

Macroevolução

Evolução acima do nível de espécies

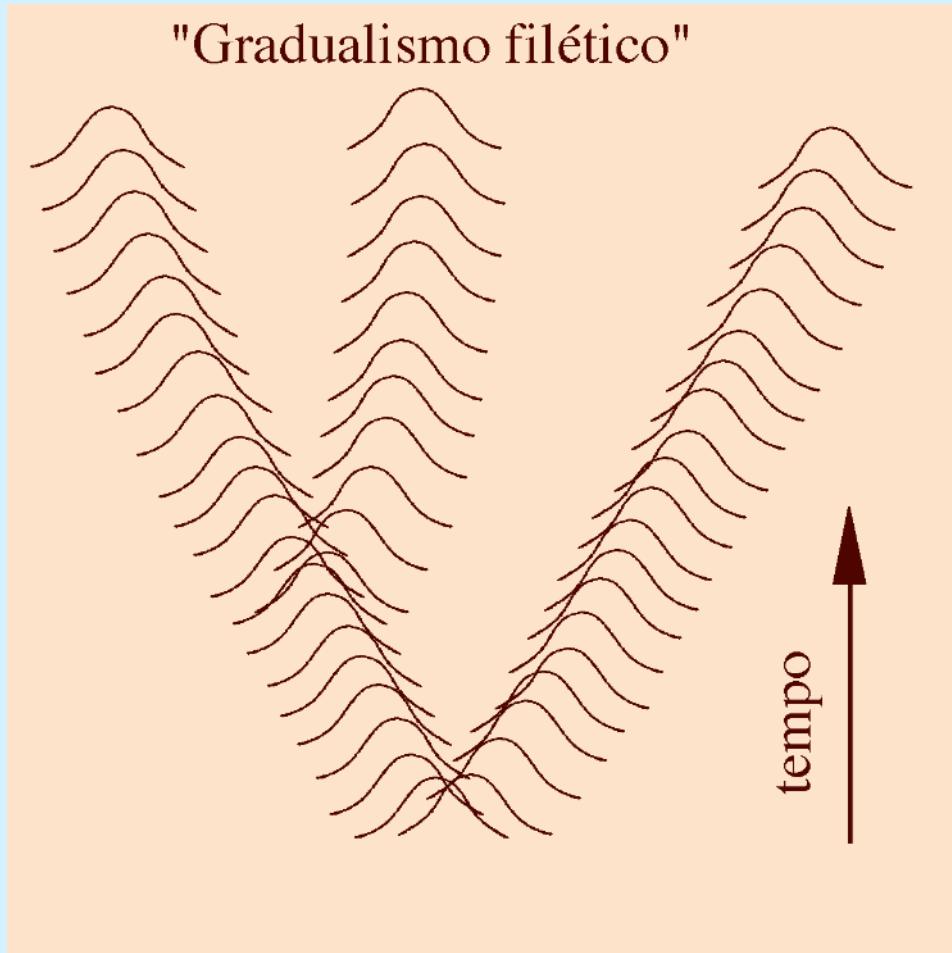
Sergio Russo Matioli

Macroevolução

- Simplesmente a microevolução em escala maior
- Idéia dominante entre os defensores do Neodarwinismo
- Expoente: George Gaylord Simpson (1902-1984)



Macroevolução



Macroevolução
como o acúmulo de
microevolução

Macroevolução

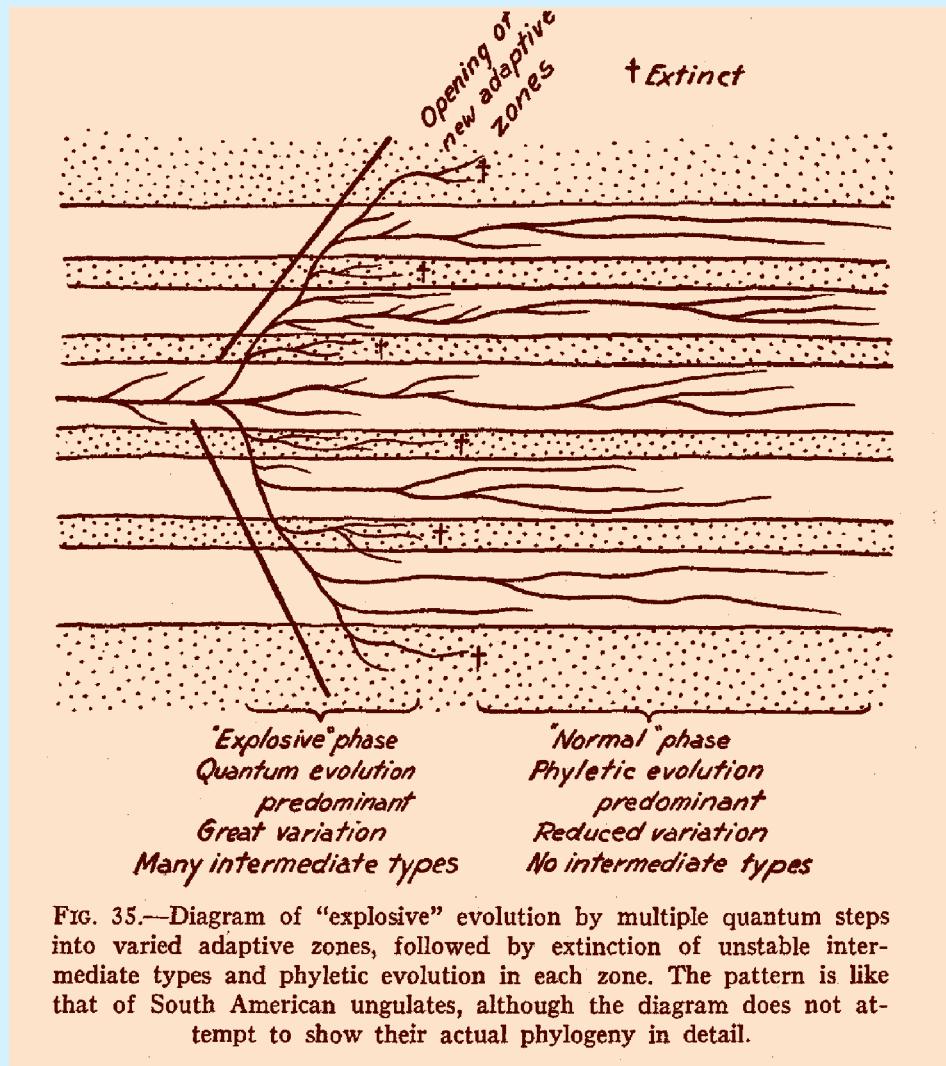
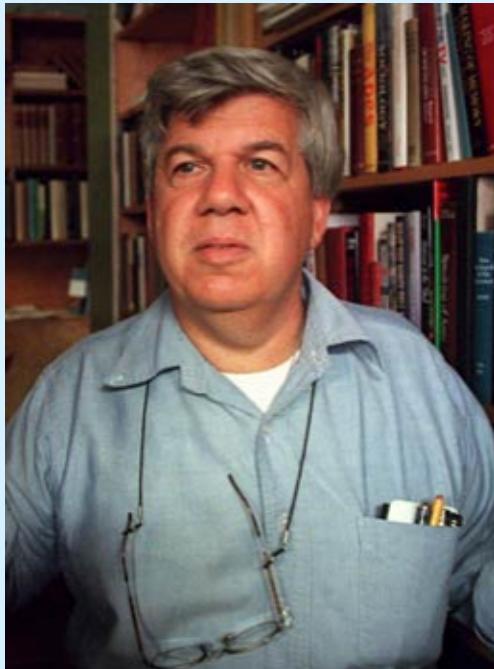


FIG. 35.—Diagram of “explosive” evolution by multiple quantum steps into varied adaptive zones, followed by extinction of unstable intermediate types and phyletic evolution in each zone. The pattern is like that of South American ungulates, although the diagram does not attempt to show their actual phylogeny in detail.

Evolução quântica: A explicação de Simpson para eventos concentrados em espaços “curtos” de tempo

Macroevolução: equilíbrio intermitente

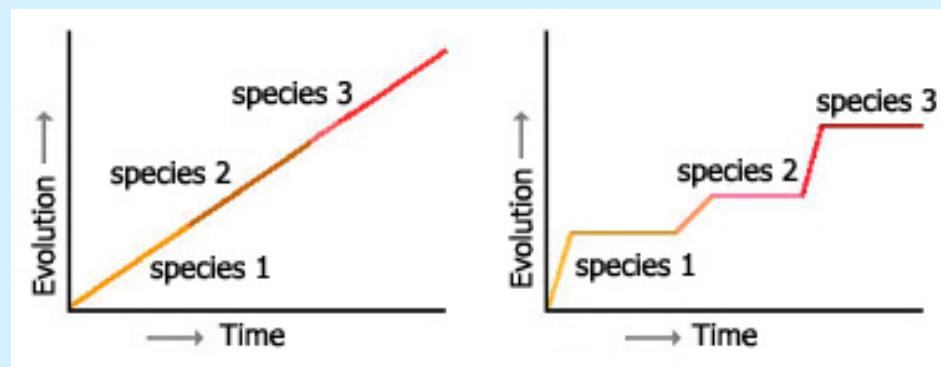
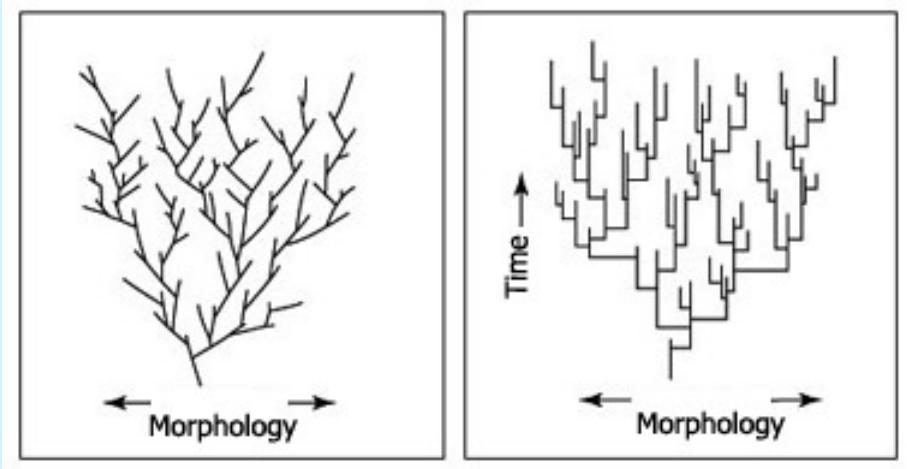


Stephen Jay Gould
(1941-2002)



Niles Eldredge
(1943-)

Macroevolução

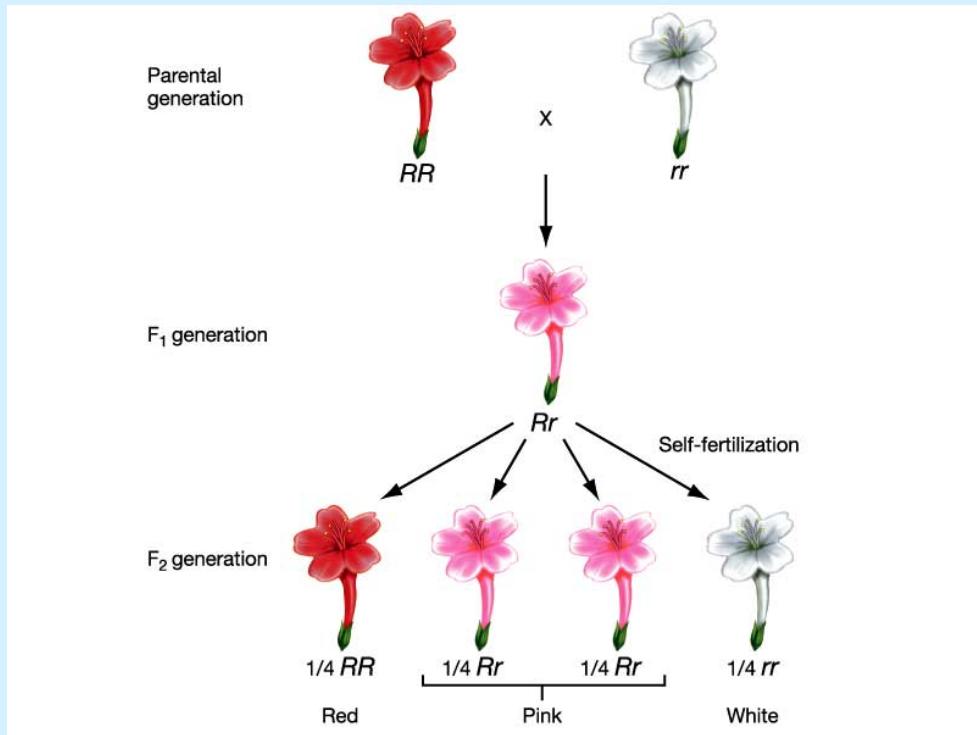


“Punctuated
equilibria”
(equilíbrio
intermitente,
ou “pontuado”)

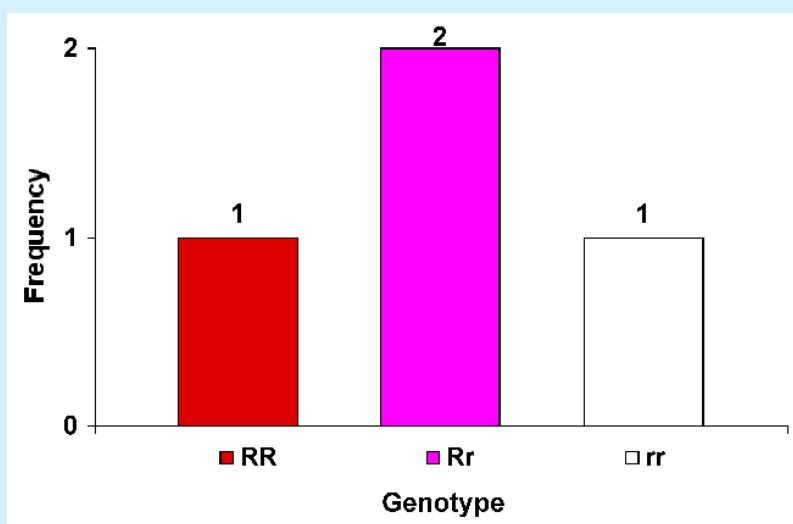
Padrões e processos

Tanto o “gradualismo filético” como o “equilíbrio intermitente” tratam somente de padrões, ou seja, como as linhagens de organismos cujos fósseis são preservados evoluem durante o tempo geológico. Os processos que levam a esses padrões é que são os focos das teorias.

