

## Conceitos de espécie

Prof. Fabrício R Santos  
UFMG

## Espécies

- A categoria mais fundamental da classificação biológica.
- Não há um conceito universal de espécies que pode ser usado para definir, identificar e caracterizar todas as espécies.
- Há muitos Conceitos de Espécies (múltiplas formas de pensar e definir espécies).



## Sistemática e taxonomia

- **Sistemática:** o relacionamento evolutivo (ancestralidade) entre grupos de organismos.
- **Taxonomia:** dar nomes aos grupos de organismos e colocá-los nas categorias nomeadas.

## Regras Taxonômicas

- International Code of Zoological Nomenclature: <http://www.iczn.org/iczn/>
- International Code of Botanical Nomenclature: <http://www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/nomenclature/code/>

Ambas são atualizadas periodicamente

## Bancos de dados de espécies

## Espécies e Evolução Biológica

Espécies são as menores unidades evolutivamente independentes!

Mas qual critério pode ser rigorosamente aplicado?

- Morfo-espécies
- Espécies Biológicas
- Espécies Filogenéticas
- ESU (Unidades Evolutivas Significativas)

## Critérios para um conceito de espécie

### Universalidade (generalidade)

- ✓ Monismo: existe uma única maneira de dividir o mundo vivo em grupos de indivíduos que são organizados por uma única hierarquia de leis.
- ✓ Pluralismo: não há uma visão unificada da natureza; seres vivos são vistos como uma perspectiva de um conjunto de variações sem limites muito claros.

### Aplicabilidade (operabilidade)

- ✓ Espécies devem ser definidas levando em conta todos dados disponíveis.

### Significância teórica (explicação)

- ✓ Espécies e seus caracteres proveem evidências para chegar a uma explicação teórica sua existência.

## Desafios para classificação de espécies

- Pensamento tipológico x populacional;
- Nomes baseados na aparência x nomes baseados nos processos de compartilhamento de genes:
  - Conceito Fenético de espécies
  - Conceito Biológico de espécies

## Conceitos de espécies de hoje

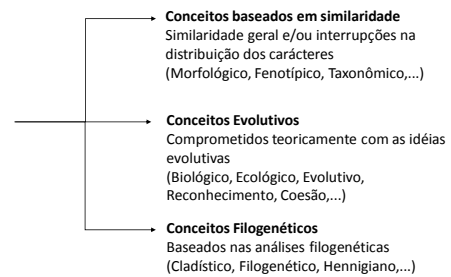
Os conceitos pré-Darwinistas de espécies eram todos tipológicos e essencialistas (ex: Linnaeus, etc)

Número de conceitos atualmente em uso

- ✓ Mayden (1997) identificou mais de 24 conceitos de espécies diferentes.
- ✓ Muitos destes conceitos compartilham várias características.

i. Conceito de Agamospécies;	xv. Conceito não dimensional de espécies
ii. Conceito Biológico de espécies	xvi. Conceito Fenético de espécies
iii. Conceito Cladístico de espécies	xvii. Conceito Filogenético de espécies (versão diagnosticável)
iv. Conceito de espécies coesas	xviii. Conceito Filogenético de espécies (versão monofilética)
v. Conceito Composto de espécies	xix. Conceito Filogenético de espécies (versão diagnosticável e monofilética)
vi. Conceito Ecológico de espécies	xx. Conceito Politético de espécies
vii. Unidade Evolutiva Significativa	xxi. Conceito de Reconhecimento de espécies
viii. Conceito Evolucionário de espécies	xxii. Conceito de Competição Reprodutiva
ix. Conceito de Concorância Genealógica	xxiii. Conceito Sucessional de espécies
x. Conceito Genético de espécies	xxiv. Conceito Taxonômico de espécies
xi. Conceito de Agrupamento Genotípico	
xii. Conceito Hennigiano de espécies	
xiii. Conceito Internodal de espécies	
xiv. Conceito Morfológico de espécies	

## Tipos de Conceitos de Espécie



## Algumas Definições

<b>Espécies Biológicas</b>	Um grupo de populações naturais inter cruzantes que acasalam e reproduzem entre si, e que está isolado reprodutivamente de outros grupos.
<b>Espécies Coesas</b>	O menor grupo de indivíduos que compartilham mecanismos intrínsecos coesivos (ex: habilidade de inter cruzamento, nicho etc)
<b>Espécies Ecológicas</b>	Uma linhagem que ocupa uma zona adaptativa diferente daquela de outras linhagens na sua área de distribuição e que evolui separadamente de todas linhagens fora desta distribuição.
<b>Espécies Evolutivas</b>	Uma única linhagem de populações ancestrais-descendentes que é distinta de outras linhagens e que tem sua própria tendência evolutiva e contigência histórica.

