



# *Revisão de Evolução*

## *Padrões Gerais*



**Silvia Maria Guerra Molina**

Professor Associado

Lab. Ecologia Evolutiva Humana

**Departamento de Genética - ESALQ-USP**

# Evolução

- **Seleção Natural:** Sucesso reprodutivo diferenciado  
Implica em Variabilidade e Hereditariedade nos caracteres em questão. Implica em competição por recursos (teoria ortodoxa).
- **Adaptação:** consequência da seleção natural.  
Pode ocorrer por diversos caminhos:  
bioquímicos, fisiológicos, morfológicos e comportamentais.

Dizer que uma espécie está “adaptada” a um ambiente não significa dizer que sua vida é isenta de problemas ou dificuldades.

# Limites à perfeição do ajuste adaptativo (Foley, 1993)

**1. Intervalo de tempo entre as condições ambientais e o efeito de seleção.** Ex: Inversões Climáticas

("Seleção a curto prazo, adaptação a longo prazo")

**2. Restrições históricas**

(ex: impossibilidade de um 3º par de membros em tetrápodos – mamíferos, répteis, aves, anfíbios. )

**3. Variabilidade genética**

**4. Fatores de ajuste:** podem ocorrer diversas pressões seletivas contrárias atuando ao mesmo tempo.

**5. Unidade de Seleção** (reprodução individual máxima relativa pode se chocar com um colapso do ecossistema)

**6. Imprevisibilidade**

# Seleção Natural – atua em quais níveis?

- **Genético? Individual? Grupo? Espécie?**
- Atualmente, considera-se que a seleção natural atua no nível dos indivíduos.
- Considera-se, também, que algumas características podem ser selecionadas devido ao seu **fator adaptativo inclusivo**.  
Ex: o tal “Gene Egoísta”, ocorre quando, apesar de causar prejuízos ao seu portador, traz benefícios aos seus parentes próximos.  
(ex: gritos de alarme em suricatos).
- **Seleção de grupo** tem sido refutada devido à ausência de meios práticos através dos quais ela pudesse ocorrer (ou devido à falta de percepção de tais meios). **Considerada em Ecologia Humana.**
- **Seleção de espécies** é considerada em algumas teorias, decorrente de análises macroevolutivas.

# Padrões de Evolução

## Seleção r - incerteza

Ambientes com baixa densidade (estágios pioneiros) a pressão seletiva favorece espécies com um potencial reprodutivo alto (alta razão entre esforços reprodutivos e esforços de manutenção)

## Seleção K - estabilidade

Alta densidade (estágios mais maduros de colonização) favorece organismos com potencial reprodutivo menor, mas com melhor capacidade para utilizar e competir por recursos escassos (investimento maior de energia na manutenção e sobrevivência do indivíduo)

(Lewin, 1998)	Seleção r	Seleção K
Clima	Variável/imprevisível	Constante ou previsível
Mortalidade	Catastrófica, não direcionada, independente da densidade	Mais direcionada, depende da densidade
Sobrevivência	Alta mortalidade juvenil	Mortalidade mais constante
Tamanho populacional	Variável ao longo do tempo, sem equilíbrio; em geral, abaixo da capacidade de suporte do ambiente; comunidades não saturadas (vácuos ecológicos) ; recolonização a cada ano.	Constante ao longo do tempo, em equilíbrio, ou próximo à capacidade de suporte do ambiente; comunidades saturadas; nenhuma recolonização necessária.
Competição intra e inter-específica	Variável, em geral frouxa	Em geral intensa
Seleção favorece	Desenvolvimento rápido Taxa máxima de crescimento Reprodução precoce Tamanho pequeno do corpo Reprodução única Muitos filhotes pequenos	Desenvolvimento lento Maior habilidade competitiva Reprodução tardia Tamanho grande do corpo Reprodução repetida Filhotes maiores em menor nº
Duração da vida	Pequena, em geral menos de 1 ano	Mais longa, em geral mais de 1 ano
Leva a	Produtividade	Eficiência

Na espécie humana (e em outras):

- populações em expansão - a seleção deveria diminuir a idade da maturidade (os organismos se reproduziriam em uma idade precoce)
- populações estáveis (no nível da capacidade de suporte ou de **K**) a maturação deveria ser atrasada.