Caráter simples: Cor de flores

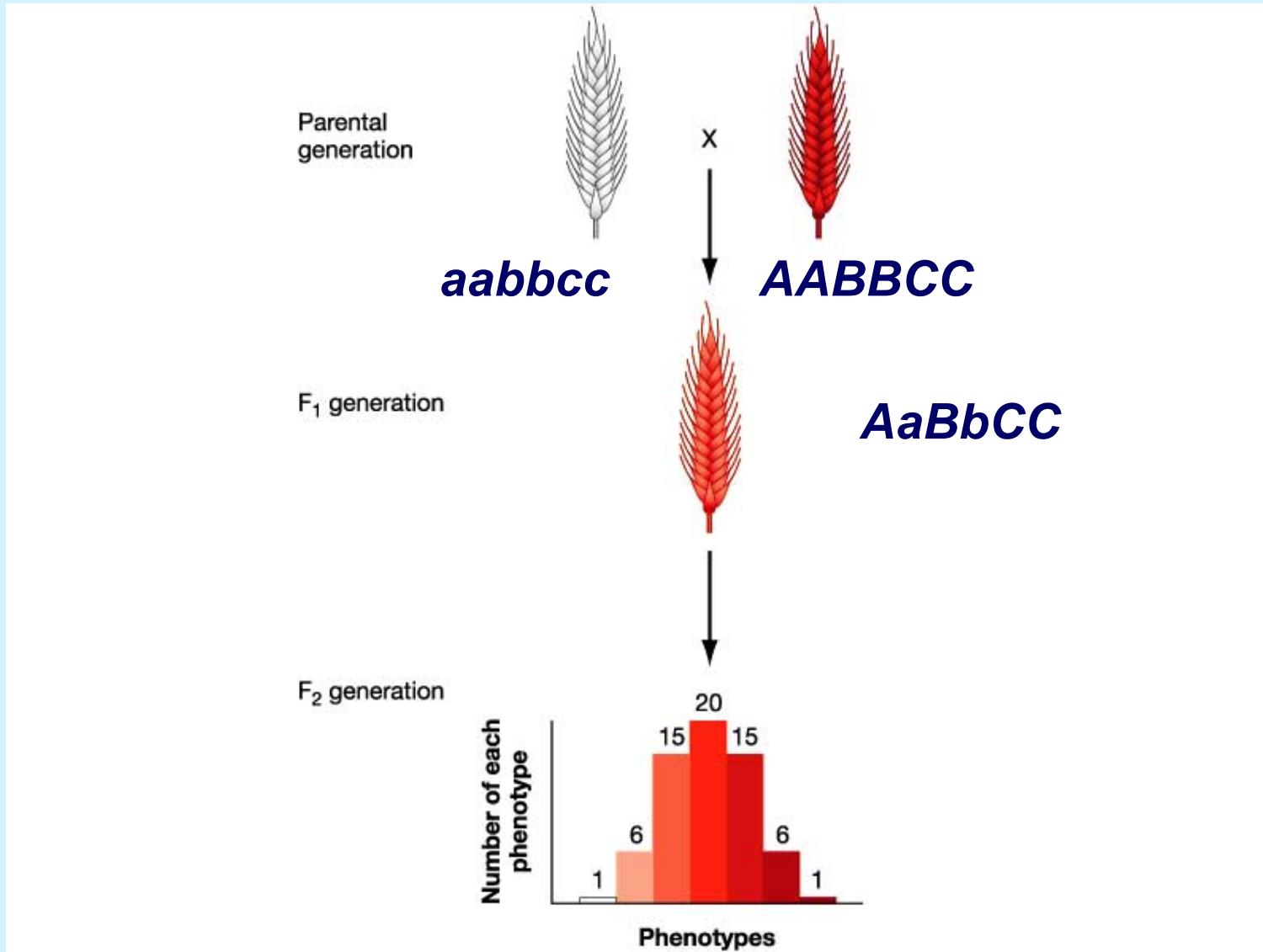


Codominância ou
Efeito aditivo

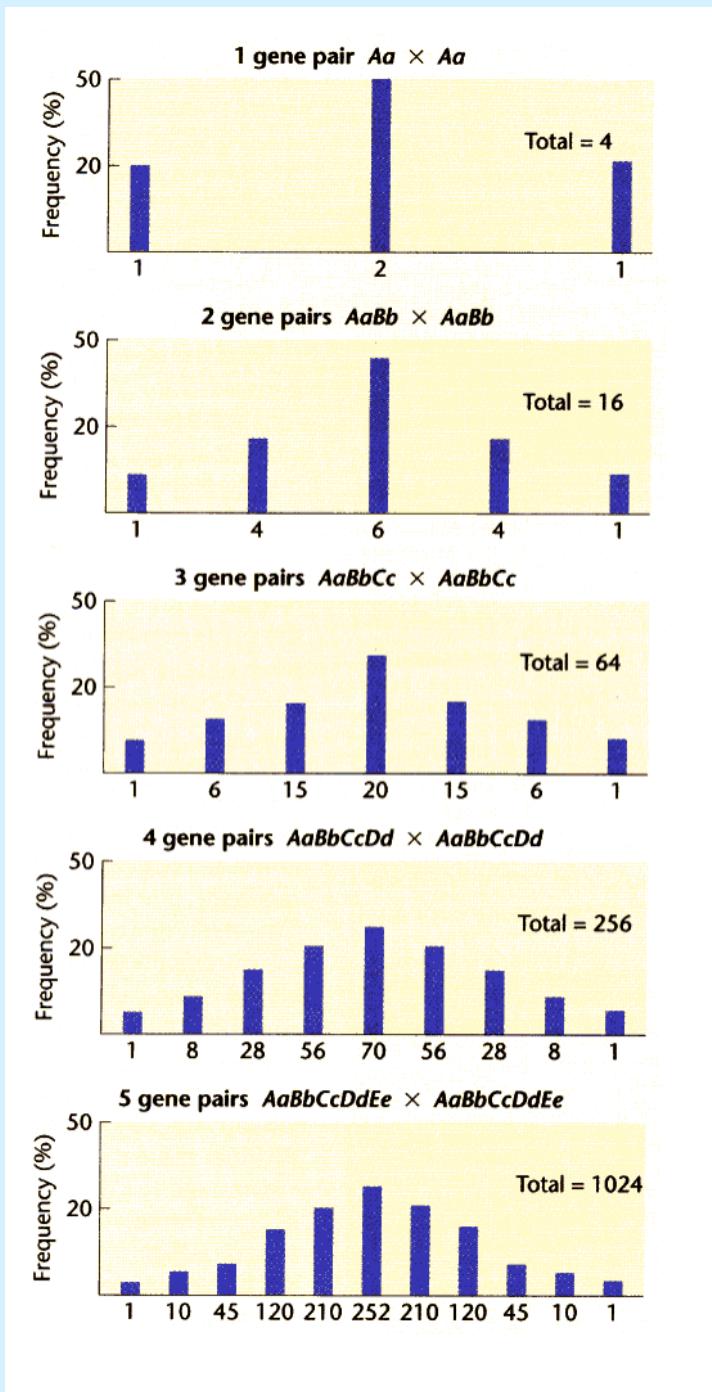


Distribuição descontínua

Característica mais complexa: 3 locos com efeito aditivo (trigo)



Efeitos genéticos em características quantitativas



Características de herança complexa: efeitos genéticos e não genéticos



Tipos de variância

Variância fenotípica: é a variância total da população. Inclui efeitos genéticos e não genéticos.

Variância genética: é a variância que é devida às diferenças genéticas existentes entre os indivíduos da população. Exclui a variação causada por fatores ambientais.

Variância fenotípica



Média = 1,72 m

Var = 61 cm²

**Variância
fenotípica**

$$V_P =$$

**Variância
Genética**

$$V_G +$$

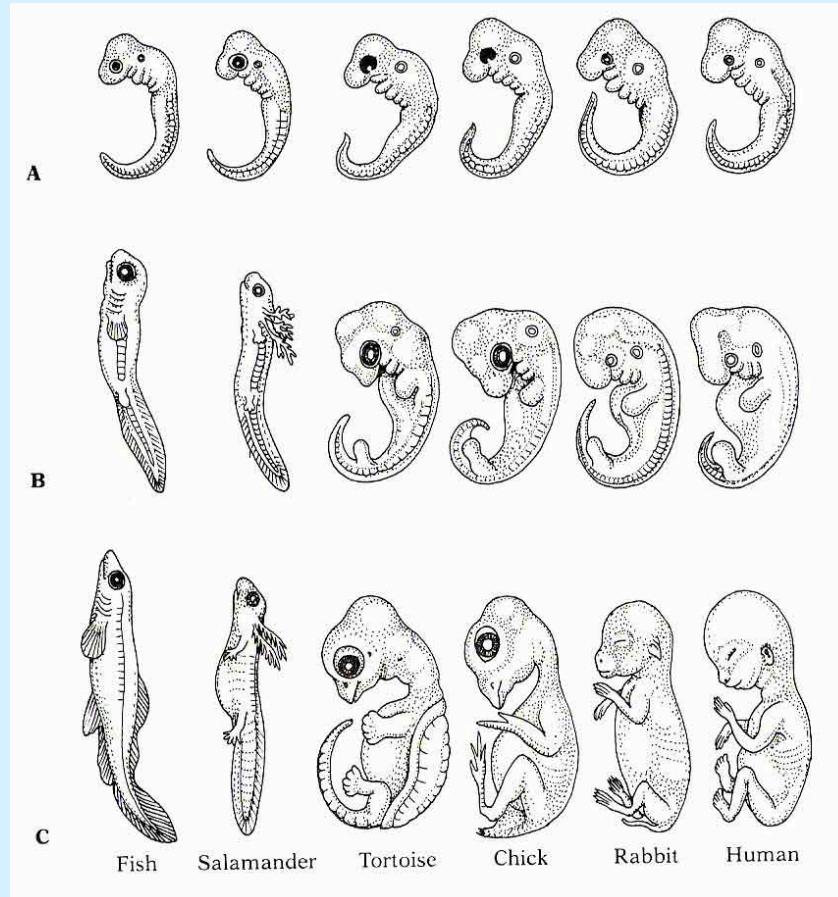
**Variância
Ambiental**

$$V_E$$

Genética quantitativa

- A Genética quantitativa é muito mais geral que a Genética clássica.
- Seus fundamentos são facilmente associáveis aos achados mais recentes de Biologia molecular, Bioquímica, Genômica e Proteômica.
- Entretanto... As análises são muito difíceis e são pouco generalizáveis.

Teoria da recapitulação

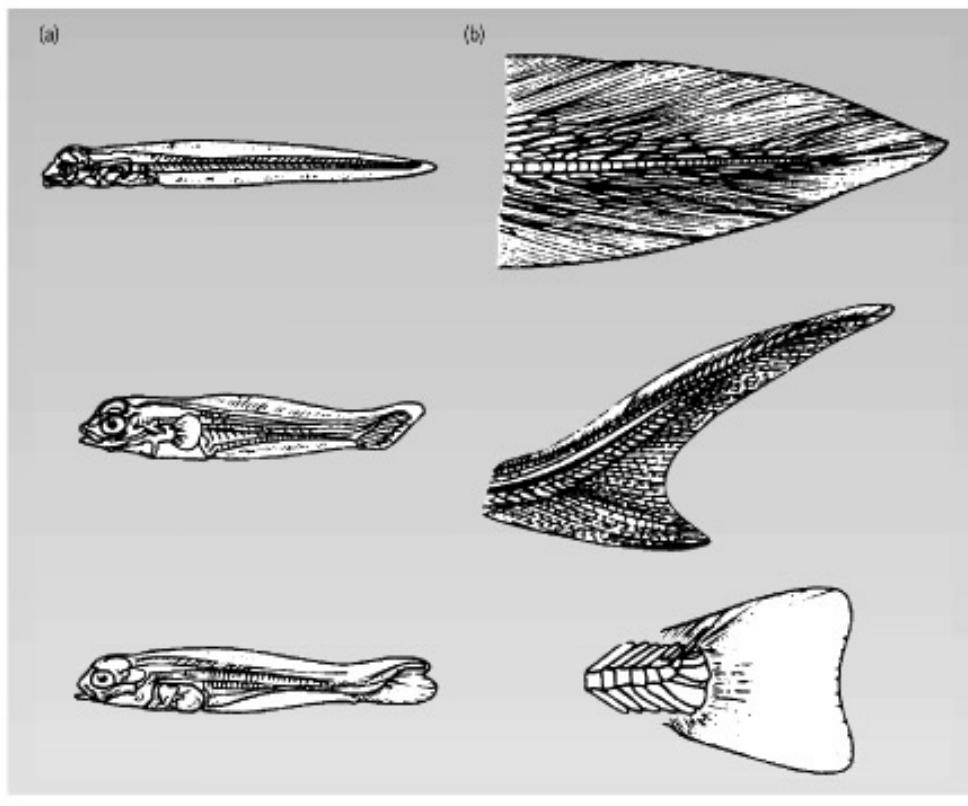


Gravura inspirada nos desenhos de Ernst Haeckel

Teoria da recapitulação

Figure 20.1

Recapitulation, illustrated by fish tails. (a) The development of a modern teleost, the flatfish *Pleuronectes*, passes through (starting at the top) a diphycercal stage, to a stage in which the upper lobe of the tail is larger (heterocercal), to the adult, which has a tail with equal-sized lobes (homocercal). (b) Adult forms in order of evolution of tail form, from top to bottom: lungfish (diphycercal), sturgeon (heterocercal), and salmon (homocercal). Reprinted, by permission of the publisher, from Gould (1977a).

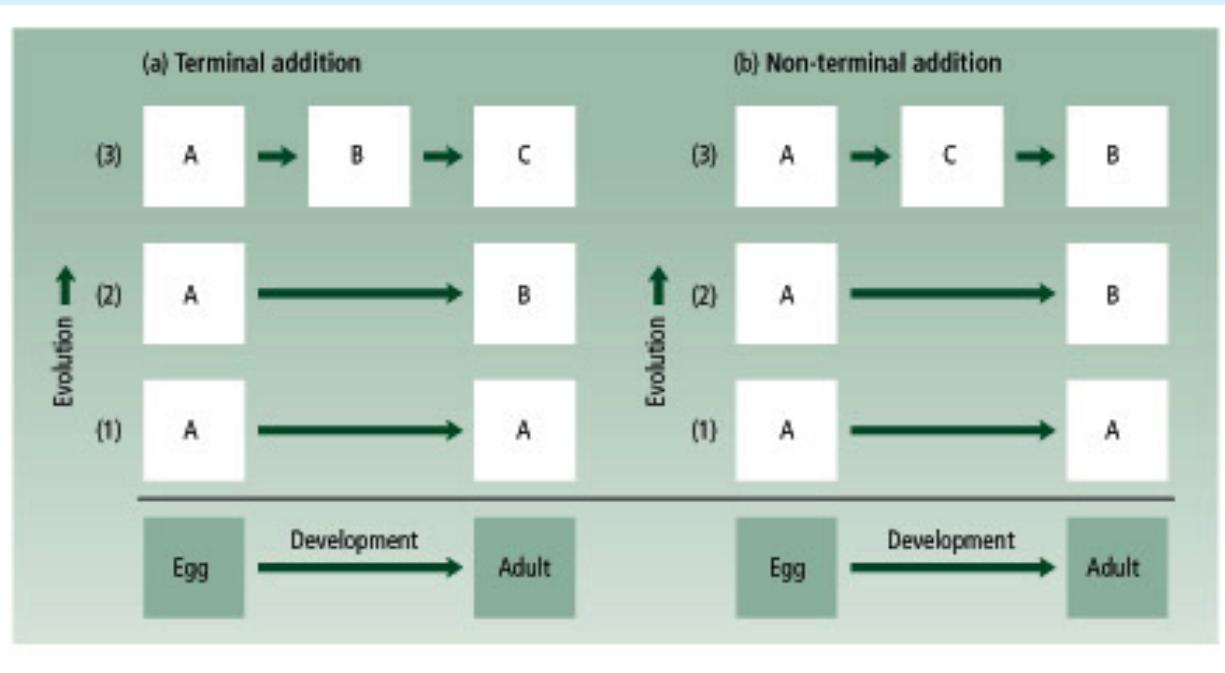


Adição terminal (Gould, 1977)

Teoria da recapitulação

Figure 20.2

(a) Evolution by terminal addition. The stages in an individual's development are symbolized by alphabetic letters. (1), (2), and (3) up the page represent three successive evolutionary stages. With terminal addition, new stages are added only to the end of the life cycle. (b) Evolution by non-terminal addition. A new evolutionary stage has been added in early development, not on to the end of the life cycle in the adult.

