



**GENÉTICA E
EVOLUÇÃO DO
COMPORTAMENTO**

Roteiro da aula

1. Conceitos básicos

- Genótipo & Fenótipo

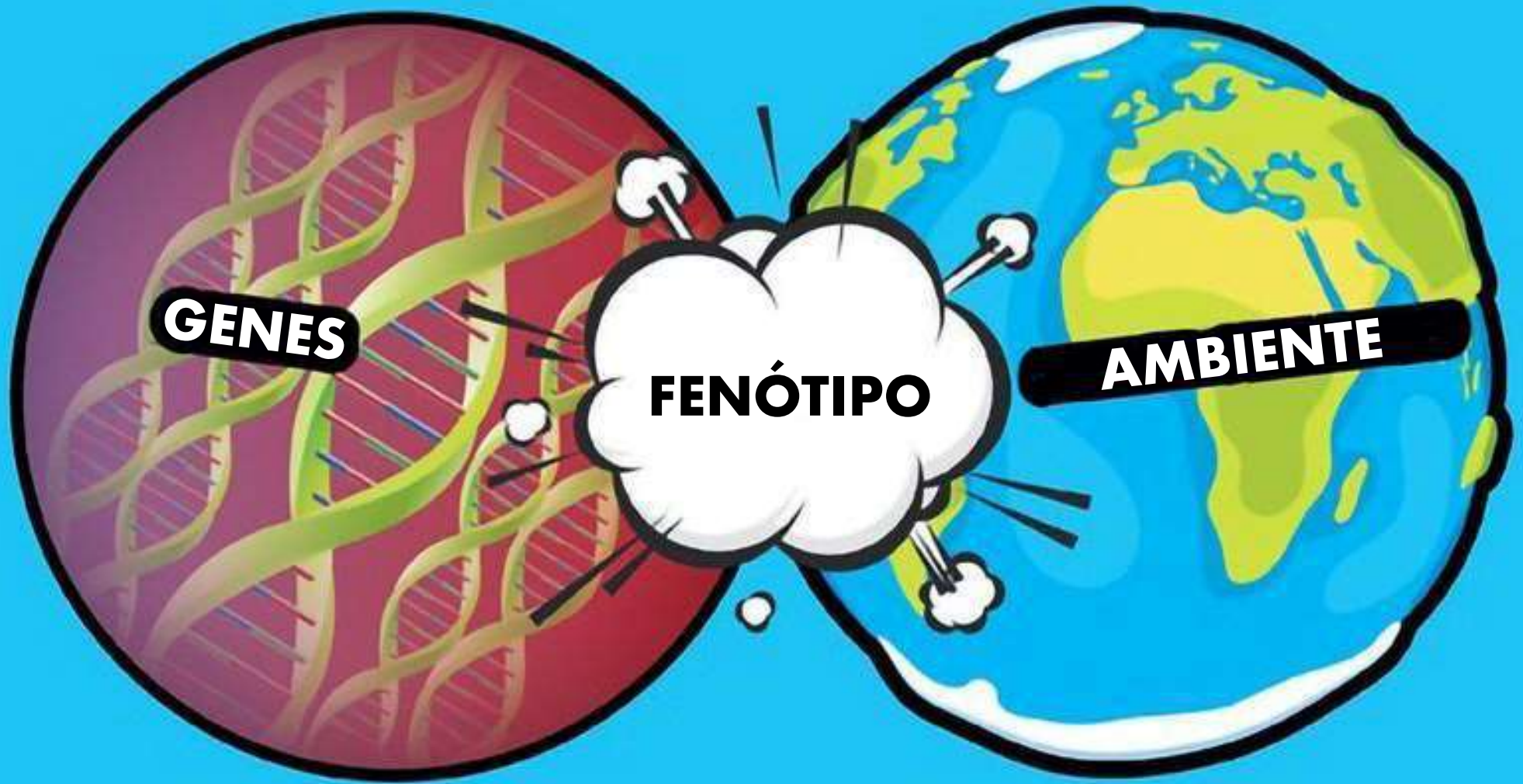
2. Bases genéticas do comportamento

- Herança monogênica
- Herança poligênica
- Plasticidade fenotípica

3. Aplicações

- Reconstrução filogenética
- Domesticação

Conceitos básicos: genótipo e fenótipo



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

Fenótipo = Genótipo

Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

Fenótipo = Genótipo

**Herança
monogênica**

Apenas um gene com dois ou mais alelos (fenótipos discretos)

**Herança
poligênica**

Dois ou mais genes, cada um com dois ou mais alelos, cujos efeitos se somam (fenótipos contínuos)

Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

Herança monogênica

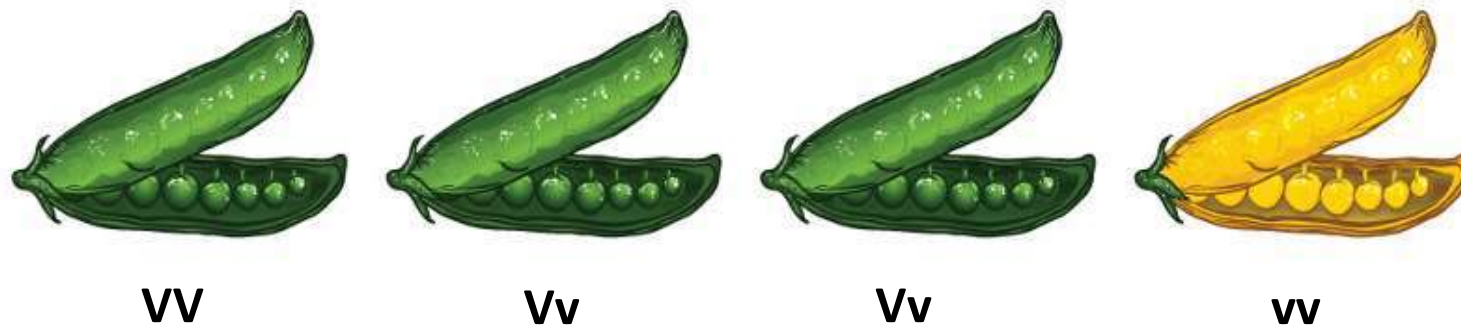
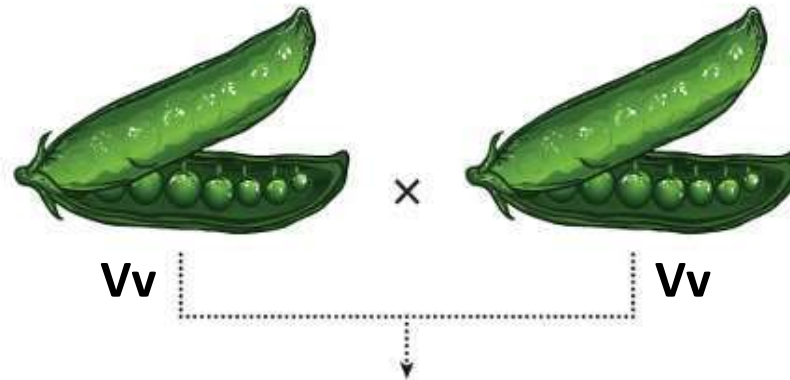
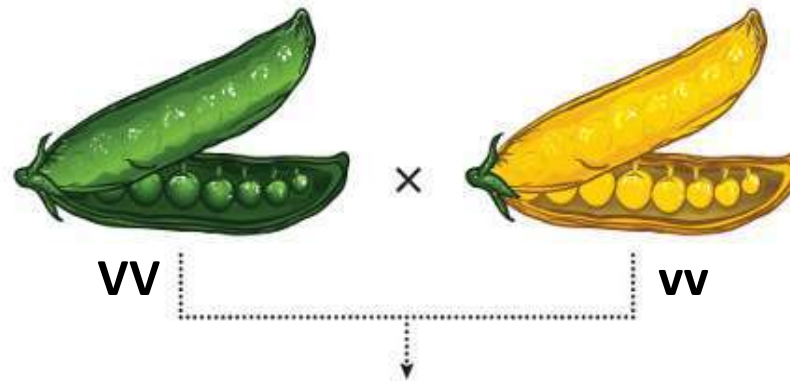
Um gene determina/influencia a expressão do fenótipo



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo



Mendel



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo



Selvagem



Chinchila



Himalaio



Albino

Relações de dominância: $C > c_{ch} > c_h > c$

Selvagem: CC, Cc_{ch}, Cc_h, Cc

Himalaio: $c_h c_h, c_h c$

Chinchila: $c_{ch} c_{ch}, c_{ch} c, c_{ch} c$

Albino: cc

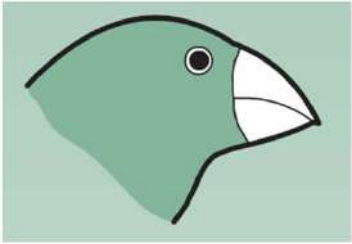
Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

Herança Poligênica ou Quantitativa

Dois ou mais genes, cada um com dois ou mais alelos, somam efeitos para a expressão do fenótipo



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

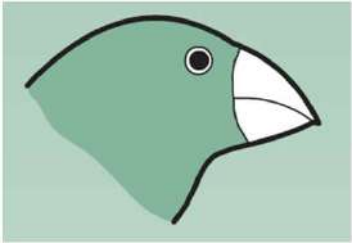


Aa

(a) Um loco, com dois alelos



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

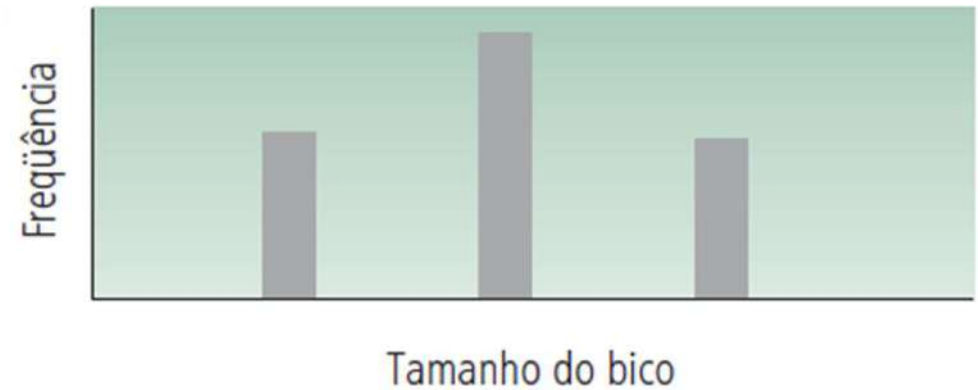


Aa, Bb

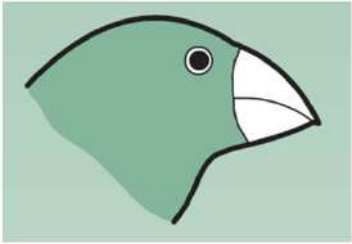
(a) Um loco, com dois alelos



(b) Dois locos, com dois alelos em cada



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

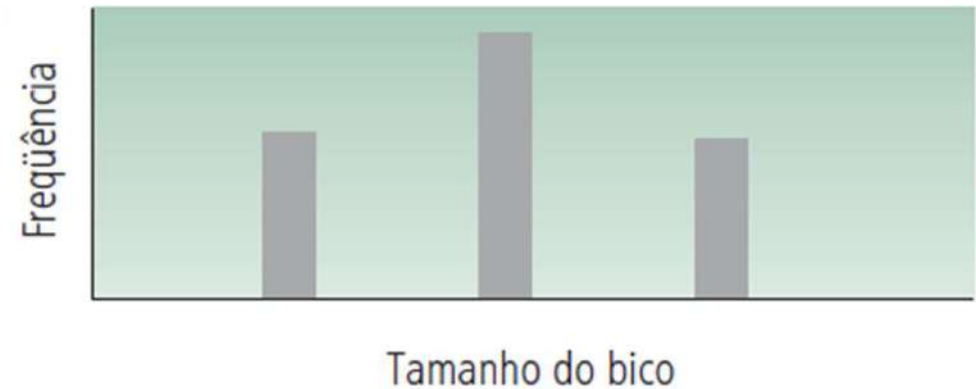


Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, Ff

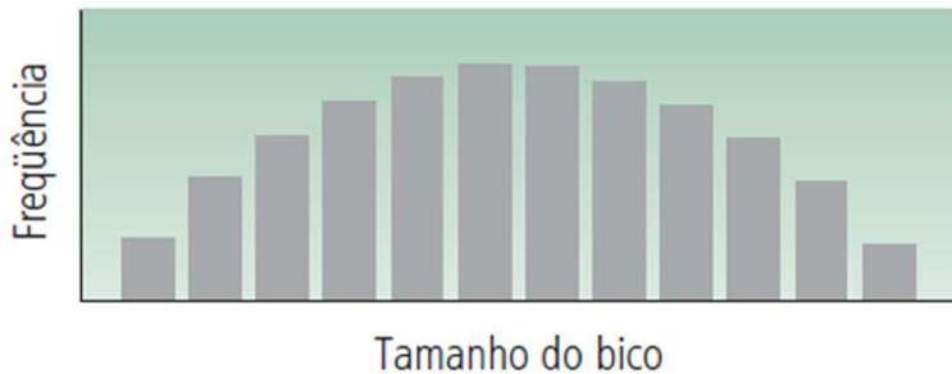
(a) Um loco, com dois alelos



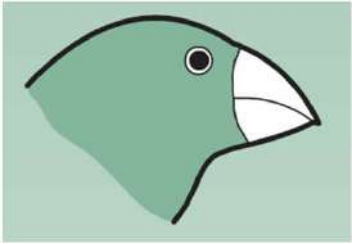
(b) Dois locos, com dois alelos em cada



(c) Seis locos, com dois alelos em cada



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

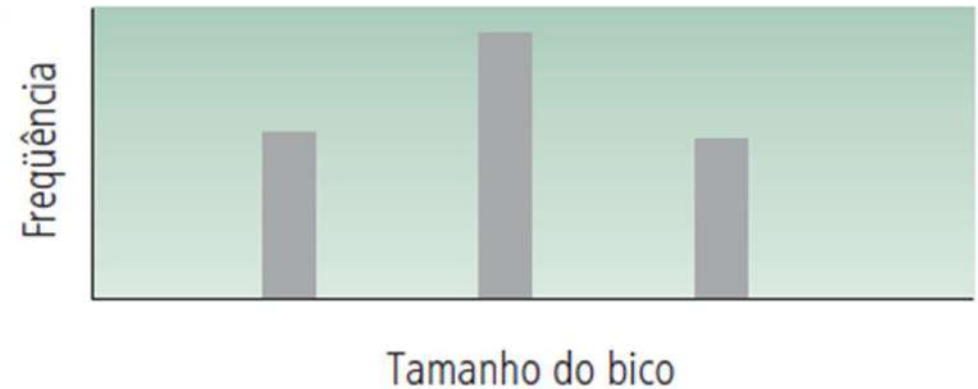


Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, Ff, Gg, Hh...

