



Computação Bioinspirada

Prof. Fabio M Simoes de Souza e Prof. Javier Ropero
Centro de Matemática, Computação e Cognição

Ementa

- Introdução e Motivação
- Computação Inspirada na Biologia
 - Computação Evolutiva
- Computação Baseada em DNA
 - Bioinformática
 - Inteligência Coletiva
 - Redes Neurais

Ementa

- Otimização por Colônias de Formigas
 - Enxames de Abelhas
 - Sistemas Imunológicos
 - Vida Artificial
- Robótica Biologicamente Inspirada
 - Aplicações

Cronograma

Dia	Matéria
11/fev	Introdução e Motivação
13/fev	Computação inspirada na biologia
18/fev	Redes Neurais Biofísicas
20/fev	Redes Neurais Biofísicas
25/fev	Vida Artificial
27/fev	Vida Artificial
04/mar	Feriado Carnaval
06/mar	Feriado Carnaval
11/mar	Inteligência de Enxames
13/mar	Inteligência de Enxames
18/mar	Algorítmo Genético
20/mar	Algorítmo Genético
25/mar	Sistema Imune
27/mar	Sistema Imune
01/abr	Redes Neurais
03/abr	Redes Neurais
08/abr	Feriado Municipal
10/abr	Redes Neurais
15/abr	Redes Neurais
17/abr	Redes Neurais
22/abr	Redes Neurais
24/abr	Redes Neurais
29/abr	P1
01/mai	Feriado
06/mai	Reposição Feriados (Redes Neurais)
08/mai	Reposição Feriados (Redes Neurais)
13/mai	Reposição Feriados (Redes Neurais)

Avaliação

Conceito = nota_prova * (0.7+0.03*nota_relatorio)

Relatório (O Prof. Javier informará os detalhes).

A nota do relatório vale pouco, tem que ir bem na prova, não contar apenas com o relatório para passar na disciplina.

Motivação

- Biologia como uma Inspiração para a Computação
 - Uma fonte inesgotável e natural de algoritmos

Comunicação e Material

- Tidia4.ufabc.edu.br
 - CBI_2019_1

Sonar Natural

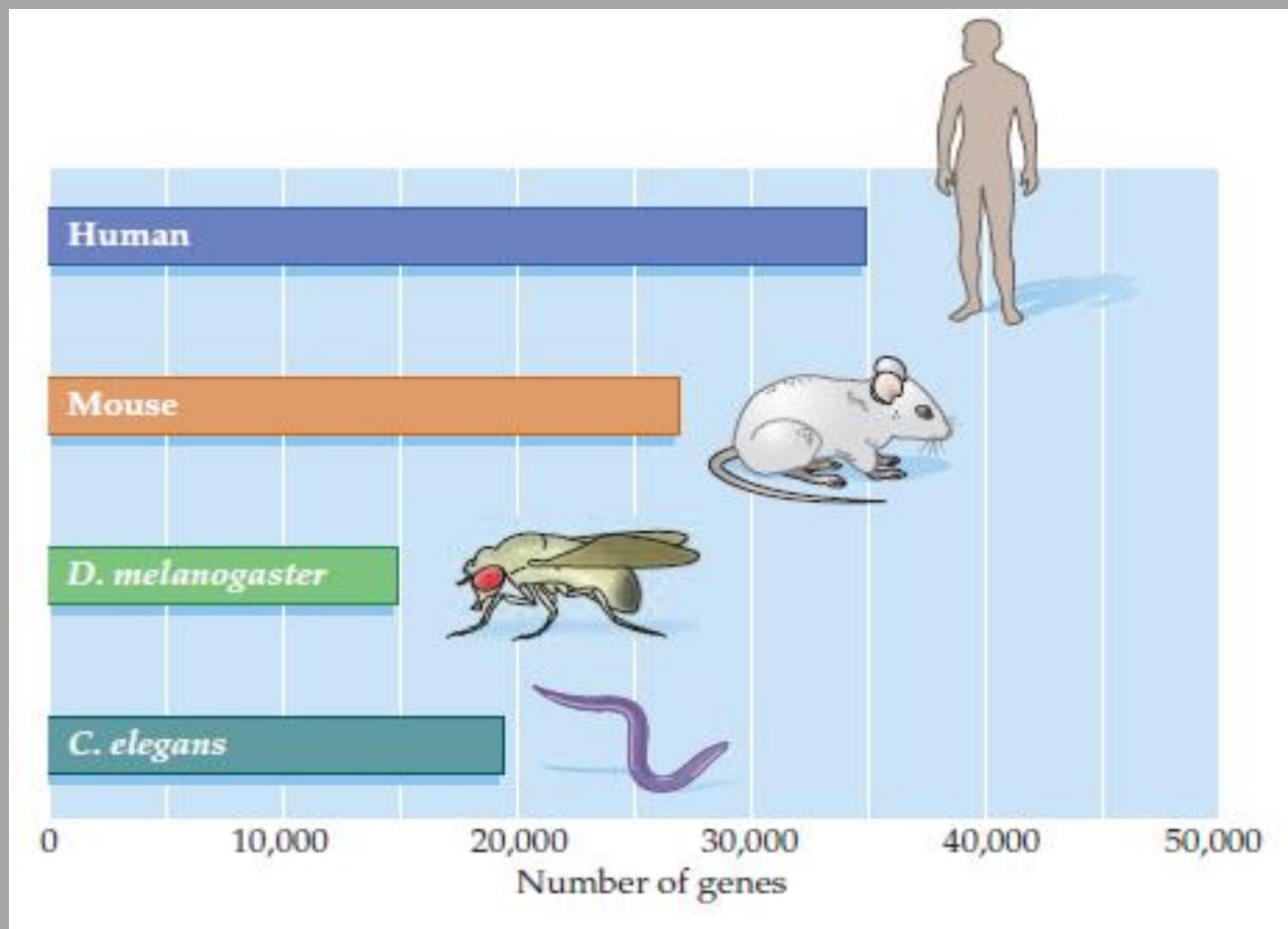
Donald Griffin and Robert Galambos (final dos 30s):

- Estudo das bases neurais e sensoriais do comportamento animal (ecolocalização)
- Usaram microfones e aparelhos eletrônicos para estudar os sinais ultrassônicos dos morcegos
- Golfinhos e Baleias também tem ecolocalização.



Era pós-genômica

- Sequenciamento do material genético de várias espécies

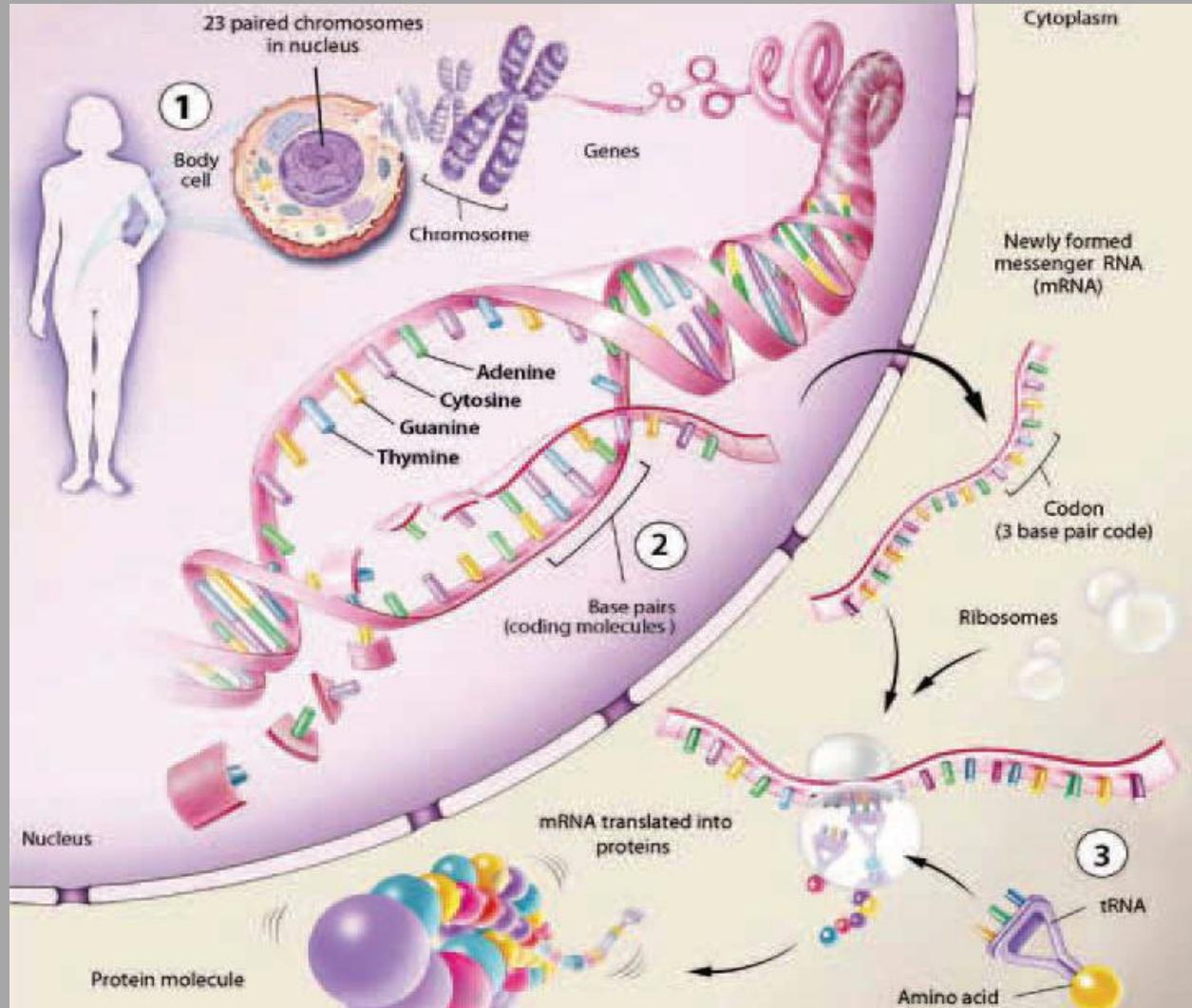


Definições

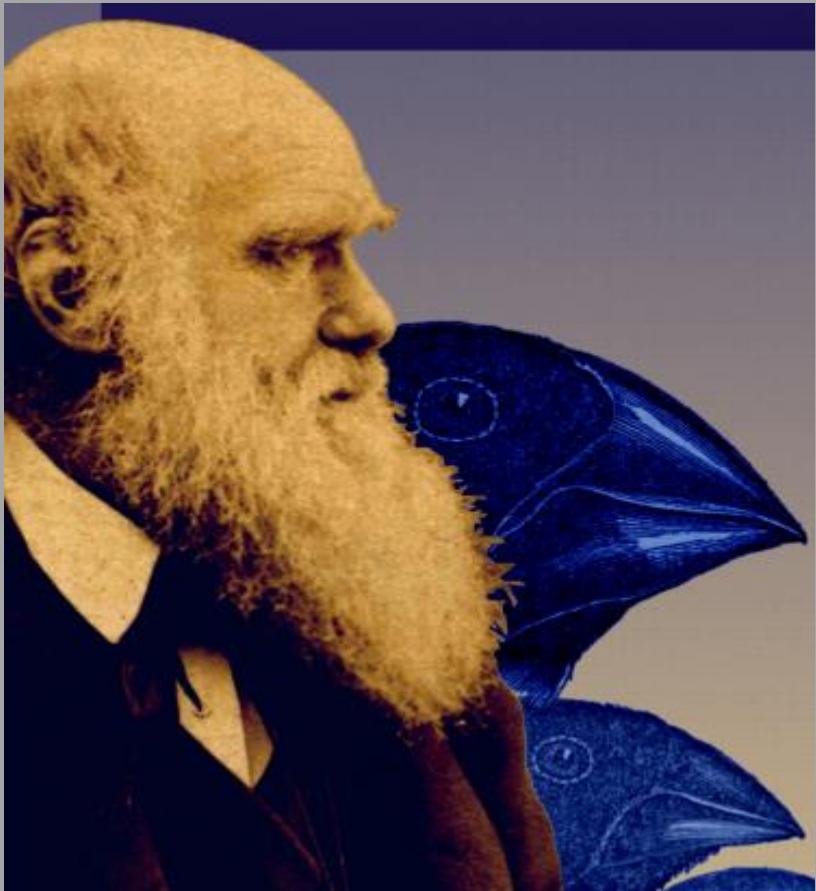
- Genes consistem de sequências de DNA denominadas exons, que são transcritas em RNA e subsequentemente traduzidas em proteínas
- Genótipo: conjunto de genes de um indivíduo ou espécie
- Fenótipo: características visíveis (morfologia, desenvolvimento, comportamento)
- Genótico + ambiente + variação ao acaso -> Fenótipo
- Alelos: formas alternativas do mesmo gene. Por exemplo, alelos Aa, e Bb

Genética e o Cérebro

- Os genes carregam as instruções necessárias para que o nosso corpo, inclusive o sistema nervoso, se desenvolva e possa funcionar corretamente



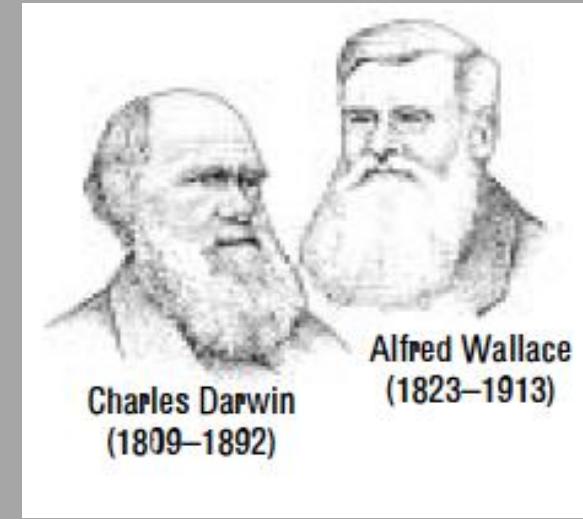
Evolução do Comportamento



- A origem das espécies, 1859
- A descendência do Homem e Seleção em relação ao Sexo, 1871
- A expressão da Emoção em Homens e Animais, 1872
- <http://darwin-online.org.uk/contents.html>

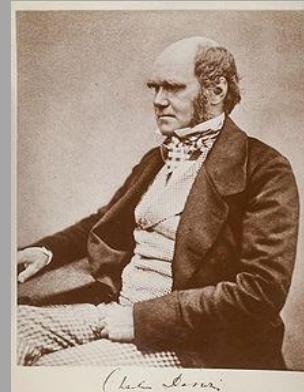
Histórico – Precursors da Etologia

- Charles Darwin e Alfred Wallace
- Teoria da Evolução da Espécie
- Diversidade dos organismos vivos com tantas características em comum – esqueleto, músculos, partes do corpo, etc...