Em países de crescimento populacional rápido, a reprodução começa em uma idade precoce, enquanto que em países estáveis as pessoas adiam ter filhos até uma idade mais elevada.

- **Estratégia Altricial** - Filhotes mais imaturos, ou mais incapazes de comer e cuidar de si mesmos.  
**Gestação: curta**  
**Tamanho do cérebro recém-nascido: pequeno**
- **Estratégia Precoce** – Filhotes mais maduros, ou mais capazes de comer e cuidar de si mesmos.  
**Gestação: longa**  
**Tamanho do cérebro recém-nascido: grande.**
- Primatas, como grupo: estratégia precoce.
- Exceção: *Homo sapiens* : “altricialidade secundária”, com cérebro grande. Situação rara na biologia.  
(Apesar de nossa gestação ser a maior dentre os primatas...)

- “Altricialidade secundária” humana não é algo evidente sem alguns dados comparativos:
  - bebês gorilas: nascem com  $1/3$  a  $1/2$  o peso dos bebês humanos.
  - Rápido crescimento fetal humano: nossos bebês se desenvolvem em um ritmo que, se comparado com os bebês de outros grandes primatas, deveria estar sendo gestado por uma mãe 2 a 3 vezes maior do que a maior parte das mães, e como se fosse nascer apenas ao 21º mês de gestação.

Estratégia da espécie humana: “aborto” tardio - mais da metade deste tempo ocorre fora do ventre da mãe (diminuindo as complicações com o parto), já que o nascimento ocorre por volta do 9º mês.

Possivelmente este mecanismo surgiu pela seleção de mutações na genética materna, enquanto a seleção favoreceu cérebros grandes que exigem grande gestação.  
(seleção natural ajustada por pressões contrárias)

- **Tamanho corporal** e variáveis na história de vida: (em mamíferos – que são limitados pela endotermia, pela gestação e lactação)

(Lewin, 1998)

Tamanho corporal grande	Fatores de história de vida	Tamanho corporal pequeno
Diminui	Necessidades metabólicas	Aumenta
Aumenta	Idade de maturação	Diminui
Aumenta	Duração da Gestação	Diminui
Diminui	Tamanho da ninhada	Aumenta
Aumenta	Intervalo entre nascimentos	Diminui
Aumenta	Período de Lactação	Diminui
Aumenta	Longevidade	Diminui

## Outros exemplos de padrões evolutivos

- Lei de Bergmann (1847!): em espécies de distribuição geográfica ampla, as populações de regiões mais quentes possuirão corpos menores do que aquelas das regiões mais frias.
- Lei de Allen\* (1877!): em espécies de distribuição geográfica ampla, as populações de regiões mais quentes possuirão extremidades mais longas do que aquelas em regiões mais frias.

Ambos os padrões ocorrem com humanos.

\*Não confundir com “Princípio de Allee”, sobre densidade ótima! (aula anterior)

## BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Morgan, E. **The Descent of the Child: Human Evolution from a New Perspective,** Oxford University Press, 1995.



# *Revisão de Paleologia: Fósseis, Métodos de Datação, Extinções em Massa*



**Silvia Maria Guerra Molina**

Professor Associado

Monitor PEEG - 2011: Felipe Carvalho Beltrão Cavalcanti

Lab. Ecologia Evolutiva Humana

**Departamento de Genética - ESALQ-USP**

Tafonomia: “Ciência do enterrado” – busca pela compreensão dos processos extremamente variados aos quais são submetidos os ossos e artefatos de pedra que se tornam o registro fóssil e o registro arqueológico.

Engloba: Necrologia (estudo da morte do organismo) Bioestratinomia (entre a morte e o enterramento final) e Fossildiagênese (processos após enterramento final e formação do fóssil).

É possível ler integralmente este registro?

Quais as chances de erros?

## Condições ótimas para a fossilização:

Soterramento rápido

Alta umidade (regiões alagadas)

Gelo

Âmbar (resina de árvores – seres pequenos)

## Tipos de fósseis:

. Icnofósseis: fósseis de sinais ou vestígios da presença do ser em questão (pegadas, dentadas, fezes, rastros, marcas).