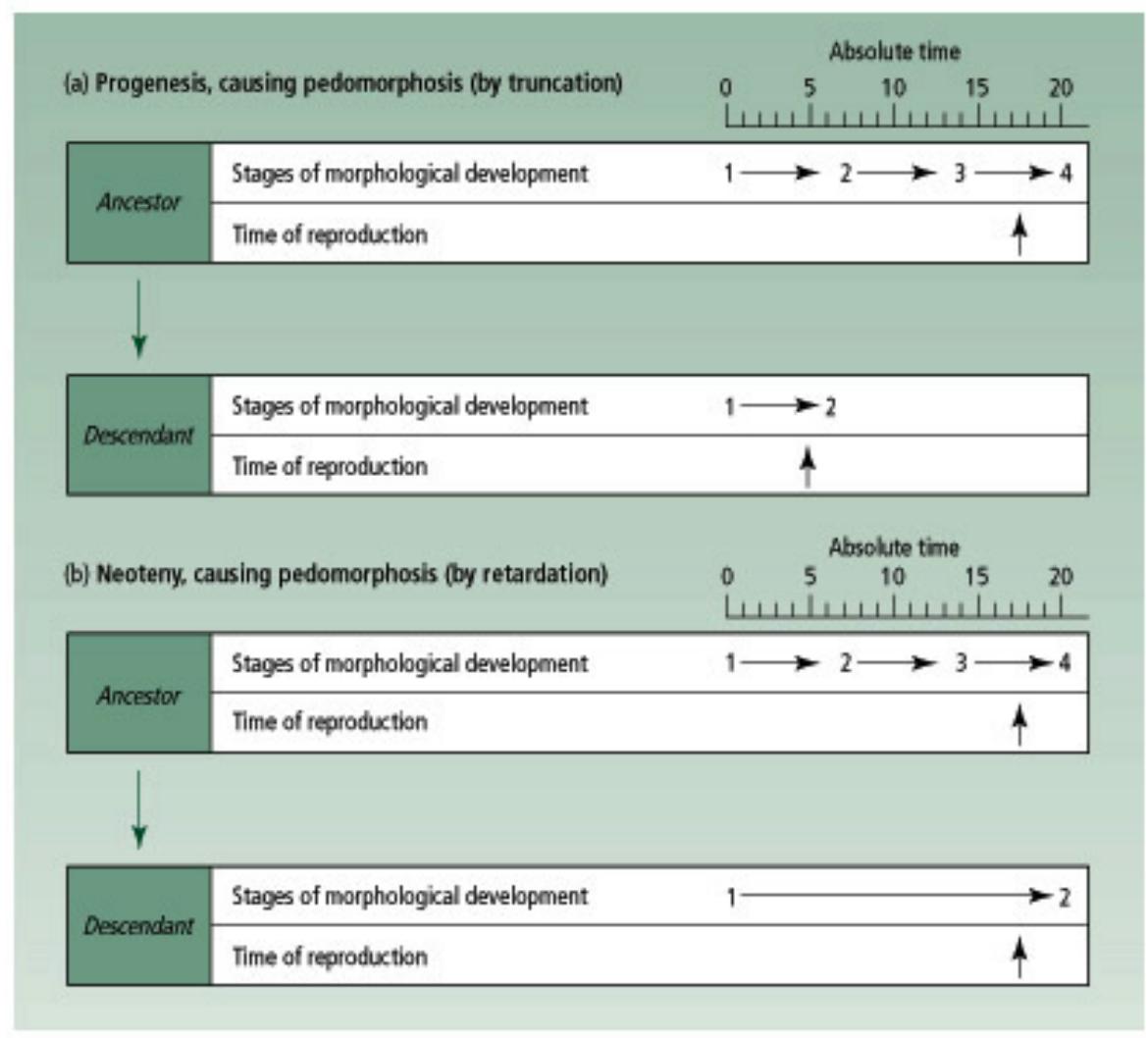


Adição terminal

Progêneze e neotenia

Figure 20.3

Pedomorfismo, in which a descendant species reproduces at a morphological stage that was juvenile in its ancestors, can be caused by (a) progênese, in which reproduction is earlier in absolute time, or (b) neoteny, in which reproduction is at the same age but somatic development has slowed down.



Neotenia



Ambystoma mexicanum
adulto



Ambystoma mabeei adulto



Ambystoma mabeei jovem

Heterocronia

Desenvolvimento somático	Desenvolvimento sexual	Tipo de heterocronia	Resultado morfológico
Acelerado	---	Aceleração	Recapitulação
---	Acelerado	Progêñese	Pedomorfose
Retardado	---	Neotenia	Pedomorfose
---	Retardado	Hipermorfose	Recapitulação

Transformações de D'Arcy Thompson

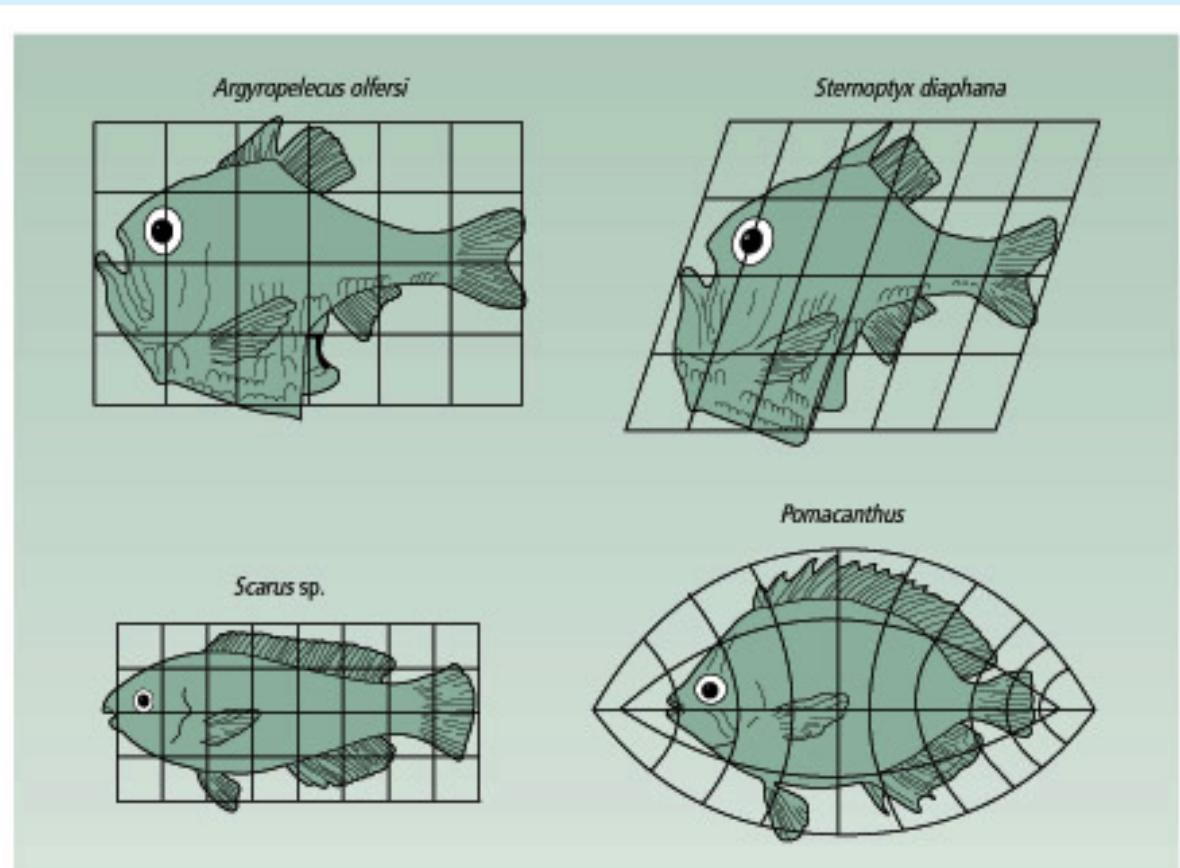


D'Arcy Wentworth Thompson (1860-1948), matemático e biólogo escocês, escreveu, em 1917, “On growth and form” onde enfatizou os papéis da física e da mecânica no desenvolvimento dos organismos.

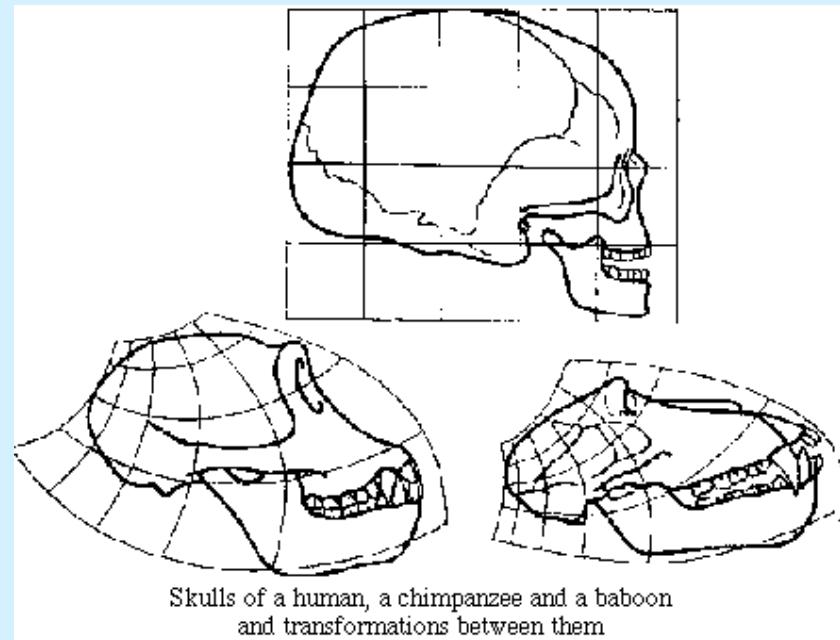
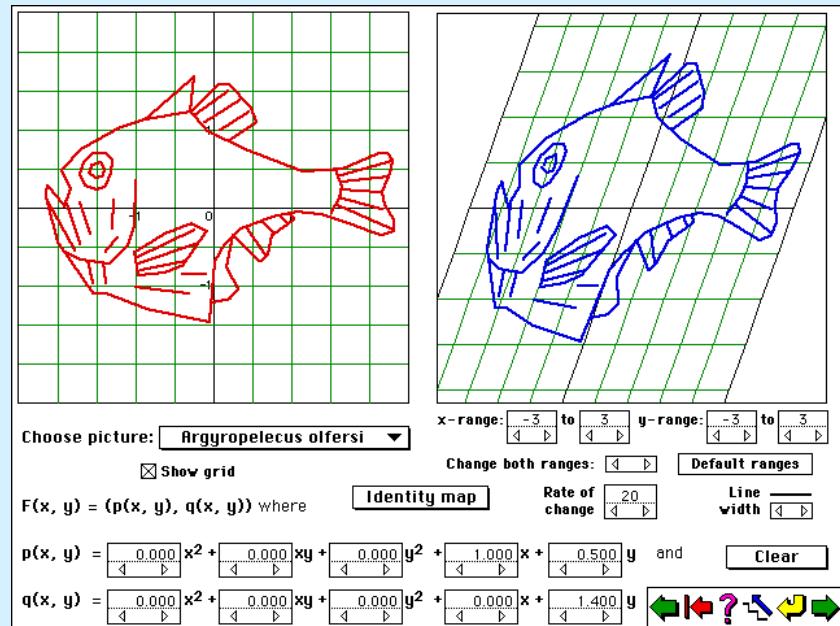
Transformações de D'Arcy Thompson

Figure 20.4

A D'Arcy Thompson transformational diagram. The shapes of two species of fish have been plotted on Cartesian grids. *Argyropelecus olfersi* could have evolved from *Sternopyx diaphana* by changes in growth patterns corresponding to the distortions of the axes, or the direction of evolution could have been in the other direction, or they could have evolved from a common ancestral species. Likewise for *Scarus* and *Pomacanthus*. Reprinted, by permission of the publisher, from Thompson (1942).



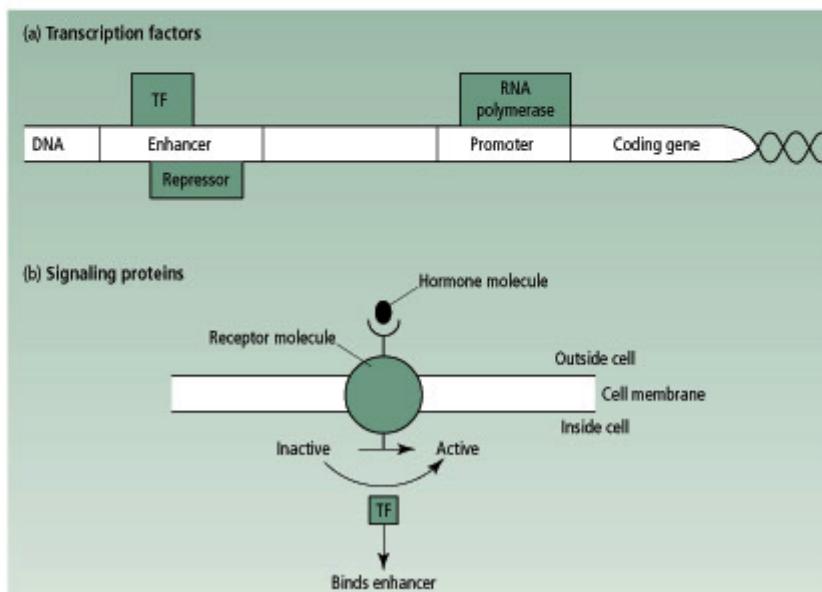
Transformações de D'Arcy Thompson



Ação de genes reguladores

Figure 20.5

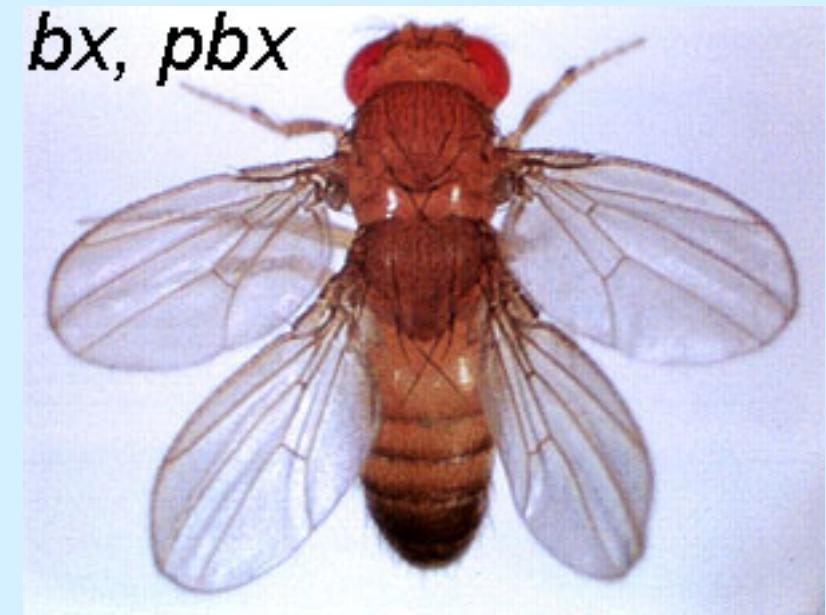
There are two main classes of developmentally influential genes. (a) Transcription factors (TF) that bind enhancers, which can switch genes on or off. The state of the enhancer determines whether RNA polymerase binds the promotor. The binding of RNA polymerase to the promotor is the first step in the transcription of a gene. A stretch of DNA may exist between the enhancer and promotor. (b) Signaling proteins. A signaling pathway in the cell may lead from a receptor molecule in the cell membrane, ultimately to a transcription factor which can be active or inactive. When the transcription factor is activated, it can switch a gene on by the process shown in (a). Many proteins may be able to interact with a receptor protein in the control of cellular metabolism: all such molecules are (provided they are proteins) examples of signaling proteins. Also, receptor proteins may be bound by molecules other than those conventionally classified as hormones. From Carroll *et al.* (2001).