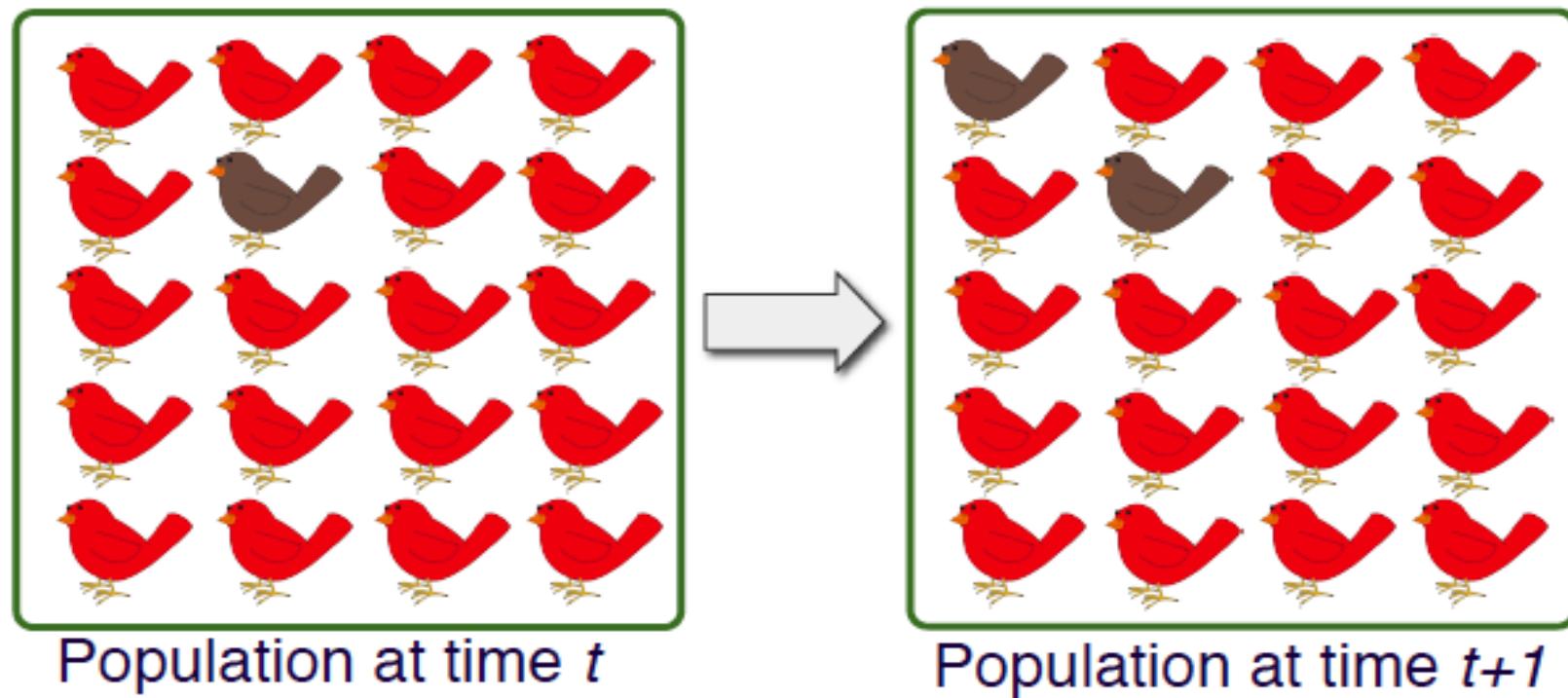


Histórico

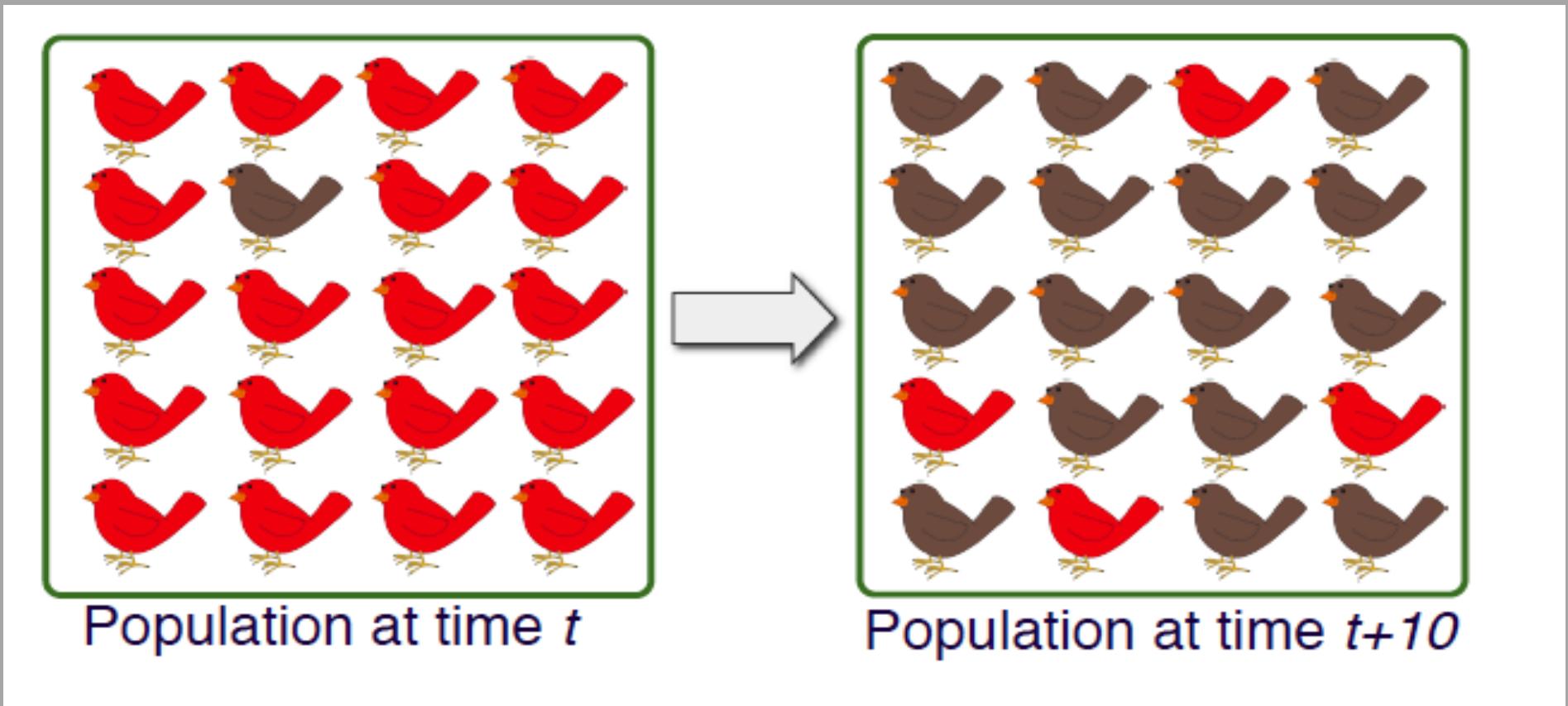
- Charles Darwin (1809-1882)
 - Batalha entre organismos individuais para recursos limitados
 - Existem variações que geram vantagens competitivas de alguns membros sobre os outros
- Variação
- Transmissão
- Seleção Natural
 - Comportamento Herdado -



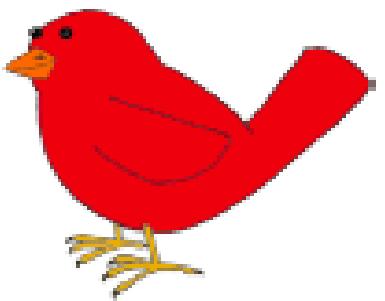
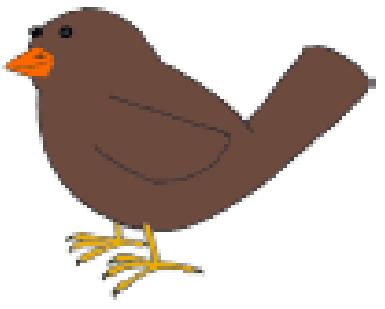
Evolução = uma mudança na frequência de um traço de uma população



Evolução = uma mudança na frequência de um traço de uma população



Evolução pela seleção natural



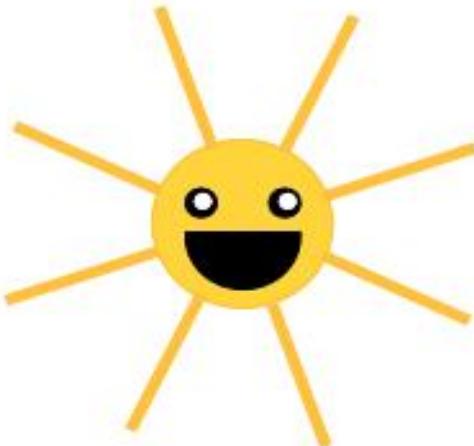
- Aumento proporcional ao resultado de baixa mortalidade e alta fecundidade
- Diminuição proporcional ao resultado de alta mortalidade e baixa fecundidade

O traço (característica adaptada) determina a diferença na mortalidade ou fecundidade

Seleção Natural: indivíduos com certos traços são mais adaptados ao seu ambiente

Estes indivíduos tem maior probabilidade de sobreviver e reproduzir passando seus genes para a próxima geração

A seleção natural age no comportamento



Forragear durante o dia
= exposição a predadores



Forragear à noite reduz a
exposição a predadores

Evolução das Espécies

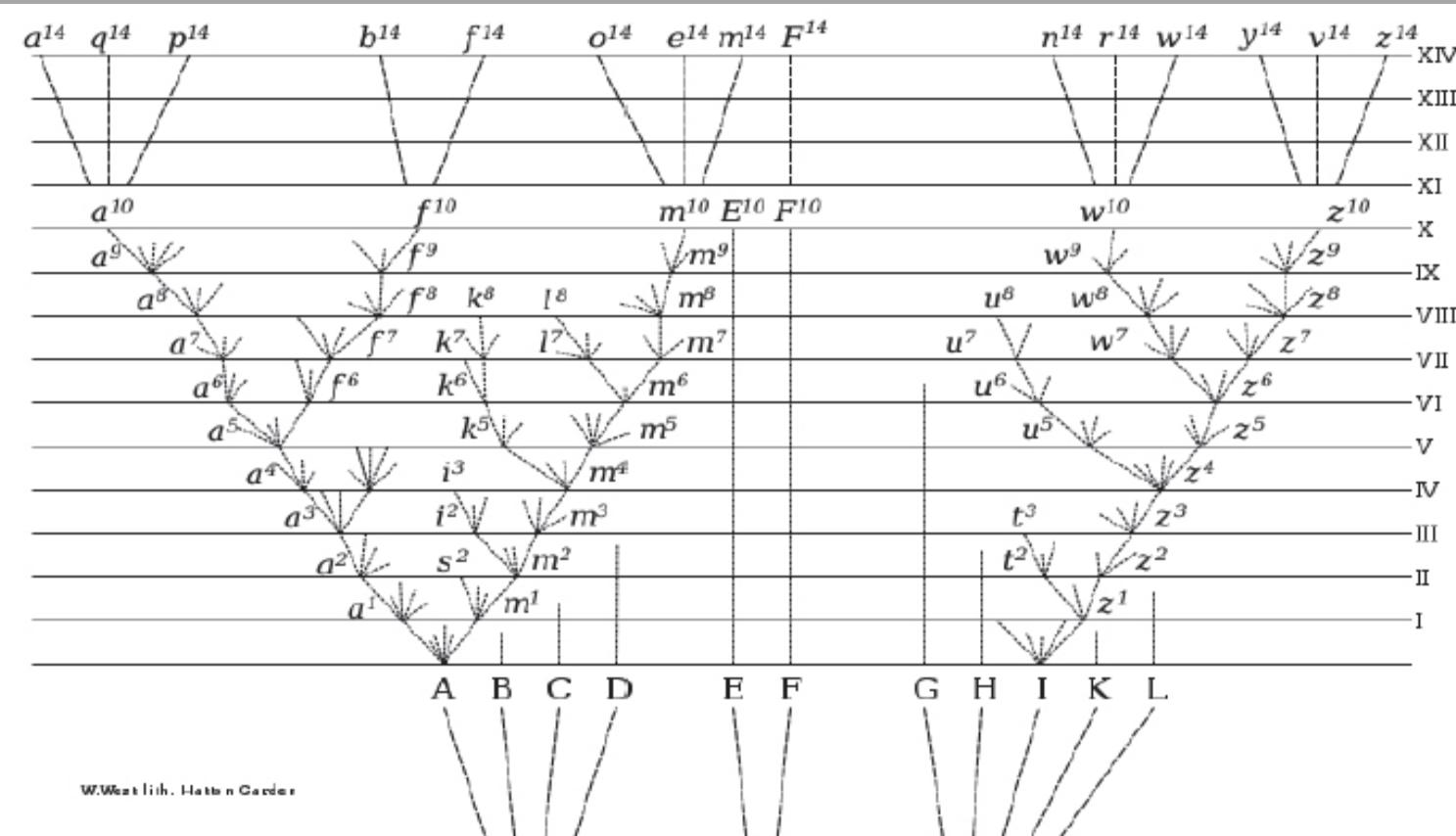
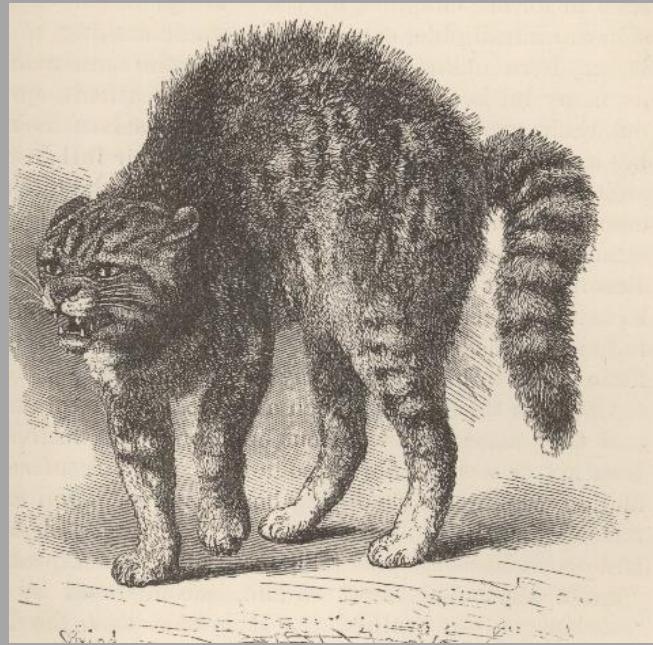
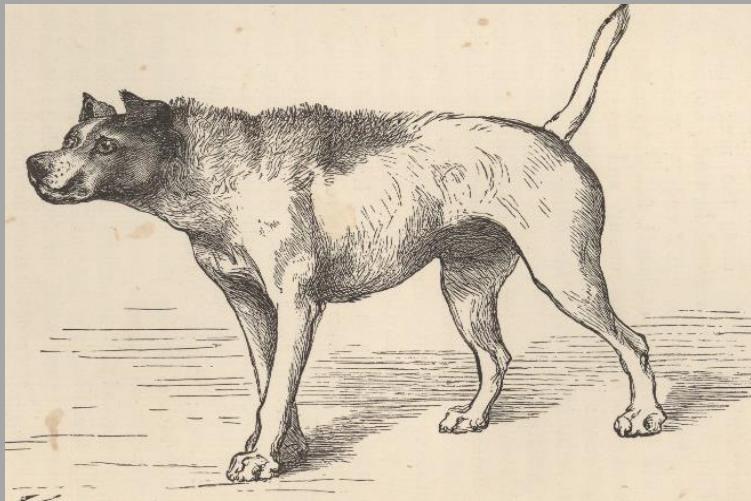
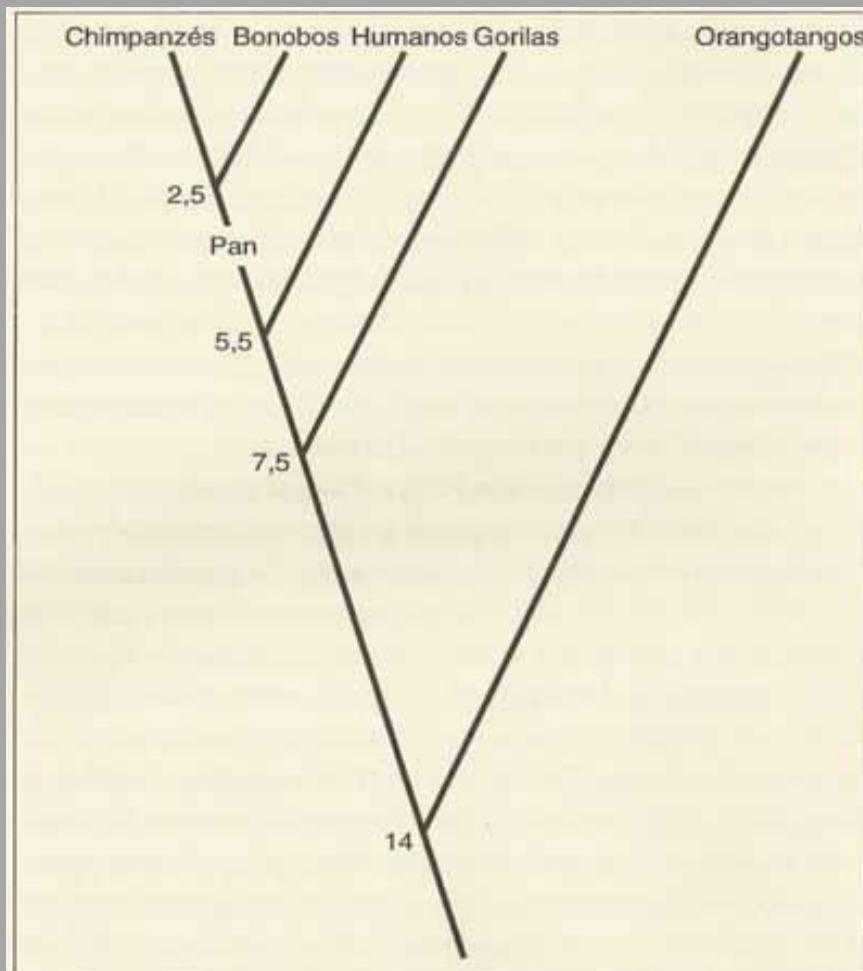


Diagrama de divergência das espécies, que resume as ideias de Darwin quanto à sua origem a partir de ancestrais comuns, representando as que são divergentes, as que sofreram pouca ou nenhuma evolução e as que entretanto se extinguiram. A numeração romana representa as etapas de divergência (que podem ser anos ou estratos geológicos) e, das numerosas espécies ancestrais (A a L), apenas algumas chegaram aos nossos dias, umas sem evolução (F^{14}), outras modificadas em diversos graus (a^1 a z^{14}), e que podem visualizar-se na etapa XIV, que representa a actualidade (N. do E).