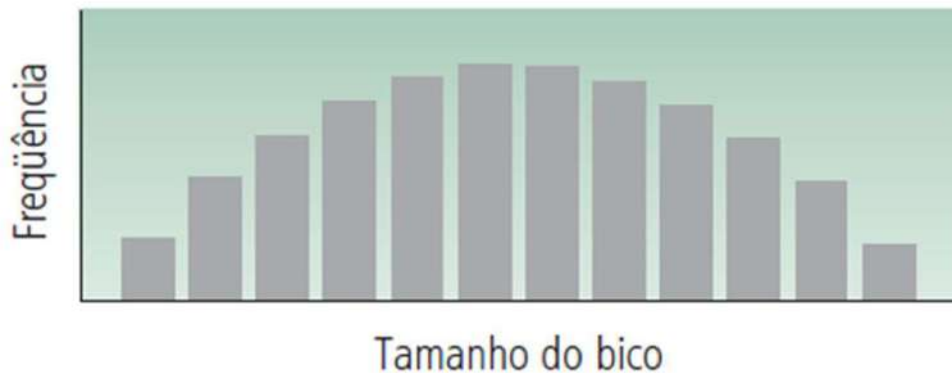
(a) Um loco, com dois alelos



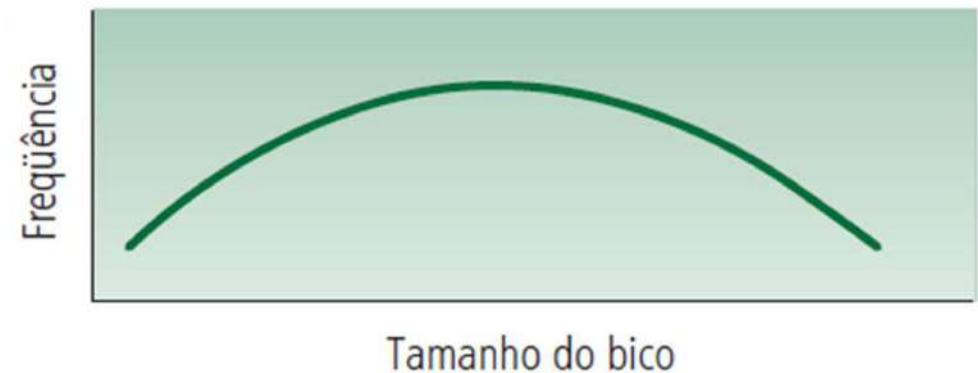
(b) Dois locos, com dois alelos em cada



(c) Seis locos, com dois alelos em cada

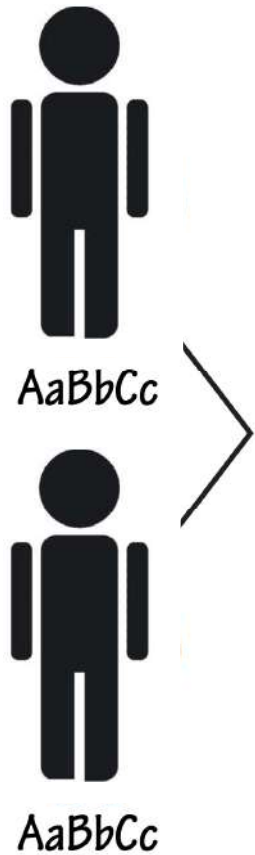


(d) Muitos locos, com dois alelos em cada

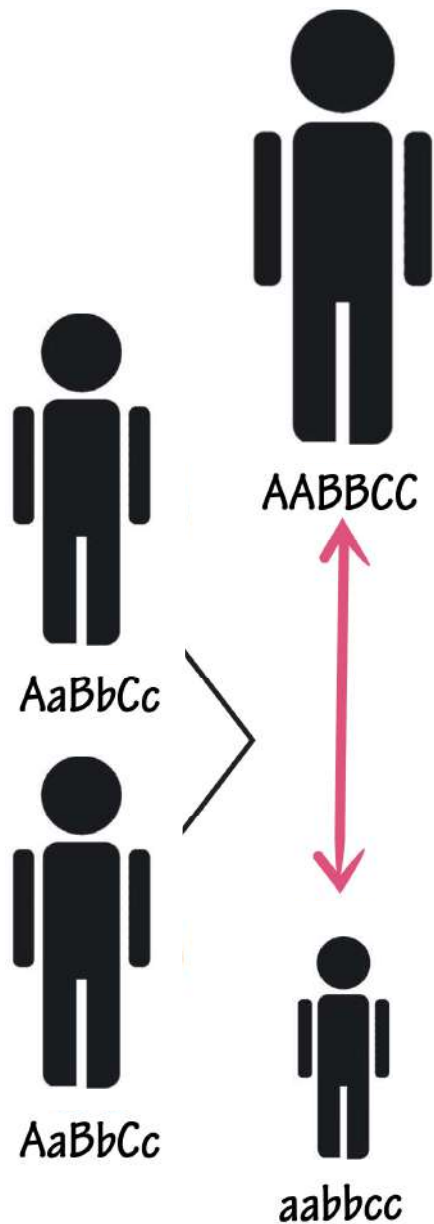


Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

64 combinações possíveis



Conceitos básicos: genótipo e fenótipo



64 combinações possíveis

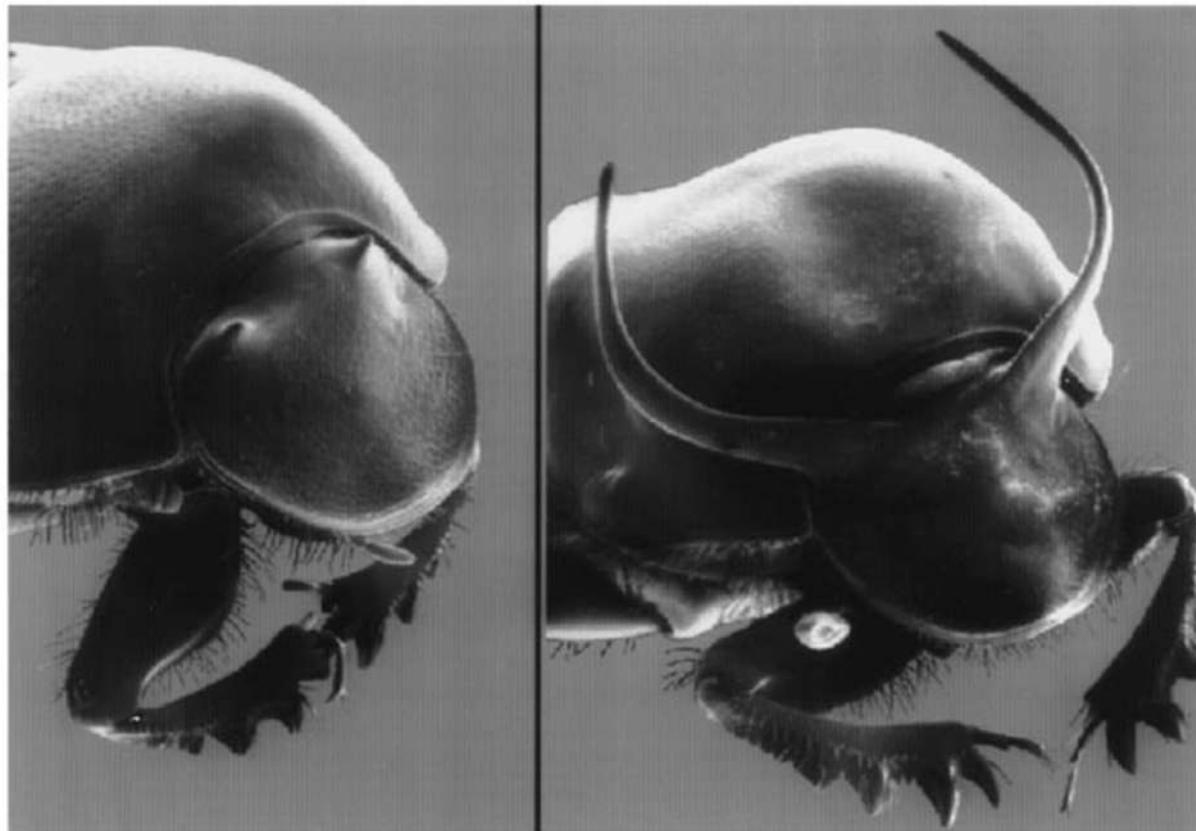
AABBCC	
AABBCCc	
AABBcc	
AABbcc	
AAbbcc	
Aabbcc	
aabbcc	

Mais de 10.000 genes:
muitos com efeitos
pequenos, outros
com efeitos maiores

Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

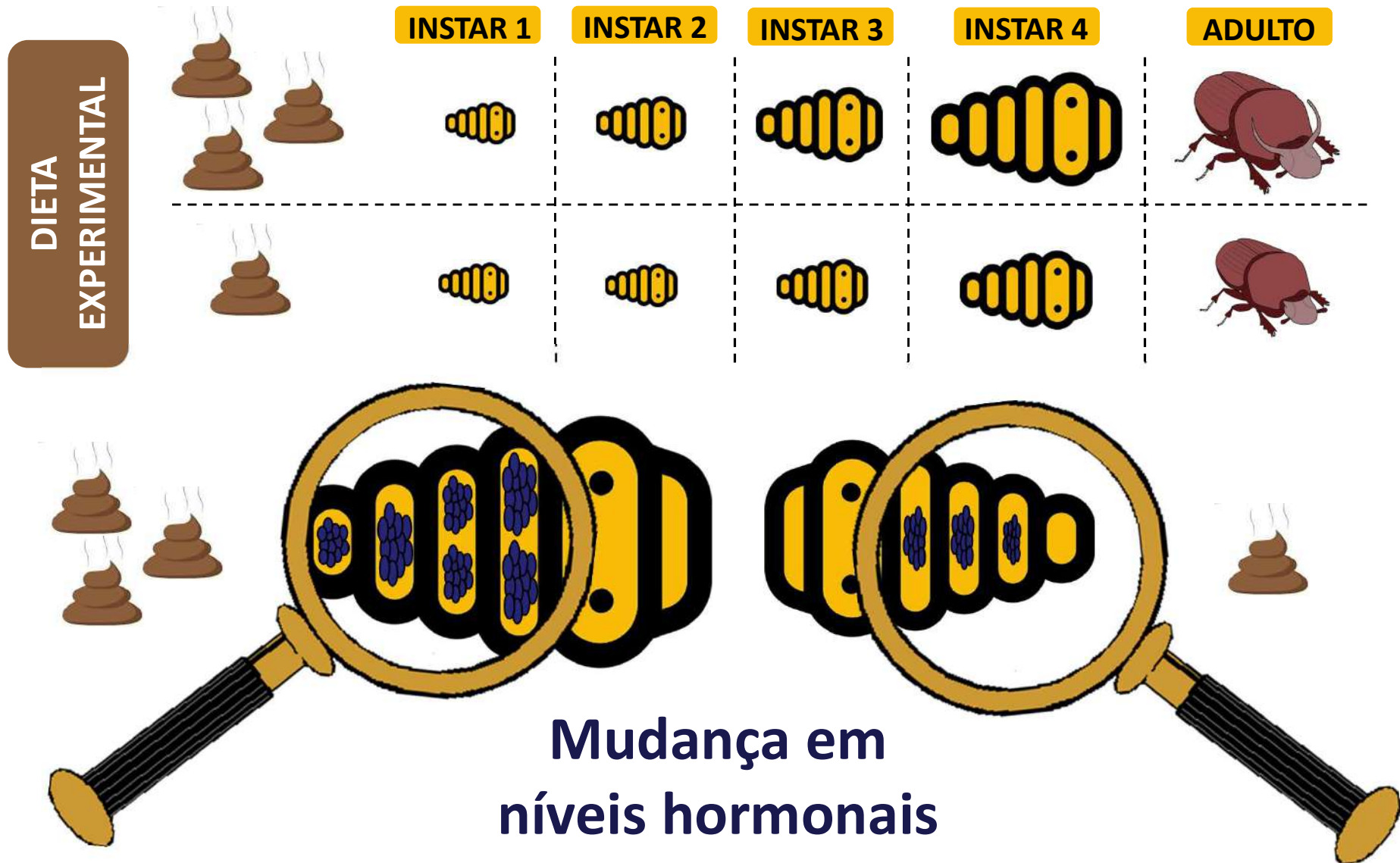
Plasticidade Fenotípica

Capacidade de um genótipo de produzir mais de um fenótipo quando exposto a diferentes condições ambientais



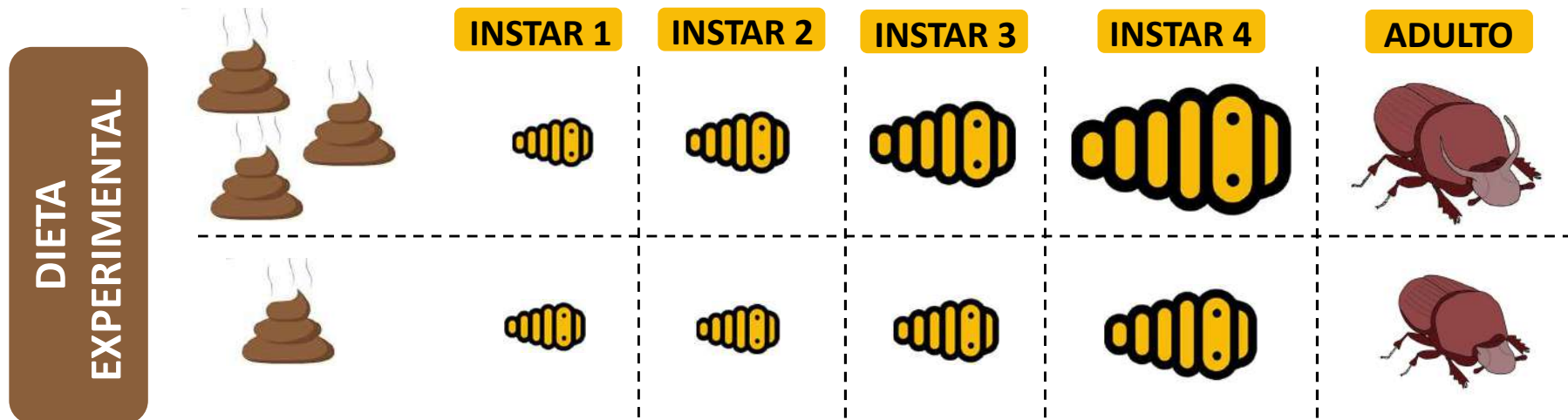
Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

Onthophagus taurus

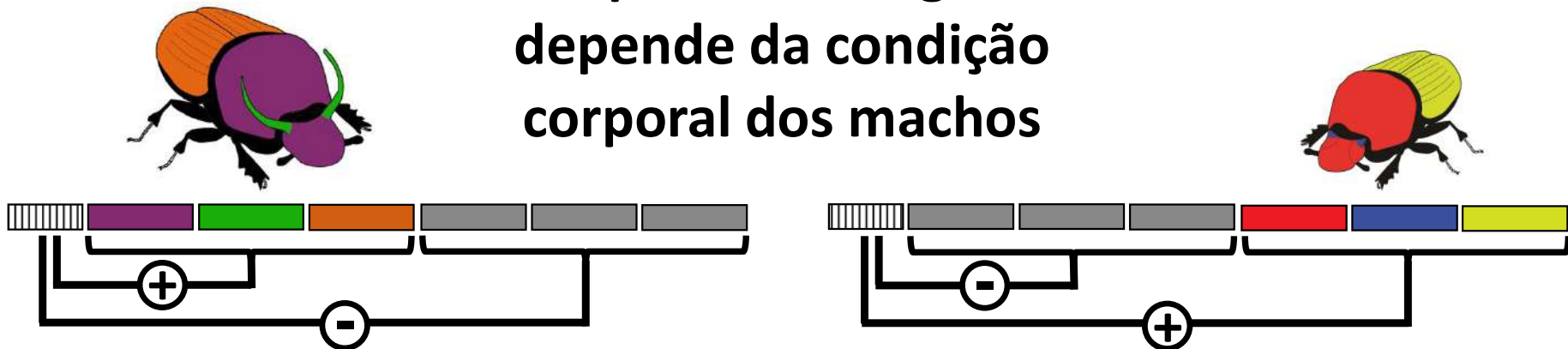


Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

POLIFENISMO



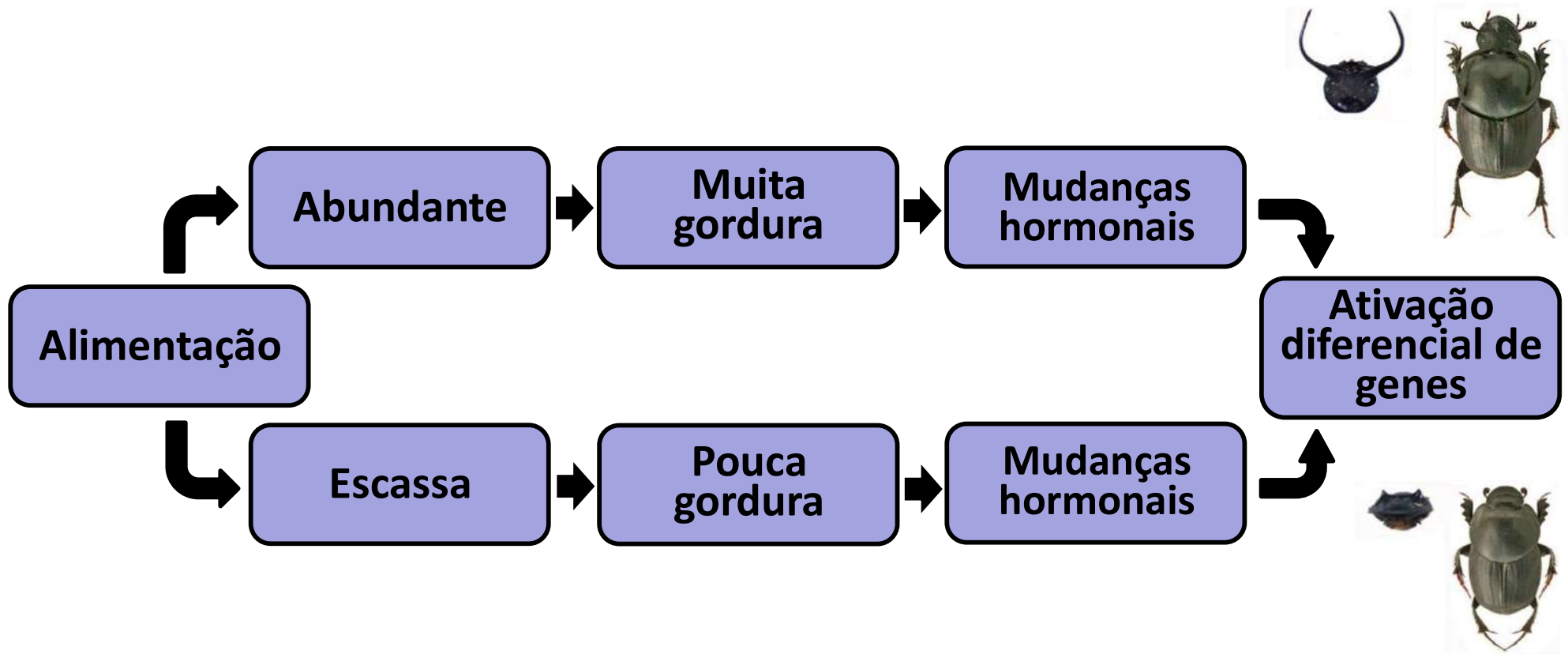
A expressão dos genes depende da condição corporal dos machos



Supergenes

Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

Ambiente + Hormônios + Genes

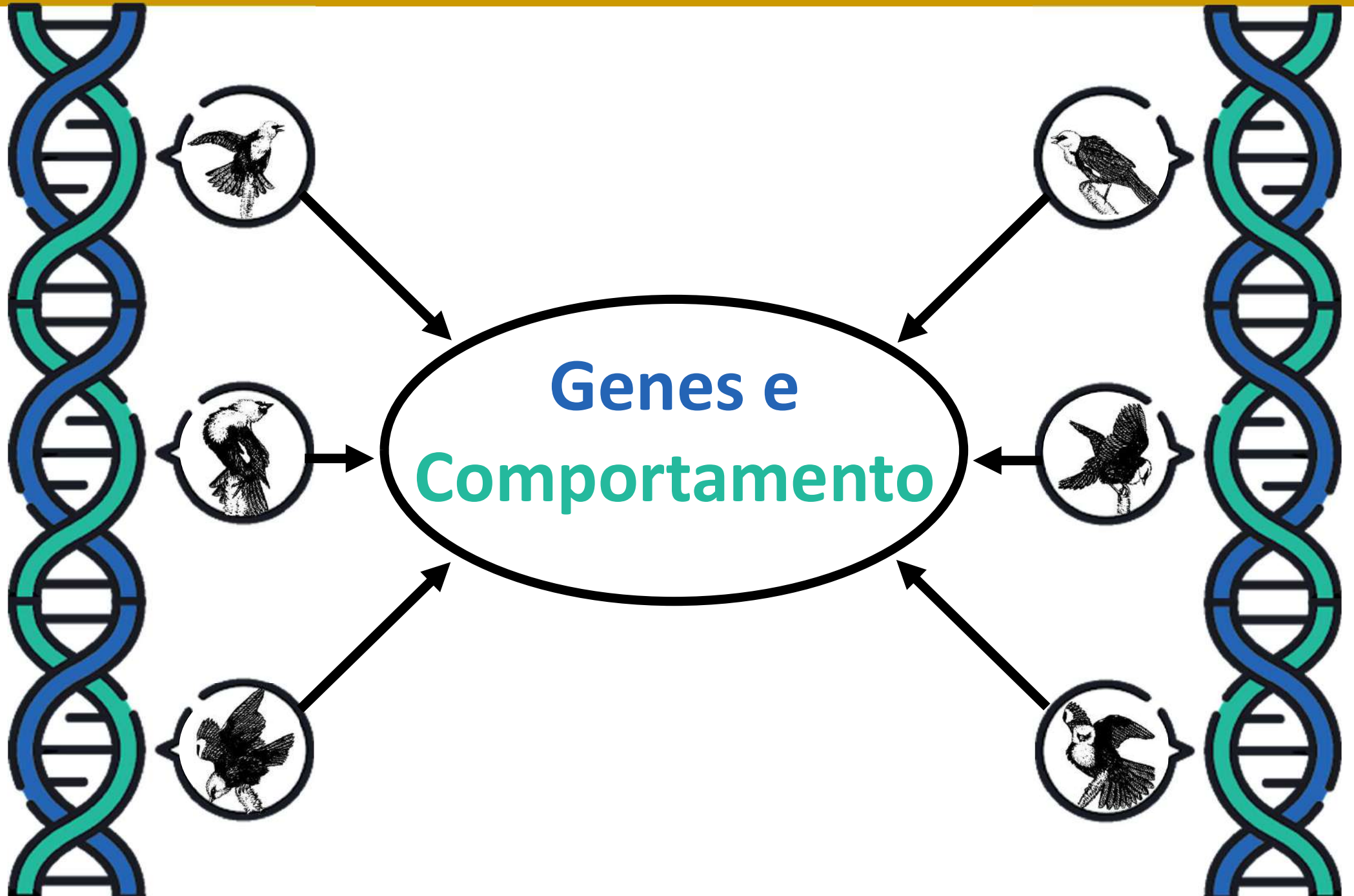


Conceitos básicos: genótipo e fenótipo

RESUMO DA ÓPERA

1. Fenótipos são influenciados por genes e ambiente
2. Heranças monogênicas envolvem um gene com dois ou mais alelos com relações de dominância e recessividade
3. Heranças poligênicas envolvem dois ou mais genes, cada um deles com dois ou mais alelos
4. Heranças monogênicas geram fenótipos discretos enquanto heranças poligênicas geram fenótipos contínuos
5. Plasticidade fenotípica é a capacidade de um genótipo expressar diferentes fenótipos de acordo com o ambiente

Bases genéticas do comportamento





Peacock Spider "Stayin' Alive"

by Jürgen Otto

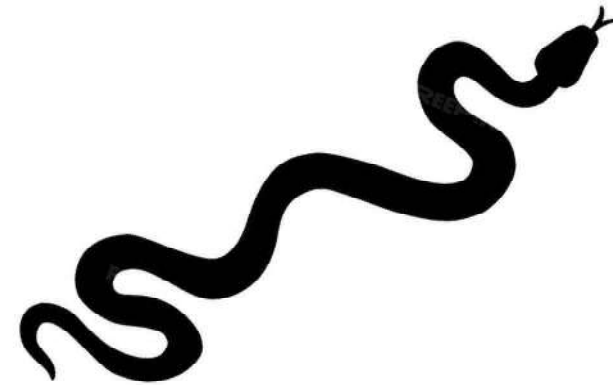
**COMPORTAMENTO
É FENÓTIPO**

**PARTE DESSE FENÓTIPO
TEM BASE GENÉTICA**

Bases genéticas do comportamento

EVIDÊNCIAS INDIRETAS

Diferenças populacionais



Bases genéticas do comportamento

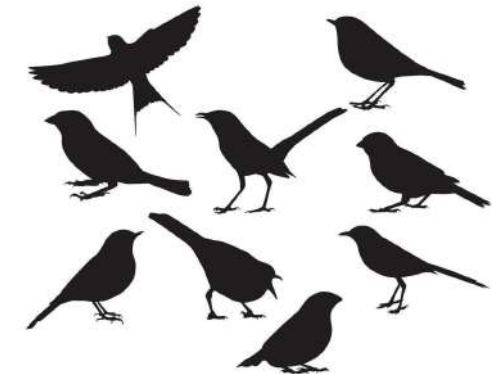
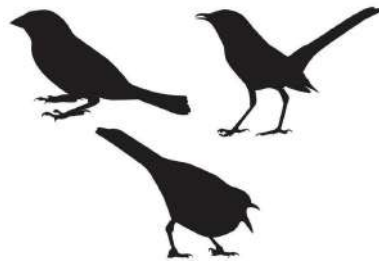
Ambiente xérico