Mutações homeóticas



Antennapedia



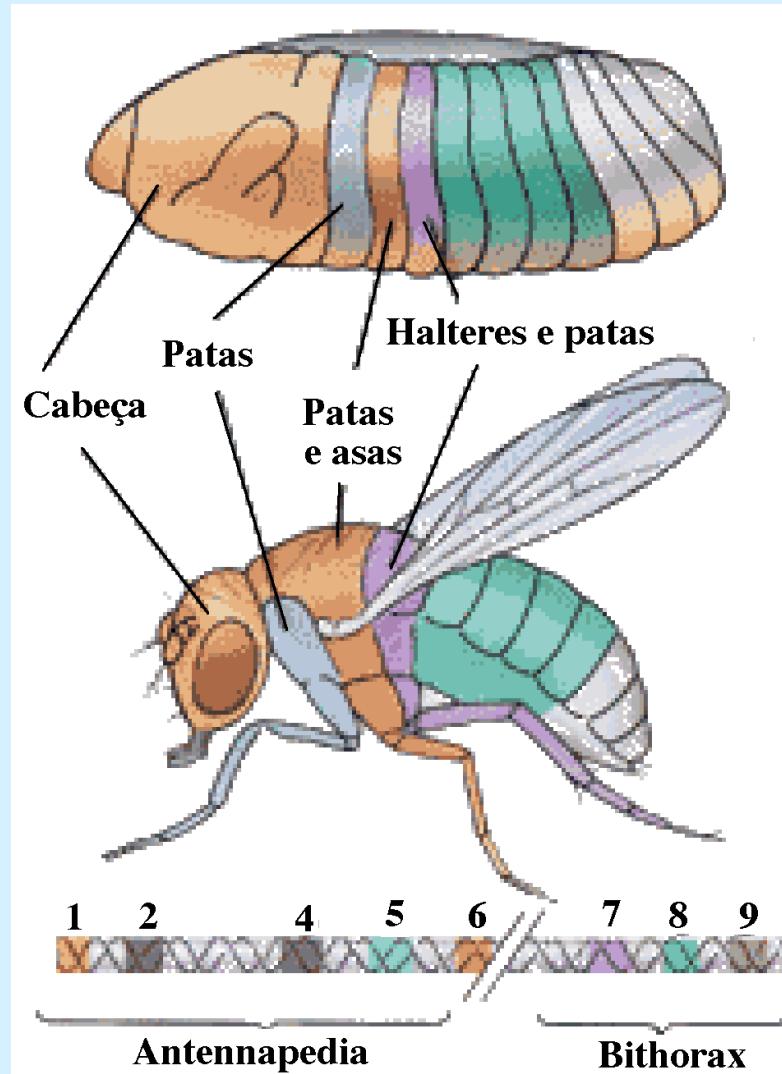
Ultrabithorax

Mutações homeóticas e a teoria de Richard Goldschmidt

Diversos fenótipos de mutantes genéticos bem caracterizados poderiam ser produzidos também de alterações ambientais durante o desenvolvimento de *Drosophila melanogaster*.

Goldschmidt propôs que as mutações no “sistema de reação” estariam para a macroevolução assim como as mutações genéticas estariam para a microevolução.

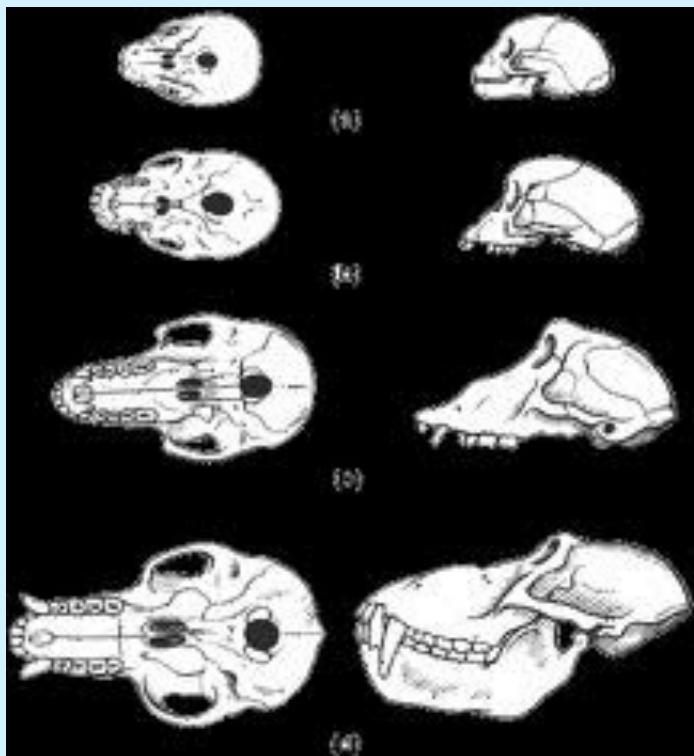
Genes homeóticos



Crescimento isométrico

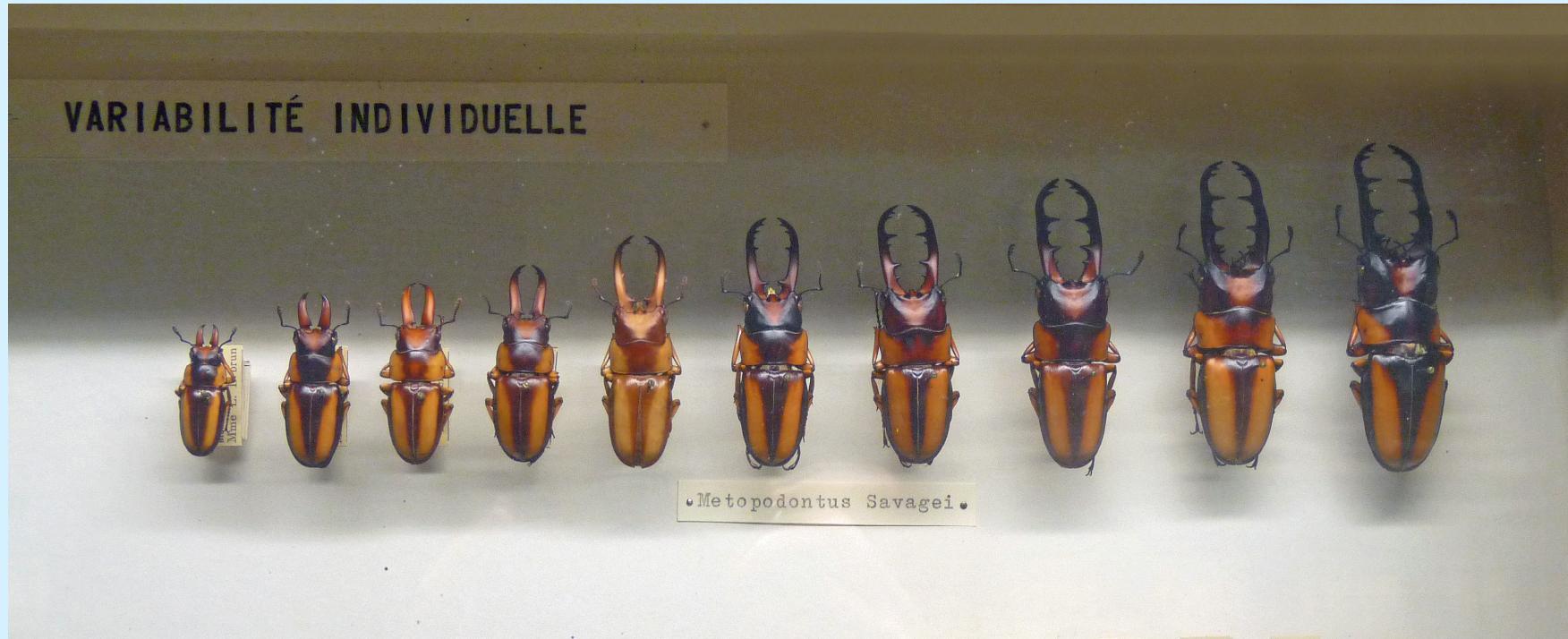


Crescimento alométrico



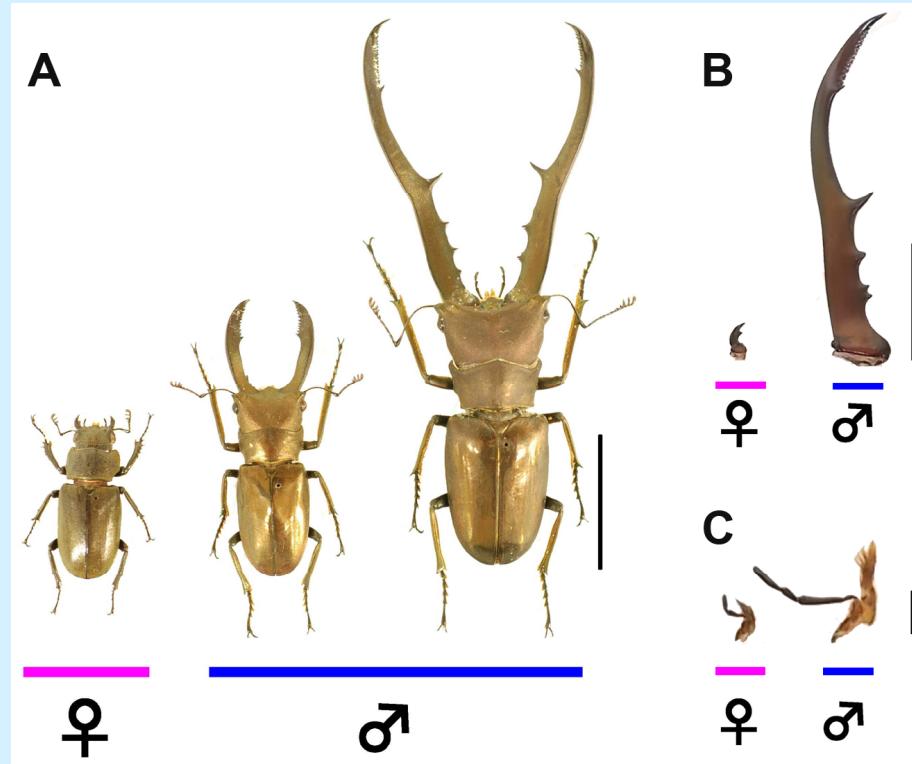
Crânio de babuínos ao longo do desenvolvimento. Notar a diferença nas taxas de crescimento da face e do crânio

Crescimento alométrico



Indivíduos de diferentes tamanhos do coleóptero *Metopodontus savagei*. Notar a diferença de proporção entre o tamanho do corpo e dos chifres

Crescimento alométrico e dimorfismo sexual



Cyclommatus metallifer. A interação entre os genes de determinação sexual e a expressão do hormônio juvenil produzem o dimorfismo por tamanho e alometria.

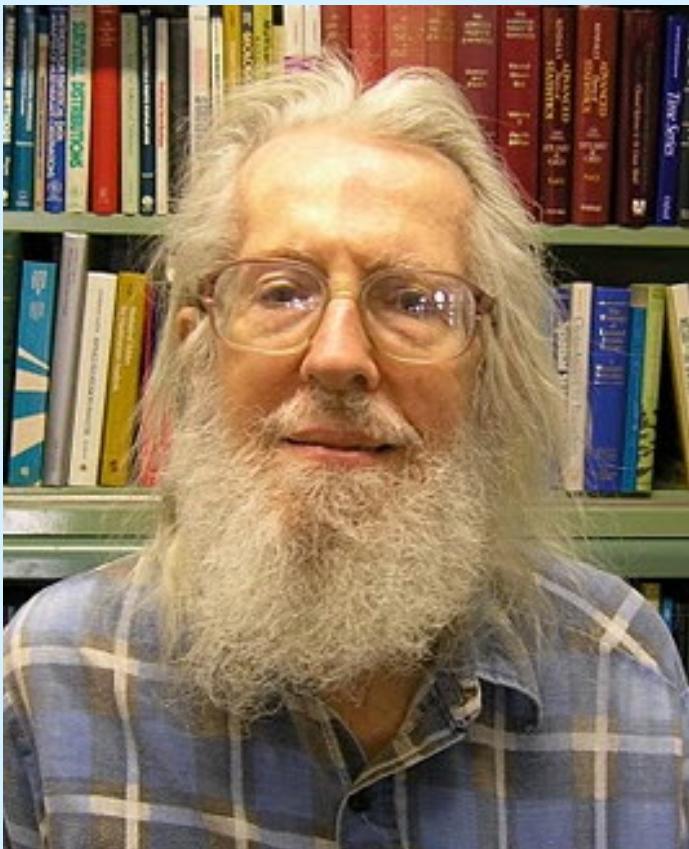
A hipótese da rainha vermelha



Alice: Por quê precisamos correr tanto?
Rainha Vermelha: Para ficarmos no mesmo lugar!

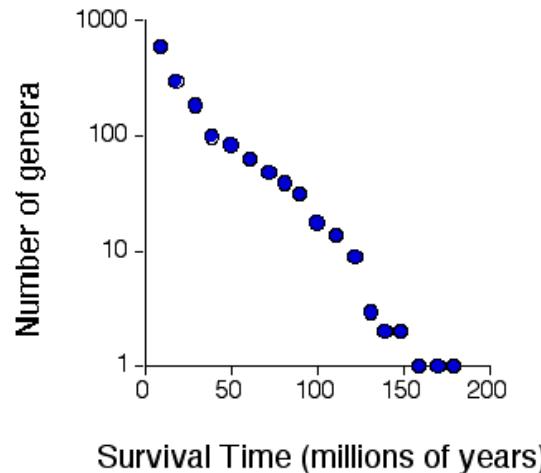
Lewis Carroll, Alice através do espelho

Leigh Van Valen (1935-2010)



Biólogo evolutivo norte-americano que lecionou na Universidade de Chicago. Baseado em compilações de levantamentos do registro fóssil, concluiu que havia uma probabilidade constante de extinção, que explicou através da hipótese da rainha vermelha (ou de copas).