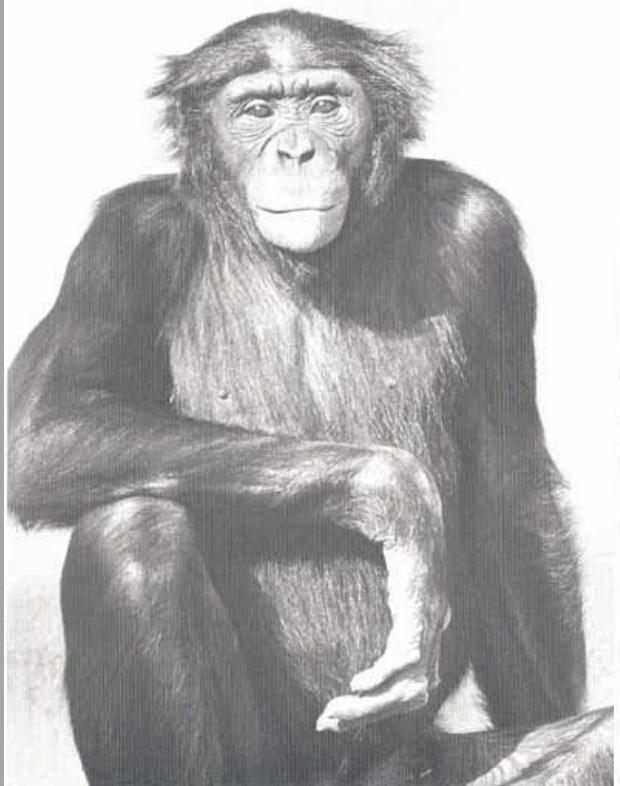
Linguagem Corporal



Evolução do Homem



Grandes Primatas (Apes)



Kevin, jovem macho adulto (bonobo, San Diego)



Yeroen, a velha raposa (chimpanzé, Arnhem)

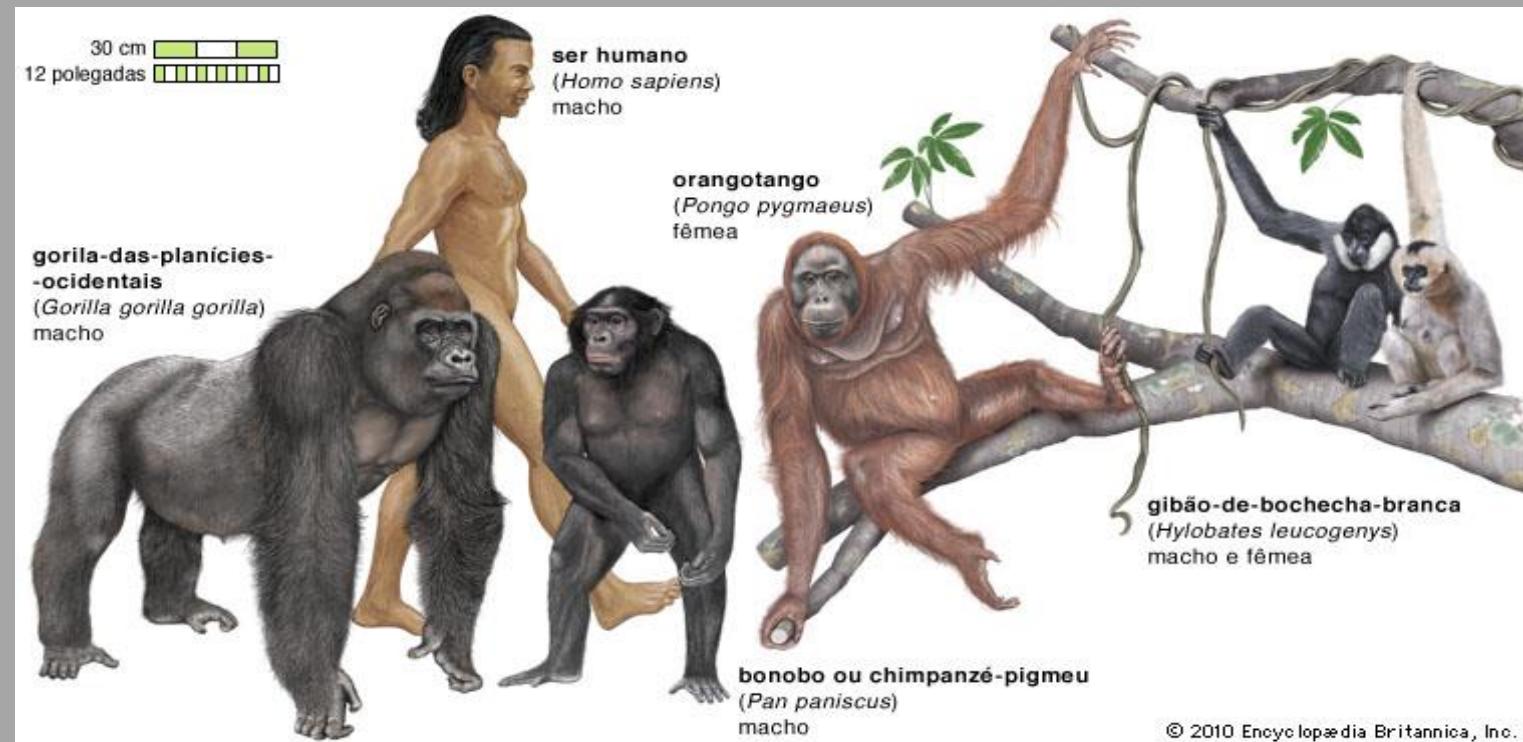


Antropoides

(parecido com um homem/com formato de homem)

- Não tem rabo
- Grandes: gorilas, orangotangos, chimpanzés e o homem
- Pequenos: gibões

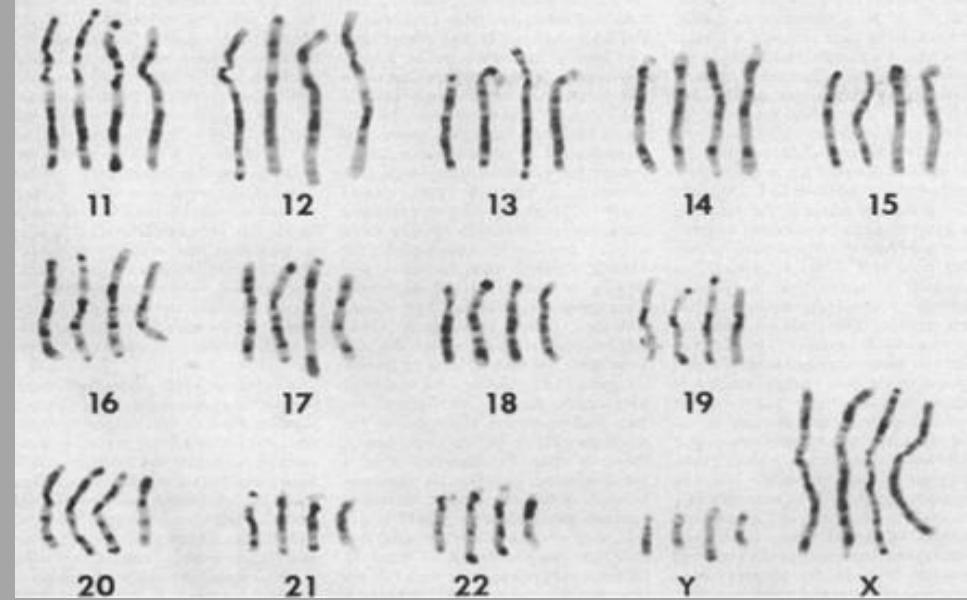
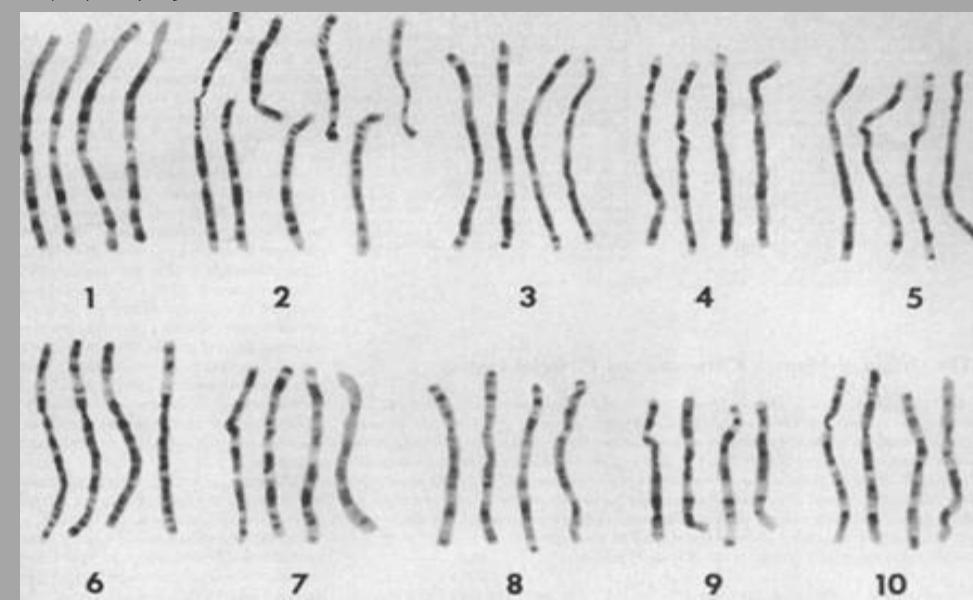
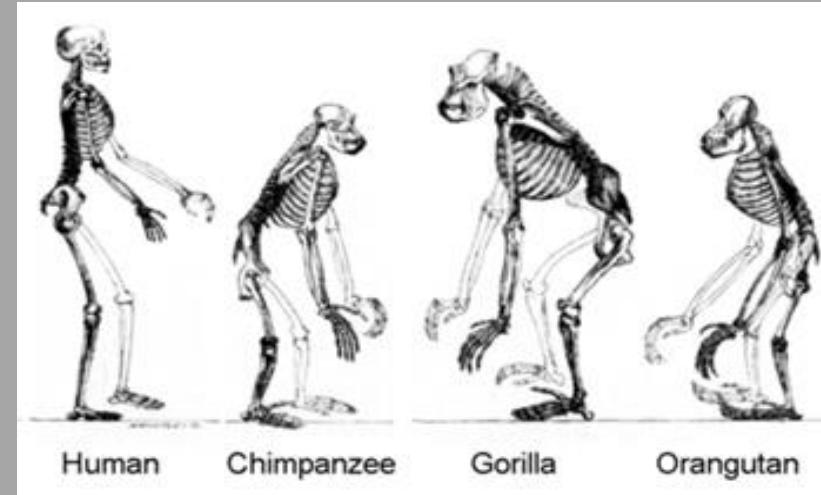
chimpanzé
(*Pan troglodytes*)



Cariótipo Grandes Antropoides

Yunis, JJ, Prakash, O (1982). The origin of man: a chromossomal pictorial legacy. Science 215: 1525-1530.

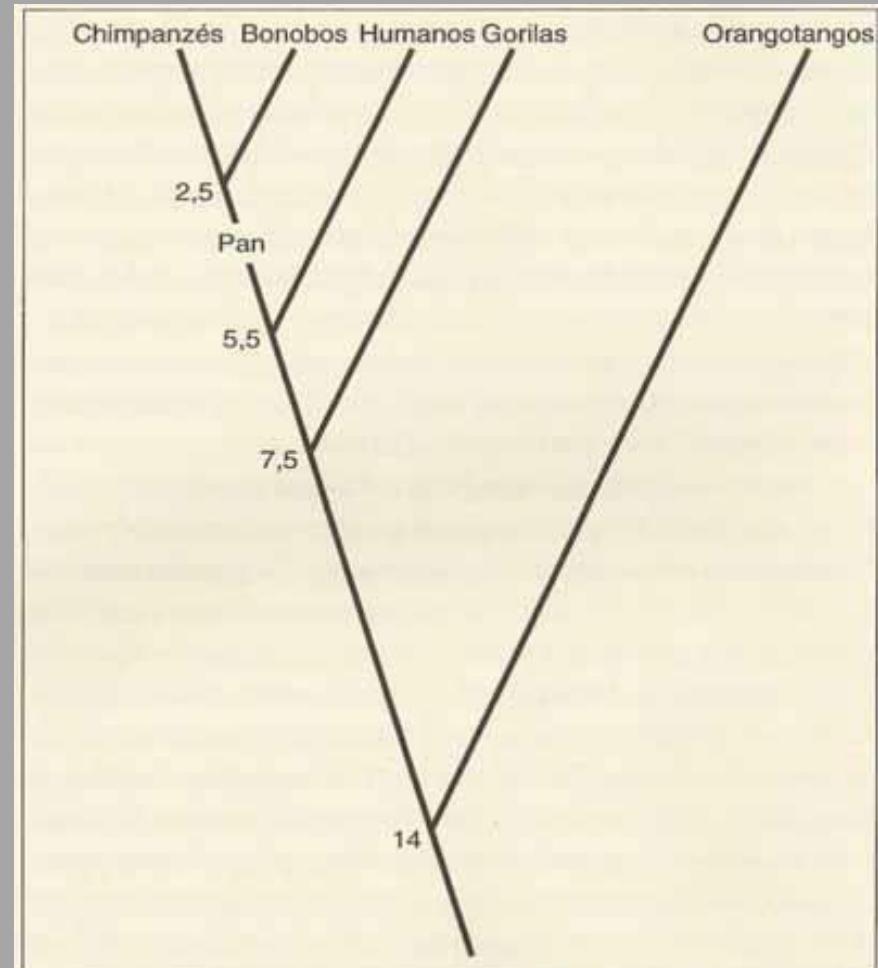
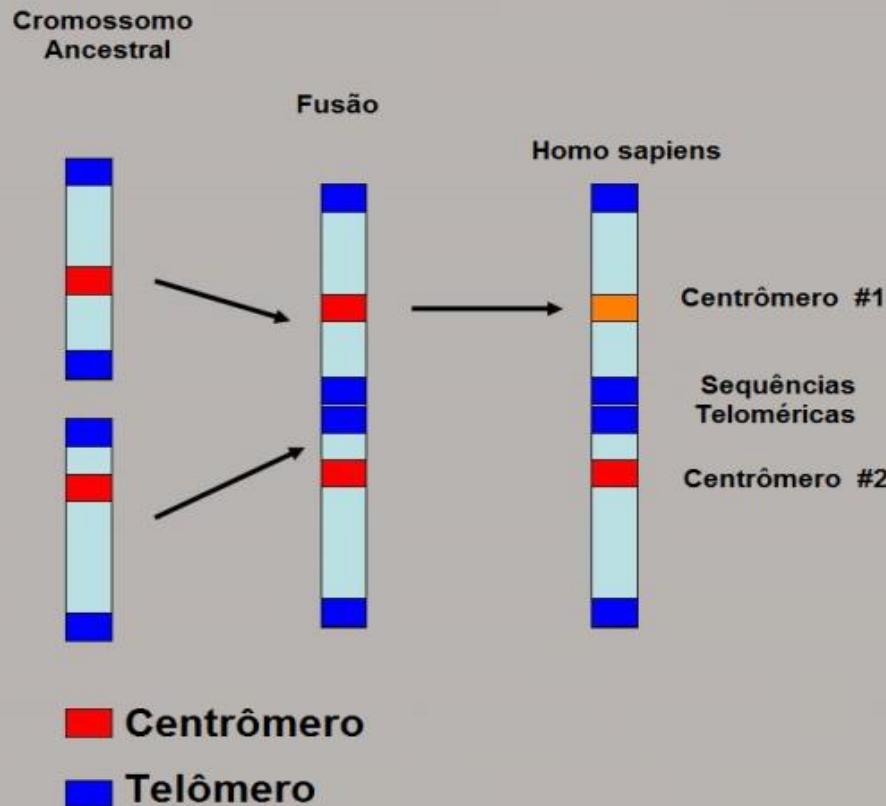
→ homem
→ chimpanzé
→ gorila
→ orangotango