Ambiente méxico



*Agelenopsis
aperta*



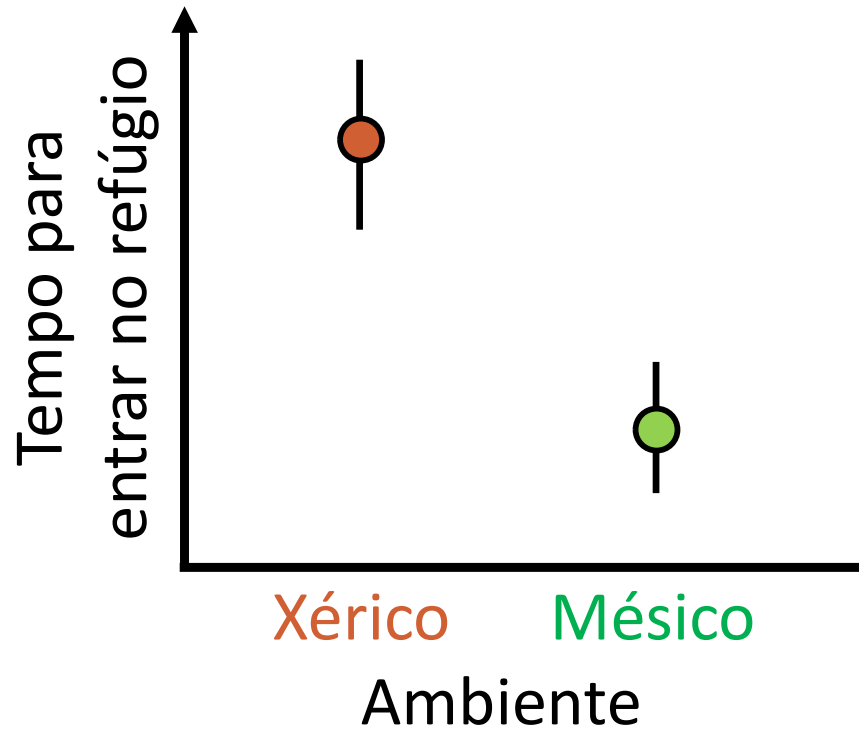
Riechert & Hedrick (1990)
Anim. Behav.

Intensidade
de predação

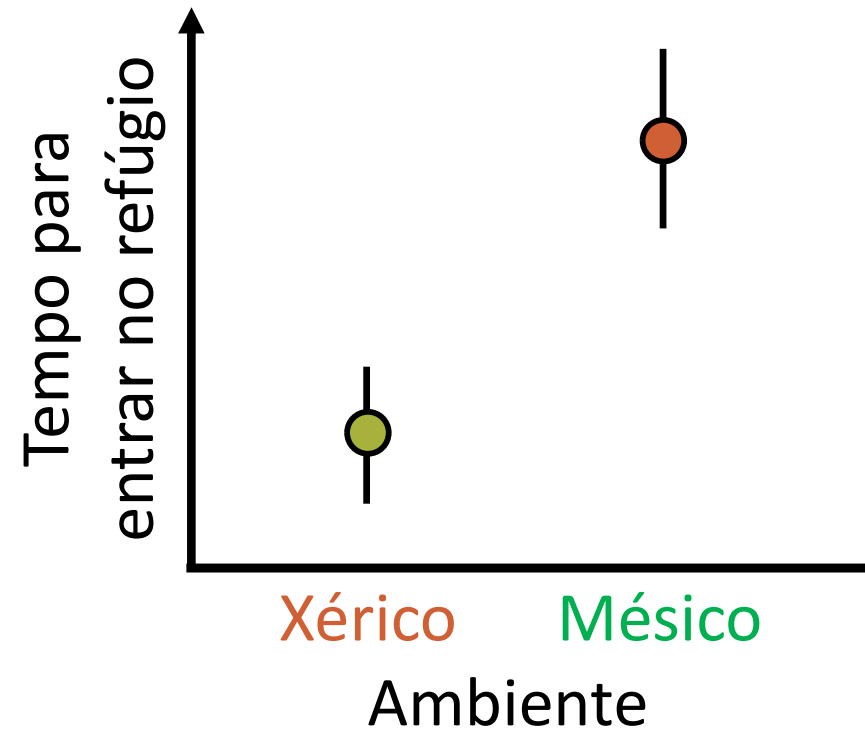
Bases genéticas do comportamento



Populações naturais



Transplante recíproco

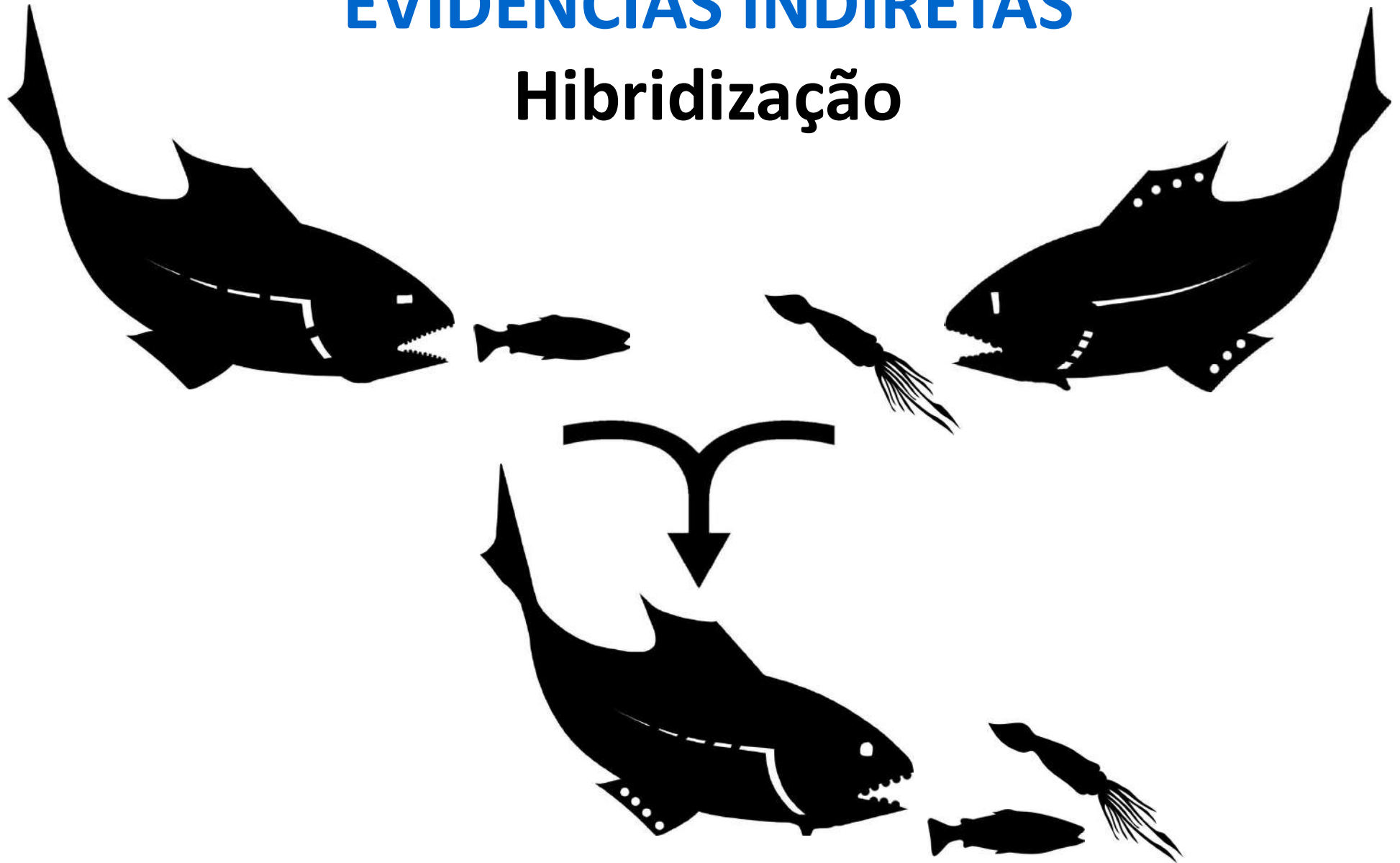


O tempo para entrar no refúgio tem base genética

Bases genéticas do comportamento

EVIDÊNCIAS INDIRETAS

Hibridização



Bases genéticas do comportamento

Agapornis personatus



Carrega gravetos no bico

Agapornis roseicollis



Carrega gravetos sob a asa

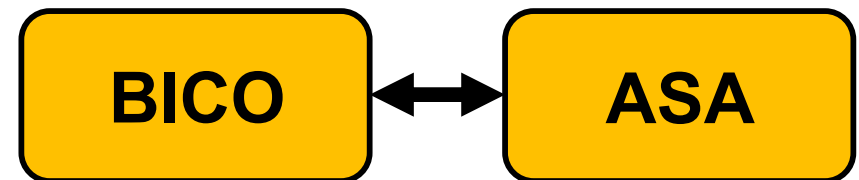


<https://www.youtube.com/watch?v=xfzmv-q72YE>

Bases genéticas do comportamento



HÍBRIDO

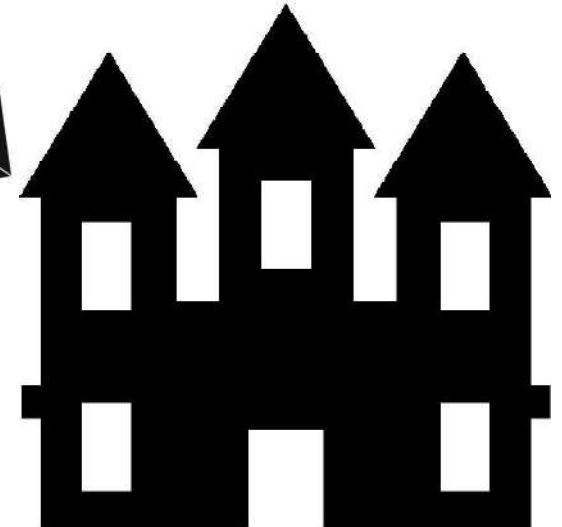
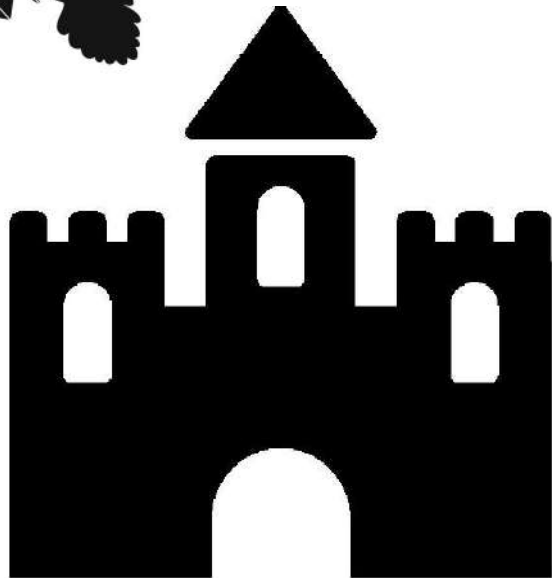


Dilger (1964)
American Zoologist

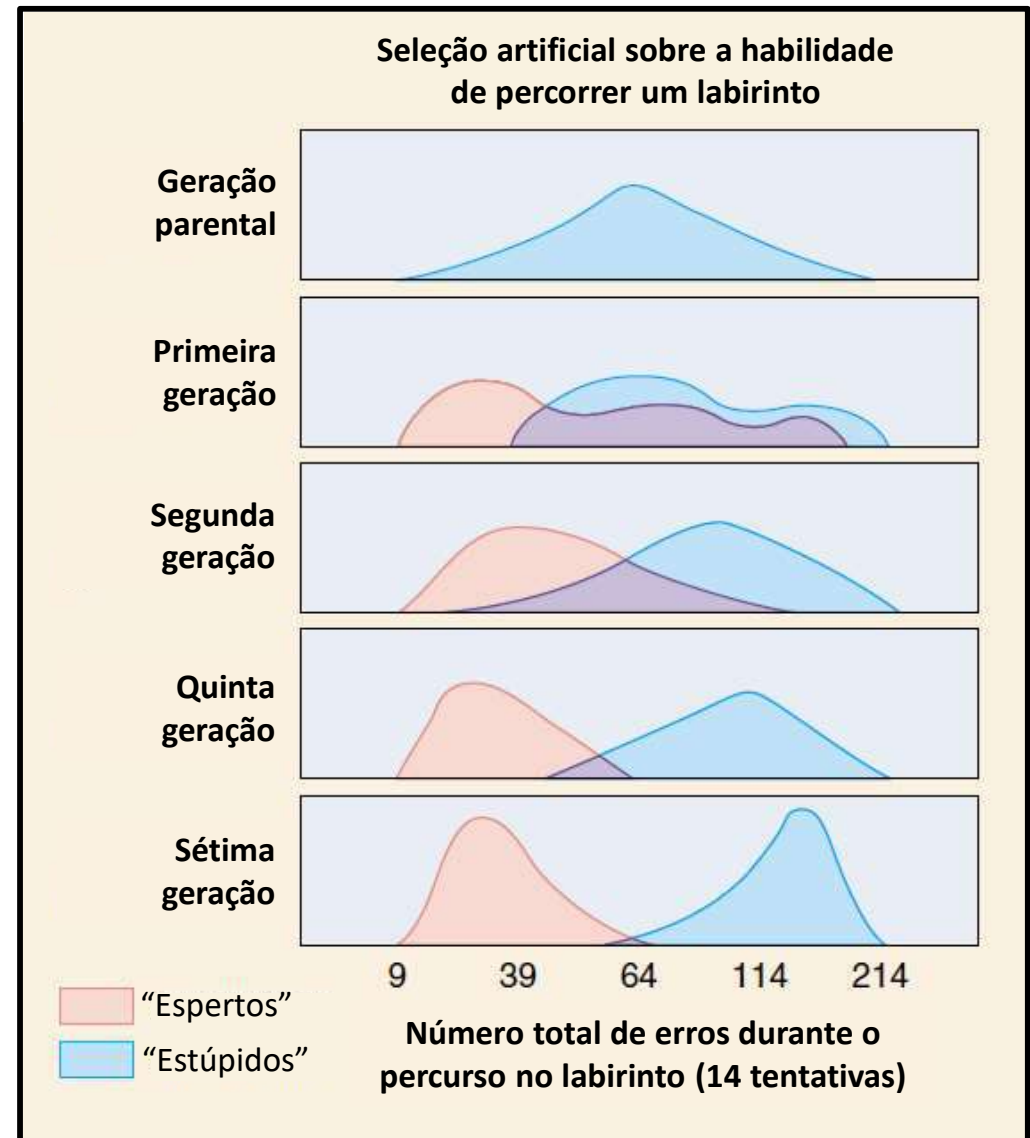
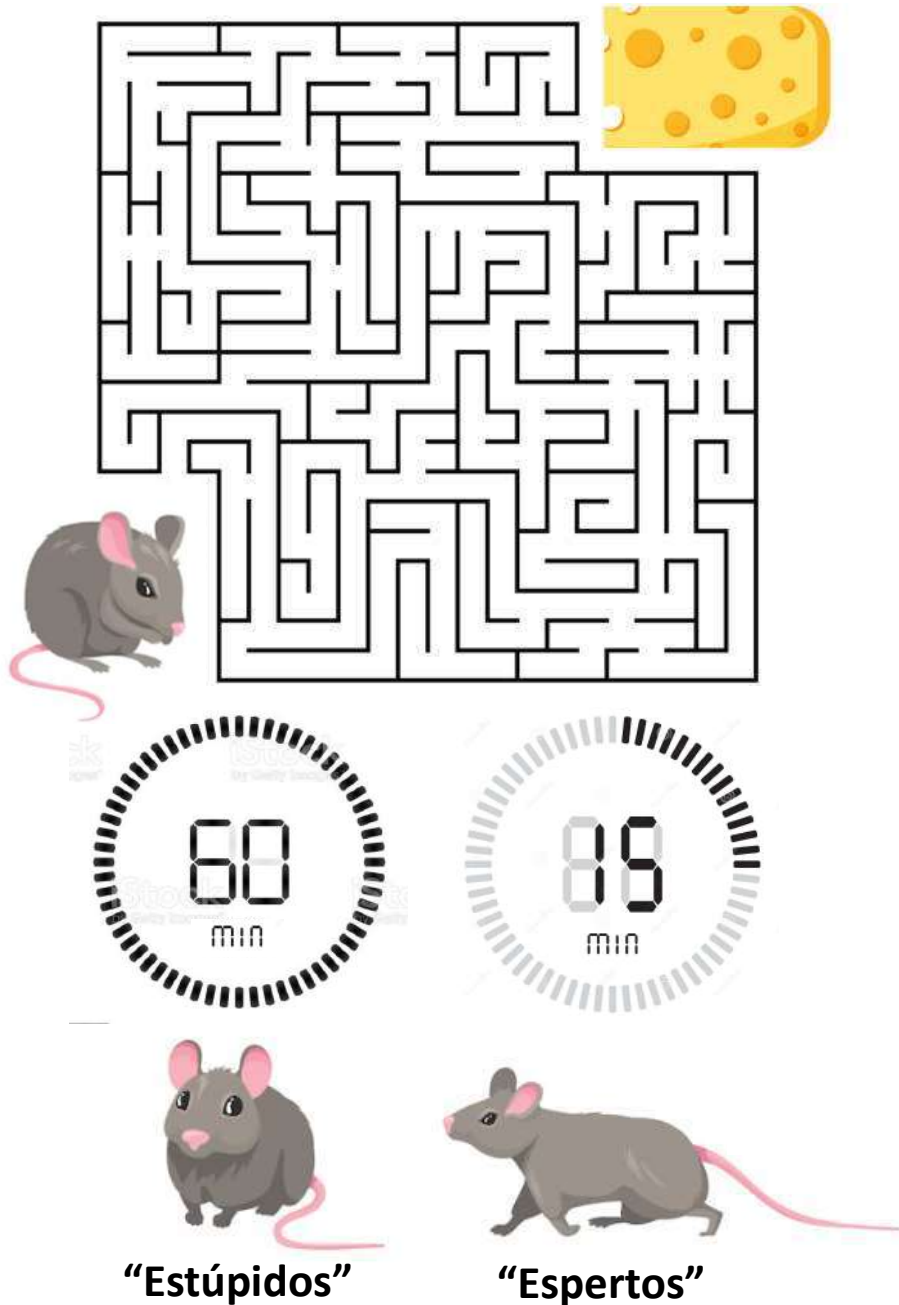
Bases genéticas do comportamento