Extinções constantes



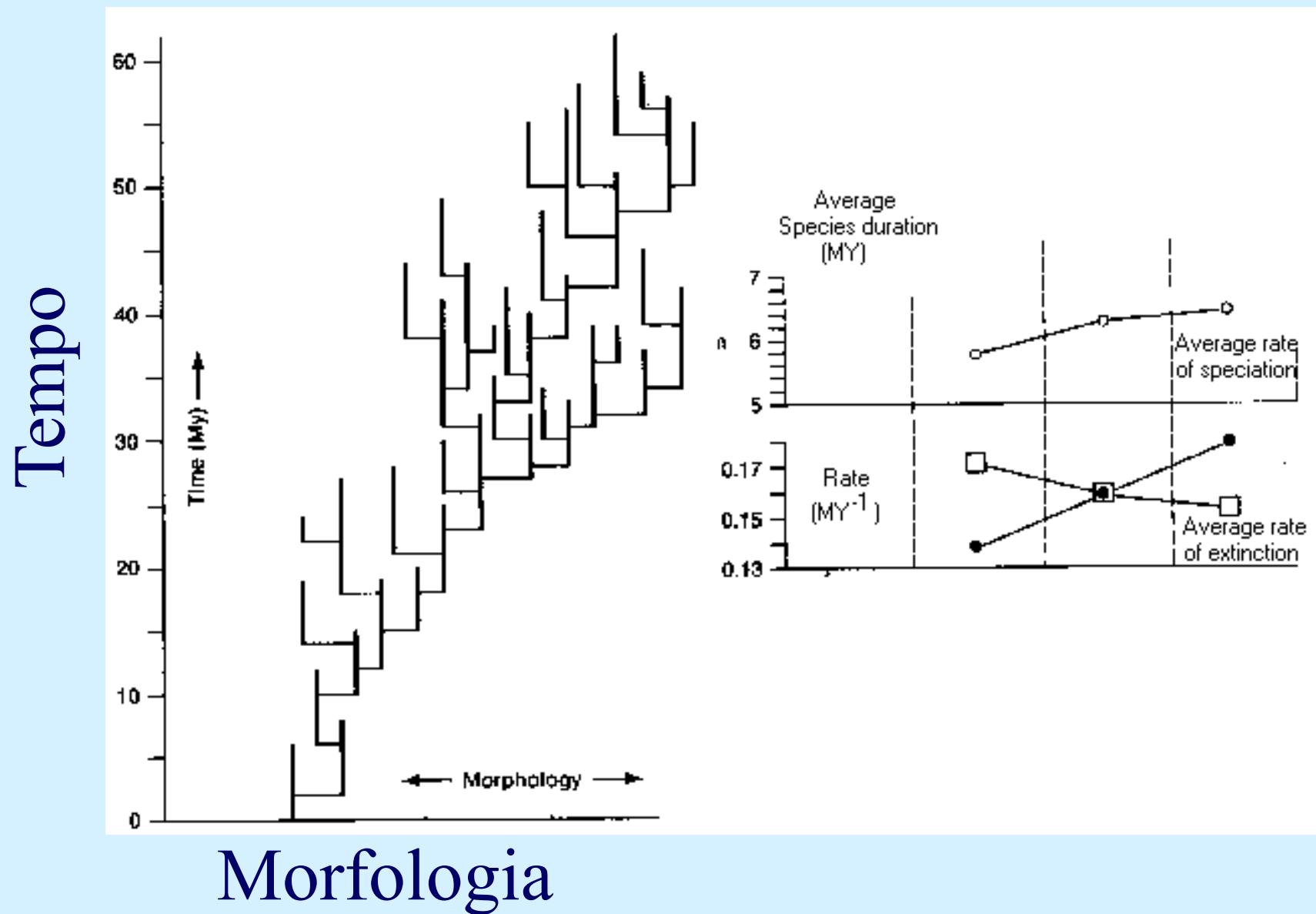
The macroevolutionary Red Queen. Survival times for extinct genera of the Class Echinoidea (sea urchins and sand dollars). The linear relationship between number of genera and the logarithm of survival time suggests that the probability of extinction is constant over time.
Redrawn from Van Valen (1973).

Curva de extinção de Equinóides (pepinos do mar e bolachas da praia)

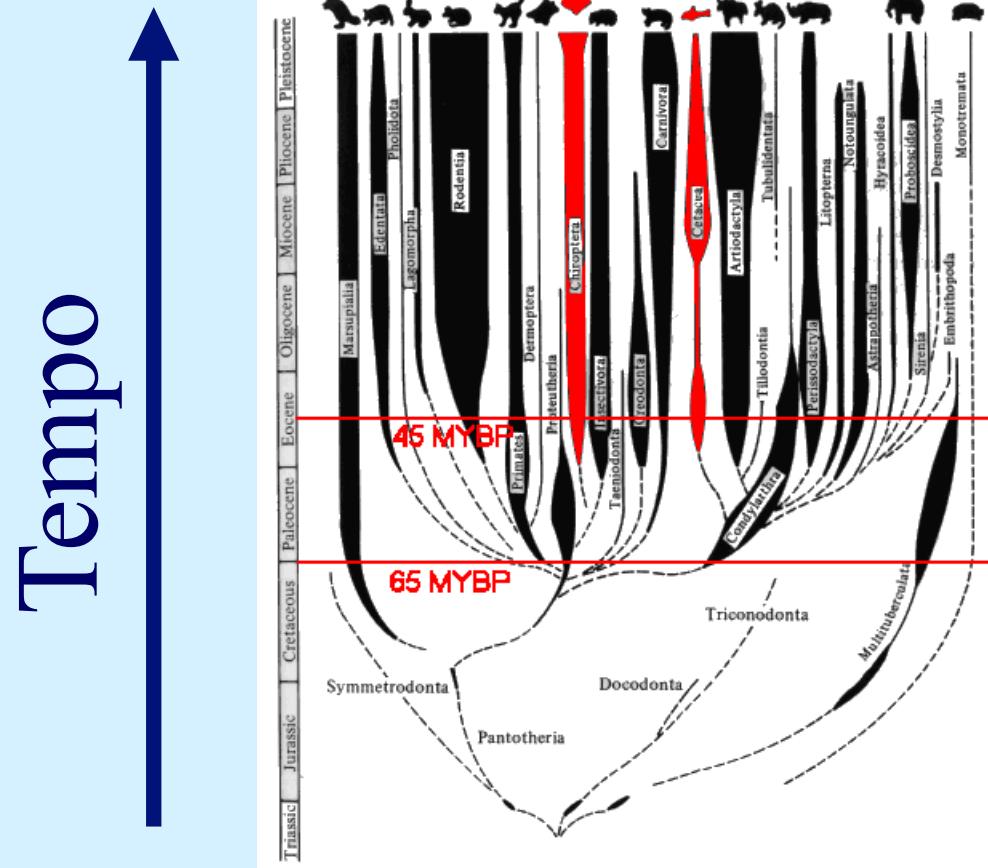
Seleção ou “ordenamento” de espécies

Alguns autores propuseram que grupos de hierarquia superior àquela de espécies (gêneros, famílias ou quaisquer clados), poderiam estar sujeitos à seleção, de forma análoga ao que acontece em indivíduos de uma espécie.

Seleção de espécies

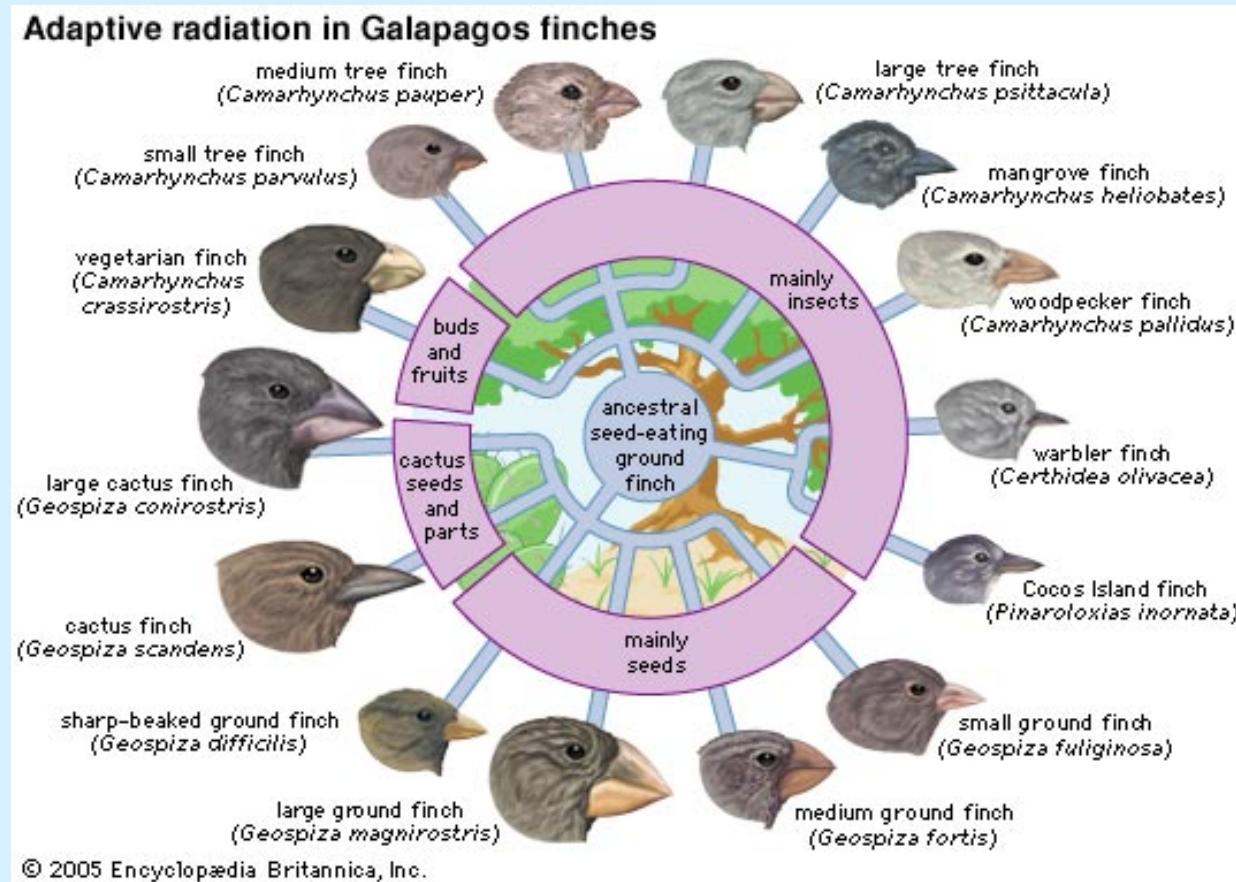


Radiações adaptativas



Radiação adaptativa dos mamíferos.

Radiações adaptativas



Radiação adaptativa dos tentilhões de Galápagos. Todas as espécies do gênero *Geospiza* descendem de uma única espécie ancestral.

Causas das radiações adaptativas

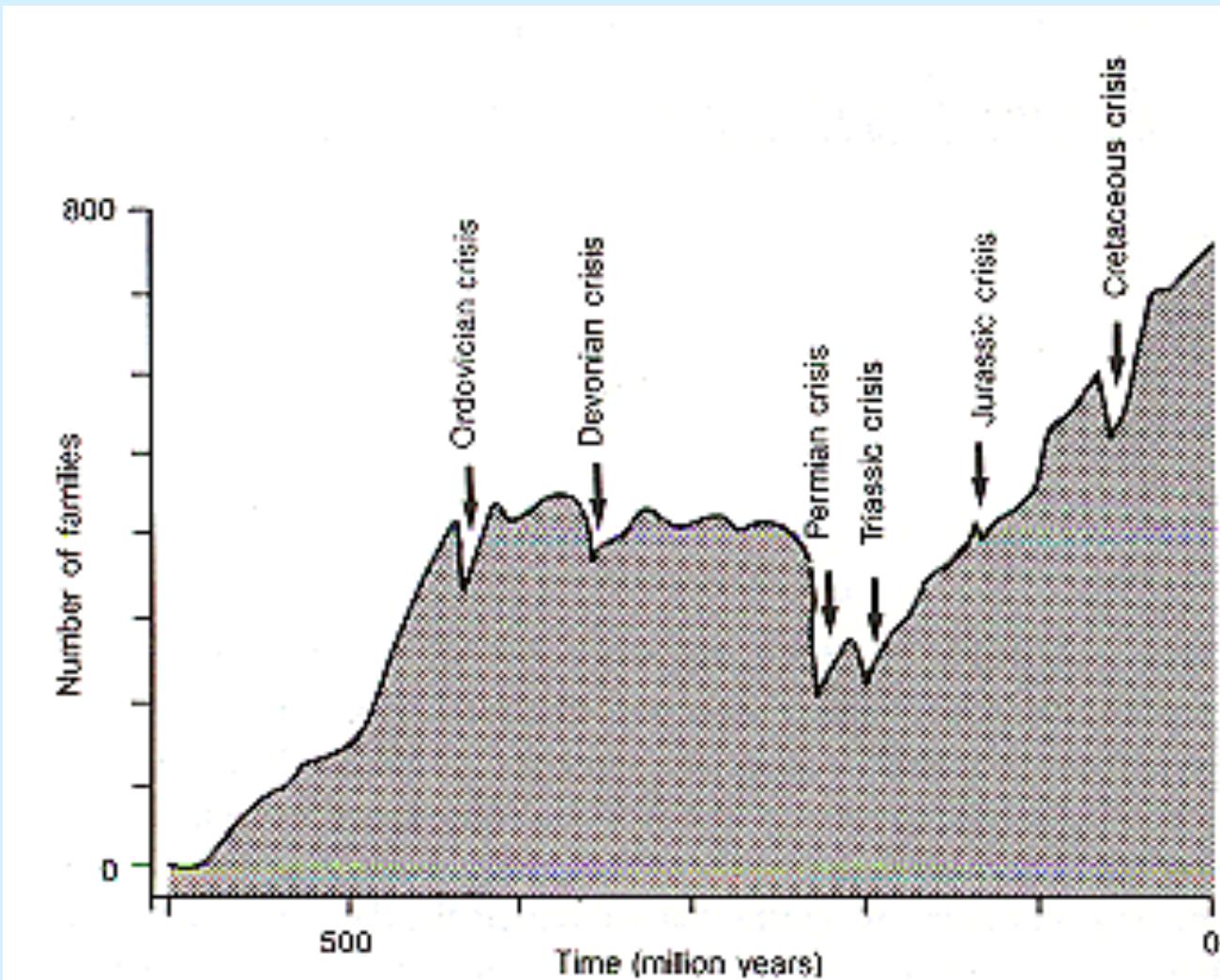
Inovação

Em uma espécie há a evolução de uma novidade evolutiva. Todas as espécies descendentes desta podem diversificar rapidamente por possuir essa característica inovadora. Exemplo: Mamíferos

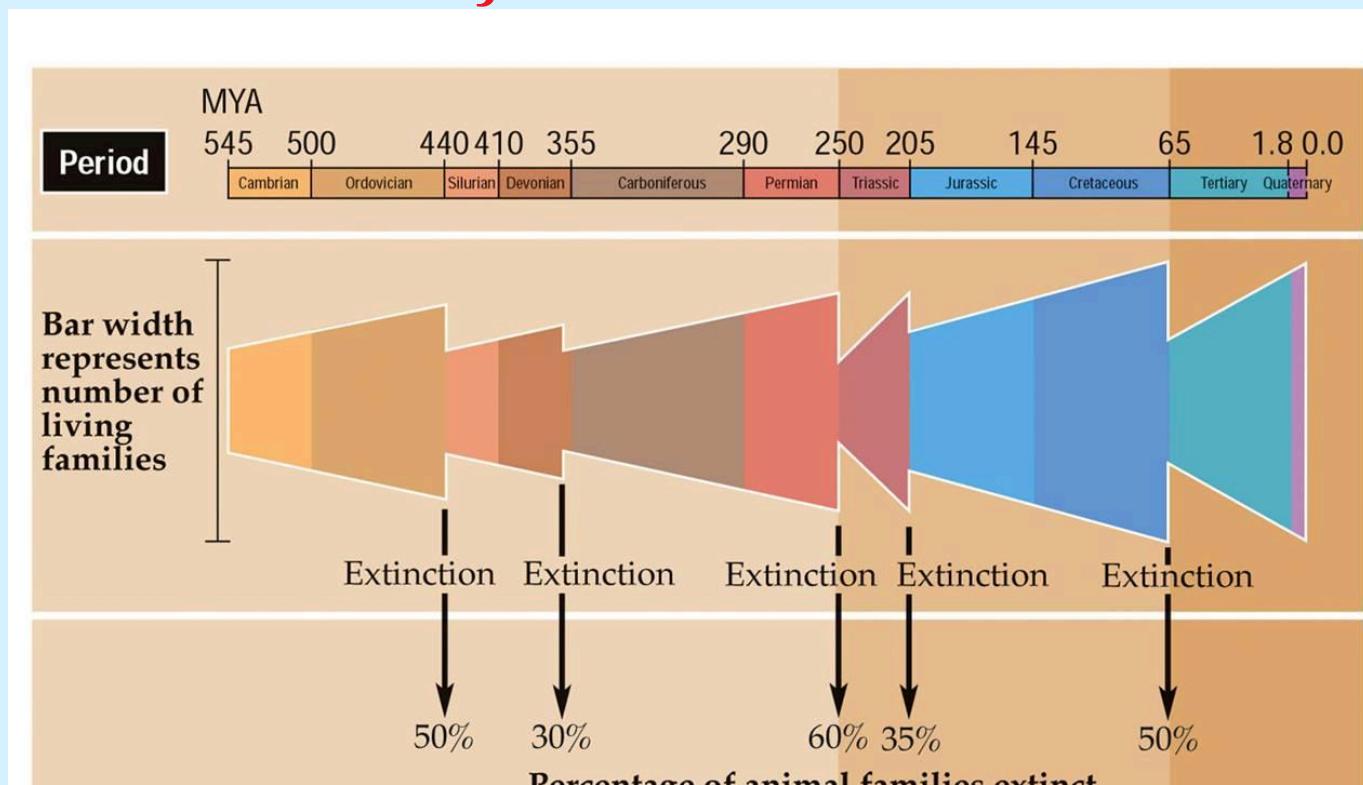
Oportunidade

Uma espécie passa a ocupar um ambiente ainda inexplorado perante suas capacidades. Assim como no caso da inovação, pode haver rápida diversificação. Exemplo: os tentilhões de Galápagos.