Evolução

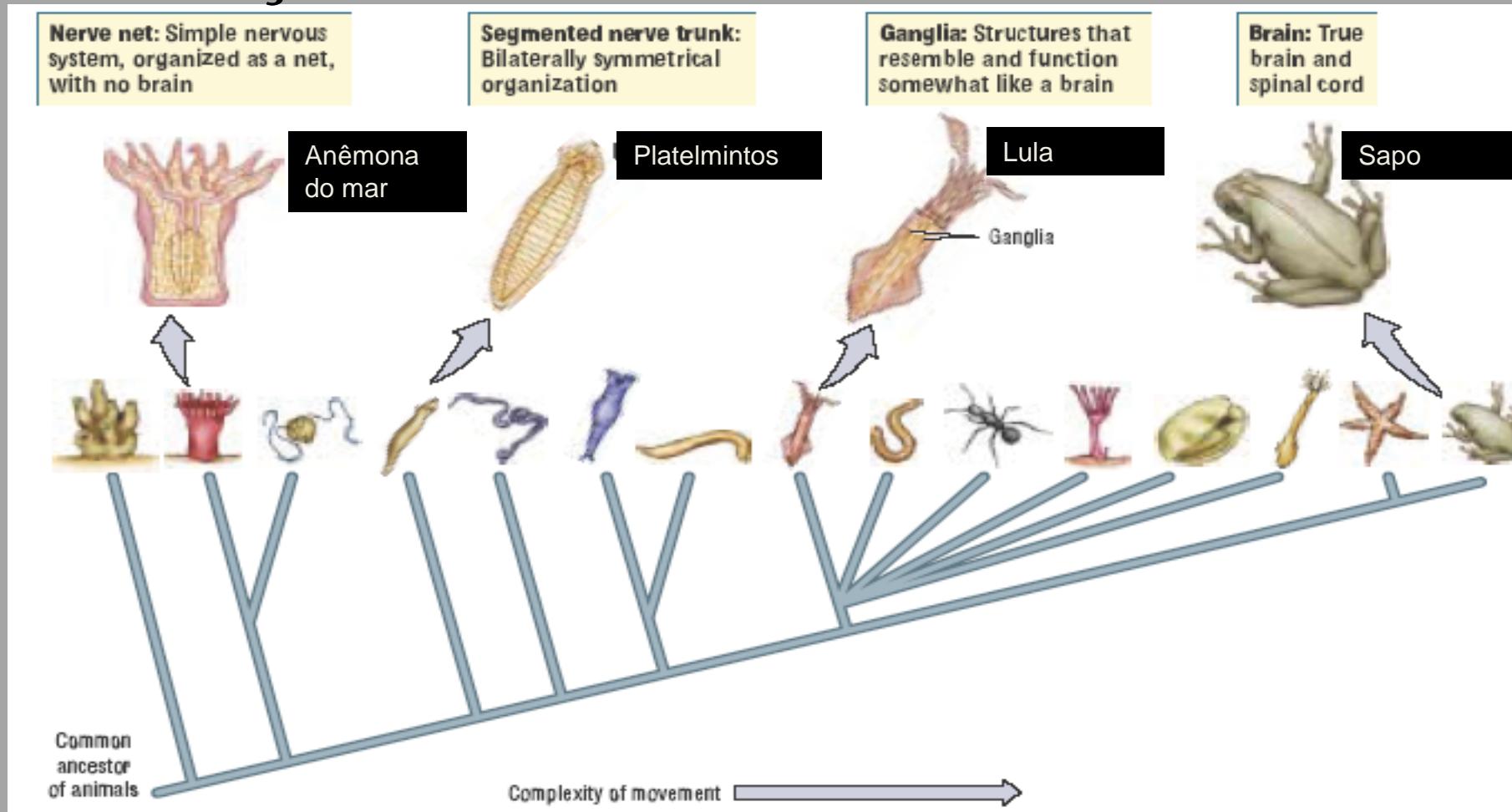
<https://www.youtube.com/watch?v=bMGWle26EN0>

<https://www.youtube.com/watch?v=7QcCnB9n6L4>



<https://www.youtube.com/watch?v=Okmkn30D0NU>

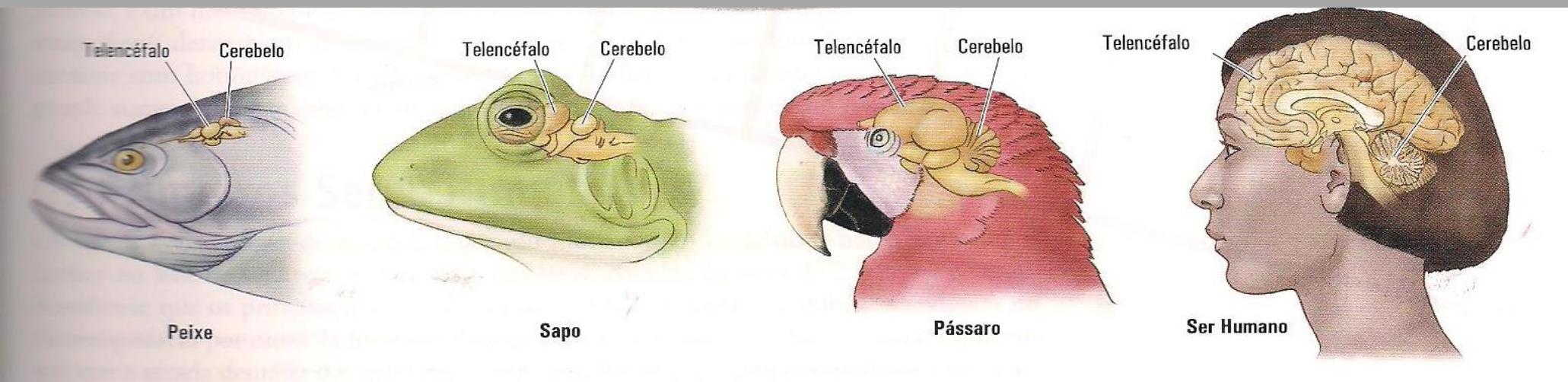
Evolução do Sistema Nervoso no reino animal



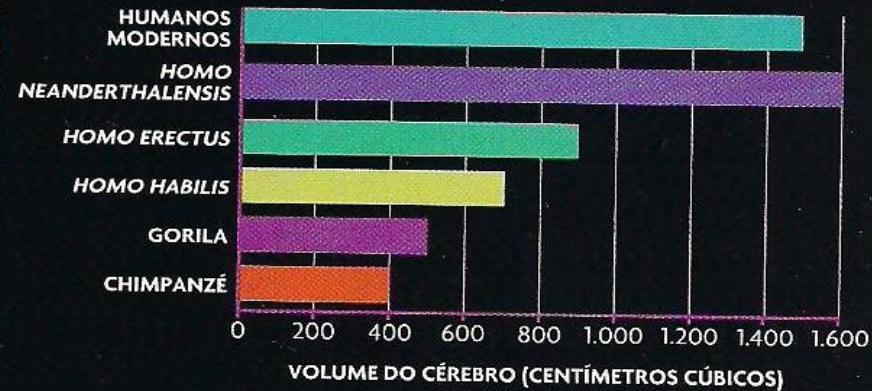
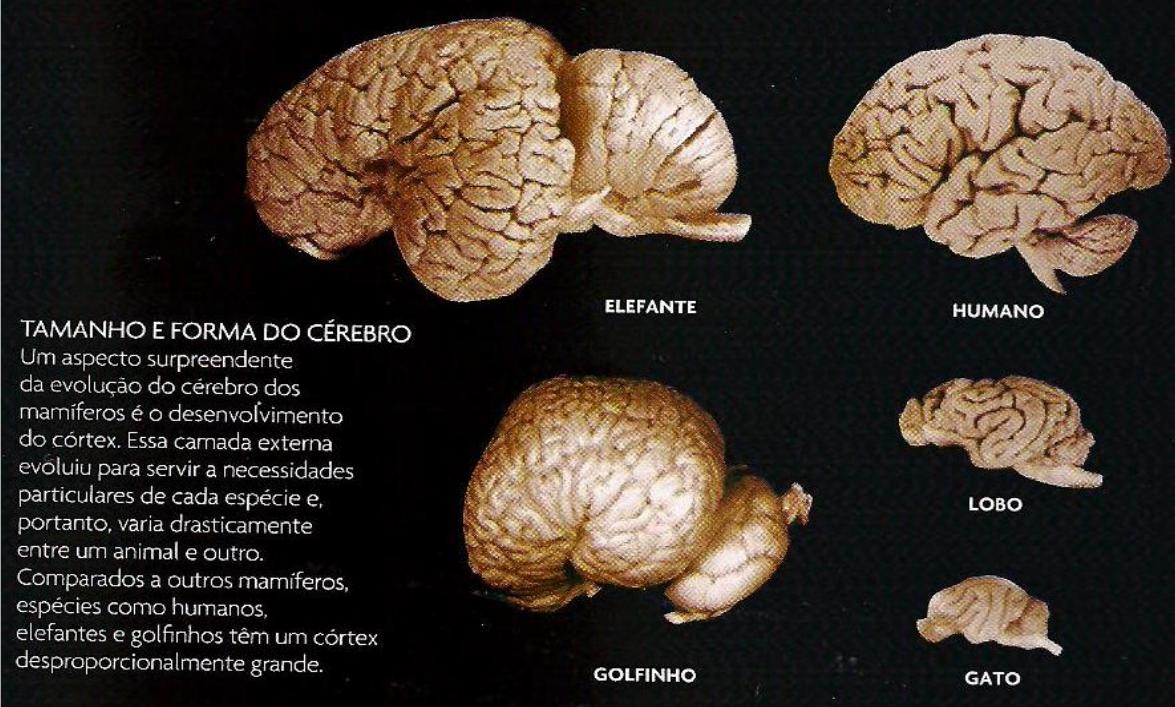
- Sistema nervoso águas vivas e anêmonas: extremamente simples, sem cérebro;
- Platelmintos: têm cabeça e cauda, simetria bilateral e são segmentados;
- Filos mais recentes: possuem gânglios (conjuntos de neurônios) porém não coordenam o comportamento;
- Apenas no filo *chordata* (notocórdio) têm a medula espinhal e um cérebro (estrutura central de processamento)

Evolução do cérebro e comportamento

- Evolução de um comportamento mais complexo nos cordados → relação com a evolução do telencéfalo e do cerebelo



Evolução do cérebro Humano



$$\text{Folding} = \text{area_superficie_cortex} * \text{espessura_cortex}^2$$



Cortical folding scales universally with surface area and thickness, not number of neurons

Bruno Mota¹, Suzana Herculano-Houzel^{2,3,*}

See all authors and affiliations

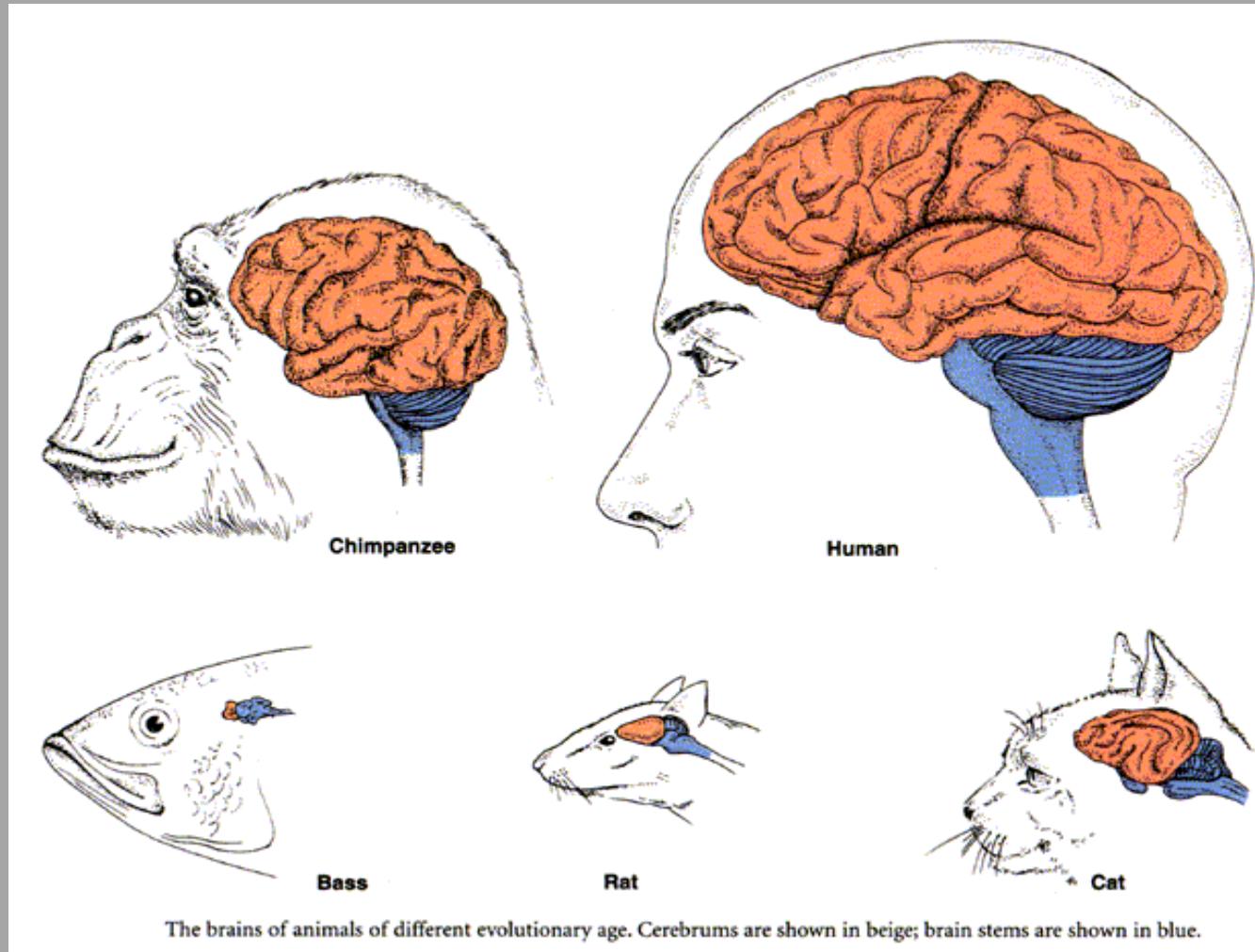
Science 03 Jul 2015:

Vol. 349, Issue 6243, pp. 74-77

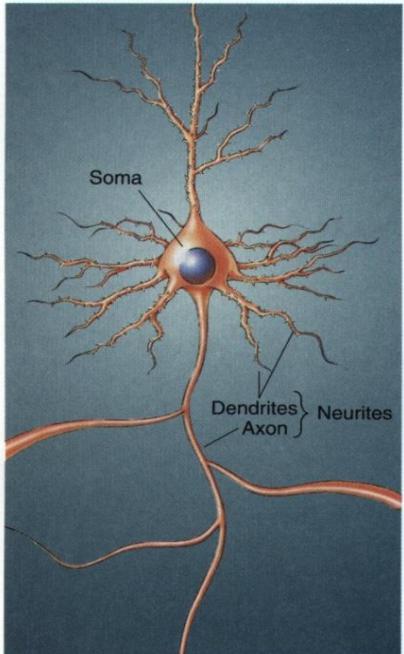
DOI: 10.1126/science.aaa9101

Sistema Nervoso Central (SNC) : Cérebro e Medula espinhal

- SNC - Protegido pela cavidade óssea
 - Cérebro → coberto pelo crânio
 - Medula espinhal → envolvida pela coluna vertebral



(Kandel, 2003)

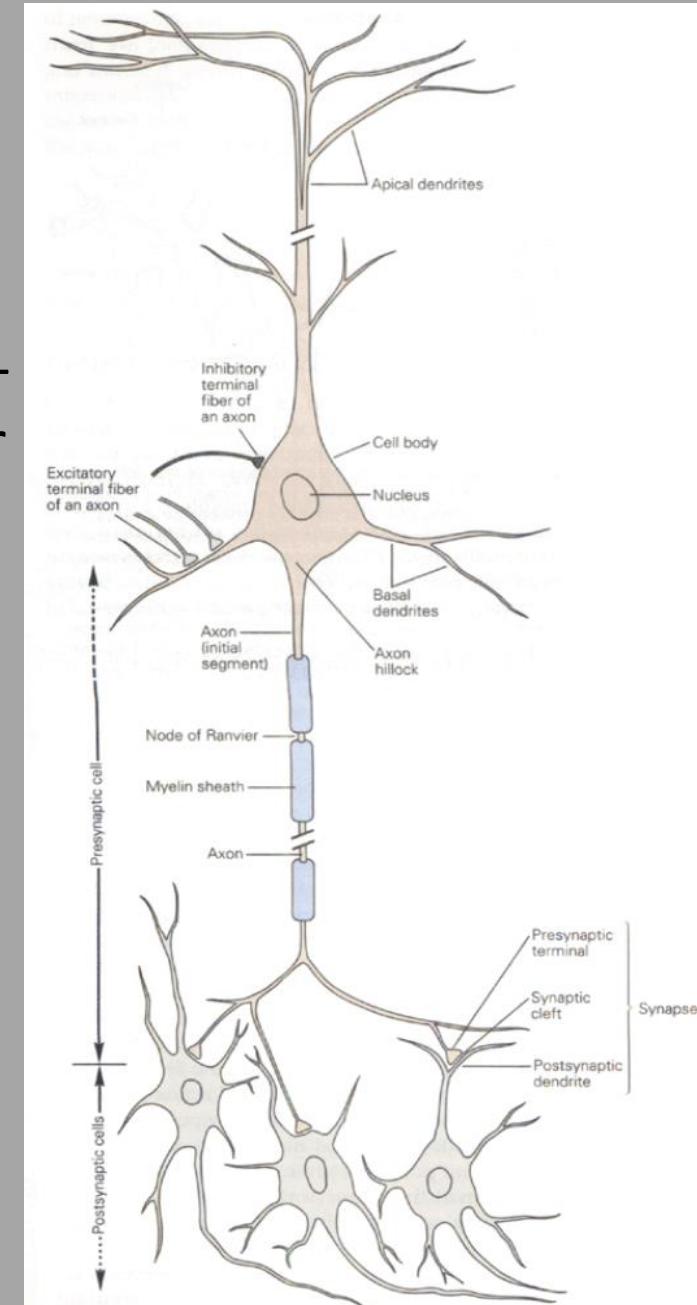


(Bear et al., 2002)

Neurônio

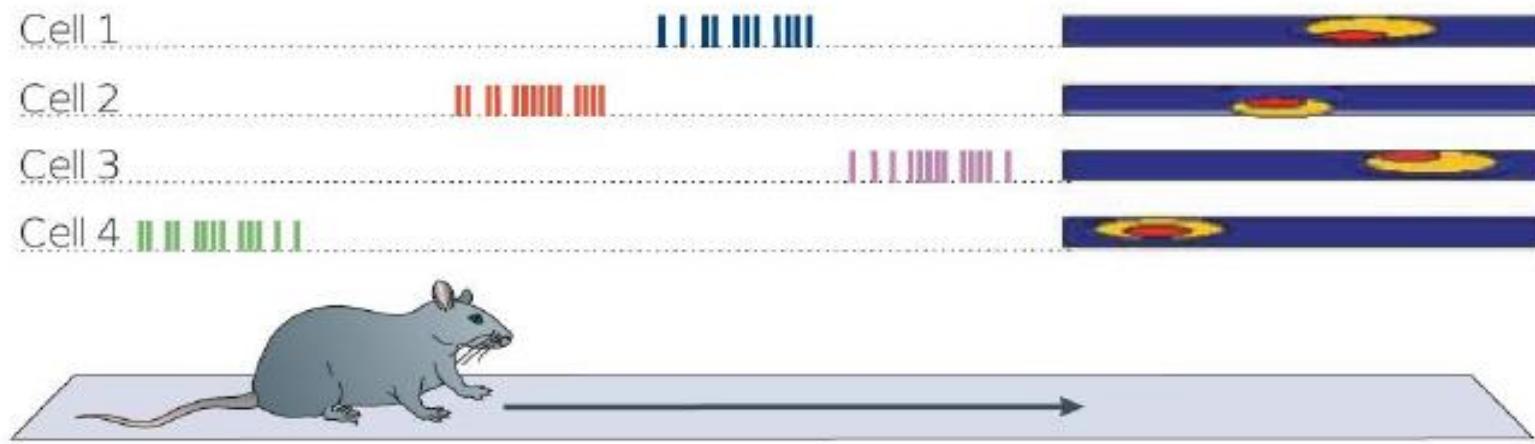
- Em 1873 – técnica de Camillo Golgi → descobriu-se que o neurônio é formado por soma (corpo celular) e neuritos (tubos finos que irradiam do soma; **axônios e dendritos**)

- **Membrana neuronal** → composta por proteínas que regulam entrada e saída de substâncias
- **Axônio** → transferência de informações entre células
- **Dendritos** → recebem informações de outros neurônio
- **Terminal axonal** → local onde o axônio entra em contato sináptico com outra célula
- Esse contato chama-se **Sinapse**



(Kandel, 2003)

Navegação e Orientação espacial



Place Cells

The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine is awarded to Dr. John M. O'Keefe, Dr. May - Britt Moser and Dr. Edvard I. Moser



John O'Keefe May-Britt Moser Edvard I. Moser

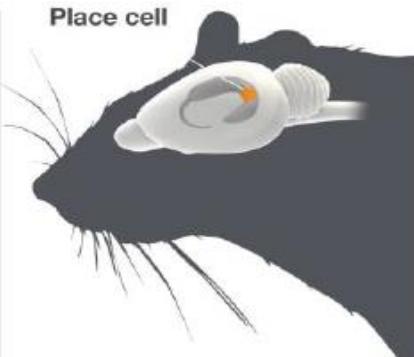


Figure 1. Place cells. To the right is a schematic of the rat. The hippocampus, where the place cells are located is highlighted. The grey square depicts the open field the rat is moving over. Place cells fire when the animal reaches a particular location in the environment. The dots indicate the rat's location in the arena when the place cell is active. Different place cells in the hippocampus fire at different places in the arena.

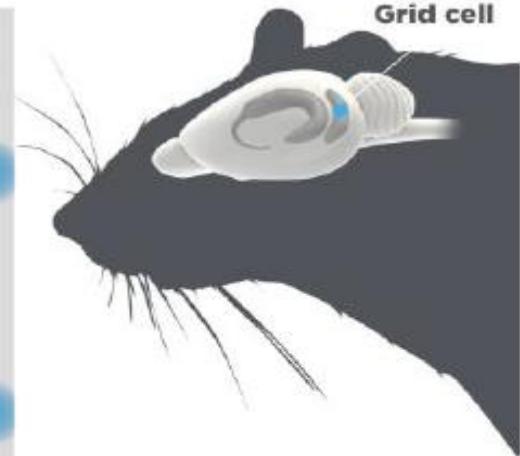
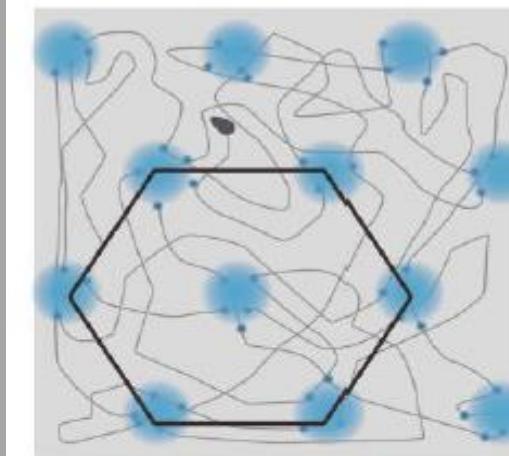


Figure 2. Grid cells. The grid cells are located in the entorhinal cortex depicted in blue. A single grid cell fires when the animal reaches particular locations in the arena. These locations are arranged in a hexagonal pattern.

Place and Grid Cells

O “GPS” do Cérebro

The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine is awarded to Dr. John M. O’Keefe, Dr. May - Britt Moser and Dr. Edvard I. Moser

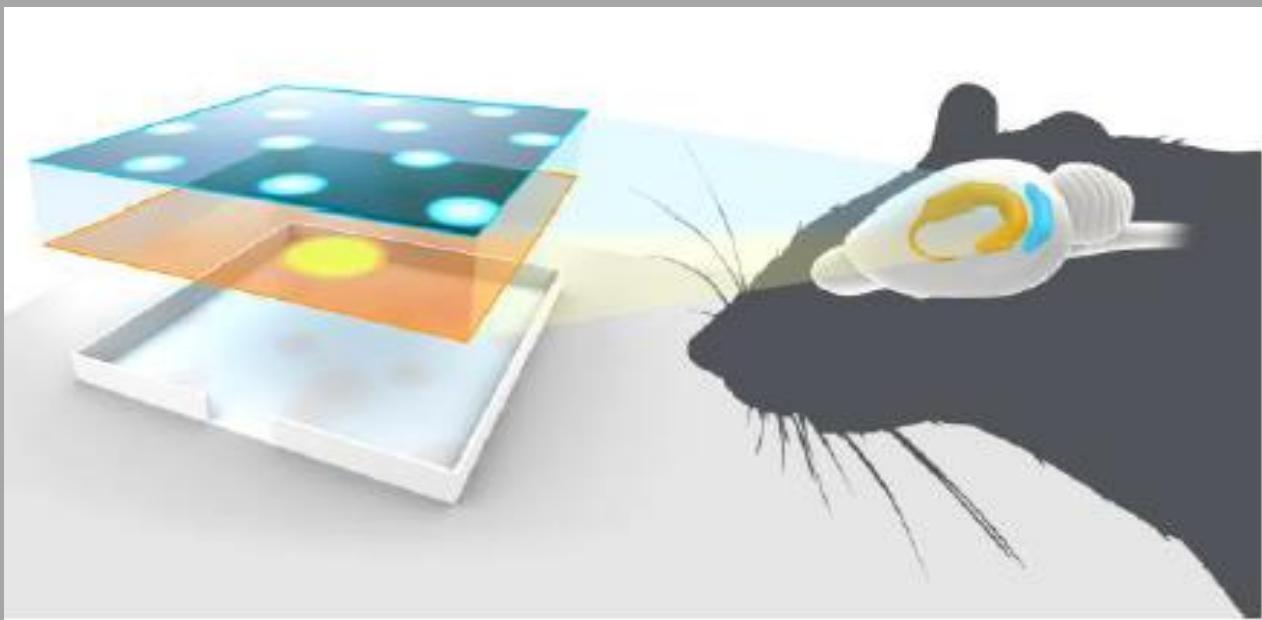


Figure 3. A schematic showing grid cells (blue) and place cells (yellow) in the entorhinal cortex and hippocampus, respectively.

Navegação e Orientação espacial

- Aves migratórias
- Formigas
- Tartarugas
- Mamíferos
- Borboletas



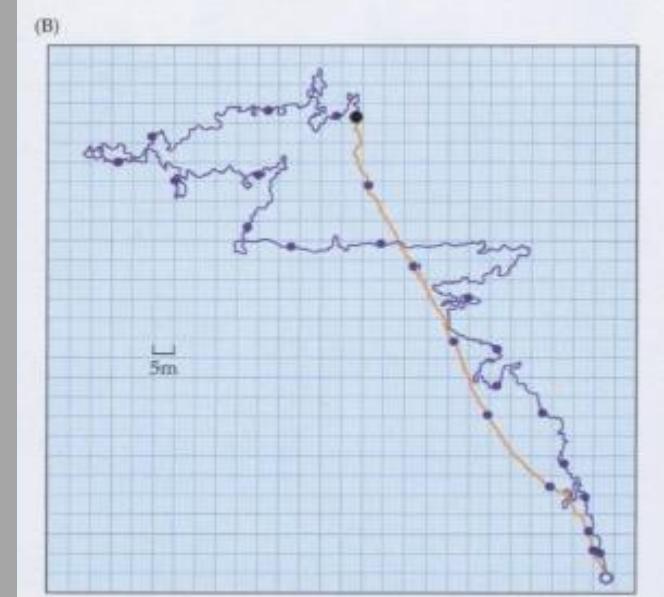
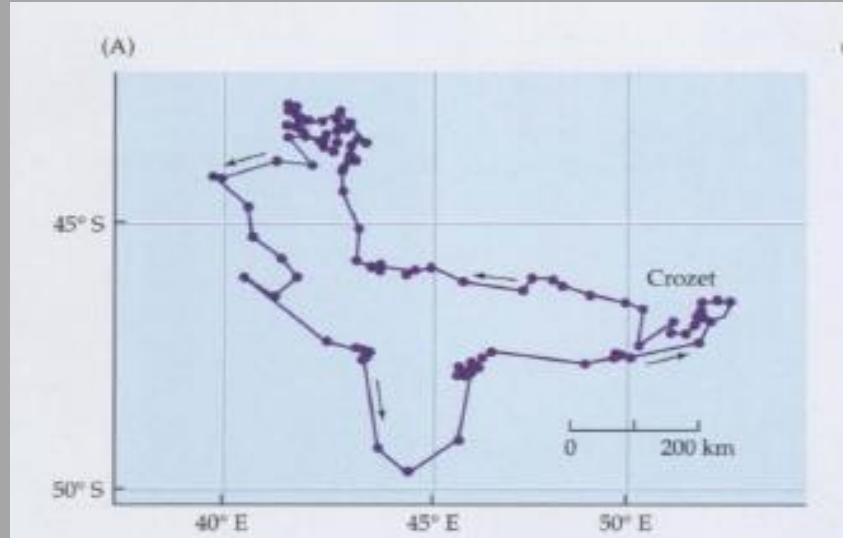
Snow Goose (*Chen caerulescens*) during their winter migration over Bosque del Apache National Wildlife Refuge in New Mexico

<https://www.youtube.com/watch?v=29lShw2P364>

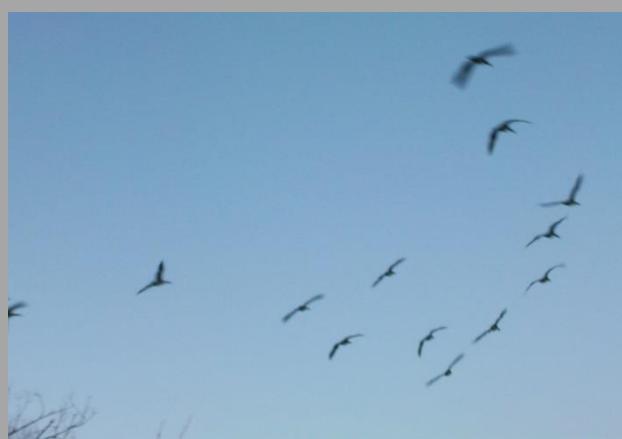
Habilidade para encontrar o caminho de casa



34 The ability to navigate over unfamiliar terrain requires both a compass sense (knowing in what direction to move) and a map sense (knowing the location of home or some other goal). (A) The flight path taken by a wandering albatross on a foraging journey of over 4000 kilometers from its nest in the Crozet Islands in the southern Indian Ocean, north of Antarctica, and back again. (B) A trip of 592 meters by a foraging ant out from its nest (at the large open circle) and then directly back home 140 meters away after capturing a prey at the spot marked with a large black circle. A after Weimerskirch et al. [1203]; B after Wehner and Wehner [1200].