## O Conceito Biológico de Espécies

- Uma espécie é um grupo de populações inter cruzantes:
  - com identidades genéticas únicas que são: reprodutivamente isoladas de outras populações.
- Isolamento reprodutivo permite à espécie evoluir independentemente de outras espécies.



Peixe-esquilo  
*Sargocentron  
xantherythrum*

## Conceitos de espécies são importantes

### Exemplo 1: as listas de espécies ameaçadas

- ✓ Agrupadores (lumpers) reconhecem espécies largamente distribuídas, as quais são improváveis de serem consideradas ameaçadas;
- ✓ Divisores (splitters) reconhecem mais espécies de distribuição restrita, as quais são mais prováveis de serem consideradas ameaçadas.



### Exemplo 2: estimando a biodiversidade

- ✓ O uso de diferentes conceitos de espécies leva a comparações impróprias e equivocadas;
- ✓ Táxons superiores (famílias, ordens etc) geralmente não são comparáveis, mas espécies deveriam ser, já que são consideradas as unidades de conservação, e atualmente também são utilizadas para ressaltar a riqueza em biodiversidade (valor) de cada bioma e país.

## Conceitos de espécies são importantes

O conceito de espécie utilizado pode afetar:

- i. o *status* de conservação específico de populações estudadas;
- ii. estimativas de diversidade de espécies;
- iii. a análise histórica destas unidades chamadas de espécies;
- iv. a compreensão de padrões de fluxo gênico dentre e entre estas unidades;
- v. delineamento de áreas de endemismo;
- vi. a caracterização demográfica de tais unidades;
- vii. decisões para conservação ex-situ (cativeiro);
- viii. quais unidades irão receber proteção de instrumentos locais, nacionais e internacionais.
- ix. estudos de interações e ecossistemas que dependem do número e diversidade de espécies.

## Conceito Fenético de Espécies

- Indivíduos de uma espécie são fenotipicamente mais parecidos entre si, do que com outros grupos de indivíduos de outras espécies.
- Vantagens
  - Pode ser aplicado a todos os organismos
  - Não requer conhecer sobre comportamento reprodutivo ou filogenias
- Desvantagens
  - Definição de “mais parecidos” é arbitrária;
  - Caracteres podem não ser ecologicamente importantes.
  - Espécies fósseis ou raras podem ser “crípticas”

## Conceito Biológico de Espécie (CBE)

"espécies são grupos de populações naturais intercruzantes que são reprodutivamente isolados de outros grupos." (Mayr 1969)

### Problemas:

1. hibridização, principalmente em nível significativo;
2. organismos assexuados, partenogênicos, auto-fecundantes, fósseis, etc;
3. difícil de aplicar a populações alopátricas, exceto quando se usa a expressão 'potencialmente intercruzantes' — mas isto enfraquece a utilidade do conceito.



*Theridion grallator*

“Para aqueles que adotam o **Conceito Biológico de Espécie**, espécies não são mais consideradas classes (tipos naturais) que podem ser definidos, mas ao contrário, são particularidades concretas na visão do biólogo que podem ser descritas e delimitadas, mas não definidas.

O *status* de espécie é uma propriedade de populações, não de indivíduos. Uma população não perde seu *status* de espécie quando um indivíduo pertencendo a esta, hibridiza com um indivíduo de outra espécie.

A palavra inter cruzamento indica uma propensão; uma população isolada espacial ou cronologicamente, por certo, não está inter cruzando com outras populações, mas pode estar propensa a fazê-lo quando este isolamento extrínseco é terminado.”