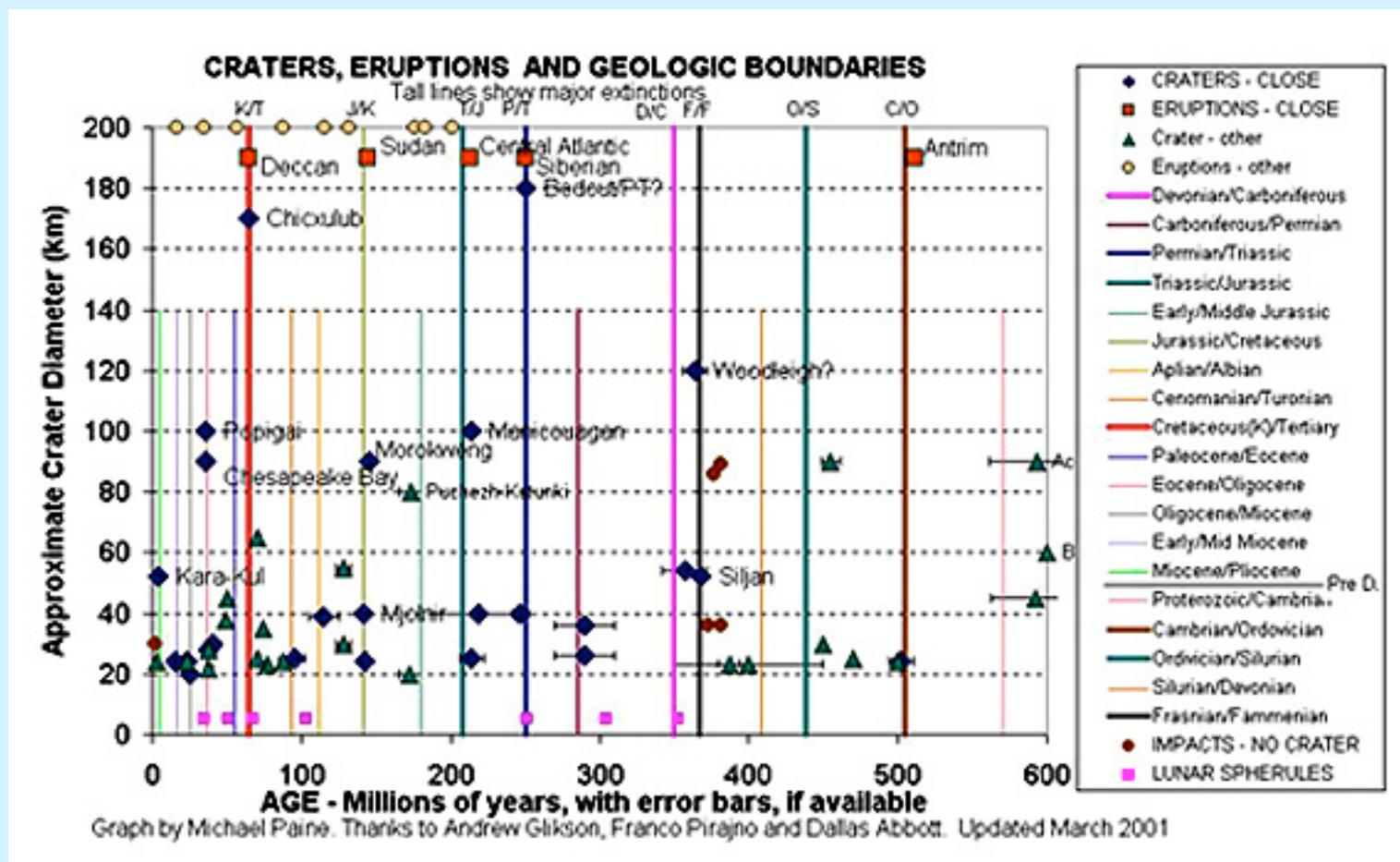
Extinções em massa



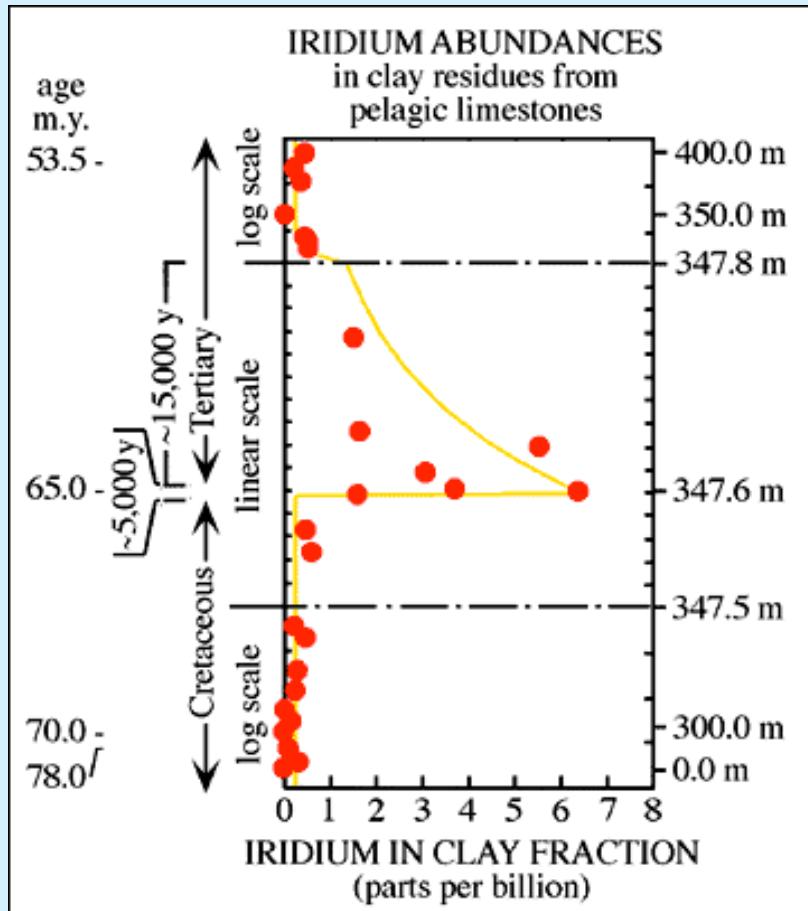
Extinções em massa



Extinções em massa



Extinções em massa



Alvarez e Alvarez
(1980):
Excesso de Irídio
na interface K/T
(Cretáceo/
Terciário)

Extinções em massa

802 Evolution: Raup and Sepkoski

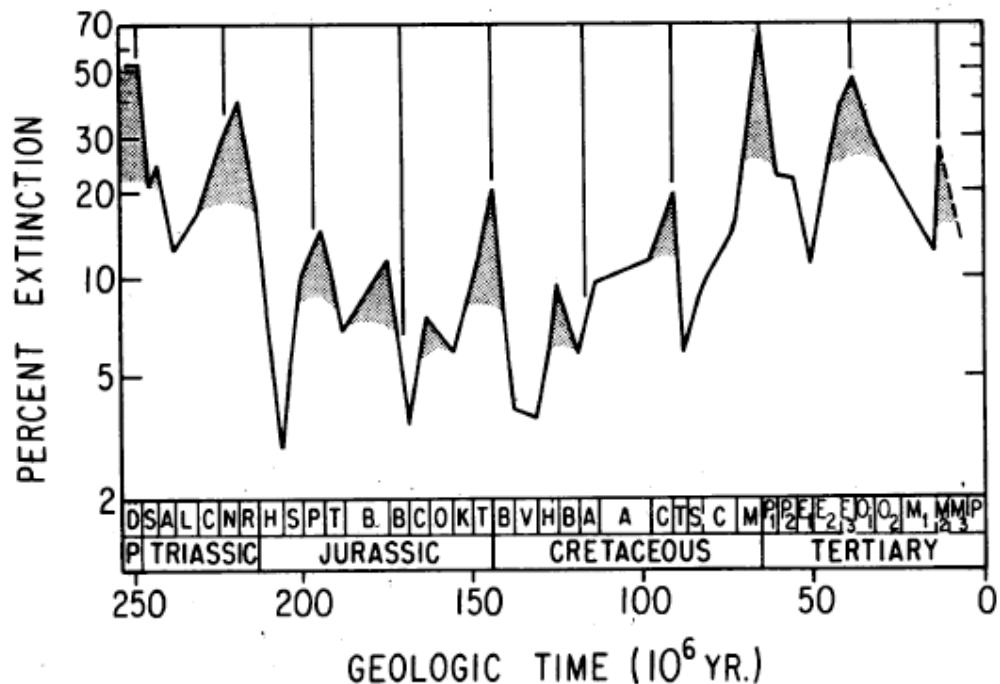


FIG. 1. Extinction record for the past 250 ma. Letter codes (bottom) identify stratigraphic stages. The best-fit 26-ma cycle is shown along the top. The relative heights of extinction peaks should not be taken as literal expressions of extinction intensity because the absence of extant taxa exaggerates the heights of younger peaks.

Periodicidade?
Raup e
Sepkoski, 1984

Extinções em massa



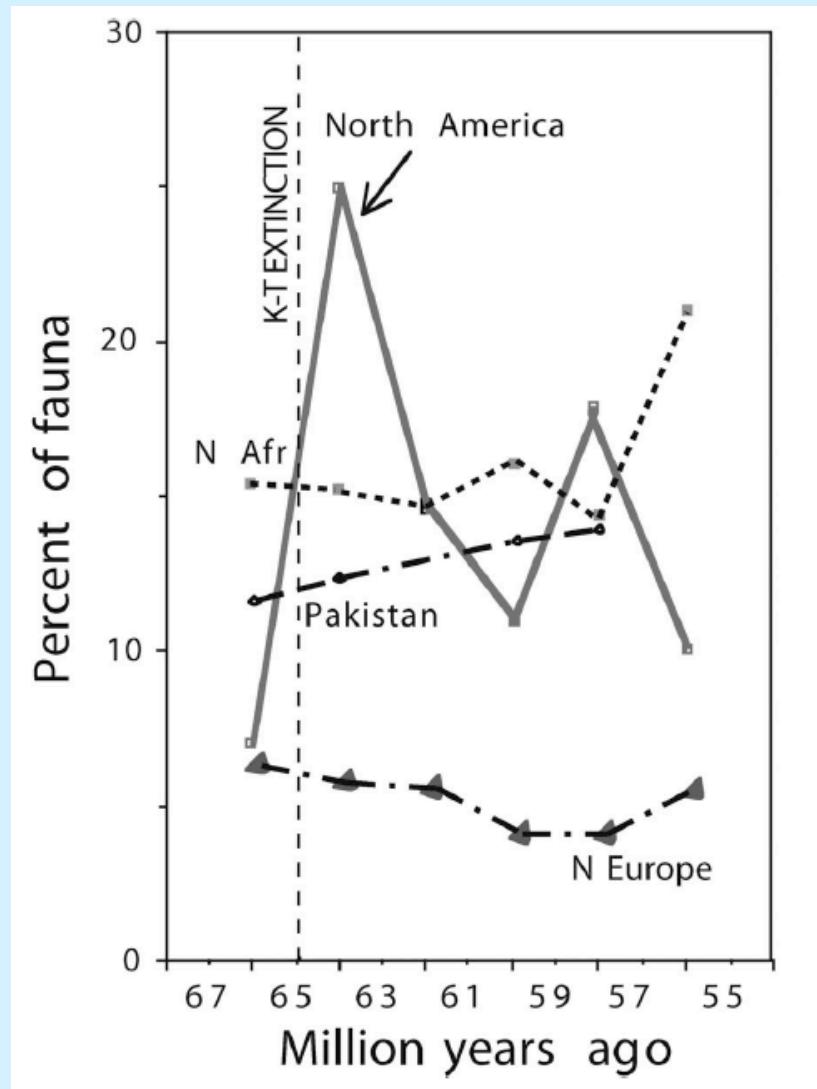
Cratera datada de 65 mA.

Extinção K/T

Embora a hipótese do impacto seja bem aceita, não há como descartar as evidências de intenso vulcanismo na época

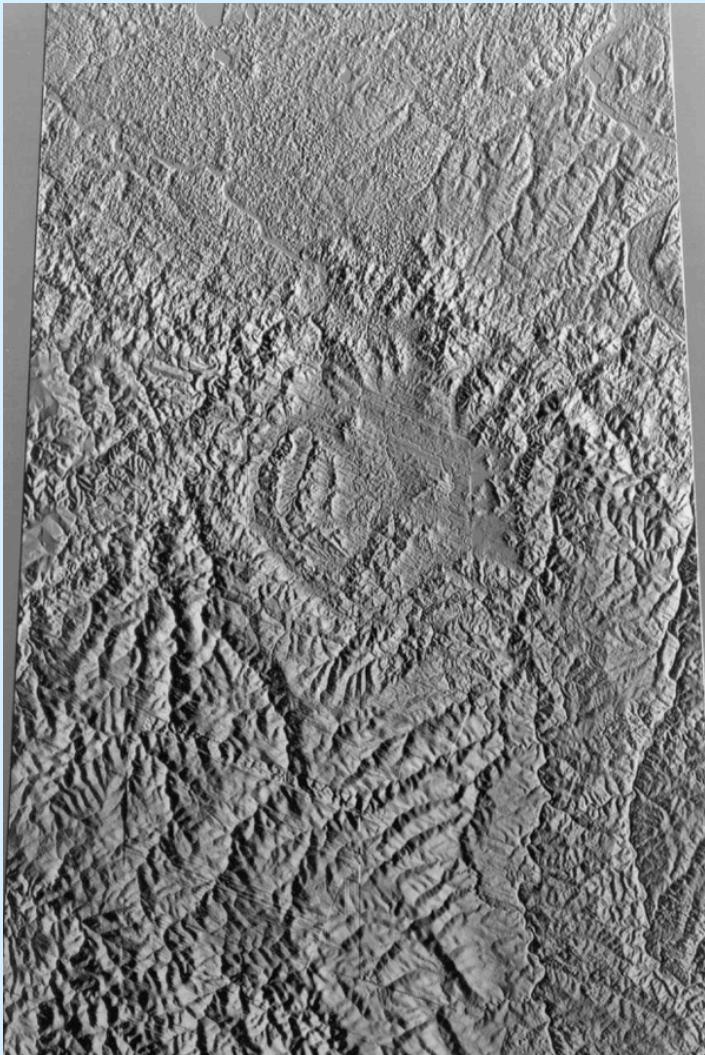
Há também a hipótese do “grande sino”, segundo a qual a ressonância causada pelo impacto causaria um rearranjo da crosta, com vulcanismo.

