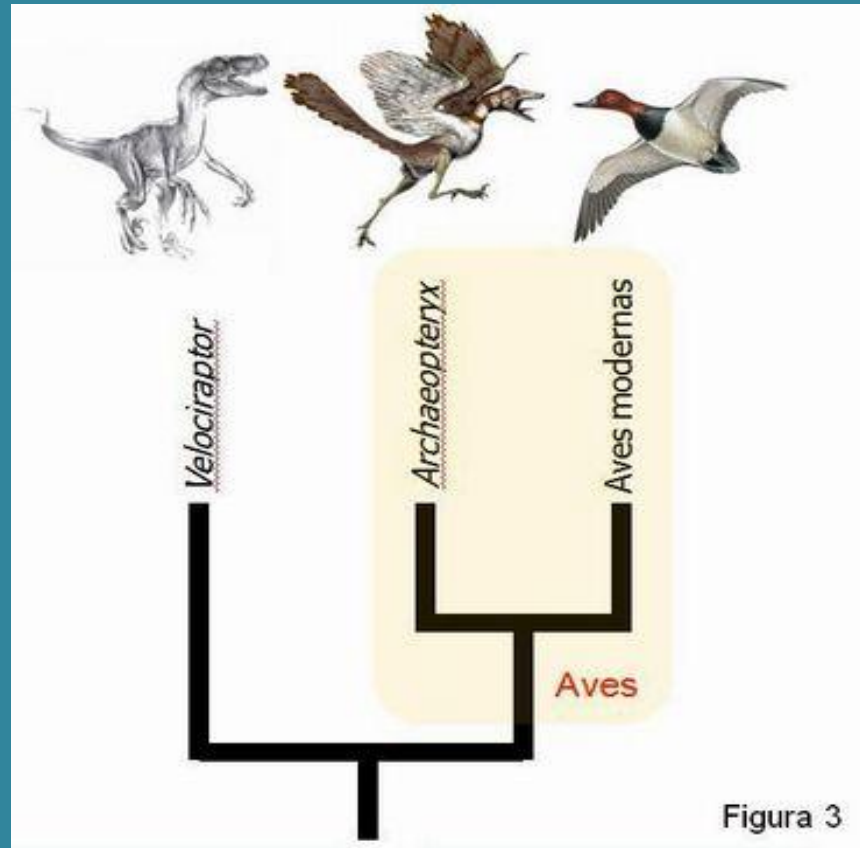
estudo das relações filogenéticas (de ancestralidade) entre os seres vivos.

- **Estado do Caráter:**

como está uma dada característica semelhante em dois ou mais grupos estudados.

Podem ser considerados **primitivos** ou **derivados**.

# Cladograma (árvore filogenética):



- Caráter primitivo: ausência de penas.
- Caráter derivado: presença de penas.

# PRINCÍPIO DA PARCIMÔNIA

- Menos é melhor / Menos é mais
- Em Ciência, é dada preferência à explicação mais simples para uma observação ou fato.
- Na sistemática moderna, ao construir filogenias: é considerado correto o sistema de parentesco mais simples encontrado, aquele que apresente o menor número de passos intermediários ou mudanças evolutivas.

## COMENTÁRIO SOBRE AUTORES DA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

### Eugène Dubois (1858 – 1940)

Paleoantropólogo – médico anatomista

Homem de Java – *Pitecanthropus erectus*    *Homo erectus*

(“elo perdido” entre o macaco e o ser humano)

<[super.abril.com.br/ciencia/medico-eugene-dubois-442179.shtml](http://super.abril.com.br/ciencia/medico-eugene-dubois-442179.shtml)>

### René Dubos (1901 – 1982)

Franco americano - ativista ambiental, médico-microbiologista

“Pensar globalmente, agir localmente”

Promoção da saúde

popularização do uso antibióticos

Prêmio Pulitzer – Um animal tão humano (1968)

<[www.oocities.org/~esabio/cientistas/rene\\_dubos.htm](http://www.oocities.org/~esabio/cientistas/rene_dubos.htm)>

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Foley, R. **Apenas mais uma espécie única: Padrões da Ecologia Evolutiva Humana.** Edusp, São Paulo, 1993.

Lewin, R. **Evolução Humana.** Atheneu Editora, São Paulo, 1999.

Kormondy Brown **Ecologia Humana.** São Paulo: Atheneu Editora, 2002, 503p.

Ricklefs, R. **A Economia da Natureza.** 5ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003. 503p.

*E também:*

Bougney, A.S. **Ecology of Populations** 2ª Ed. U.S.A.:MacMillan Publishing Co. Inc., 1973. 182 p.

Cherret, J.M. Contribution of Ecology to our understanding of the natural world: a review of some key ideas. **Physiology and Ecology Japan.** Kyoto, Japan, 27(special number) march, 1990.

Dubos, R. **Namorando a Terra.** São Paulo: Ed.Melhoramentos/EDUSP, 1981. 150p.

Ehrlich, P.R.; Ehrlich, A.H. **População, Recursos, Ambiente:** Problemas de Ecologia Humana. São Paulo: Ed. Polígono/EDUSP, 1974. 509p.

Lumsdem, C.J. **Genes, Mind, and Culture:** the coevolutionary process. Cambridge: Harvard University Press, 1981. 428p.

Odum, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara S.A. 1988.434p.

Wallace, B. **Humanidade, suas necessidades, ambiente, ecologia.** São Paulo: EDUSP, 1978. 277p.

Wilson, E. O. A criação de Ecossistemas In: Wilson, E.O. **Diversidade da Vida.** São Paulo: Cia das Letras, 1994. 447p. cap. IX.