. Somatofósseis: fósseis propriamente ditos, ou seja, seres (ou parte destes) que foram preservados ou marcados nas rochas.

- Rios, lagos, e planícies inundáveis: dinâmica de reservatórios de fósseis (bancos de fósseis).
- Curvas de rios acabam servindo como bancos de fósseis, depositados continuamente, embaralhados.
- Em eventos de inundações, um rio pode trocar material com as planícies inundáveis próximas, “coletando” ou deixando materiais em processo de fossilização.

Durante a trajetória de fossilização de um osso, por exemplo, este pode ter sido partido em confronto com um predador, riscado ou cortado por um hominíneo, e/ou roído por um carniceiro.

Hoje, através de técnicas de microscopia eletrônica, pode-se distinguir tais marcas entre si e por vezes identificar a ordem em que ocorreram.

## Processos de fossilização

- Mumificação / conservação:
  - Total - quando o ser vivo é envolvido por uma substância impermeável (por exemplo: resina, gelo) que impede a sua decomposição.
  - Parcial - quando as formações duras (carapaças, conchas etc.) de alguns organismos permanecem incluídas nas rochas por resistirem à decomposição.
- Mineralização / petrificação
  - Substituição gradual dos restos de um ser por matéria mineral, ou na formação de um molde desses restos, mantendo com alguma perfeição as características do ser.
  - Moldagem: Desaparecimento total das partes moles e duras do ser vivo, ficando nas rochas um molde das suas partes duras.
- Marcas
  - Tipo de fossilização mais abundante: permanecem os vestígios deixados pelos seres vivos, o que é o mais fácil e simples de ocorrer (icnofósseis).

- Questão para reflexão: Lewin (1998)

Porque o registro fóssil dos grandes símios africanos é virtualmente inexistente para os últimos 5 milhões de anos – época durante a qual o registro de hominíneos é relativamente bom?

# Métodos de Datação de Fósseis

- Métodos de datação relativa (ou indireta):  
Determina se os objetos e eventos em questão são mais antigos ou mais novos uns que os outros.
- Métodos de datação absoluta  
Determina uma data em tempo real, aproximada, buscando ser o mais acurada possível.

## Métodos de Datação Relativa:

- Correlação bioestratigráfica: restos de animais e plantas no mesmo estrato são usados para organizar os depósitos geológicos.
- Estratigrafia paleomagnética: a direção do campo magnético da Terra não permaneceu estável no passado, mas foi alterada intermitentemente, e tais inversões de polaridade são detectáveis no registro estratigráfico.
- Datação por flúor: Fosséis absorvem o flúor presente no local, indicando aqueles que estão lá há mais tempo. Porém os níveis de flúor disponível variam muito de uma área para outra, permitindo apenas aplicabilidade local.
- Análise do isótopo estável de oxigênio:  
A relação dos isótopos  $^{16}\text{O}$  e  $^{18}\text{O}$  extraídos do fundo do mar permite a construção de curvas de paleotemperaturas globais.

## Métodos de Datação Absoluta:

- Princípio básico da maioria das técnicas de datação absoluta é a da desintegração radioativa. Determinados elementos ocorrem em formas (isótopos) instáveis que se desintegram em outros elementos. Esta desintegração ocorre em taxas conhecidas, o que permite que sejam inferidas datas a partir das relações entre isótopos instáveis e estáveis presentes no objeto em questão.

Potássio – Argônio (K-Ar) - principal na evolução humana, ideal para rochas vulcânicas (níveis iniciais de potássio conhecidos), para datações mais antigas do que 500.000 anos.

Carbono 14 – mede o tempo decorrido a partir da morte do animal, quando o  $^{14}\text{C}$  começa a decair. Medições até 40.000 (50.000-70.000) anos de idade. Meia vida do  $^{14}\text{C}$  = 5730 anos.

Datação termoluminescente (TL) – Leva em conta a desintegração do Urânio em materiais cristalinos, o que deixa elétrons presos na trama de cristais. Aquecendo o material, os elétrons são liberados e medidos.

Ressonância por *Spin* de Elétrons (ESR) – Mesmo princípio do anterior, mas não necessita da destruição do material. Conta as “marcas” deixadas por poucos elétrons na saída da trama.