Extinções em massa



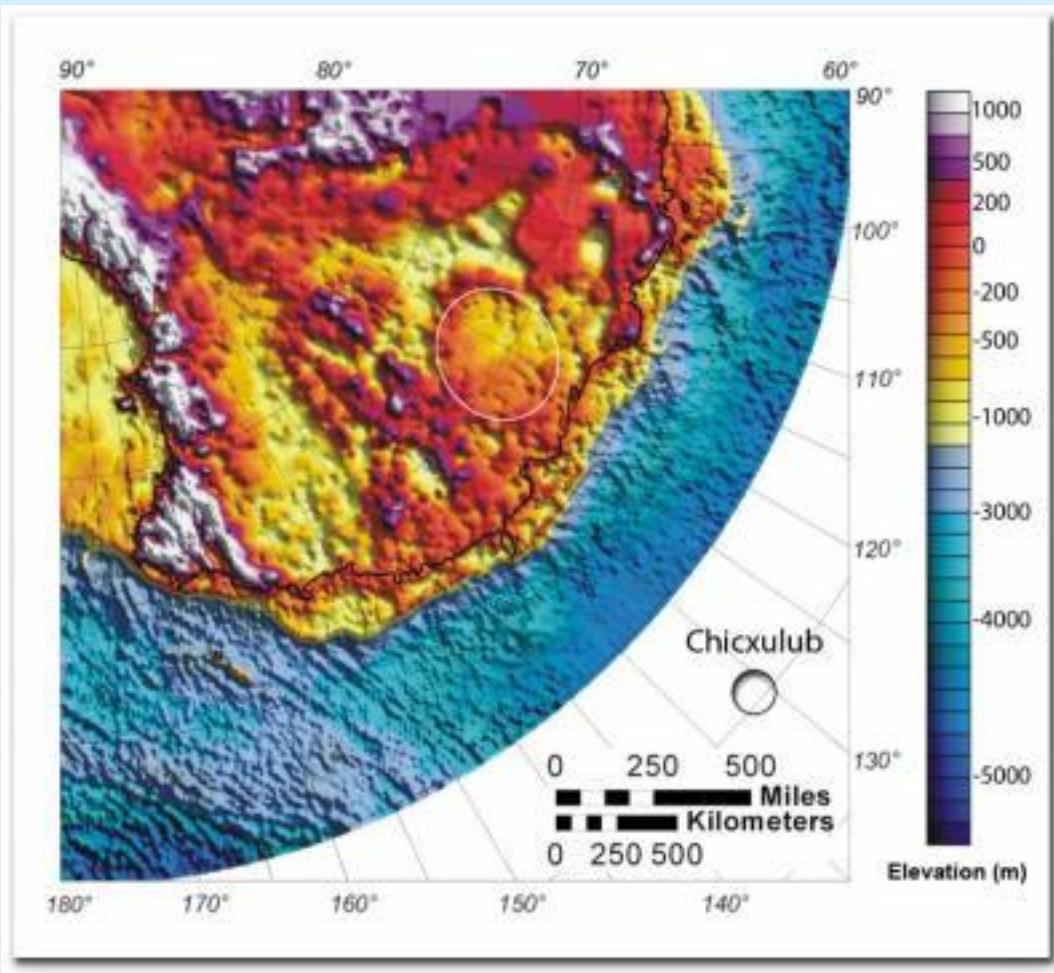
Jablonski, 2004

Extinções em massa



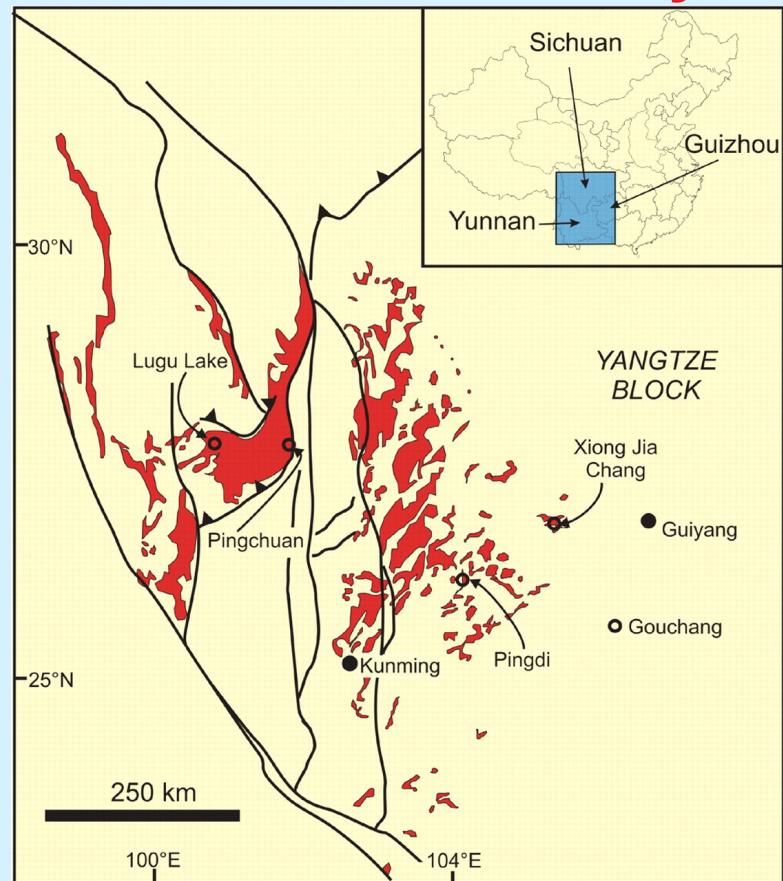
Cratera em
Popigai (Sibéria)
com 35 mA,
Eoceno tardio

Extinções em massa



Evidências de uma cratera gigante na Antártida, talvez do fim do Permiano

Extinções em massa



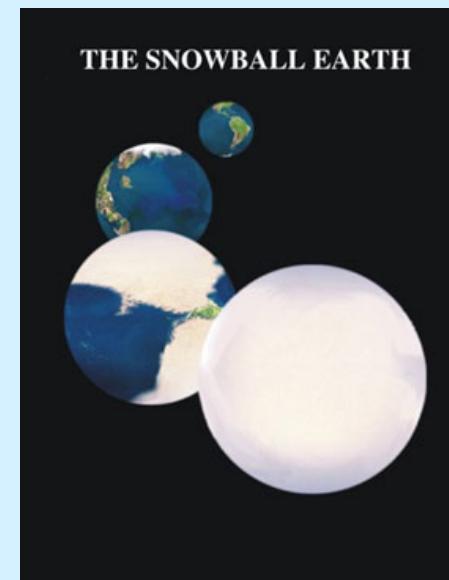
Evidências de um
enorme derrame de
lava do fim do
Permiano

P. B. Wignall et al., Science 324, 1179 -1182 (2009)

A Terra como bola de neve



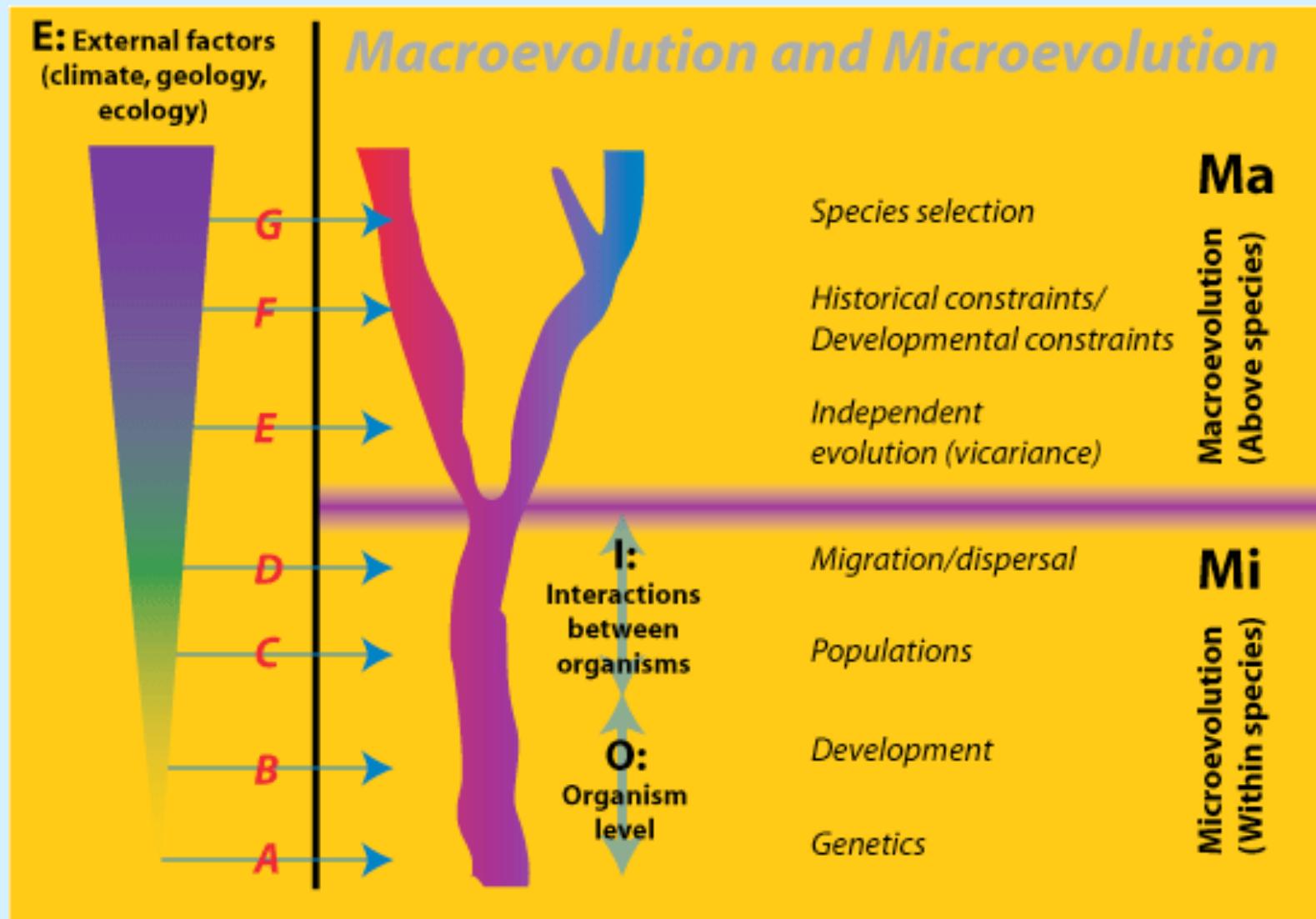
Paul Hoffman mostrando o início de rochas carbonáticas do fim do pré-cambriano sobre vestígios de glaciares



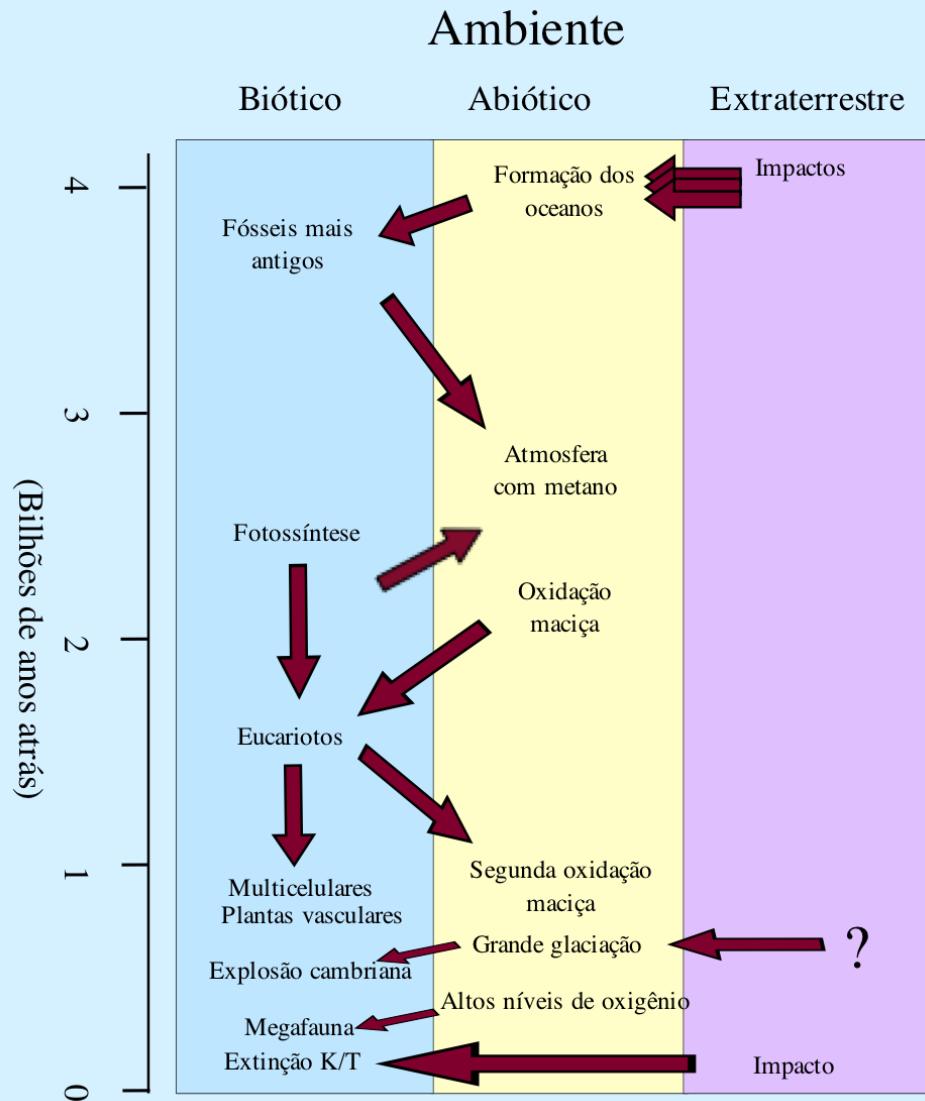
Macroevolução

- Simplesmente a microevolução em escala maior?
- Sujeita a leis diferentes daquelas da microevolução?
 - a) Influências bióticas
 - b) Influências abióticas