Mayr (2000)

## Conceito Biológico de Espécies (CBE)

- Ernst Mayr (1942), “definição dos livros textos”
- Reprodutivamente isolada
- Vantagens
  - Relacionada à independência evolutiva, um elemento para a diversificação;
  - Para um grupo de espécies, um critério claro e testável.
- Desvantagens
  - Irrelevante para espécies assexuadas
  - Não pode ser aplicada a “espécies” fósseis/extintas
  - Isolamento geográfico não permite testar o inter cruzamento, por isto se considera a inclusão do termo “potencialmente intercruzante”

## Conceito Genotípico de espécies (CGE)

"Uma espécie é um grupo característico de indivíduos que possui poucos intermediários ou nenhum quando em contato com outros grupos." (Mallet 1995)

### Vantagens:

- admite baixos níveis de hibridização inter-específica
- não há qualquer menção sobre o mecanismo de especiação

### Problema:

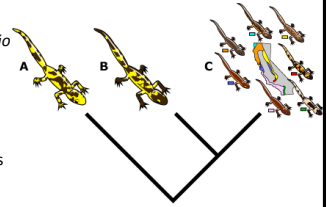
- não pode ser aplicado a populações alopátricas

## Conceito Filogenético de espécies (CFE)

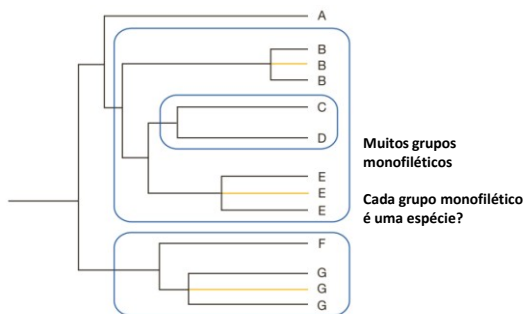
"O menor agrupamento diagnosticável de um conjunto de organismos dentro do qual há um padrão parental de ancestrais e descendentes." (Cracraft 1983)

### Problemas:

- confunde história dos caracteres com história dos organismos .
- classificações mudam com mais dados.
- cria uma "inflação" taxonômica.



Útil para alguns grupos taxonômicos cujas espécies têm pouca hibridização e são monofiléticas com sequências de DNA



Muitos grupos monofiléticos

Cada grupo monofilético é uma espécie?

Copyright © 2004 Pearson Prentice Hall, Inc.

## Conceito de Coesão de espécies (CCE):

"A mais inclusiva população de indivíduos que têm o potencial para a coesão através de mecanismos intrínsecos coesivos." (Templeton 1989)

### Como definir os mecanismos coesivos?

- intercâmbios genéticos (limitados ao fluxo gênico)
- intercâmbios demográficos (limitados ao nicho fundamental e influenciado por deriva genética e seleção)

### Problemas:

- dificuldades operacionais nas quais cada cientista pode escolher enfatizar diferentes mecanismos coesivos.

## Faz alguma diferença qual conceito de espécies é usado?

- Muitas vezes não, mas algumas vezes sim.
- Ex: métodos filogenéticos (utilizados no **CFE**) geralmente resultam em mais espécies reconhecidas do que utilizando o **CBE**.

## Comparação entre conceitos de espécies

Avifauna residente da África Sub-Sahariana :

- Espécies Biológicas: 1572
- Espécies Filogenéticas: 2098

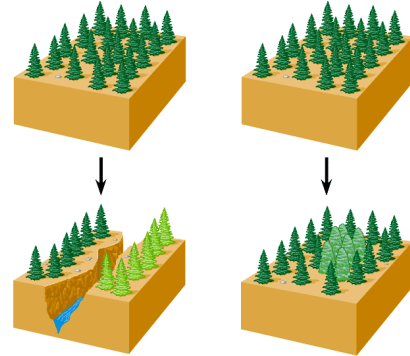
Houve 33% de aumento no número de espécies (**CFE**>**CBE**), mas padrões de endemismo e diversidade foram pouco afetados.

Dillon e Fjeldså (2005) *Ecography* 28(5):682

## Isolamento Reprodutivo

Quando duas populações de organismos relacionados possuem **isolamento reprodutivo completo** entre elas, a imensa maioria dos taxonomistas vai considerá-las como espécies distintas.