EVIDÊNCIAS INDIRETAS

Seleção artificial



Bases genéticas do comportamento

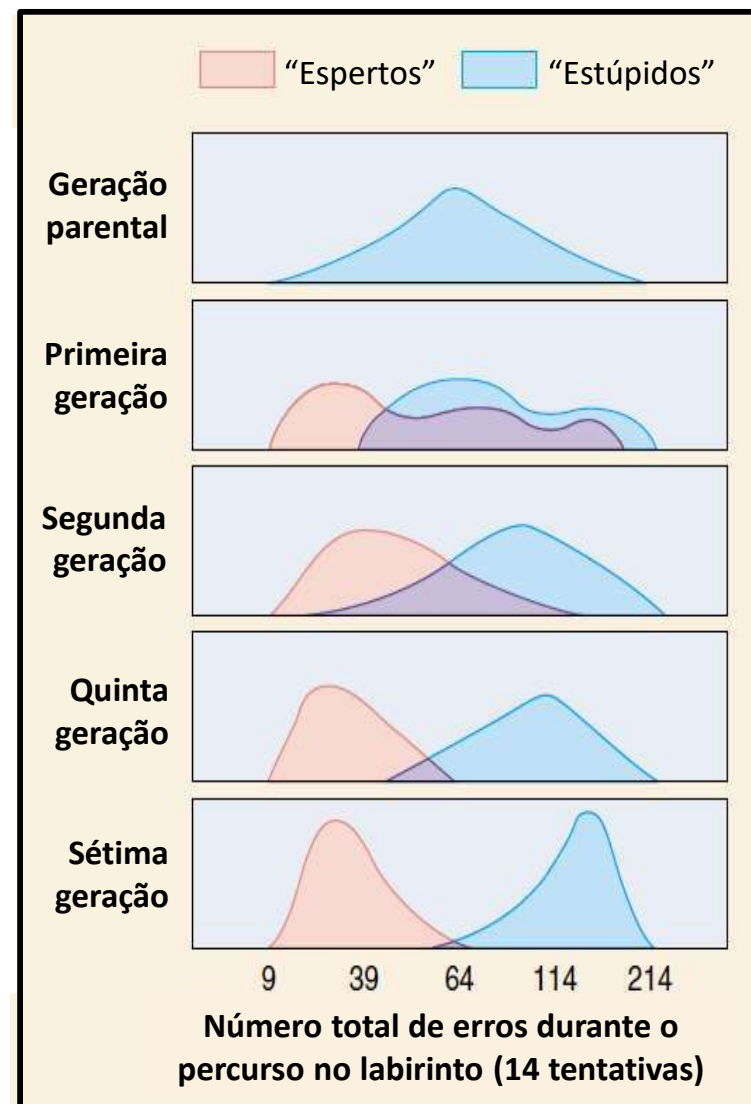
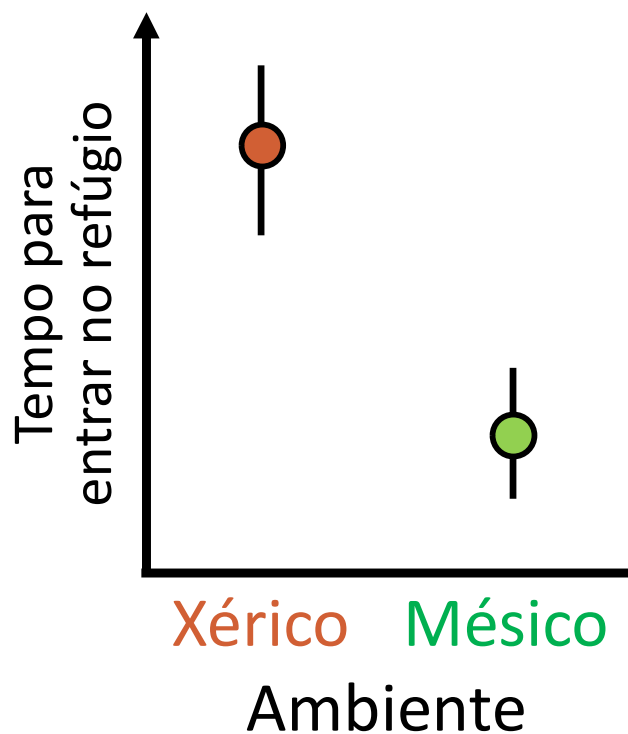


Bases genéticas do comportamento

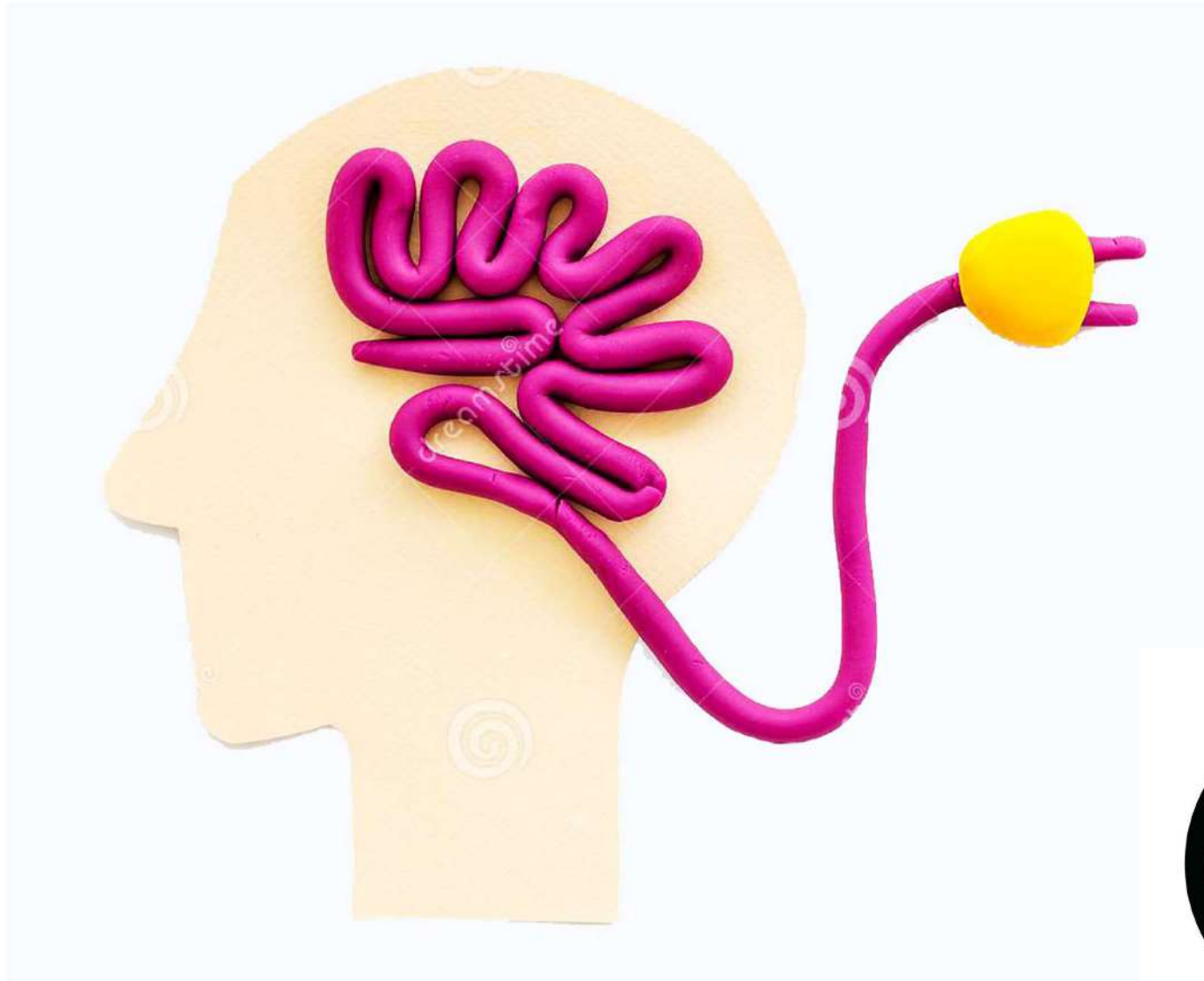
Herança monogênica (variação discreta)



Herança poligênica (variação contínua)

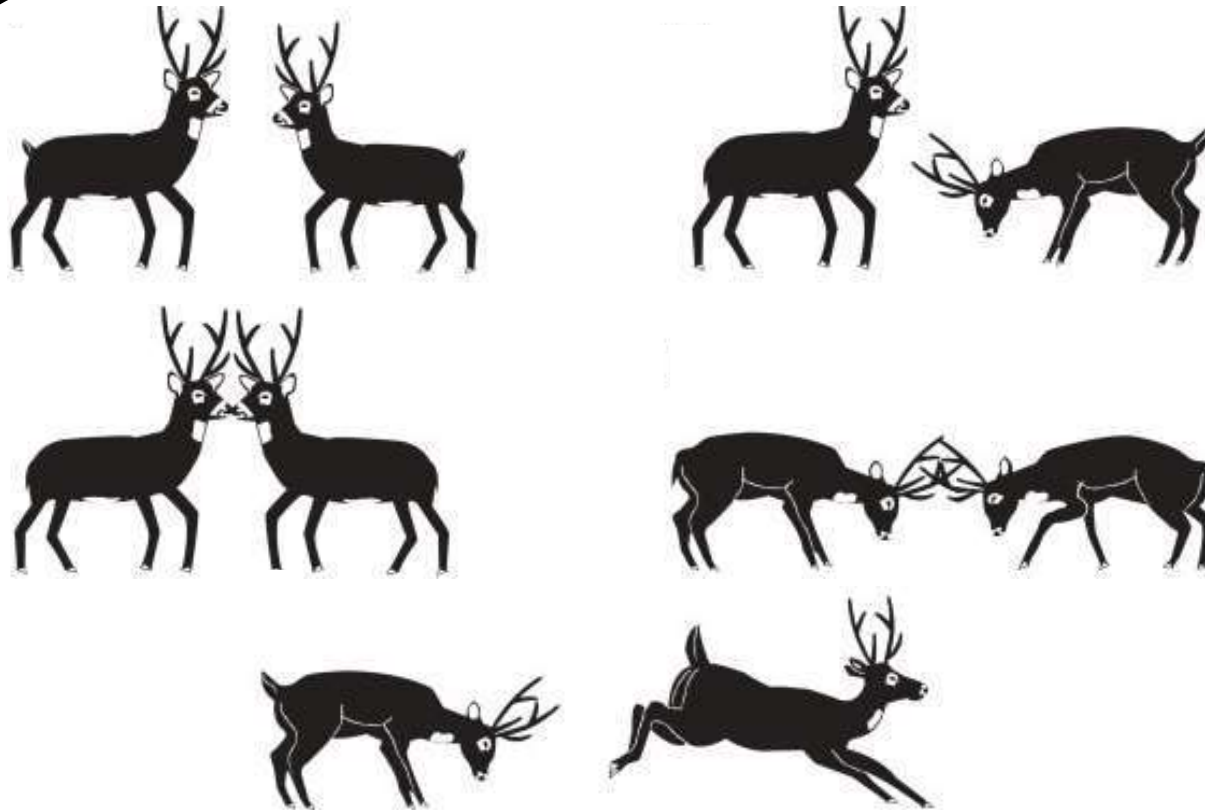


Pausa para descanso



Bases genéticas do comportamento

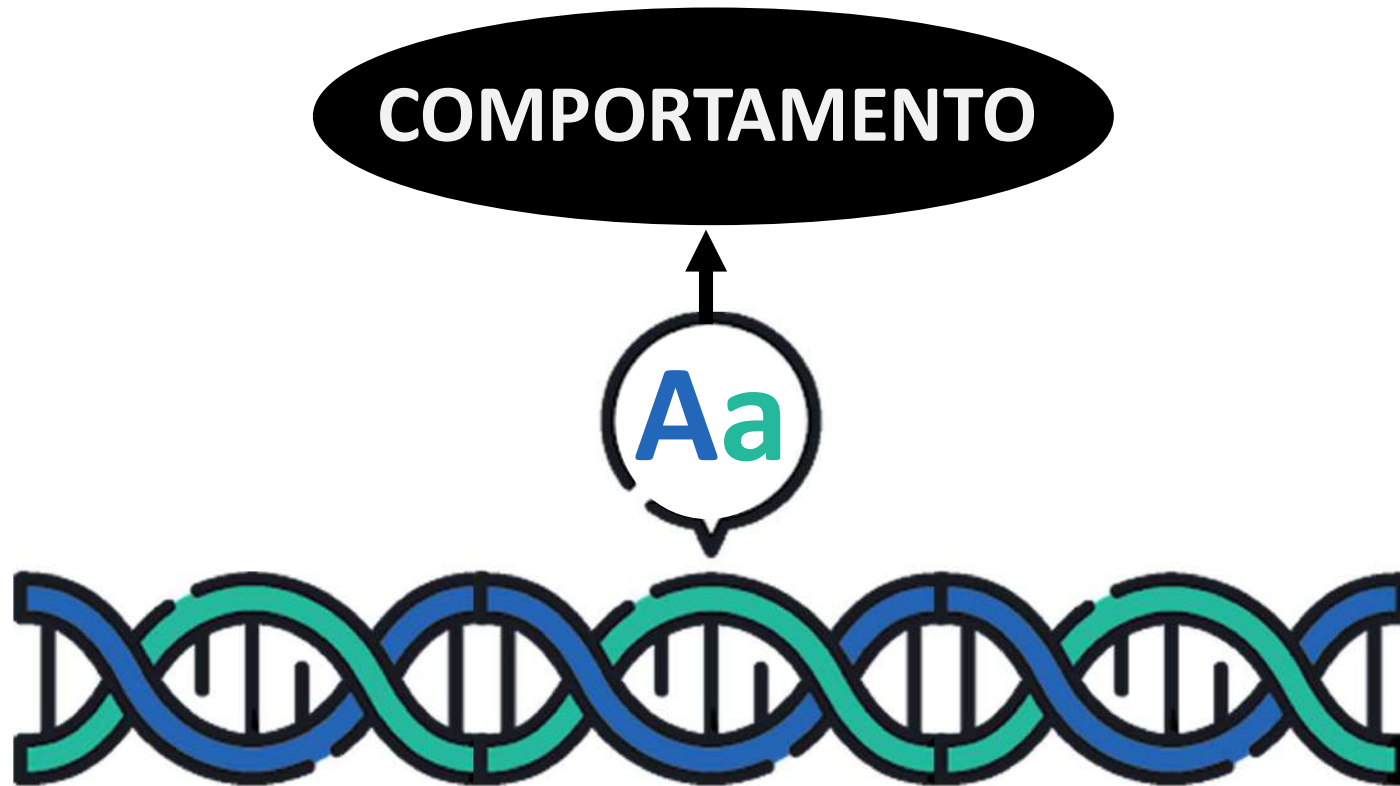
EVIDÊNCIAS DIRETAS



Bases genéticas do comportamento

Herança monogênica

Um gene determina/influencia a expressão do fenótipo





ivw.de

Bases genéticas do comportamento

GENE 1 {
a = Destampa a célula
A = Não destampa a célula

GENE 2 {
b = Remove a larva
B = Não remove a larva



Apis mellifera

Bases genéticas do comportamento

GENE 1 {
a = Destampa a célula
A = Não destampa a célula

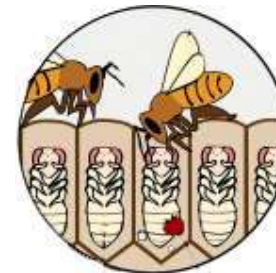
GENE 2 {
b = Remove a larva
B = Não remove a larva

AA**BB** } Não destampa a célula e não remove a larva
Aa**Bb** }

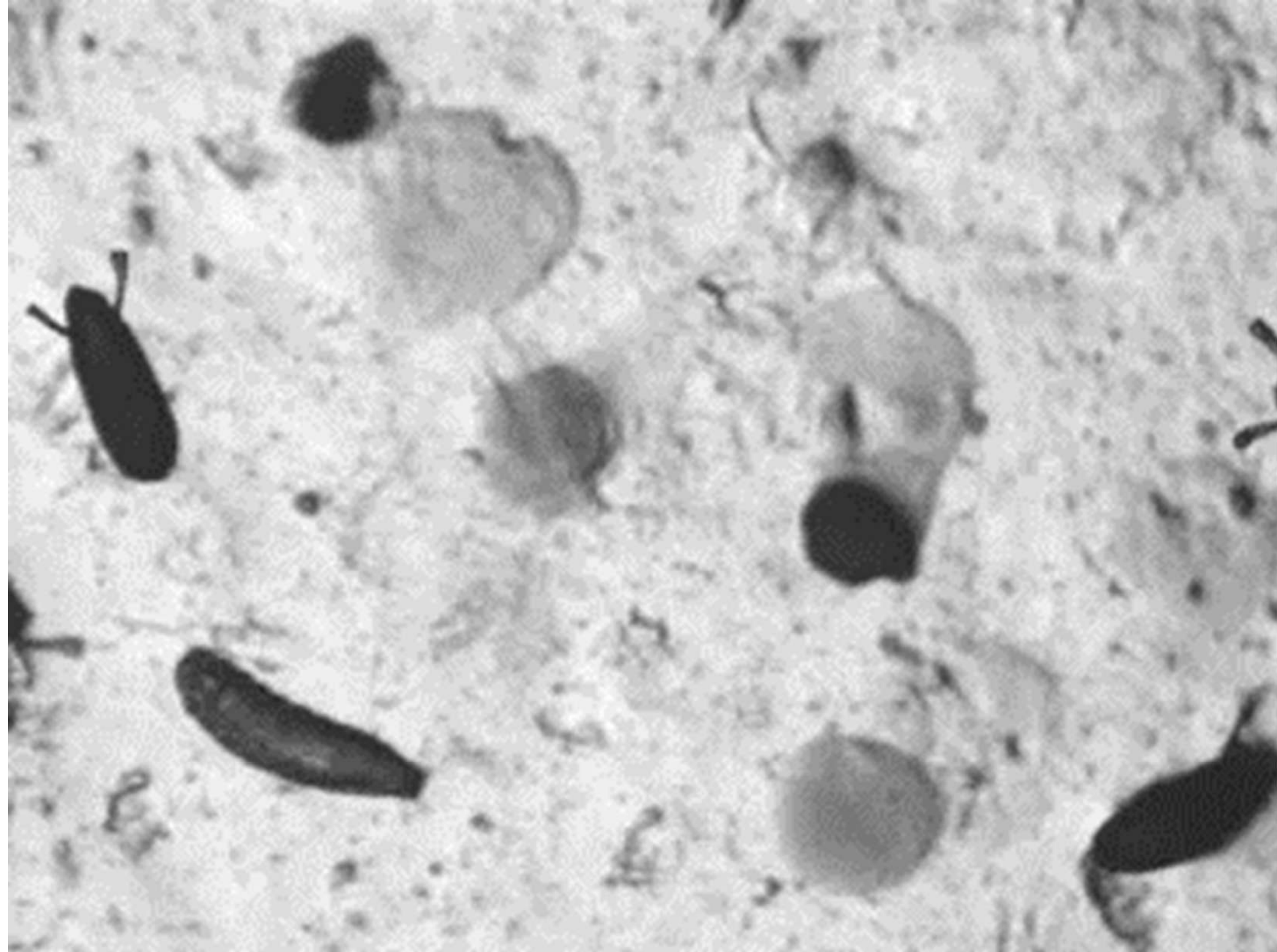
AA**bb** } Não destampa a célula, mas pode remover a larva
Aa**bb** }

aa**BB** } Destampa a célula, mas não remove a larva
aa**Bb** }

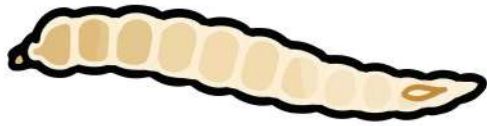
aa**bb** } Destampa a célula e remove a larva