Denver, USA

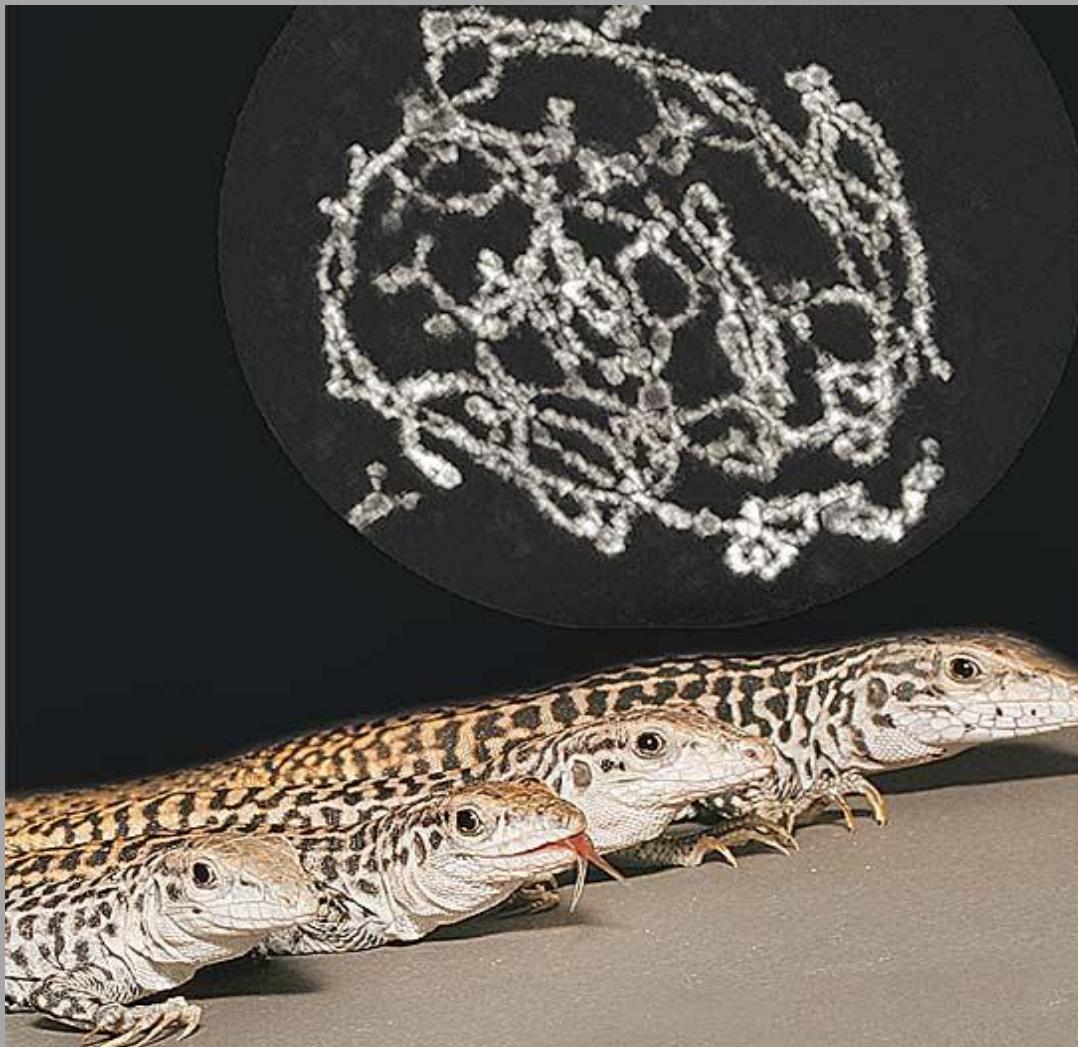


Comportamento reprodutivo x sexual

- Reprodução sem (?) sexo

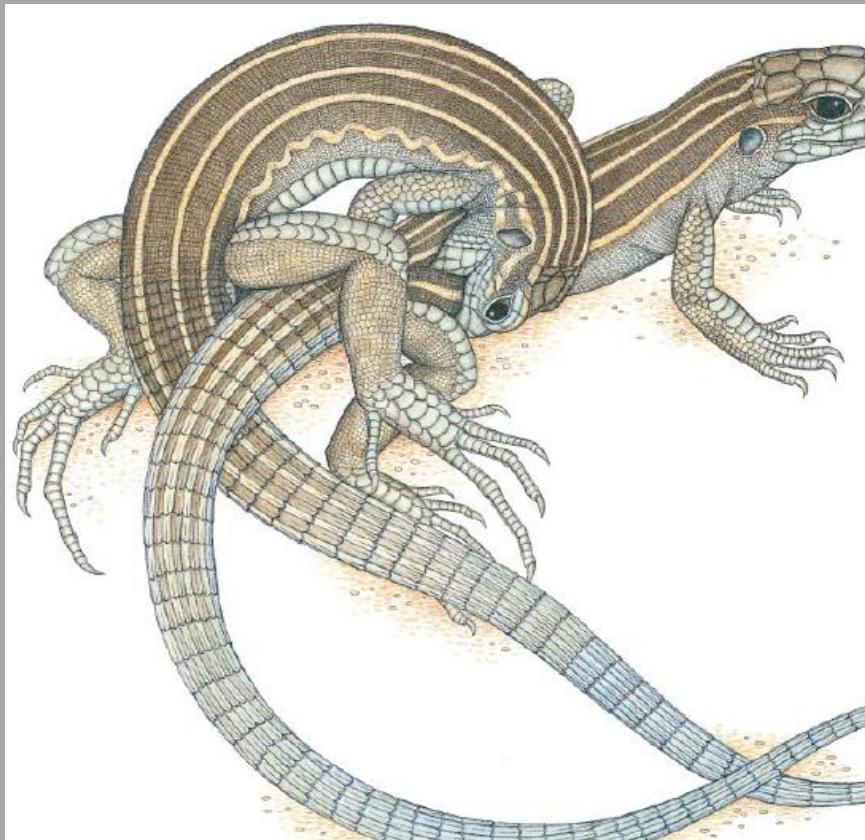


População feminina de lagarto duplica genes para se reproduzir sem sexo



Quatro gerações de fêmeas de lagarto geradas sem machos; elas duplicam genes para reprodução sem sexo (Baumann, 2010, Nature)

- Alguns indivíduos expressam comportamentos masculinos e outros femininos
- Comportamento sexual entre fêmeas estimulam animais a botar mais ovos



Partenogênese

Do grego: Parteno – virgem; Gênese - nascimento

Embrião desenvolve-se sem fertilização.



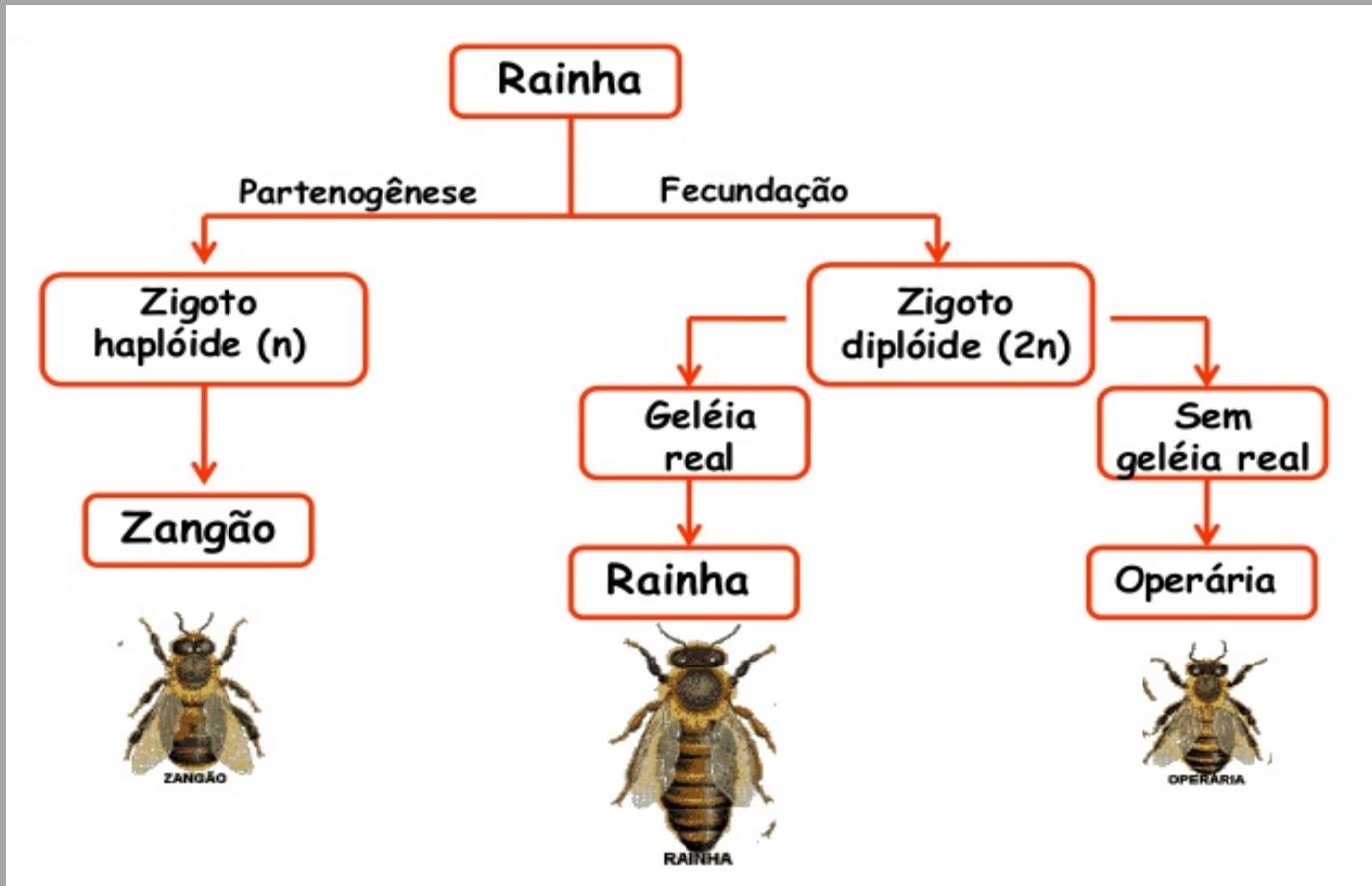
Dragão de Komodo



Abelhas

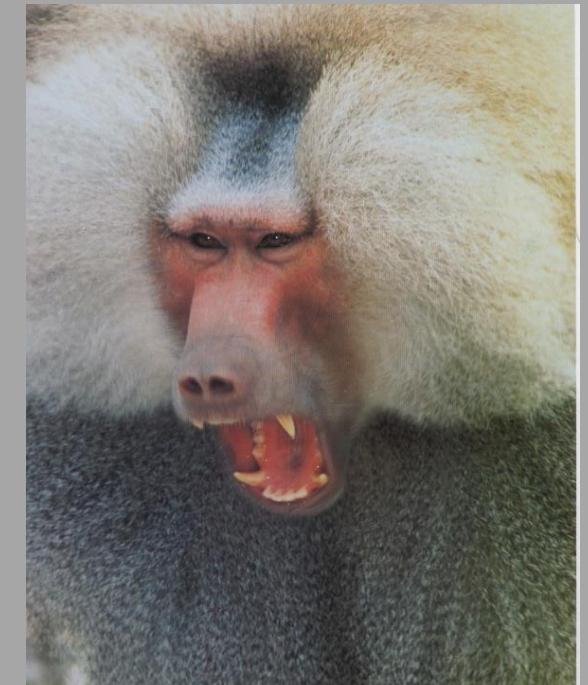
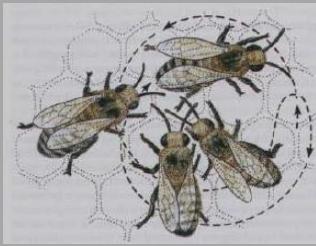
- Fêmeas originam-se de óvulos fecundados (diploídes)
- Rainha (come geléia real)
- Operária (como mel e pólen)
- Zangões – (comem mel e pólen), mas resultam de óvulos não fecundados (haplóides)