Embora úteis para preencher a lacuna entre os métodos de K-Ar e  $^{14}\text{C}$ , possuem difícil aplicabilidade.

# Eras geológicas e extinções em massa

- Eras geológicas são marcadas por grandes mudanças súbitas no registro fóssil, que mostram a ocorrência de **extinções em massa**. (exceção: **explosão do cambriano**)
- Padrões macroevolutivos diferentes têm sido propostos, e diferentes escolas de pensamento disputaram o título de “mais corretas” à medida que o conhecimento científico e os preconceitos culturais se transformavam.
- Ex: Darwin, em *A Origem das Espécies*, basicamente negava a existência de extinções de massa, considerando apenas as hoje chamadas **extinções de fundo** (que ocorriam em um processo lento e contínuo).

## – Catastrofismo

(Século XVIII, Barão Cuvier, anterior aos trabalhos de Darwin, e já sob ataque do **Uniformitarismo**)

Estudando depósitos fósseis da Bacia de Paris, Cuvier identificou períodos de extinção em massa, ou “catástrofes”, quando um grande número de espécie foram extintas num curto período de tempo.

## – Uniformitarismo

(Charles Lyell, e também apoiado por Darwin)

Defendia que os processos geológicos que hoje observamos (erosão por vento e chuva, terremotos e vulcões etc.) são responsáveis por *todas* as transformações geológicas que ocorreram ao longo da história da Terra.

Foi pensamento dominante por certo período, principalmente devido ao empenho da ciência do século XVIII e XIX em negar a ocorrência de eventos “misteriosos” (que poderiam ser conectados à intervenções divinas)

Hoje, sabe-se que existiram pelo menos 20 episódios de extinções em massa na história da Terra.

(o número varia em diferentes análises)

Em 5 deles (conhecidos como Cinco Grandes), pelo menos 75% da diversidade biológica da Terra foi extinta em cada.

D. Raupp e J. Sepkoski, paleontólogos, estudando crateras e extinções em massa, propuseram padrões sobre as extinções, como a ocorrência de um episódio de extinção de massa a cada ~27 milhões de anos, devido a impactos extraterrestres.

## Com relação ao surgimento de espécies (não à extinções): Gradualismo x Saltacionismo

Até ~1972, vigorava a teoria do **Gradualismo Filético** de Darwin defendendo o acúmulo de pequenas modificações ao longo de várias gerações, portanto o **surgimento de espécies seria um evento lento**.

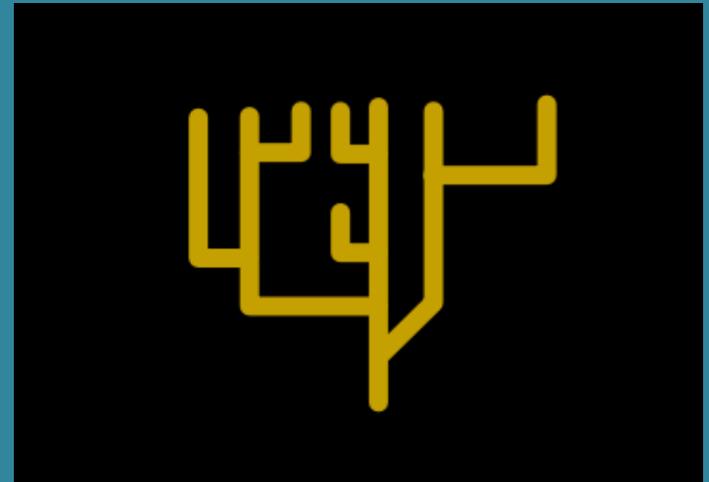
Contrária a essa corrente, surgiu uma teoria científica formulada após 1972, pelos paleontólogos evolucionistas Stephen Jay Gould e Niles Eldredge, denominada de **equilíbrio intermitente ou pontuado (saltacionismo, pontualismo)**.

Segundo essa linha de pensamento, a evolução de uma espécie não ocorre de forma constante, mas alternada em períodos de escassas mudanças (estases), com **súbitos saltos evolutivos**, e fundamentou-se em na análise de certa descontinuidade no registro fóssil.

## Gradualismo Filético



## Equilíbrio Intermitente



# BIBLIOGRAFIA

- 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.