**ABELHA
HIGIÊNICA**



Bases genéticas do comportamento

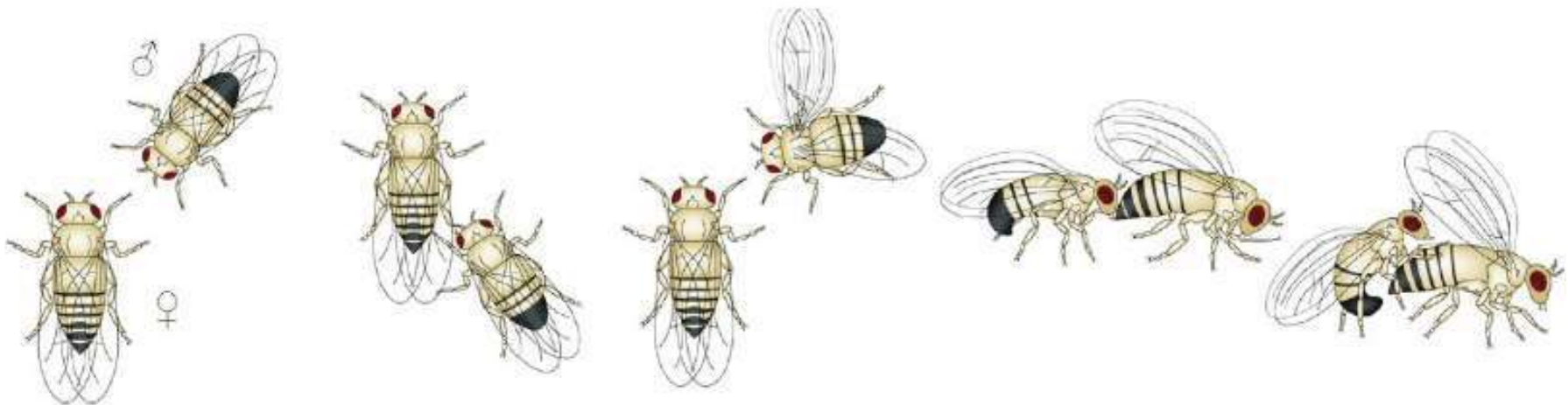


Drosophila melanogaster

GENE for $\left\{ \begin{array}{l} R = \text{Rover ("andarilha")} \\ r = \text{Sitter ("sedentária")} \end{array} \right.$

$\left. \begin{array}{l} RR \\ Rr \end{array} \right\}$ Larvas andarilhas

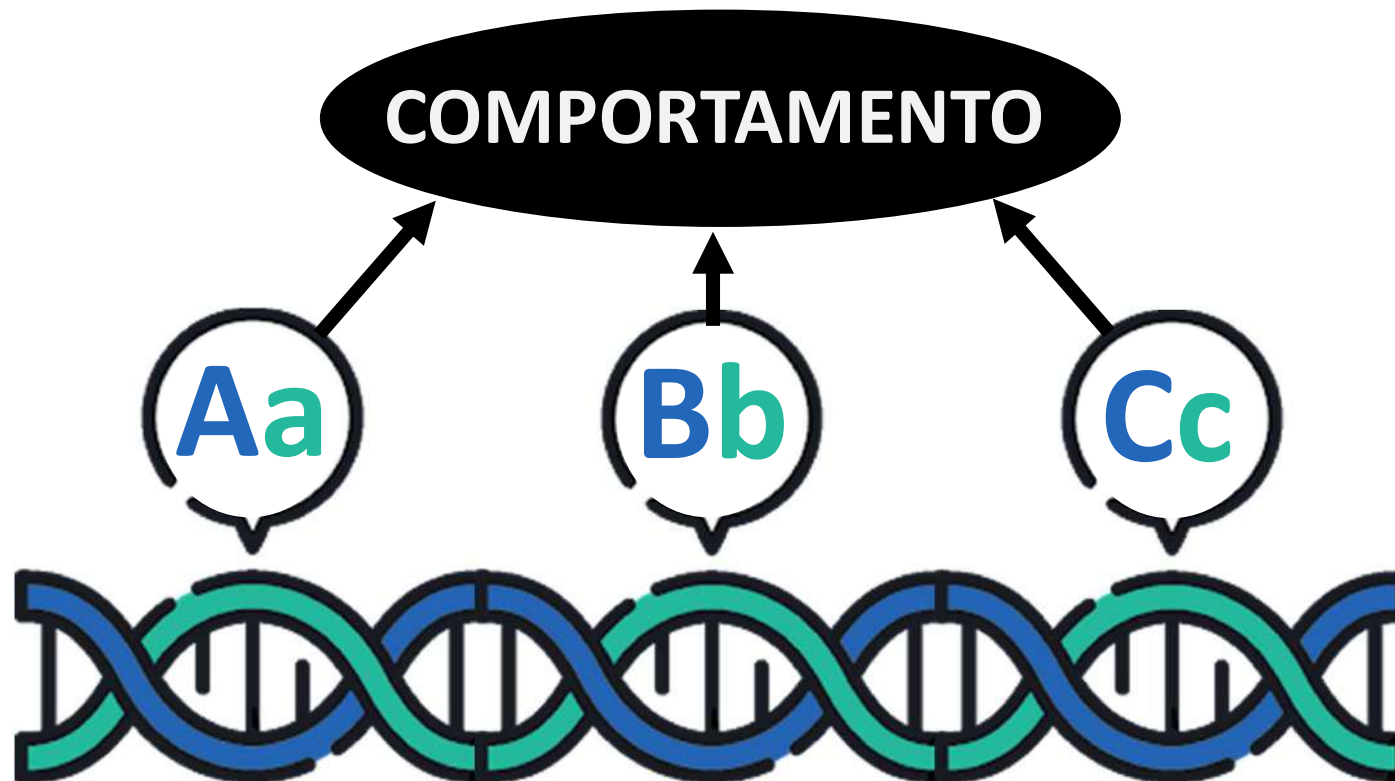
$\left. \begin{array}{l} rr \end{array} \right\}$ Larvas sedentárias



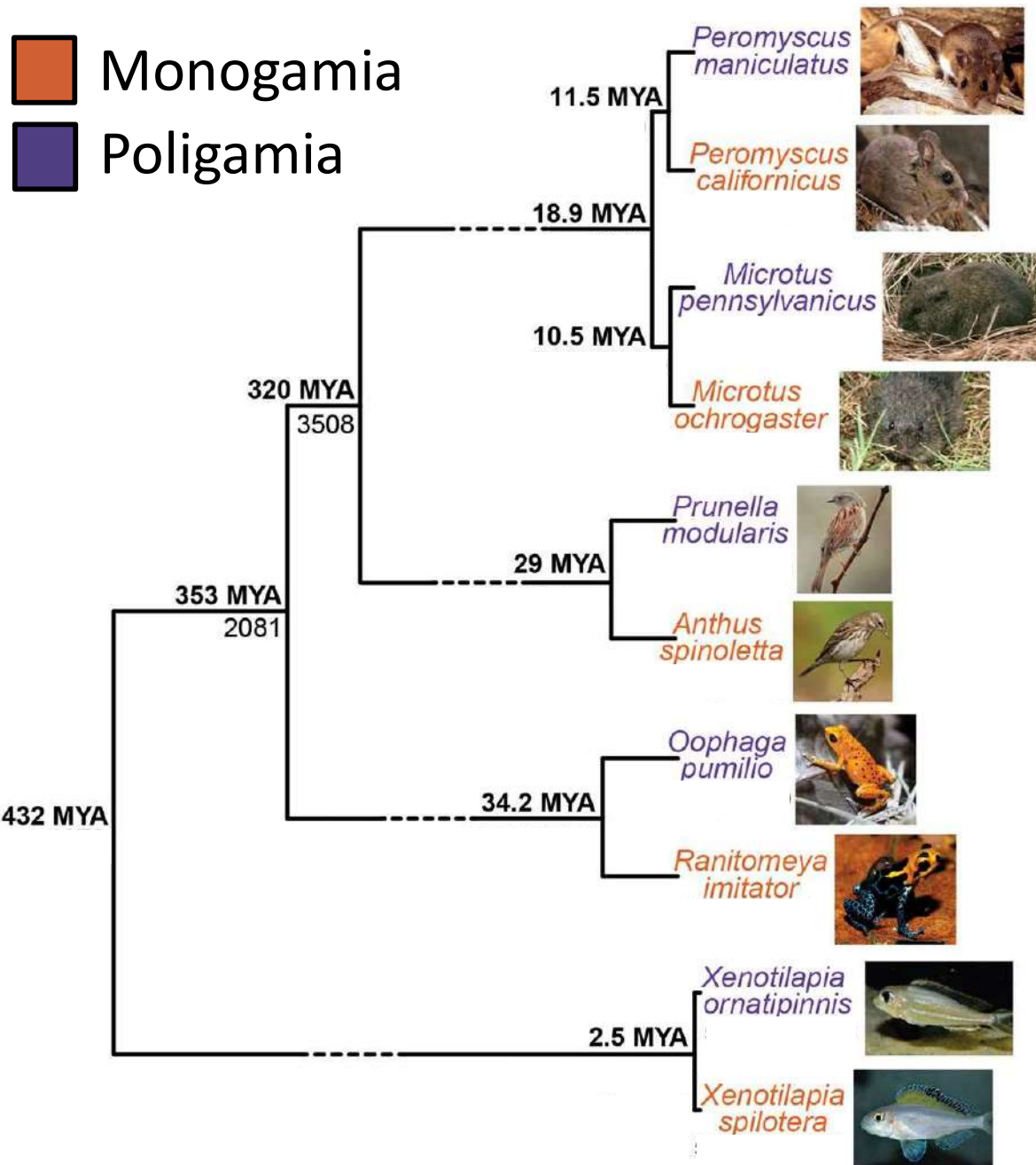
Bases genéticas do comportamento

Herança poligênica

Dois ou mais genes, cada um com dois ou mais alelos, somam efeitos para a expressão do fenótipo



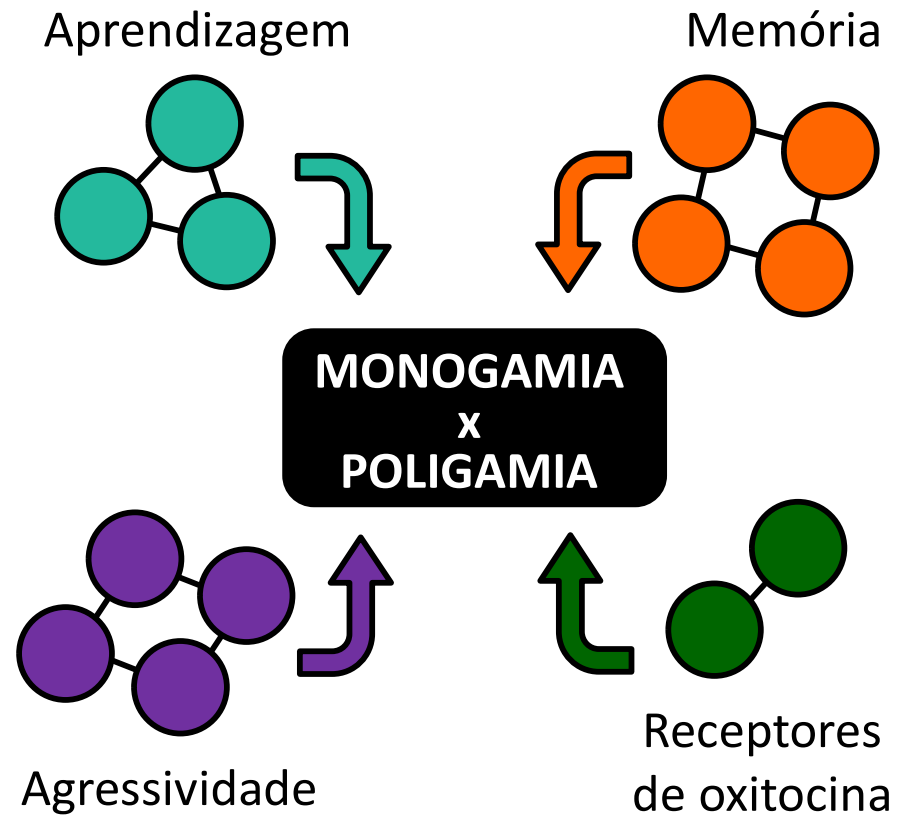
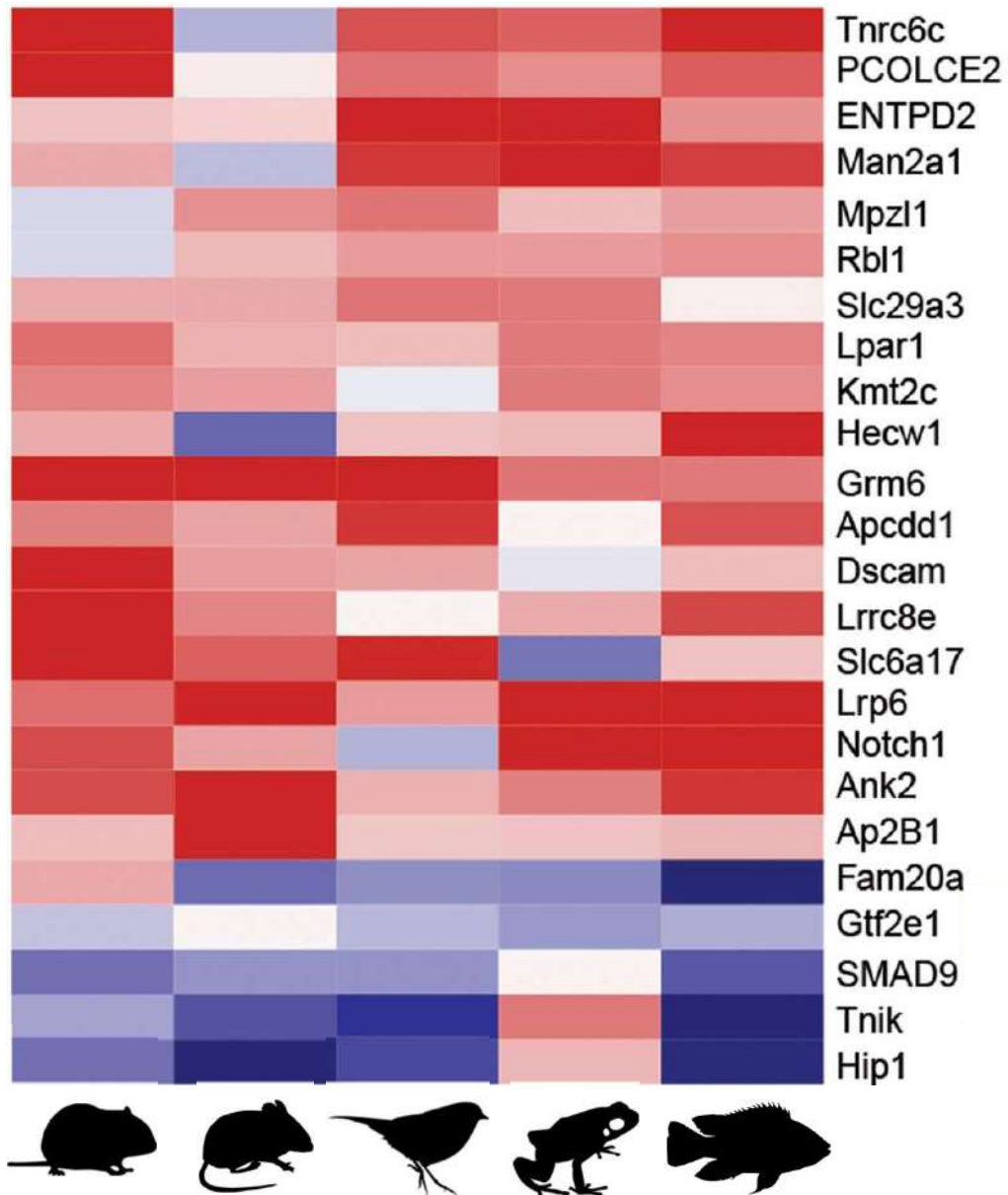
Bases genéticas do comportamento