Isolamento geográfico que impede a reprodução entre populações alopátricas



(a) Allopatric speciation

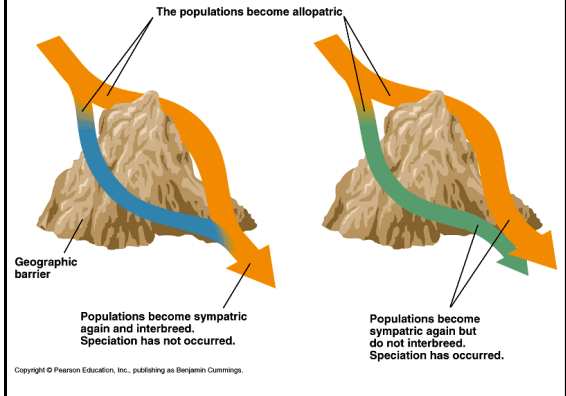
(b) Sympatric speciation

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Espécies de esquilos do Grand Canyon (EUA)



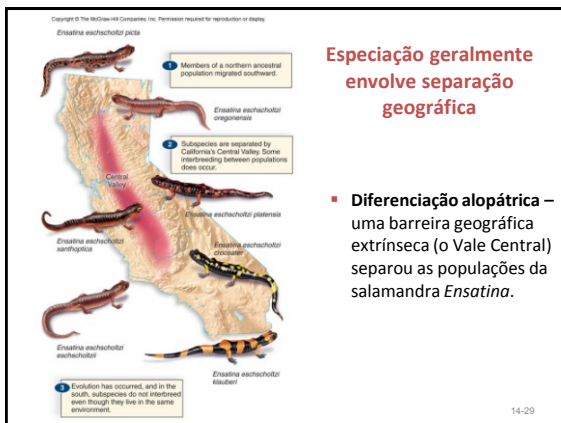
Ocorreu especiação durante o isolamento geográfico? (de acordo com CBE)



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

## Especiação geralmente envolve separação geográfica

- **Diferenciação alopátrica** – uma barreira geográfica extrínseca (o Vale Central) separou as populações da salamandra *Ensatina*.



14-29

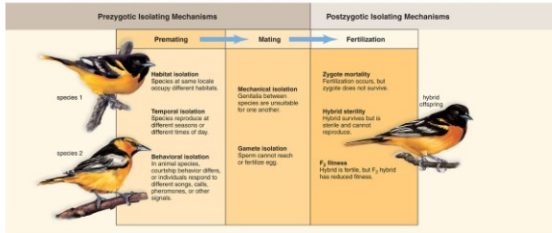
## Nem todo isolamento reprodutivo é geográfico

Acasalamentos podem ser prevenidos por:

- Barreiras de Pré-acasalamento
  - Ecológicas
  - Comportamentais
- Barreiras de Pós-acasalamento, Pré-zigóticas
  - Mecânicas
  - Gaméticas
- Pós-zigóticas
  - Inviabilidade dos híbridos, esterilidade
  - Redução do sucesso reprodutivo dos híbridos
  - Poliploidização em plantas

### Barreiras reprodutivas em Passeriformes

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Diferentes mecanismos de isolamento reprodutivo existem entre espécies de Passeriformes.

14-31

### Barreiras ecológicas

Isolamento reprodutivo entre espécies de *Mimulus* devido a adaptações a diferentes polinizadores



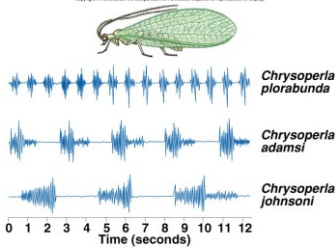
*M. lewisii*

*M. cardinalis*



### Barreiras pré-acasalamento

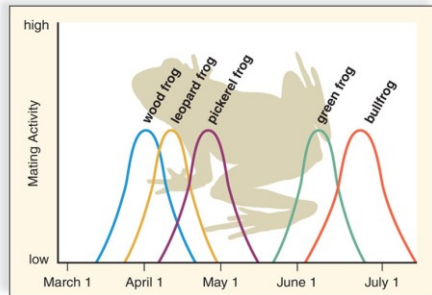
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Padrões de canto diferencial em espécies de neurópteros. Isolamento etológico por diferenças na atração do parceiro.

### Isolamento temporal (sazonal)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



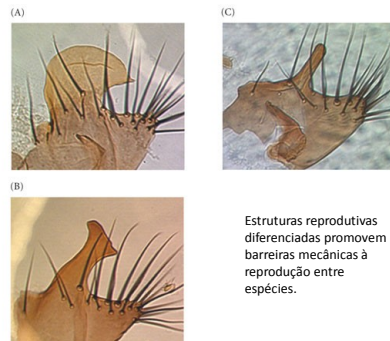
Barreiras comportamentais. Várias espécies de anuros possuem períodos diferentes de acasalamento

### Barreiras mecânicas levando ao isolamento reprodutivo



O acasalamento de libélulas demanda o acoplamento de várias estruturas.