Abelhas

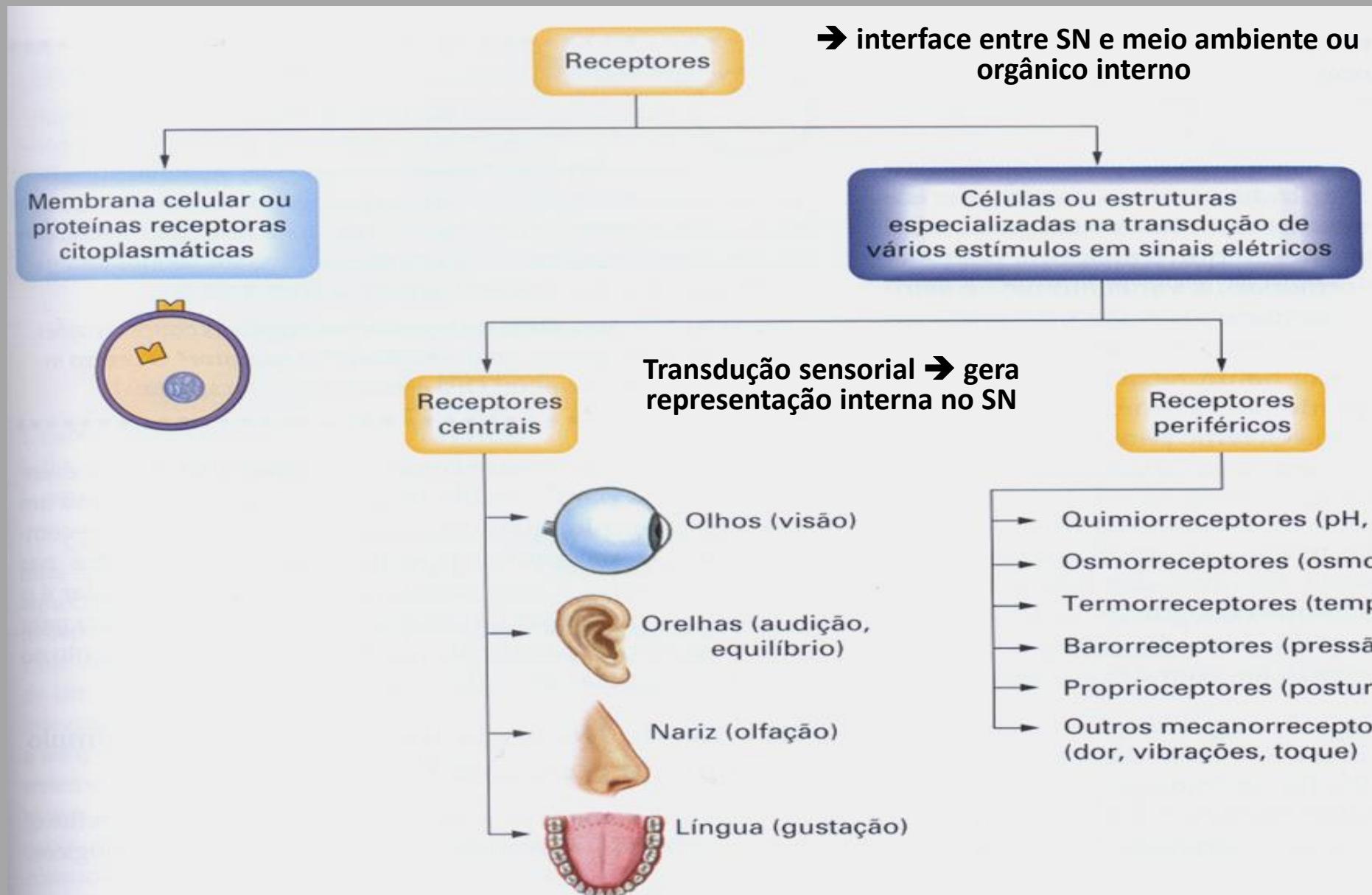


Comunicação

Visão, Som, Cheiro, Tato, etc



Sistemas Sensoriais

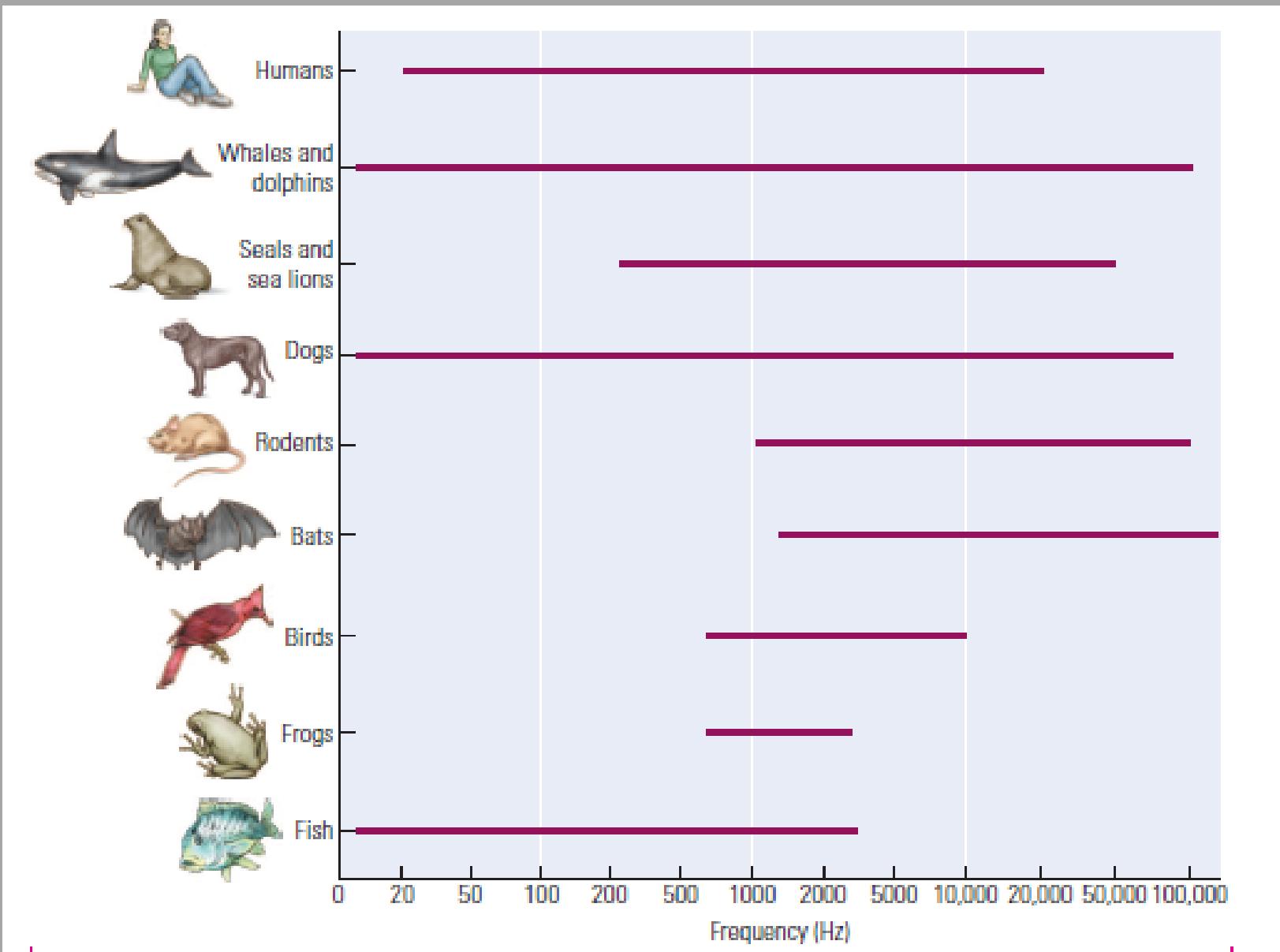


Que cor é esse vestido?



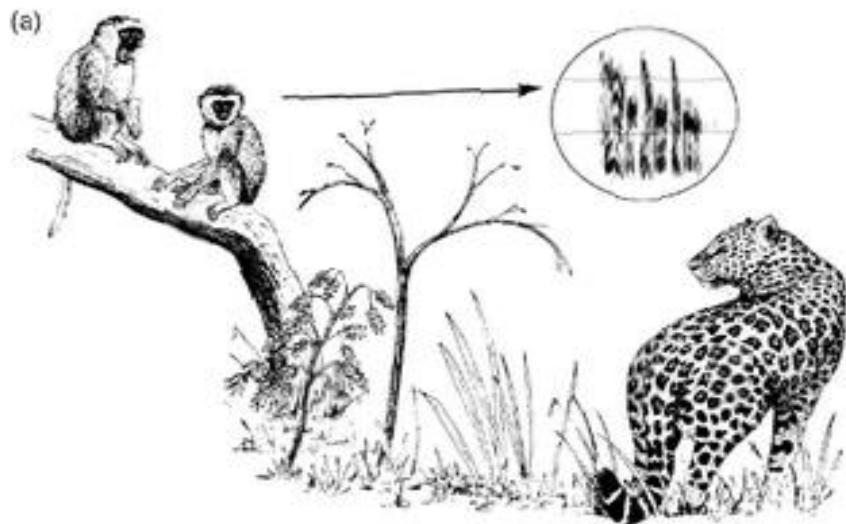
- Depende do número de cones sensíveis ao azul
- Muitos cones sensíveis ao azul:
vestido azul e preto
- Poucos cones sensíveis ao azul:
vestido branco e dourado

Audição diferentes espécies

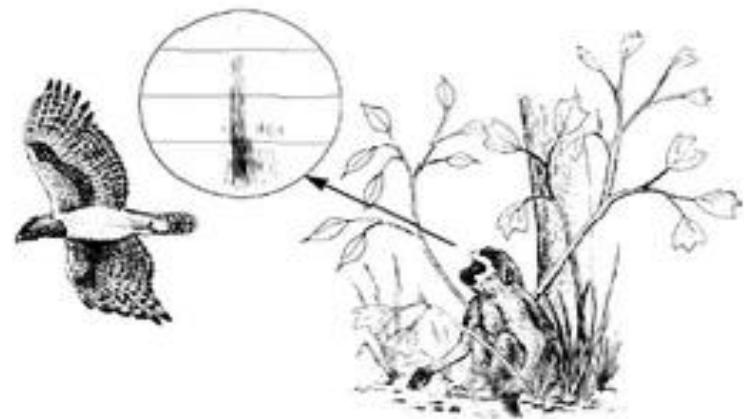


Linguagem em Animais

Vervet monkey alarm calls



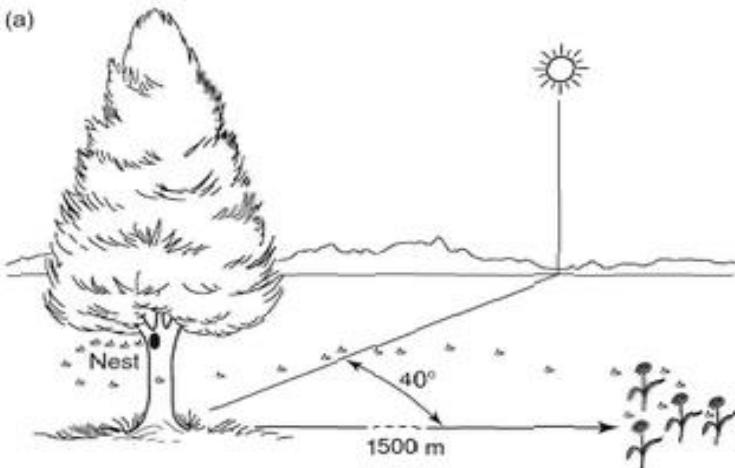
Animal Behaviour



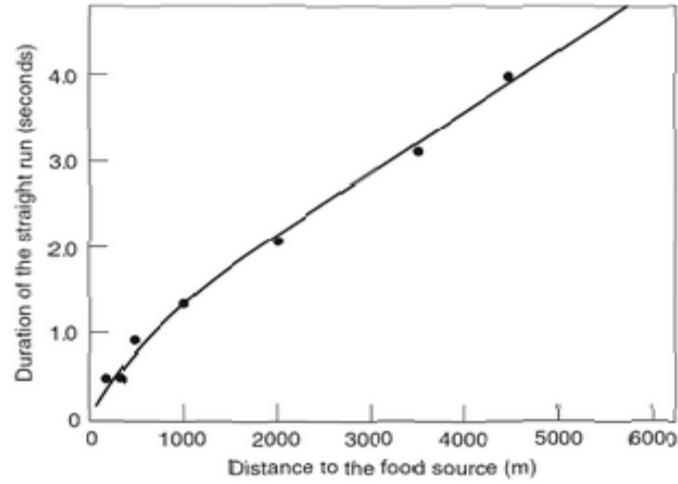
18. Vervet monkeys make different alarm calls depending on the danger they detect. The behaviour of the receivers matches the calls. Leopard (a); eagle (b).

Linguagem em Animais

(a)

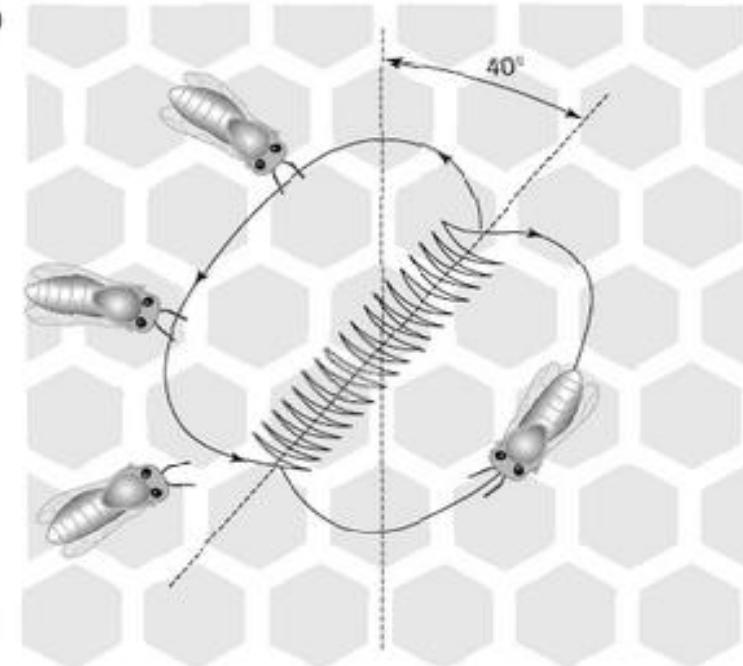


(c)



17. Continued

(b)

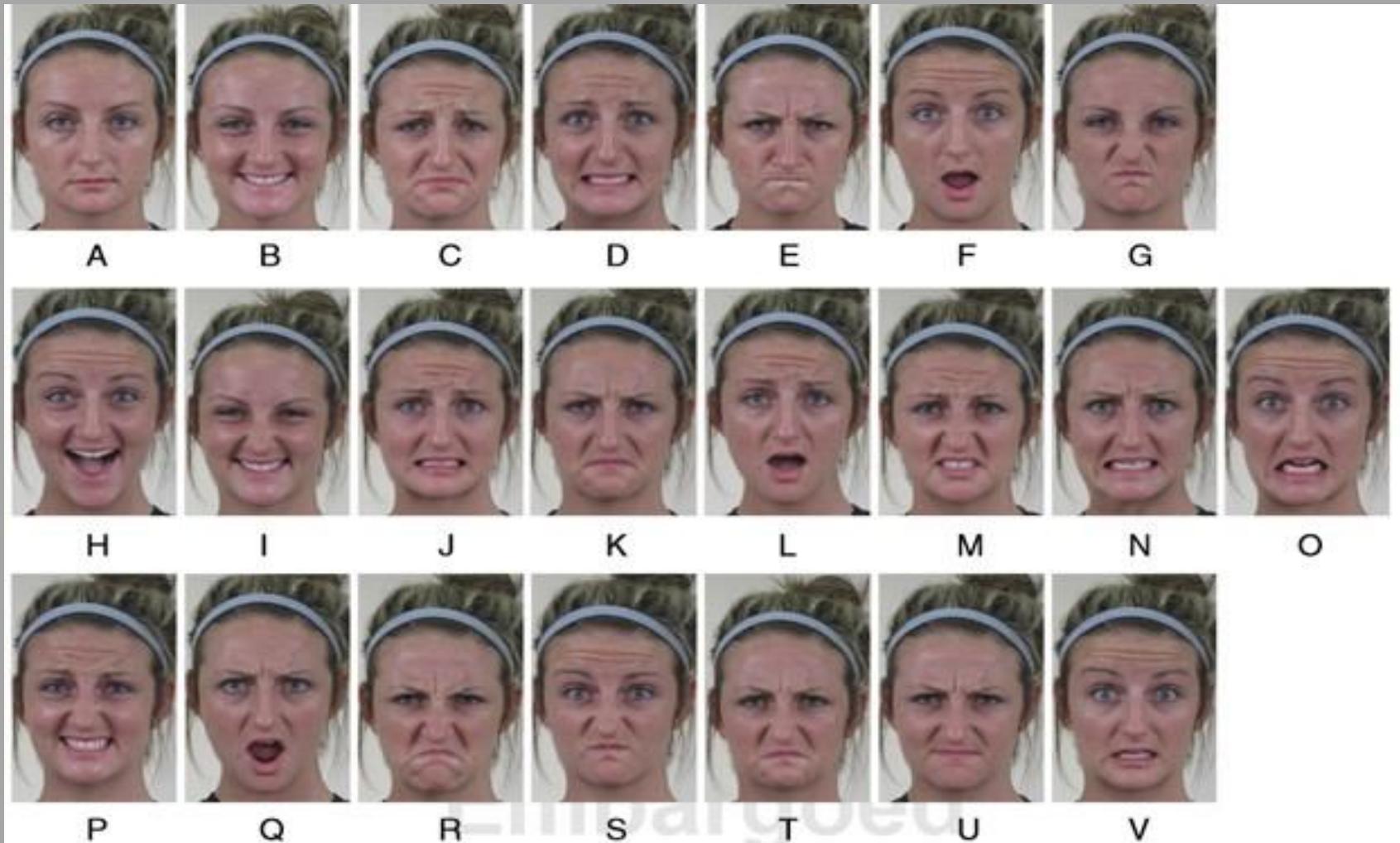


17. A honeybee forager gives fellow workers the direction to rewarding food sources (a) by the angle of the waggle section away from the vertical, which is the angle between the path to the food and the Sun's azimuth (the point on the horizon directly below the Sun (a, b)). The duration of

Comunicação Humana



Comunicação Humana



(Foto: Ohio State University/Divulgação)

Expressões Faciais Universais: inatas, emoções primárias?