TRANSCRIPTOMA NEURAL

Expressão de genes no cérebro

Bases genéticas do comportamento



Bases genéticas do comportamento

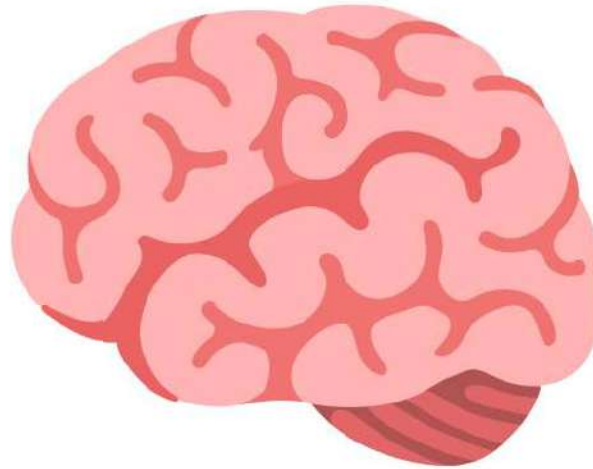


Bases genéticas do comportamento

Poligâmicas



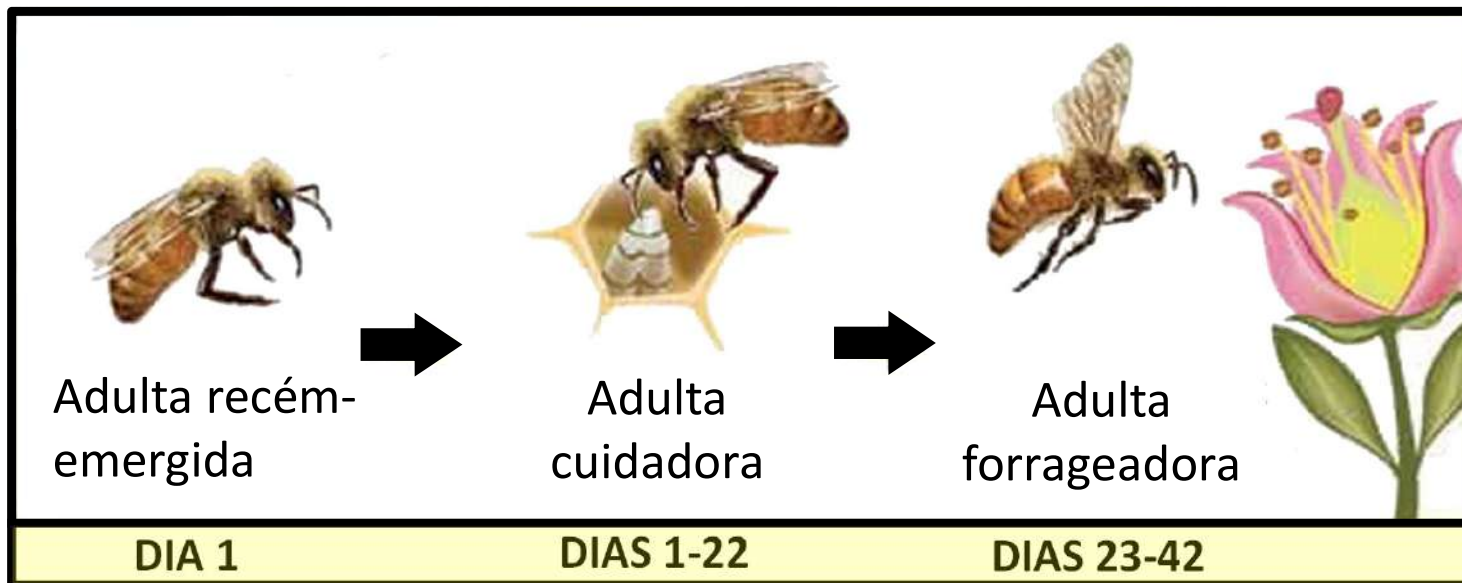
**Contato
social**



Monogâmicas

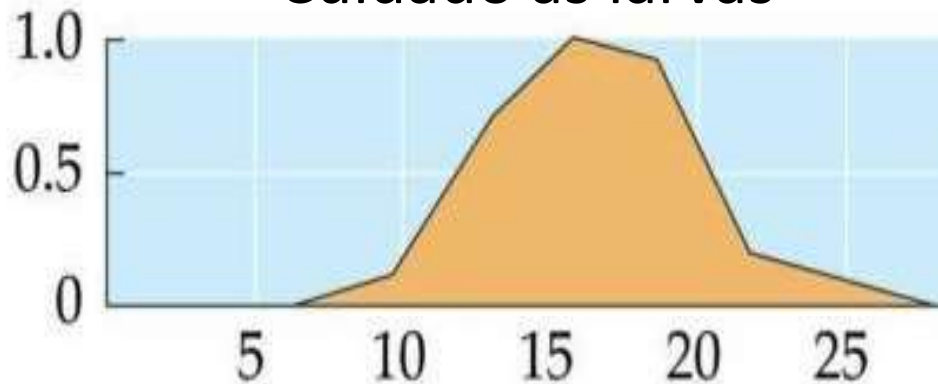


Bases genéticas do comportamento



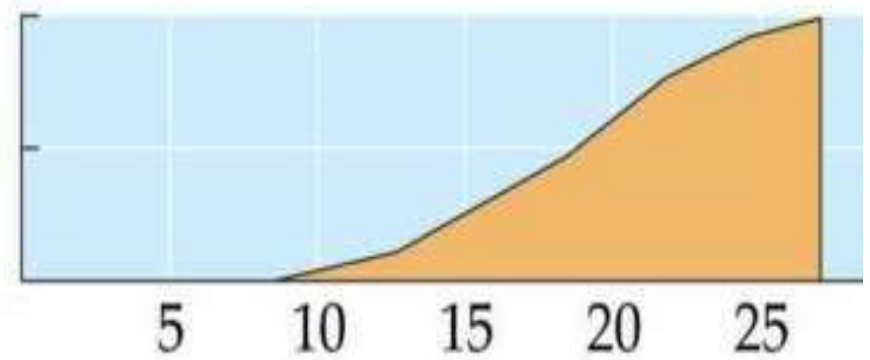
Probabilidade de execução da tarefa

Cuidado às larvas



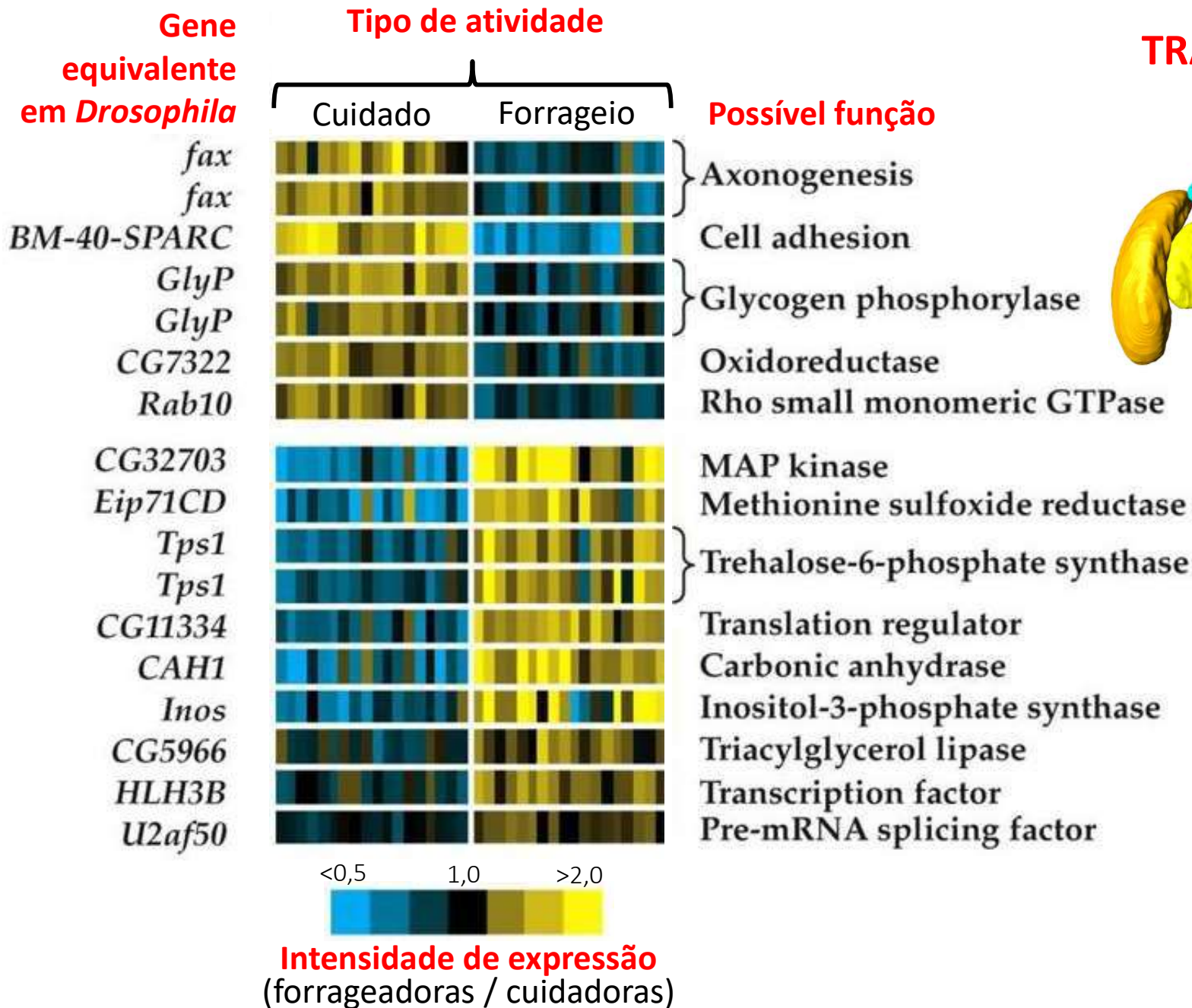
Idade da abelha (dias)

Forrageamento

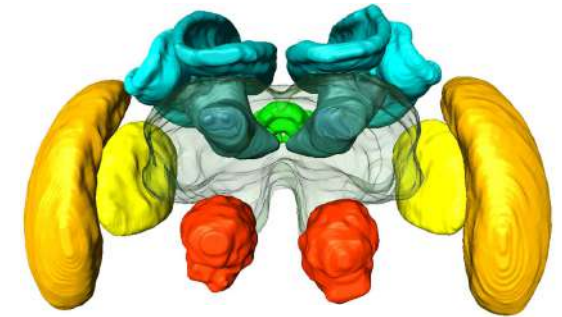


Idade da abelha (dias)

Bases genéticas do comportamento



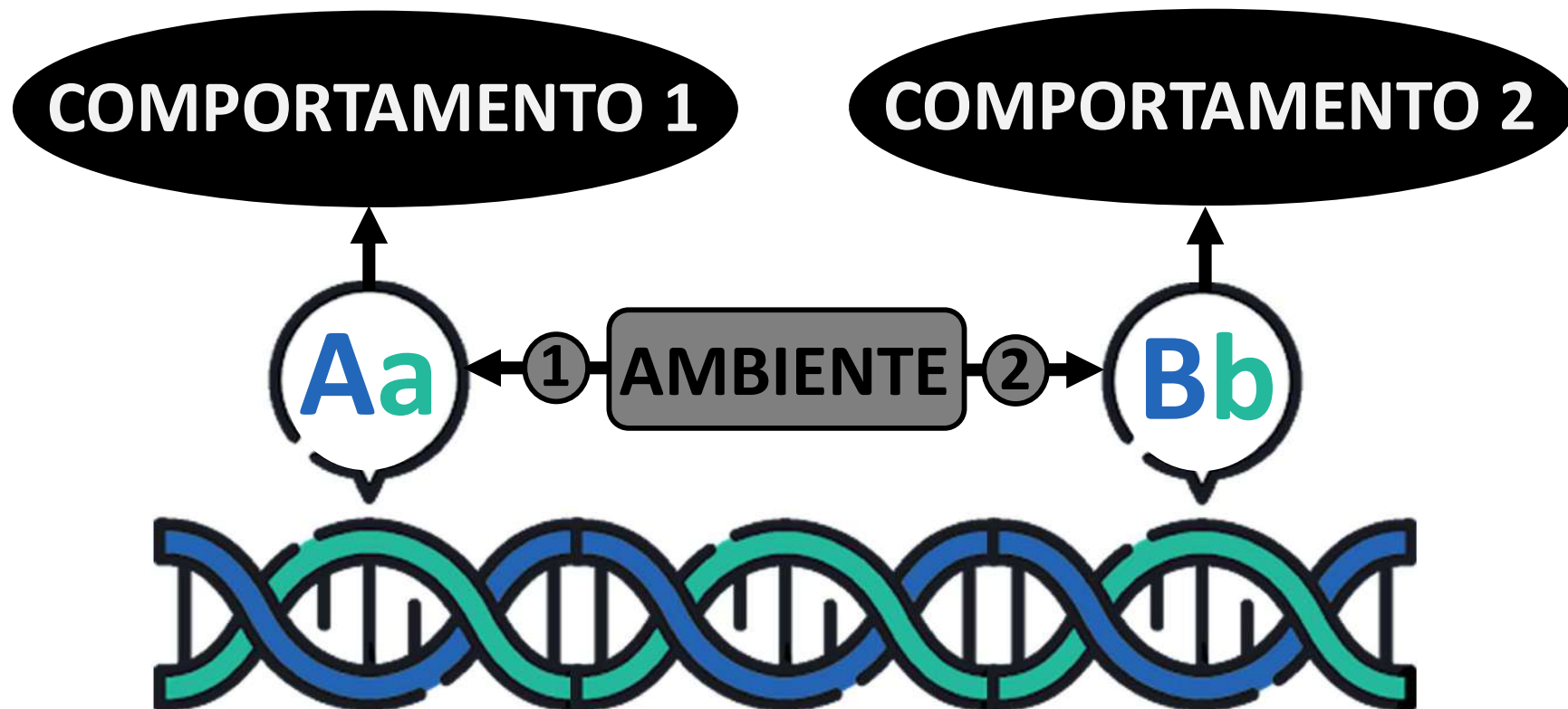
TRANSCRIPTOMA NEURAL



Bases genéticas do comportamento

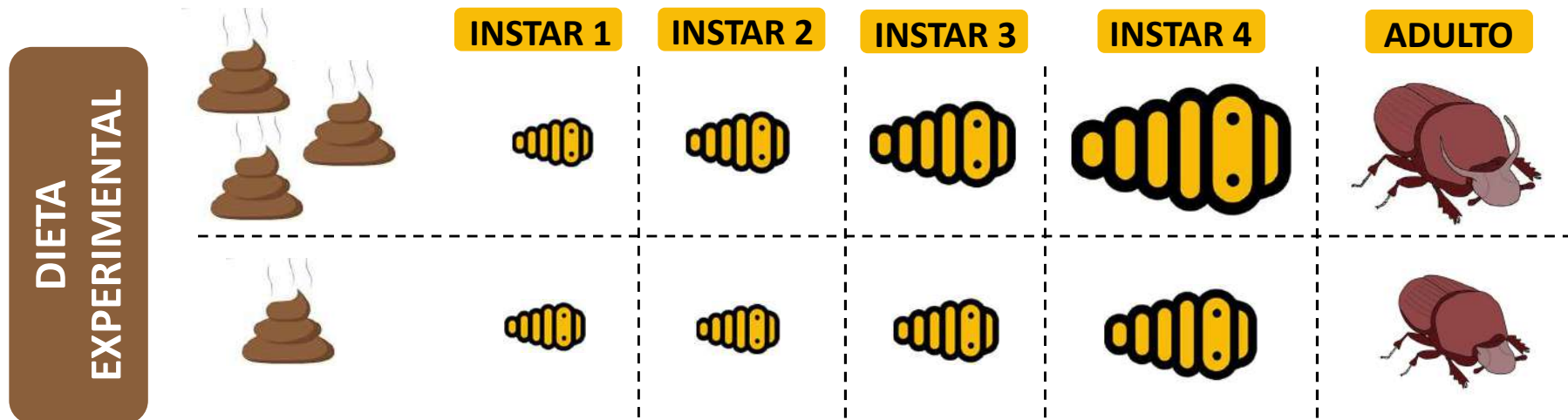
Plasticidade fenotípica

Capacidade de um genótipo de produzir mais de um fenótipo quando exposto a diferentes condições ambientais

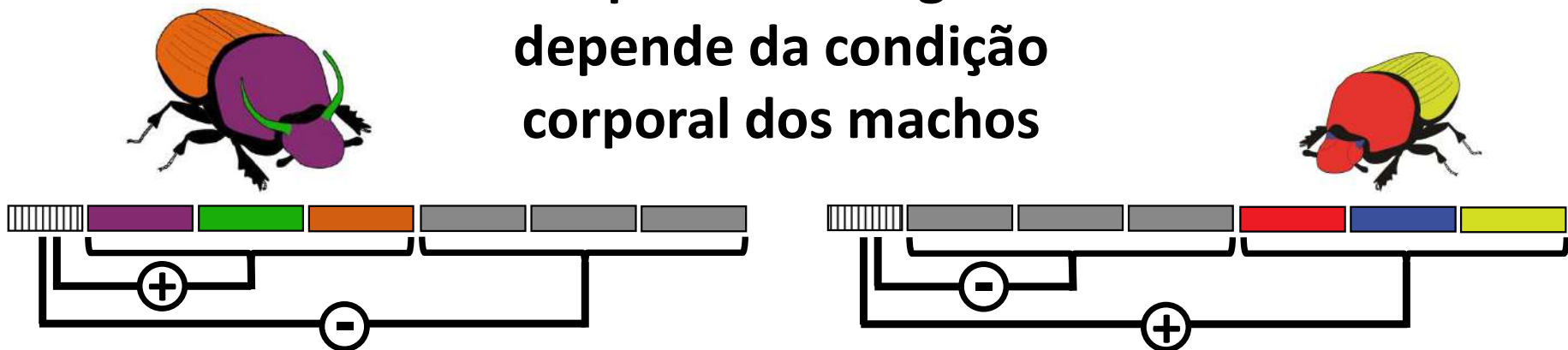


Bases genéticas do comportamento

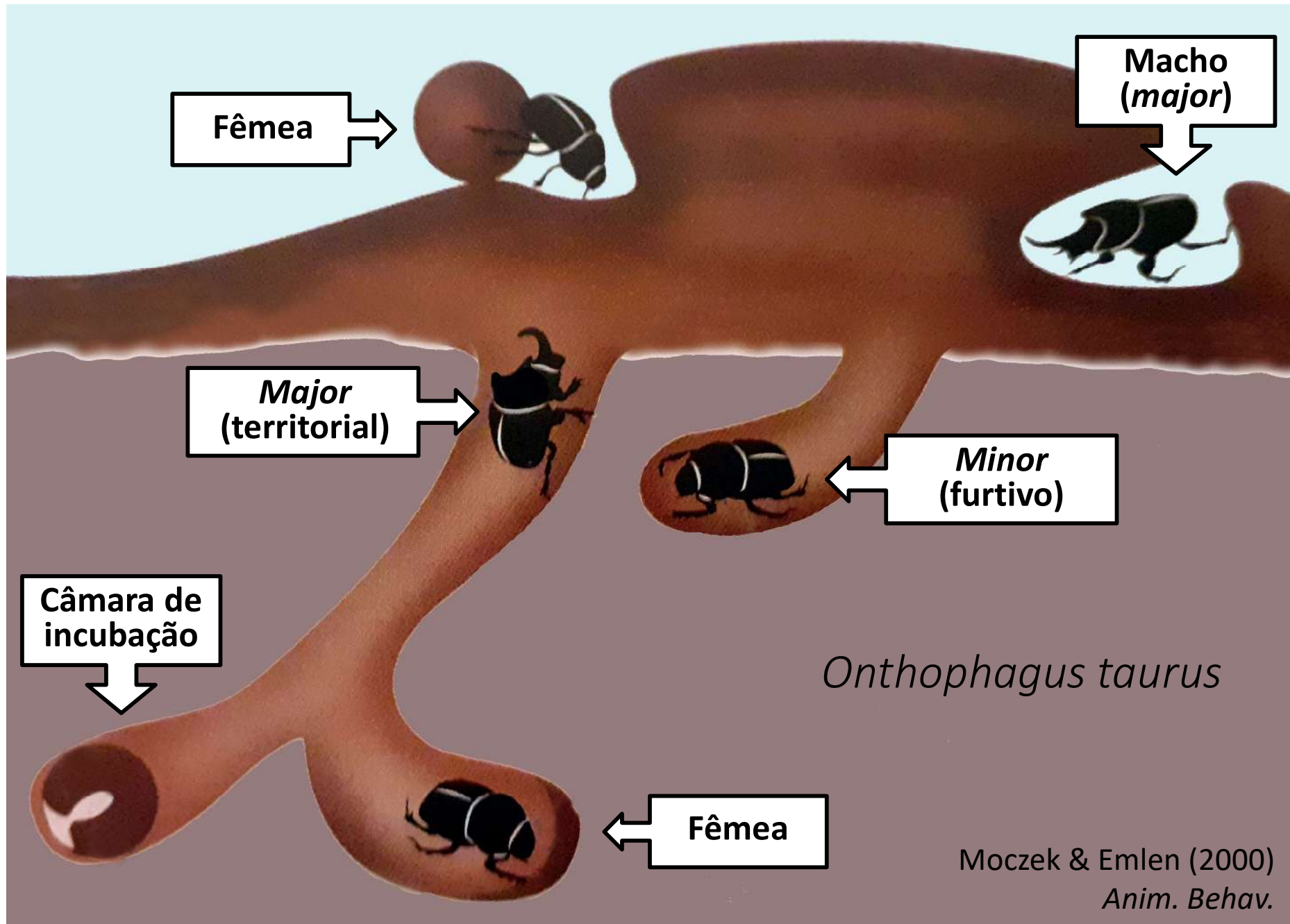
POLIFENISMO



A expressão dos genes depende da condição corporal dos machos



Bases genéticas do comportamento

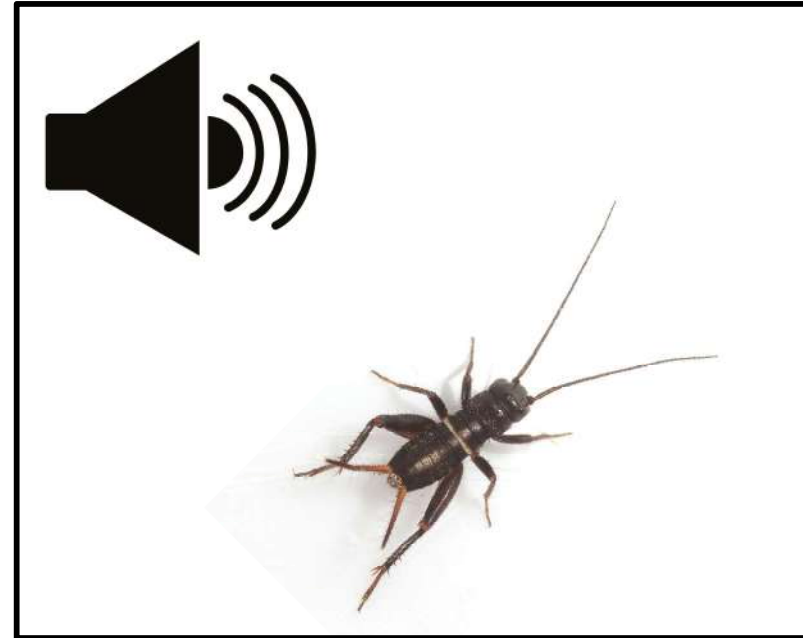
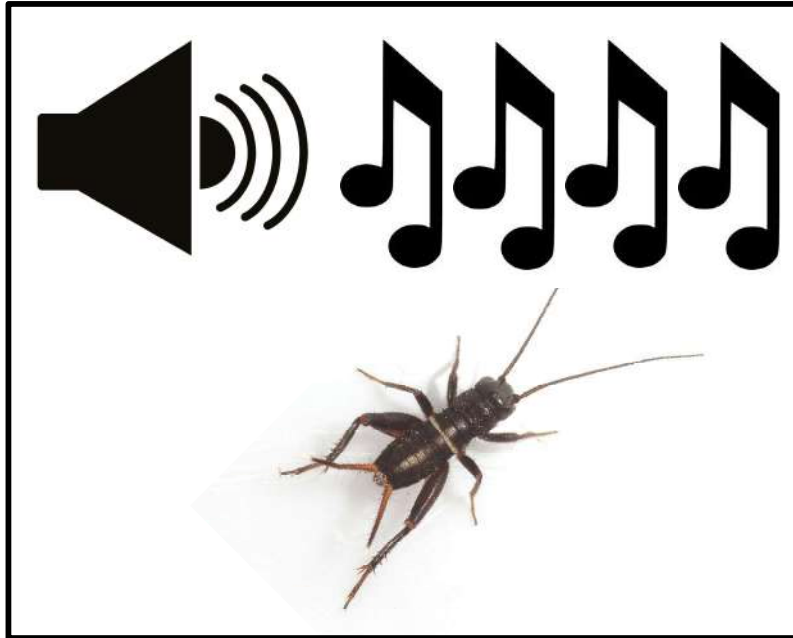