### Isolamento pré-zigótico, mecânico



Estruturas reprodutivas diferenciadas promovem barreiras mecânicas à reprodução entre espécies.

EVOLUTION, Figure 15.8 © 2005 Sinauer Associates, Inc.

**Barreiras comportamentais ligadas à Seleção Sexual**

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Atobá do pé-azul executando a corte para uma fêmea

© Barbara Gerlach/Visuals Unlimited

**Barreiras comportamentais ligadas à Seleção Sexual**

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

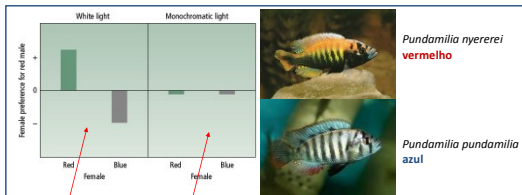


(Acadian) © Karl Mastowski/Visuals Unlimited; (Least) © Stanley Mastowski/Visuals Unlimited; (Willow) © Ralph Reinhold/Animals/Earth Scenes

Três espécies crípticas de papa-moscas (*Empidonax* sp) muito similares, mas são isoladas reprodutiva pelos cantos e preferências distintos.

**Seleção sexual – isolamento comportamental entre espécies de ciclídeos**

Escolha de parceiros em duas espécies de ciclídeos do Lago Victoria (África)



Escolha do parceiro

Sem escolha do parceiro

Seehausen e van Alphen (1998) Behavioral Ecology and Sociobiology 42: 1-8.

A escolha das fêmeas por machos com diferentes cores depende da incidência de luz branca. Com luz monocromática não há escolha do parceiro.

**Isolamento ecológico**

- Isolamento reprodutivo pode aparecer quando espécies ocupam diferentes habitats.
- Barreira pré-zigótica se deu no início da separação destas espécies.
- Leões e tigres ocupavam diferentes habitats dentro da mesma área geográfica.
- Atualmente, eles formam híbridos em cativeiro com problemas de fertilidade (barreiras pós-zigóticas)



**Leão**  
*Panthera leo*



**Tigre**  
*Panthera tigris*

**Barreiras pós-zigóticas**  
**Hibridização inter-específica**

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



14-41

**Barreiras pós-zigóticas**



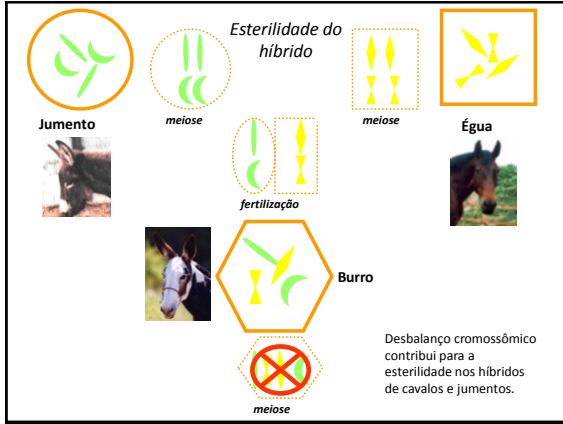
- Mortalidade do zigoto
- Inviabilidade ou esterilidade do híbrido F1
- Valor adaptativo reduzido na F2 ou >F2



Offspring usually mules cannot reproduce. It is all offspring mules result. It cannot reproduce.

Burros e mulas normalmente não se reproduzem devido a incompatibilidade cromossômica (esterilidade da F1)

14-42



**Isolamento genético (cromossômico)**

Barreiras reprodutivas pós-zigóticas aparecem devido a mecanismos cromossômicos

- Aloploidia (hibridização seguida de poliploidia)
- Autopoliploidia
- Estima-se que ocorreu entre 4 e 10% das especiações em dicotiledôneas e monocotiledôneas
- Esta barreira reprodutiva é imediata. Ex tetraplóides (4N) passam a gerar gametas diplóides (2N), incompatíveis com os gametas parentais que são haplóides (N). Este mecanismo leva a uma "especação instantânea" em simpatria.