Raiva

Nojo

Neutra

Surpresa

Felicidade

Medo

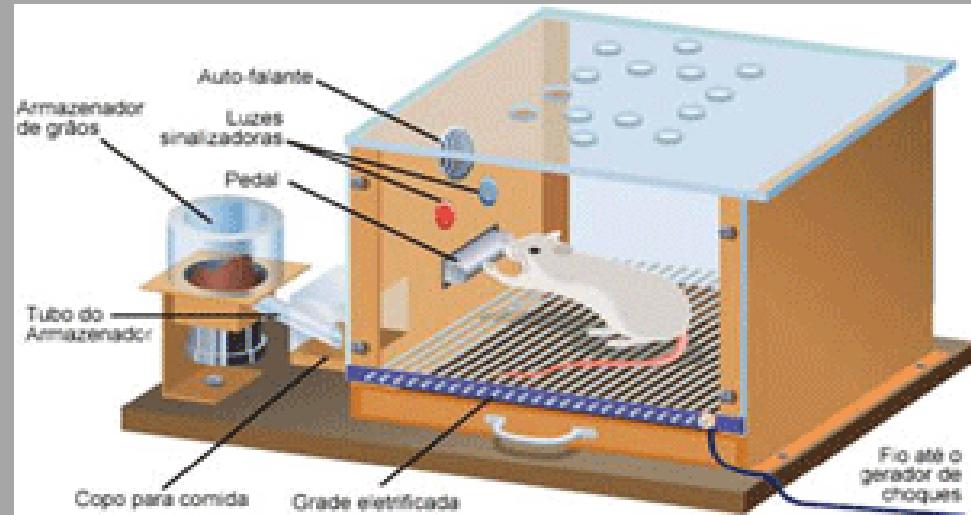
Tristeza

Ekman et al. (1972); Ekman & Friesen (1975)

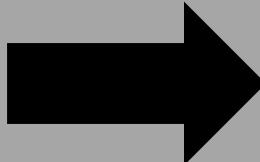
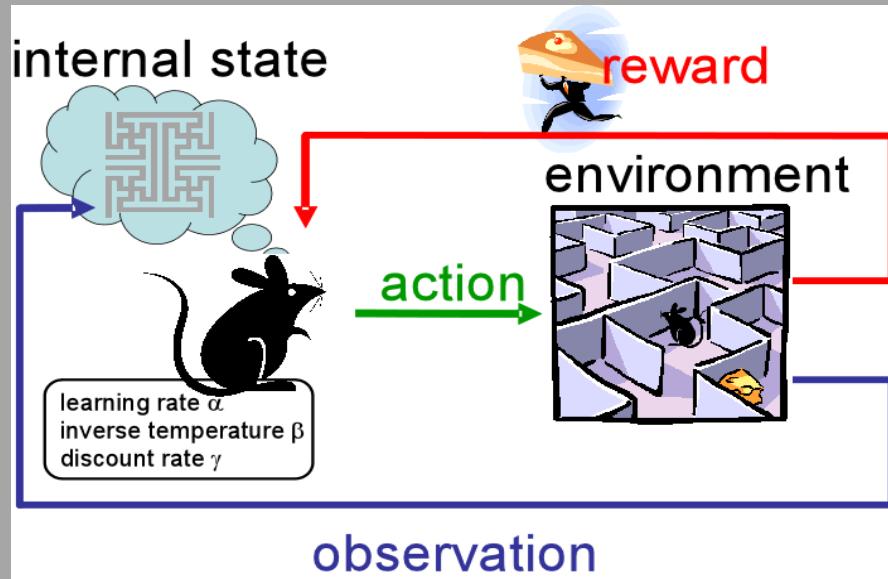
Condicionamento Operante

Skinner, 1904-1990

http://youtu.be/qy_mEEnnF4



Tentativa e Erro



Aprendizagem por Insight

Vejamos o conceito de aprendizagem por insight, desenvolvido por Kohler e ilustrado através de vários experimentos com chimpanzés

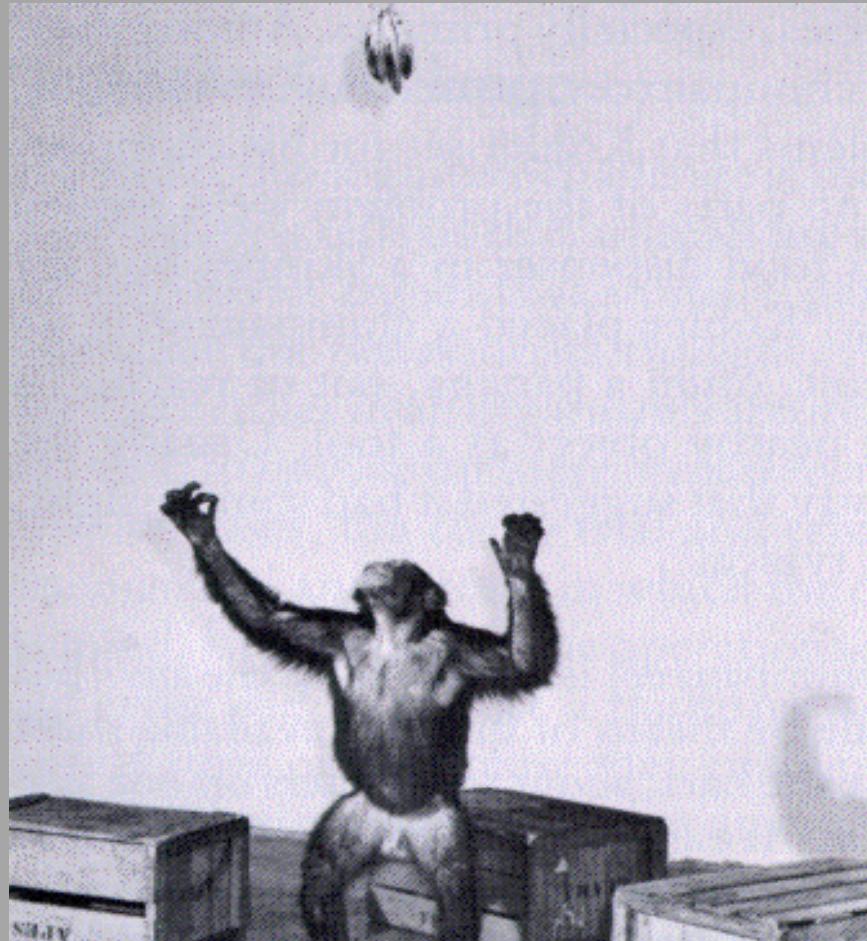


Wolfgang Kohler (1887-1967), um dos pioneiros do movimento gestaltista, trabalhou com chimpanzés. Foi o primeiro a fazer uma análise cognitiva dos processos de aprendizagem através do conceito de insight (introvisão)

Aprendizagem por insight- Percepção de relações que levam a uma solução de um determinado problema de forma súbita ou repentina.

Aprendizagem por Insight

Sultan, o chimpanzé mais inteligente de Kohler



O chimpanzé tem um problema: Está com fome mas não consegue alcançar as bananas

Aprendizagem por Insight

Sultan, o chimpanzé mais inteligente de Kohler

Subitamente, o chimpanzé percebe que se empilhar as caixas que estão ao seu redor ele pode alcançar as bananas



Aprendizagem por Insight

Sultan, o chimpanzé mais inteligente de Kohler



Após a descoberta do problema, a solução é operacionalizada ...

Aprendizagem por Insight

Sultan, o chimpanzé mais inteligente de Kohler

... de forma que Sultan
consegue atingir seu
objetivo.



Aprendizagem por Insight

Vejamos agora fotos de outros chimpanzés retiradas do livro de Kohler intitulado:

“A mentalidade em macacos”
(1925).

Aprendizagem por Insight



Um outro chimpanzé chamado Grande, consegue empilhar 4 caixas para atingir as bananas.

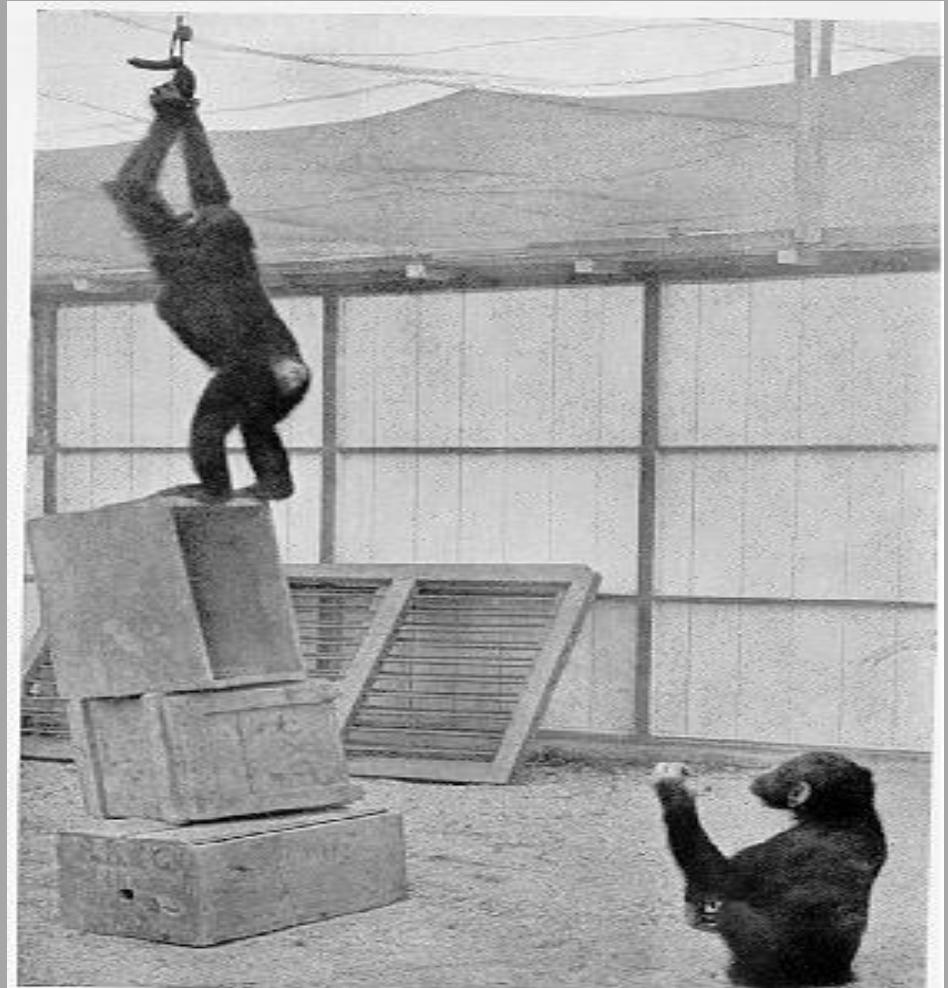
Aprendizagem por Insight

Sultan juntando
duas varetas para
atingir as bananas

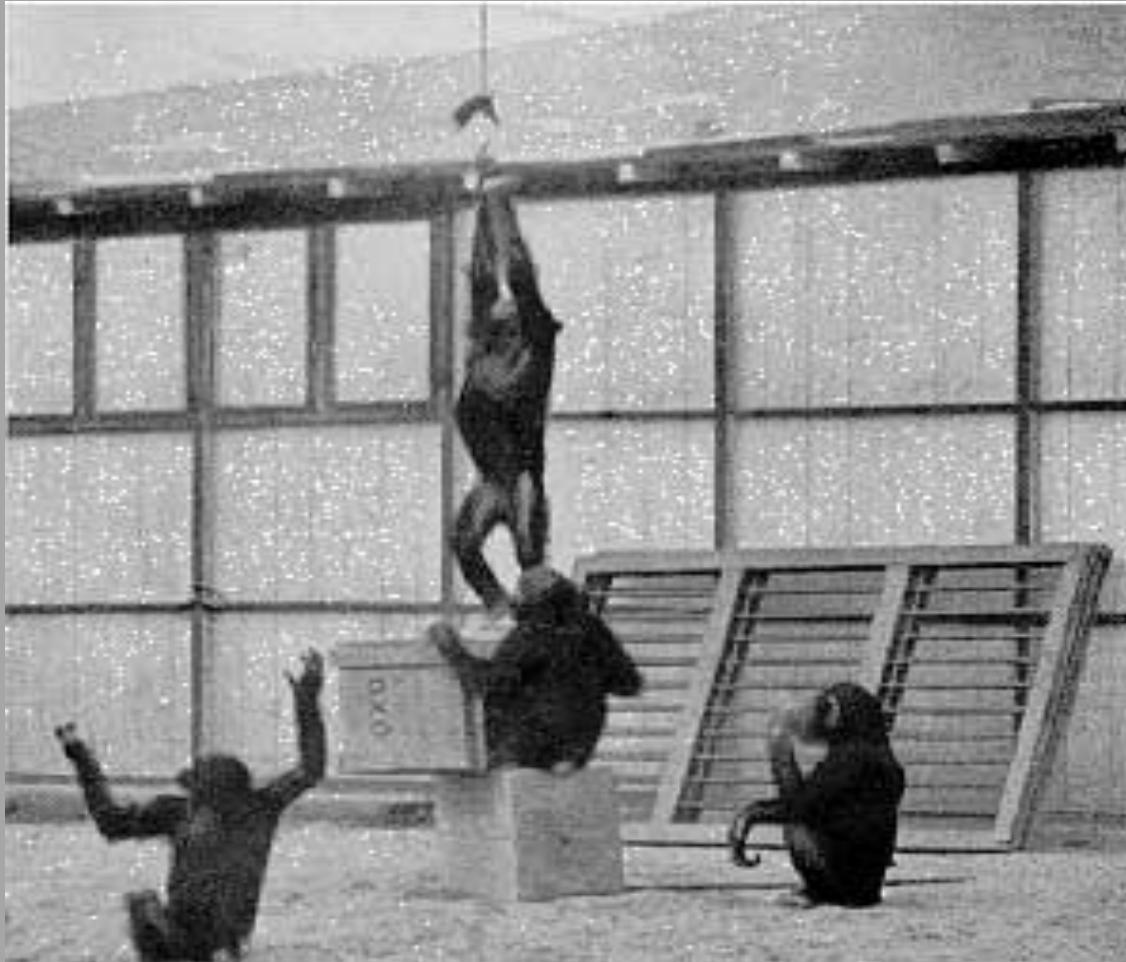


Aprendizagem por Insight

O chimpanzé Grande
com 3 caixas empilhadas



Aprendizagem por Insight



Aqui encontramos 4 chimpanzés, Grande, Sultan, Chica e Sultona empilhando as caixas.

Aprendizagem por Insight



<http://youtu.be/fPz6uvIbWZE>

Aprendizagem por Insight

A aprendizagem por insight parece ocorrer de forma súbita, ao invés de um processo gradual envolvendo tentativa e erro.

No entanto, seria possível que a aprendizagem por insight seja resultado de um processo de representação mental onde são realizadas várias tentativas e erros ?

Dessa forma, a solução do problema aparece de forma súbita porque o experimentador não tem acesso aos processos mentais do chimpanzé.

Aprendizagem por Insight

Tente agora resolver este problema:

Utilizando os materiais que estão na mesa, Você tem que colocar uma vela acesa na parede sem que a cera caia no chão.



Aprendizagem por Insight

Você já sabe a resposta ?

Tente mais um pouco antes de conferir a resposta.

Aprendizagem por Insight

Esta é a resposta:



Será que a resposta
surgiu de forma súbita
ou gradualmente através
de tentativas e erros
mentais?

Até a Próxima Aula!