Bases genéticas do comportamento

Canto de macho

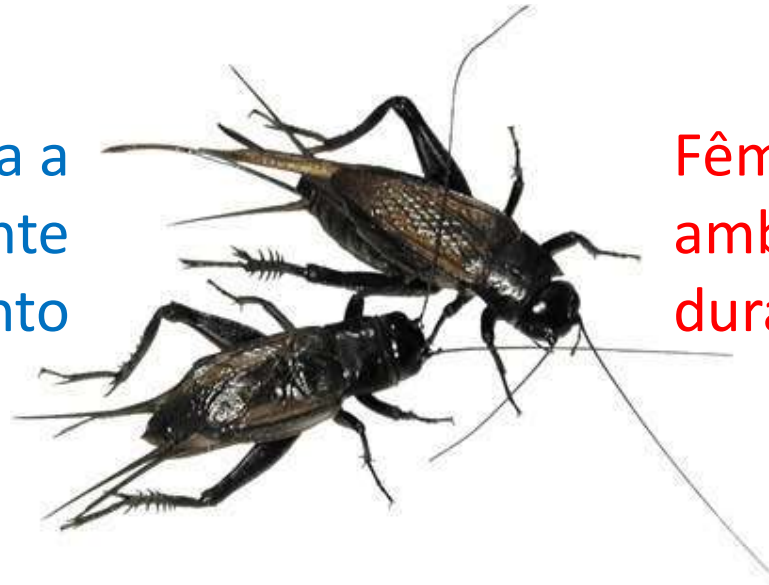
Silêncio

Teleogryllus oceanicus



Fêmea adulta exposta a canto de machos durante o desenvolvimento

Fêmea adulta exposta a ambiente silencioso durante o desenvolvimento



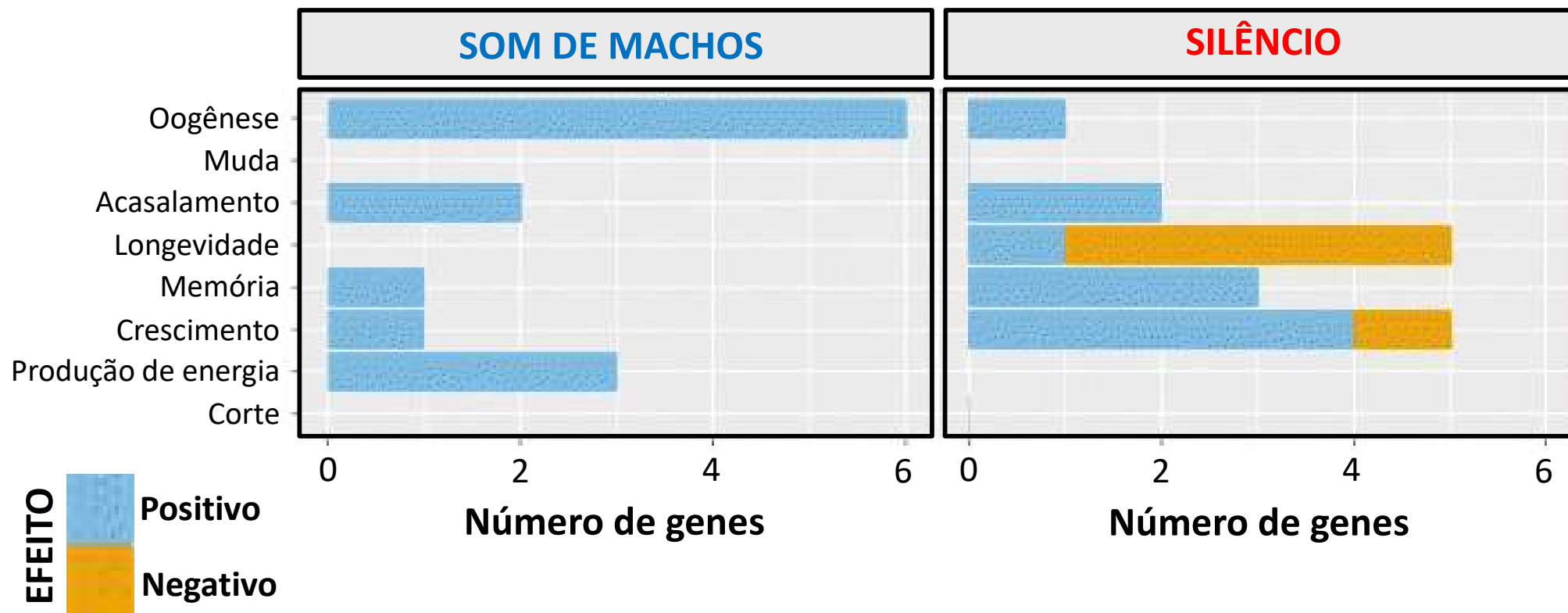
Bases genéticas do comportamento

Mudanças fisiológicas e comportamentais das fêmeas adultas

	Som de machos	Silêncio
Tempo para maturação	CURTO	LONGO

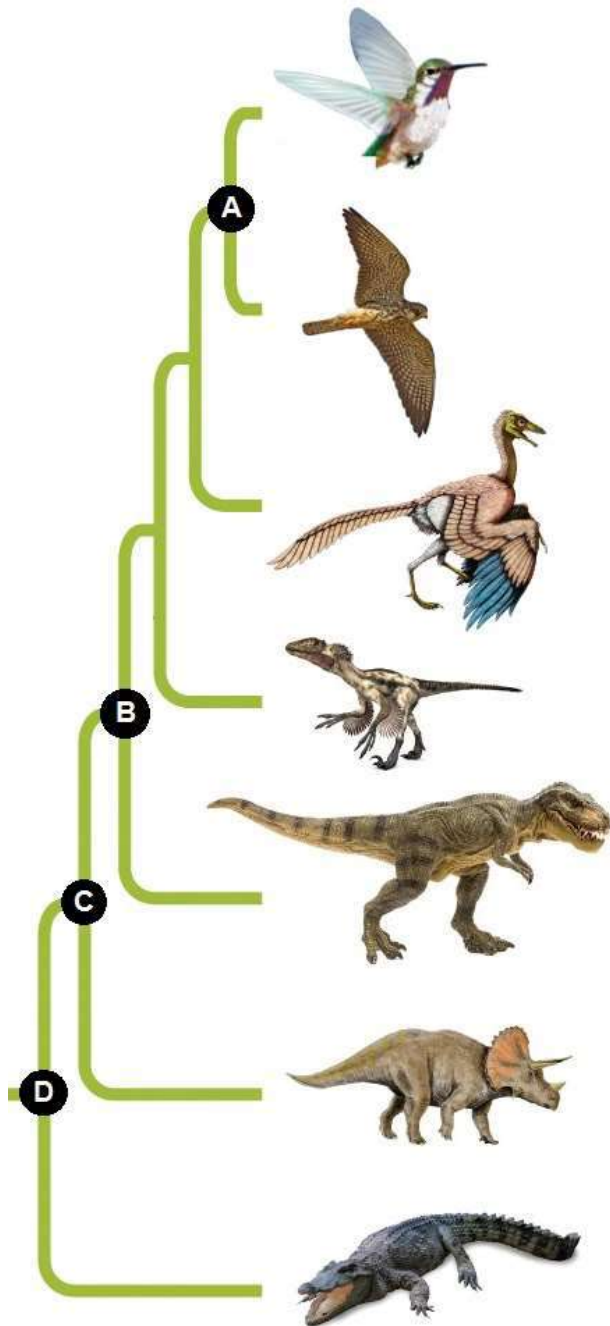
Bases genéticas do comportamento

Mudança na expressão gênica das fêmeas adultas



RESUMO DA ÓPERA

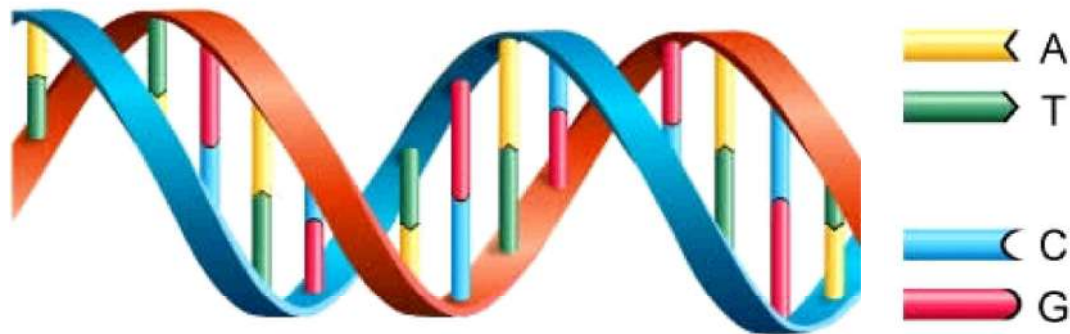
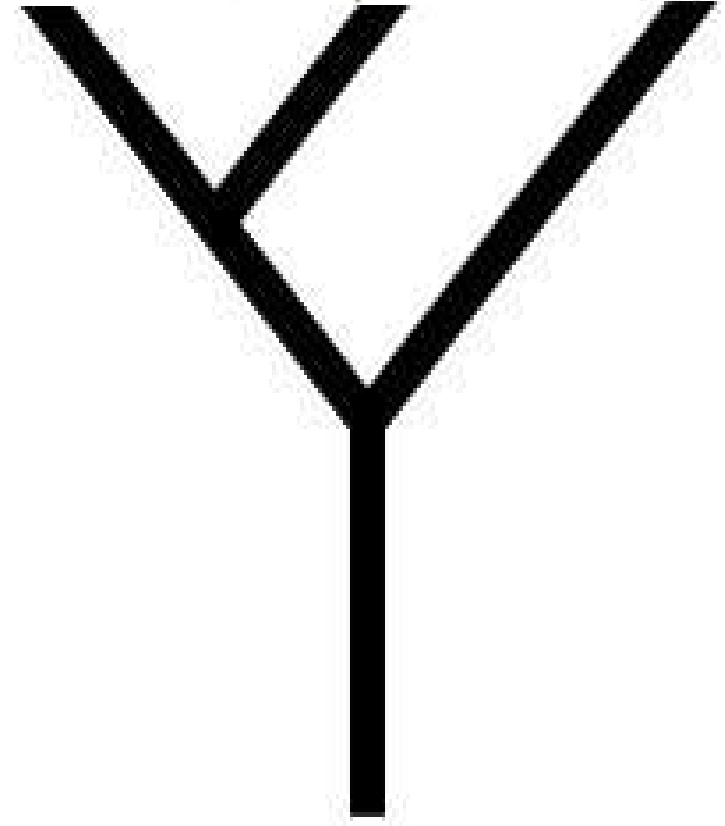
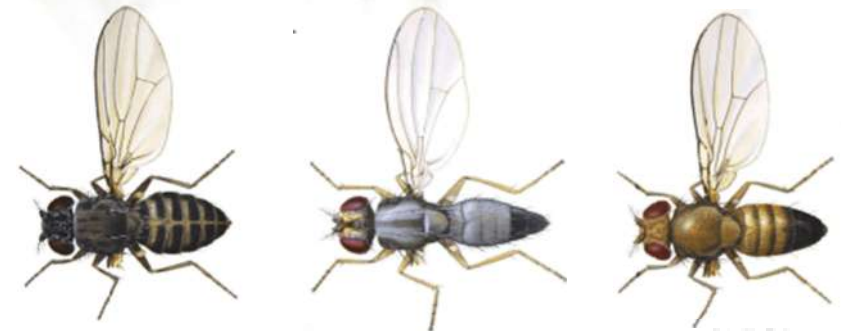
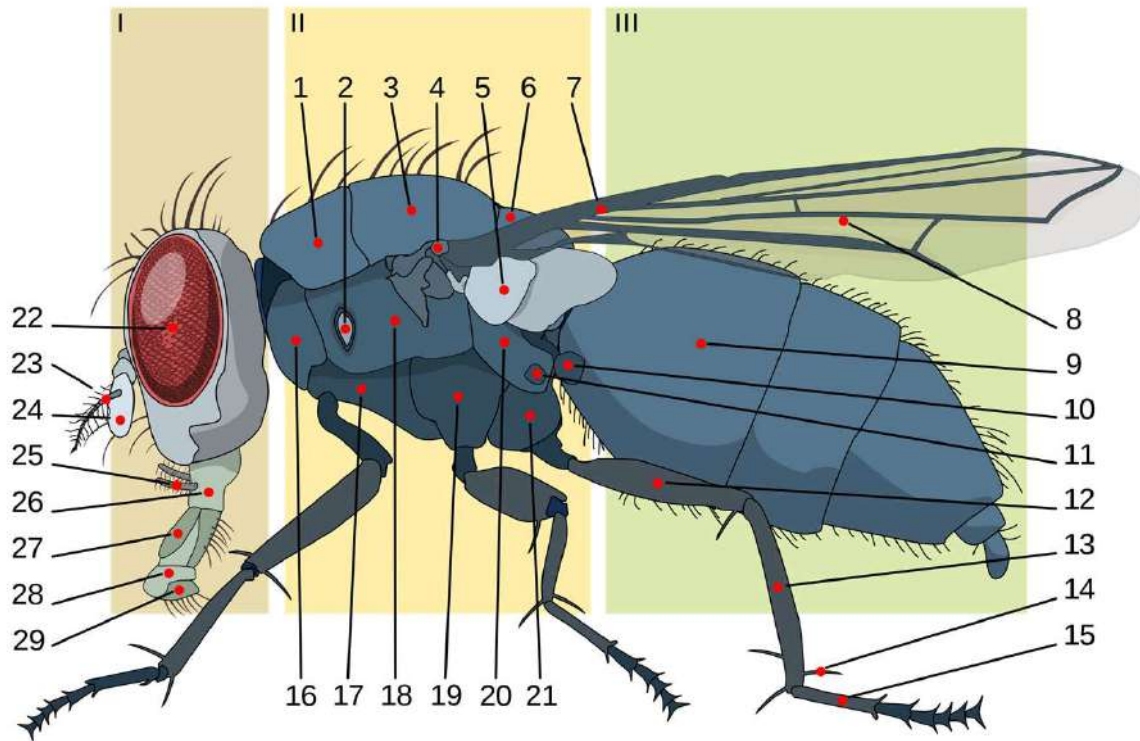
1. Comportamento é fenótipo e pode ter base genética
2. As evidências sobre a base genética do comportamento podem ser indiretas ou diretas
3. Existem comportamentos com herança monogênica (variação discreta) e poligênica (variação contínua)
4. Comportamentos respondem a condições ambientais, sejam elas abióticas ou bióticas



Reconstrução filogenética

- A** Voo
- B** Bipedalidade
- C** Endotermia
- D** Nidificação

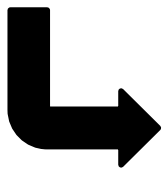
Aplicações: Reconstrução filogenética



Aplicações: Reconstrução filogenética

Caracteres comportamentais são piores do que caracteres morfológicos como indicadores de parentesco filogenético?

CRÍTICA 1. Os critérios para estabelecer homologia entre caracteres comportamentais são difíceis e subjetivos

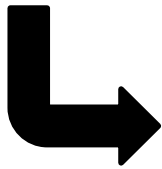


A dificuldade de reconhecer homologias entre caracteres comportamentais pode levar ao estabelecimento de **homoplasias**

Aplicações: Reconstrução filogenética

Caracteres comportamentais são piores do que caracteres morfológicos como indicadores de parentesco filogenético?

CRÍTICA 2. Caracteres comportamentais são muito plásticos e sujeitos a mudanças ao longo da história evolutiva



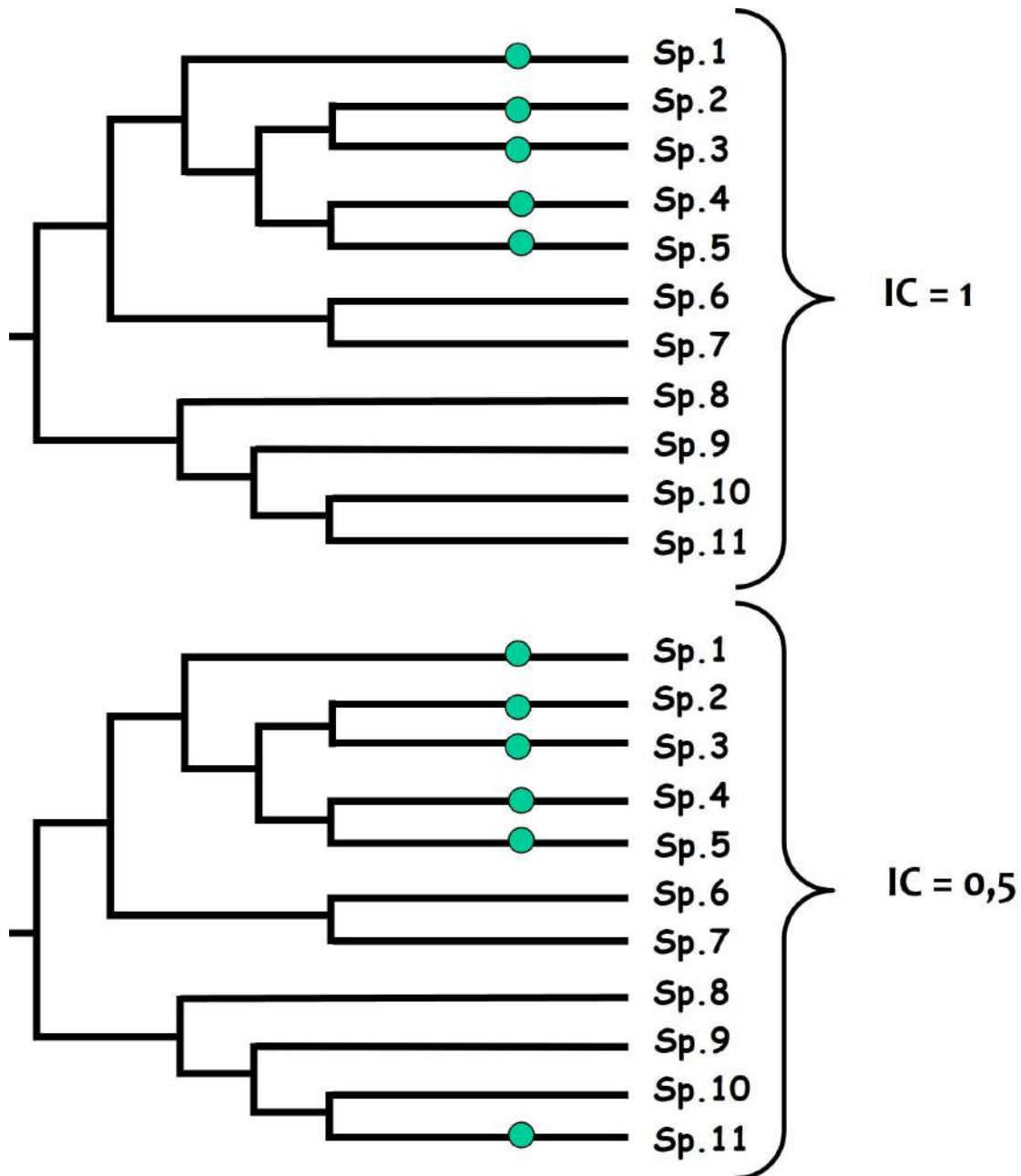
Mesmo que sejamos capazes de estabelecer a homologia entre caracteres comportamentais, ainda assim eles mostrariam maior **homoplasia** devido à labilidade inerente deste tipo de dado

Aplicações: Reconstrução filogenética

Caracteres comportamentais são piores do que caracteres morfológicos como indicadores de parentesco filogenético?