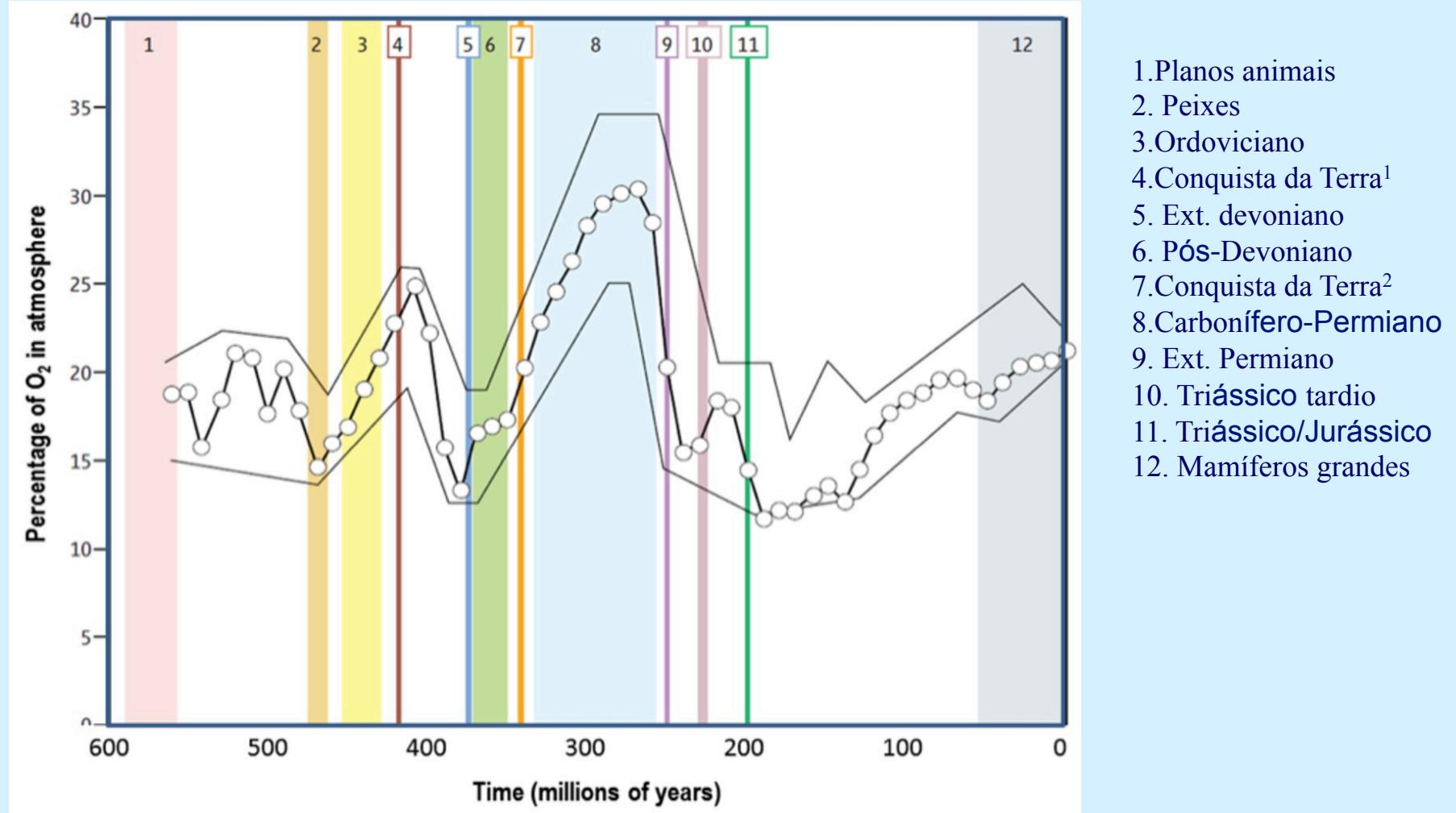
Macroevolução



Megaevolução

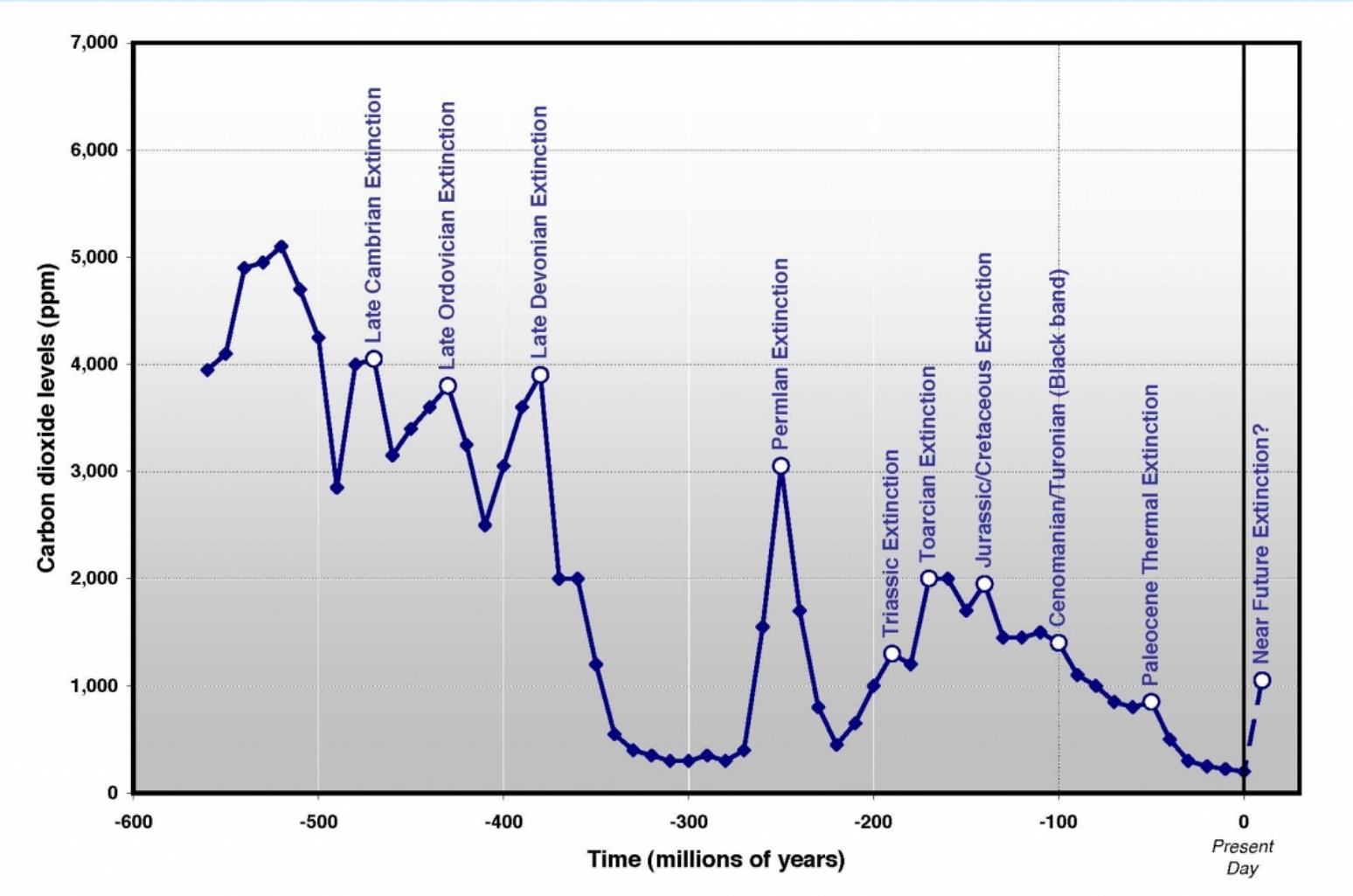


Oxigênio no passado



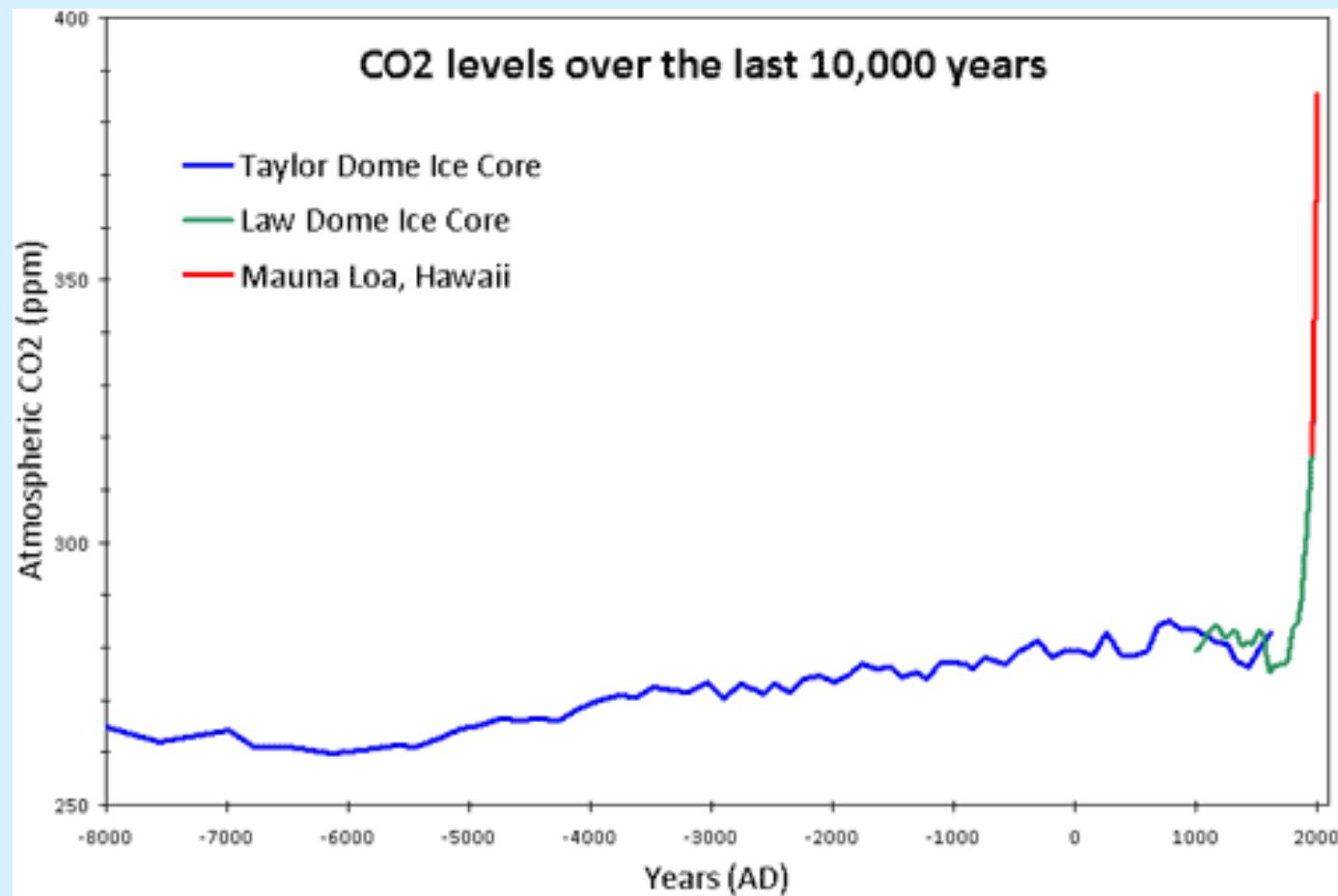
Berner et al. (2007). Oxygen and evolution. **Science** **316**:557.

CO₂ no passado



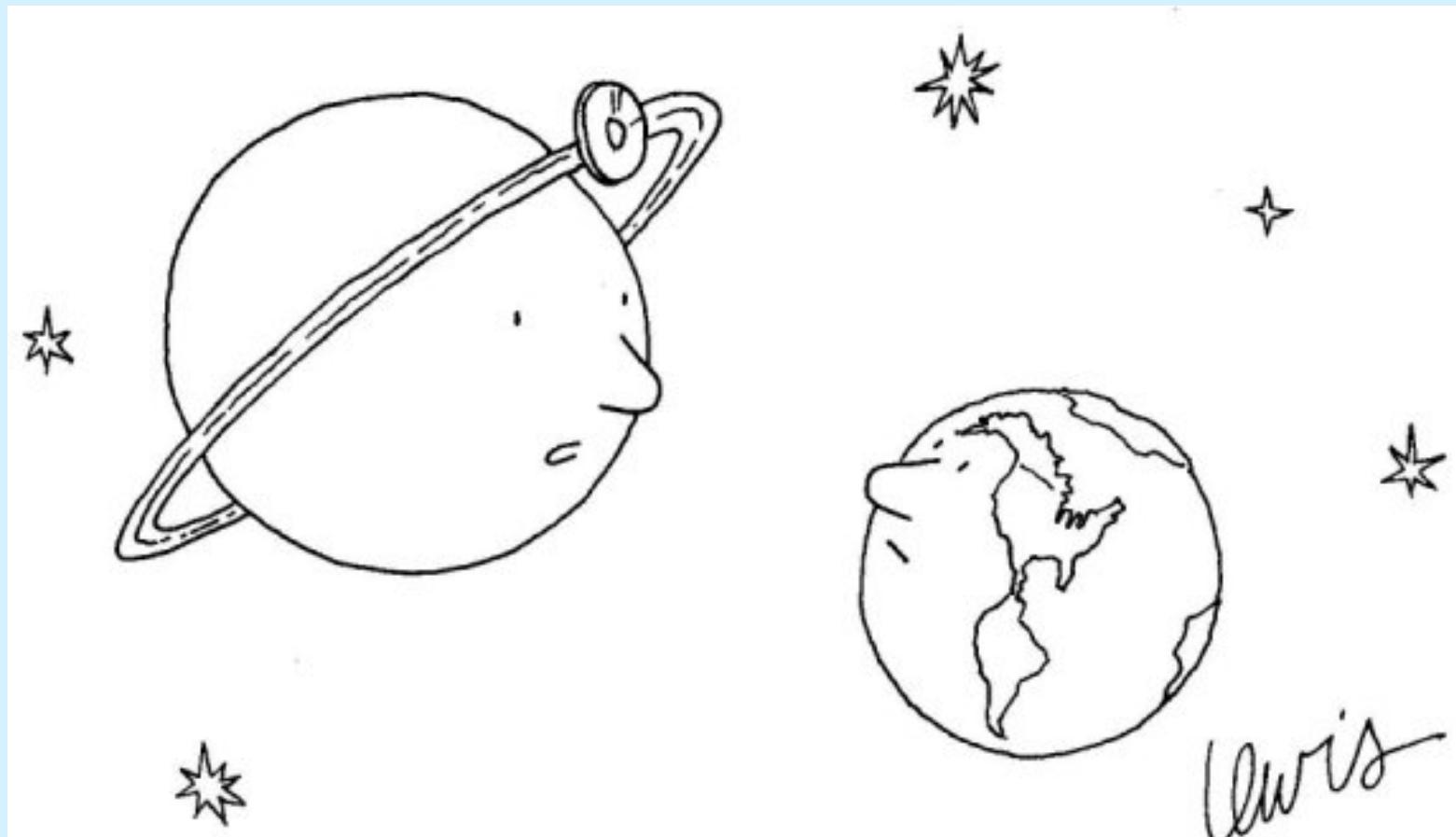
<http://johnenglander.net/CO2-Extinction-Graph-500Myr>

CO₂ no passado mais recente



<http://www.skepticalscience.com/co2-levels-airborne-fraction-increasing.htm>

Biosfera doente



"I'm afraid you have humans."

Vanishing Islands

[http://www.youtube.com/watch?
v=hFsZm0ddAL8](http://www.youtube.com/watch?v=hFsZm0ddAL8)

Documentário ~7 minutos
[Youtube Vanishing Islands](#)