Hipótese: se caracteres comportamentais são mais plásticos e o estabelecimento de homologia é mais difícil do que caracteres morfológicos, árvores construídas exclusivamente com caracteres comportamentais devem apresentar **índice de consistência** significativamente mais baixo do que árvores construídas somente com caracteres morfológicos

Aplicações: Reconstrução filogenética

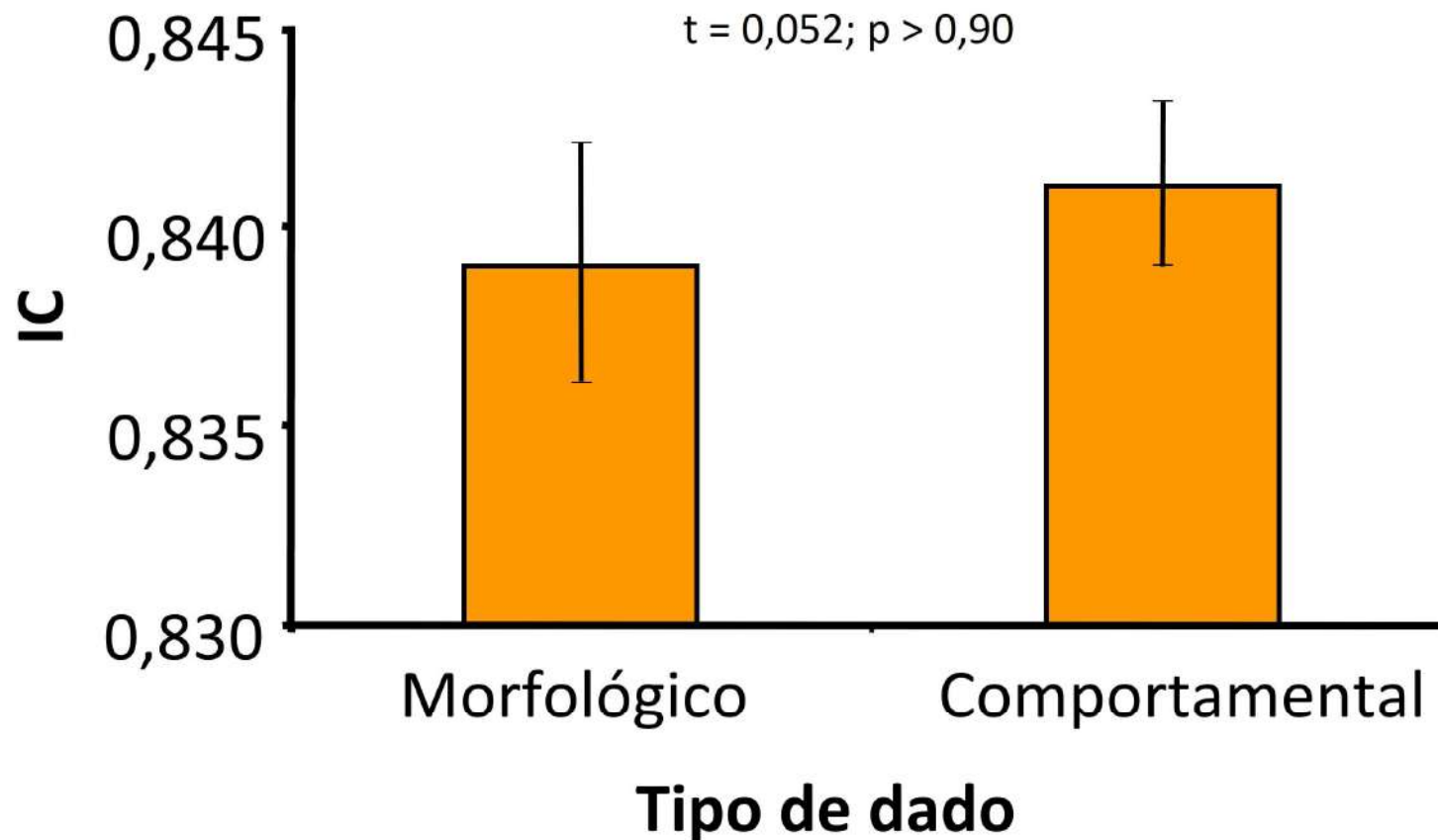


MÉTODO

- Foram usados 44 trabalhos: 8 contendo somente dados comportamentais e 36 contendo apenas dados morfológicos
- A média dos índices de consistência (IC) de árvores construídas com caracteres comportamentais e morfológicos foi comparada com um teste t

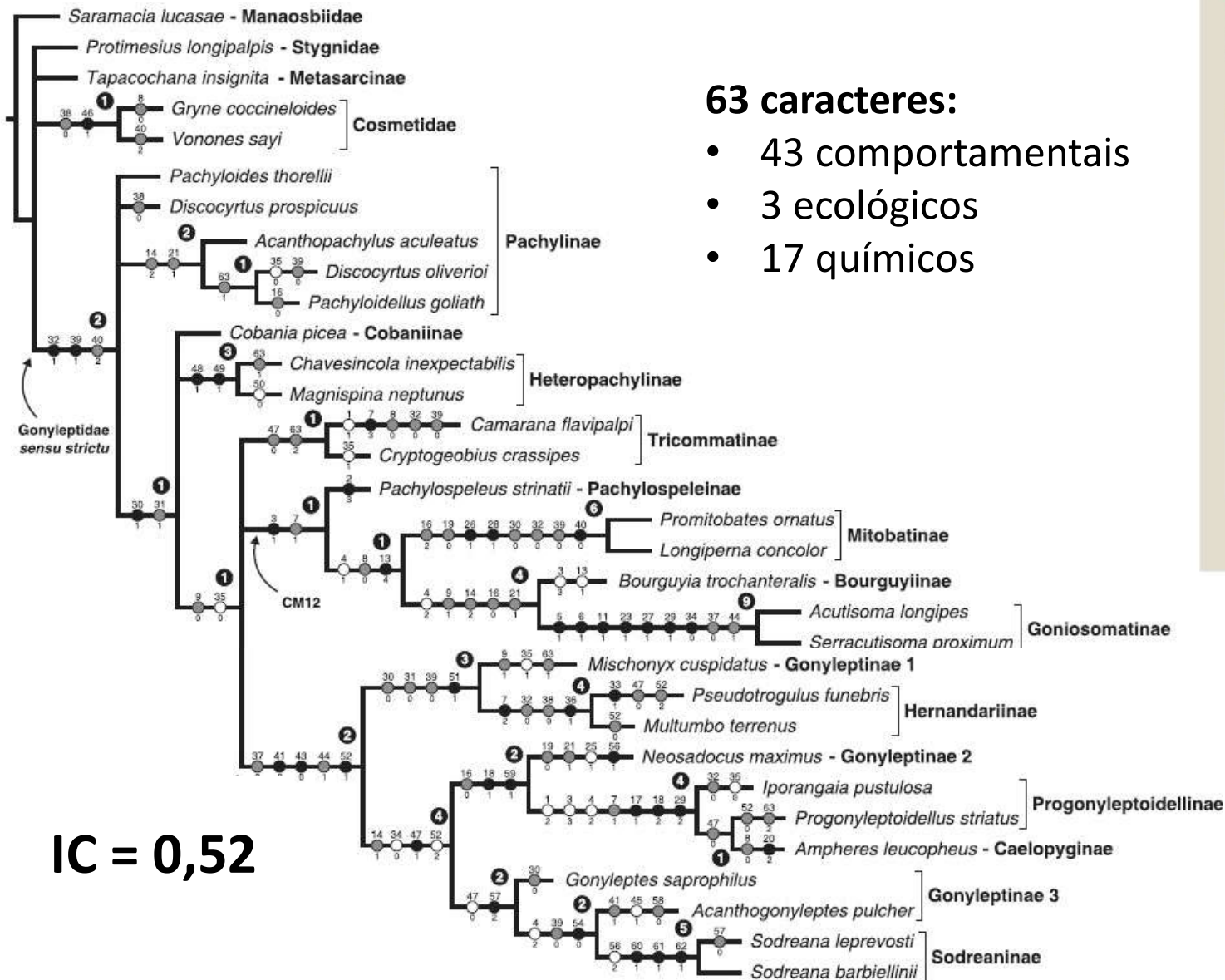
Aplicações: Reconstrução filogenética

Caracteres comportamentais são tão consistentes quanto caracteres morfológicos e sua utilização em estudos filogenéticos não deve ser descartada



Aplicações: Reconstrução filogenética

Gonyleptidae



Cladistics

VOLUME 29 • NUMBER 5 • OCTOBER 2013
ISSN 0748-3007

The International Journal of the Willi Hennig Society



WILEY
Blackwell
wileyonlinelibrary.com/journal/cla

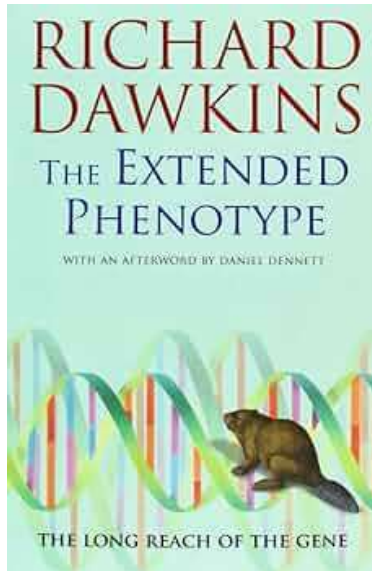
Caetano & Machado (2013)
Cladistics

Aplicações: Reconstrução filogenética

Comportamento já foi usado para elaborar filogenias de vários outros grupos



Aplicações: Reconstrução filogenética



Fenótipo Estendido

Manifestações de genes que ocorrem fora do organismo que possui esses genes



Aplicações



Domesticação

Aplicações: domesticação

Domesticação da raposa prateada



Vulpes vulpes



Dmitry Belyaev



Lyudmila Trut

Hipótese: a seleção para o **comportamento** em vez da morfologia pode ter sido o processo que produziu cães a partir dos lobos

Aplicações: domesticação

1959: 30 machos, 100 fêmeas selvagens



1. Teste avaliava o quão mansos eram os indivíduos
2. Os indivíduos mais mansos eram cruzados entre si
3. Os mais agressivos eram descartados
4. O procedimento durou 30 gerações

Aplicações: domesticação

MUDANÇAS COMPORTAMENTAIS

2° geração (1960)



1960

1975

Aproximação

Resposta agressiva a humanos começa a desaparecer



4° geração (1964)



Balanço da cauda

Alguns filhotes balançam a cauda e se aproximam voluntariamente



Afeto

Filhotes emitem sons, permitem carícias e serem carregados



6° geração (1966)



Afinidade completa

Filhotes seguem os humanos e os lambem



Aplicações: domesticação

MUDANÇAS COMPORTAMENTAIS

2° geração (1960)

4° geração (1964)

6° geração (1966)



1960

1975

Aproximação

Resposta agressiva a humanos começa a desaparecer



Balanço da cauda

Alguns filhotes balançam a cauda e se aproximam voluntariamente



Afeto

Filhotes emitem sons, permitem carícias e serem carregados



Afinidade completa

Filhotes seguem os humanos e os lambem



MUDANÇAS MORFOLÓGICAS

9° geração (1969)

13° geração (1973)

15° geração (1975)



Orelhas caídas

Filhotes têm orelhas caídas até o terceiro mês de vida

Variação de cor

Filhotes têm manchas brancas por todo o corpo

Cauda curvada

A cauda se curva para cima na presença de humanos

Cauda curta

Vértebras caudais são mais curtas e em menor número

Aplicações: domesticação

Selvagem

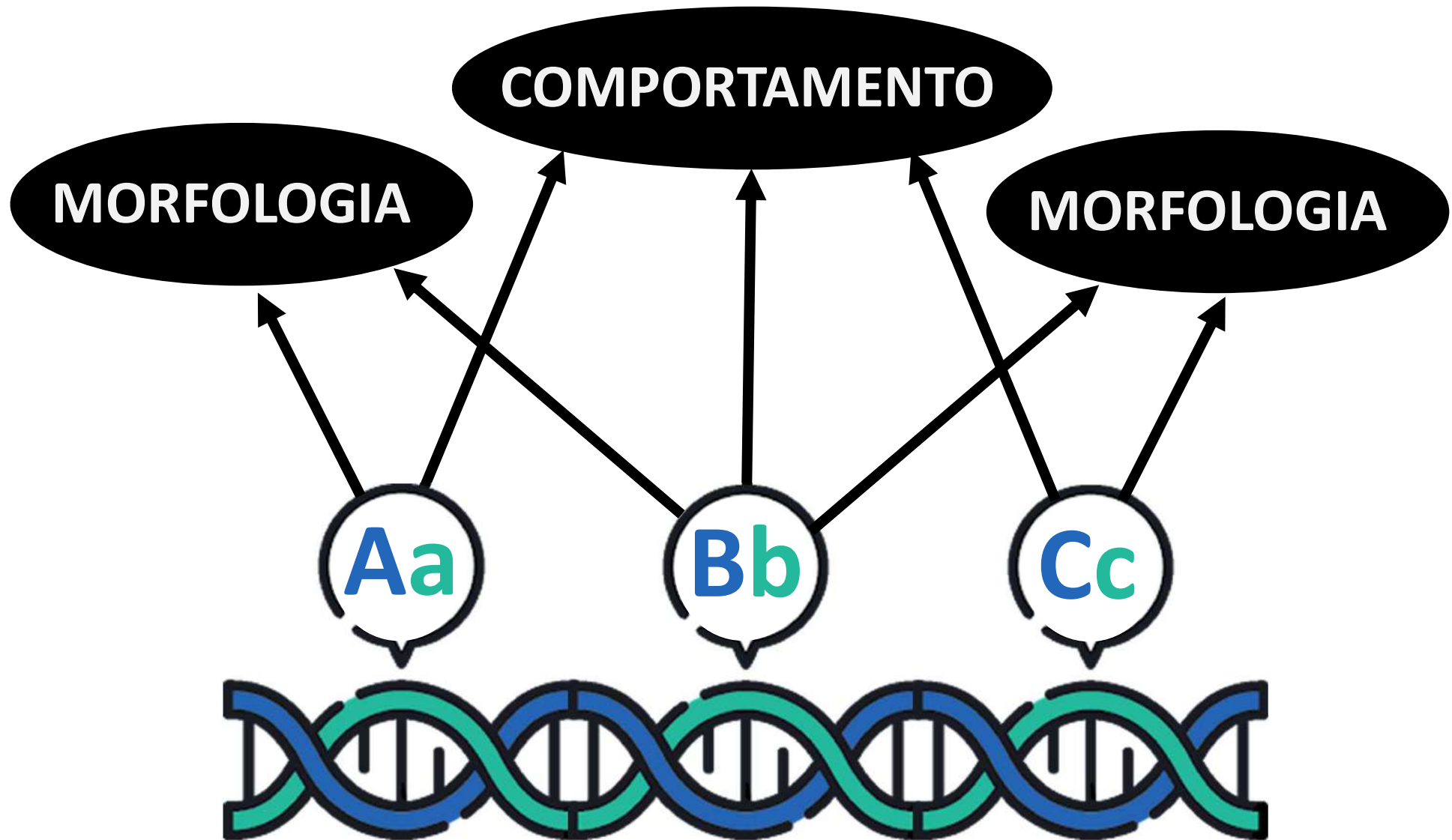


Domesticado



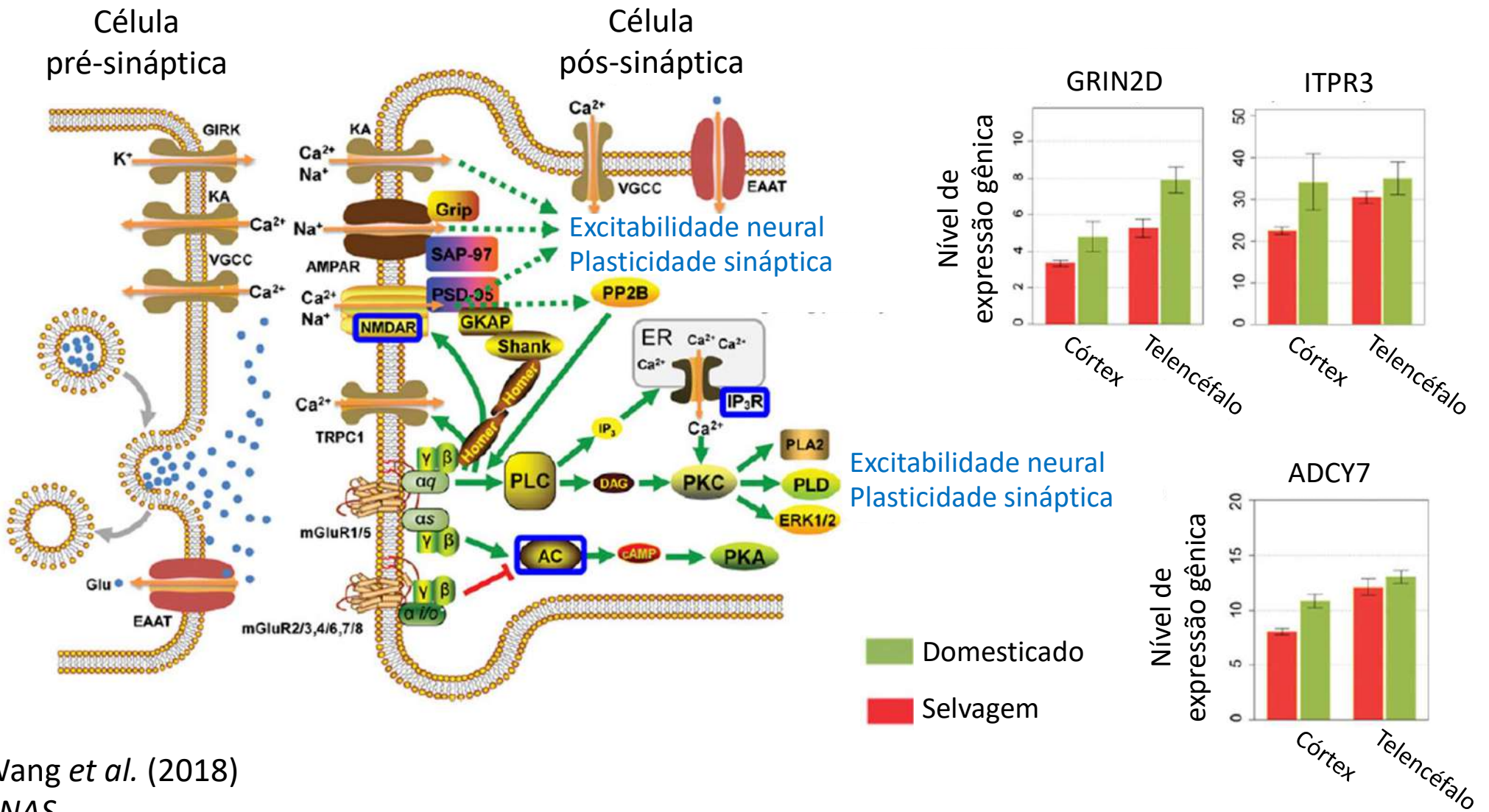
Aplicações: domesticação

EPISTASIA



Aplicações: domesticação

Diferenças na expressão gênica



RESUMO DA ÓPERA

1. Caracteres comportamentais podem ser codificados e usados para construção de filogenias
2. O fenótipo estendido é uma manifestação do comportamento que também pode ser usado em filogenias
3. É possível realizar seleção artificial em características comportamentais
4. A seleção artificial em uma característica pode ter efeitos em outros caracteres não selecionados (epistasia)