

Seleção natural

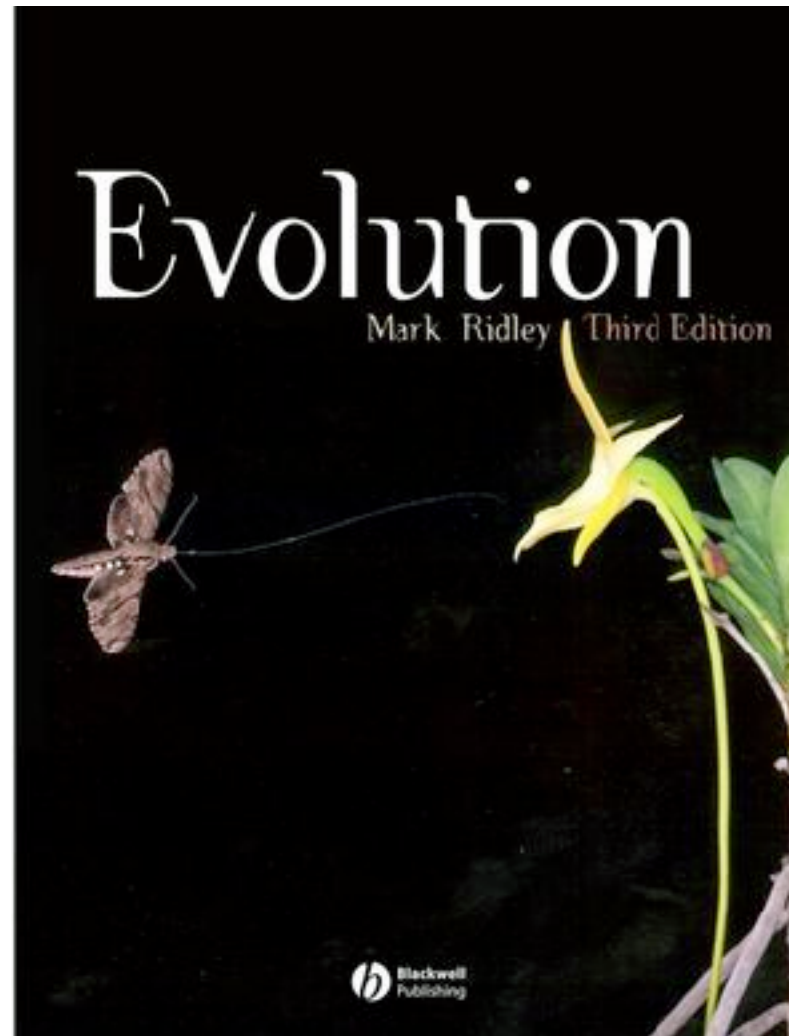
Bio 0208 - 2019

Diogo Meyer

Departamento de Genética e Biologia Evolutiva
Universidade de São Paulo

Leitura básica: Ridley 5.6, 5.7, 5.10,5.12

*Xanthopan morganii
praedicta*



Angraecum sesquipedale

Seleção Natural

Lembremos o quão complexas e ajustadas são as relações mútuas dos seres vivos uns aos outros e às suas condições físicas de vida. Seria então, improvável, pensar que variações úteis de algum modo a cada ser na grande e complexa batalha da vida, devam às vezes surgir ao longo de milhares de gerações? E se isso ocorre, podemos duvidar (lembrando que mais indivíduos nascem do que podem possivelmente sobreviver) que indivíduos com qualquer vantagem, por mais sutil que seja, sobre os outros, teriam uma melhor chance de sobreviver e procriar? Por outro lado, podemos ter certeza que qualquer variação minimamente prejudicial seria rigidamente rejeitada. Essa preservação das variações favoráveis e a rejeição das prejudiciais eu chamo de Seleção Natural.

Charles Darwin, em *A origem das espécies*, 1859

Visão contemporânea de seleção

Visão contemporânea de seleção

→ variação na população

Visão contemporânea de seleção

→ variação na população

→ variação contribui para a sobrevivência e reprodução diferencial

Visão contemporânea de seleção

- variação na população
- variação contribui para a sobrevivência e reprodução diferencial
- variação é herdável

Visão contemporânea de seleção

- variação na população
- variação contribui para a sobrevivência e reprodução diferencial
- variação é herdável

Haverá seleção natural

Quando há seleção natural?

Quando há seleção natural?

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	75	105	70

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	75	105	70
sobrevivência	1/2	1/2	1/2

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	75	105	70
sobrevivência	1/2	1/2	1/2

Não há seleção: probabilidade de sobrevivência é igual para todos genótipos

Quando há seleção natural?

Quando há seleção natural?

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	100	140	70

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	100	140	70
sobrevivência	$2/3$	$2/3$	$1/2$

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	100	140	70
sobrevivência	$2/3$	$2/3$	$1/2$
sobrevivência <u>normalizada</u>	1	1	$3/4$

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	100	140	70
sobrevivência	$2/3$	$2/3$	$1/2$
sobrevivência <u>normalizada</u>	1	1	$3/4$

Nesse exemplo:

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	100	140	70
sobrevivência	2/3	2/3	1/2
sobrevivência <u>normalizada</u>	1	1	3/4

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$

Quando há seleção natural?

Genótipo	AA	Aa	aa
ao nascimento	150	210	140
entre adultos	100	140	70
sobrevivência	2/3	2/3	1/2
sobrevivência <u>normalizada</u>	1	1	3/4

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s = 1/4$

Um modelo populacional para seleção natural (agora em proporções)

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s=0,25$
- “s” Mede decréscimo de sobrevivência devido a seleção.

Um modelo populacional para seleção natural (agora em proporções)

Genótipo	AA	Aa	aa
----------	----	----	----

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s=0,25$
- “s” Mede decréscimo de sobrevivência devido a seleção.

Um modelo populacional para seleção natural (agora em proporções)

Genótipo	AA	Aa	aa
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s=0,25$
- “s” Mede decréscimo de sobrevivência devido a seleção.

Um modelo populacional para seleção natural (agora em proporções)

Genótipo	AA	Aa	aa
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Valor adaptativo relativo	W_{AA}/W_{AA}	W_{Aa}/W_{AA}	W_{aa}/W_{AA}

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s=0,25$
- “s” Mede decréscimo de sobrevivência devido a seleção.

Um modelo populacional para seleção natural (agora em proporções)

Genótipo	AA	Aa	aa
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Valor adaptativo relativo	W_{AA}/W_{AA}	W_{Aa}/W_{AA}	W_{aa}/W_{AA}
Em função de "s"	1	1	1-s

Nesse exemplo:

- **Valores adaptativos** $W_{AA} = 1$; $W_{Aa} = 1$; $W_{aa} = 3/4$
- **Coeficiente seletivo** é $s=0,25$
- “s” Mede decréscimo de sobrevivência devido a seleção.

O modelo genético de seleção

Parâmetro do modelo evolutivo	No modelo de seleção
Tamanho da população	Infinitamente grande
Cruzamento	aleatório
Sobrevivência e reprodução dos genótipos	Diferente entre genótipos
mutação e migração	Não há

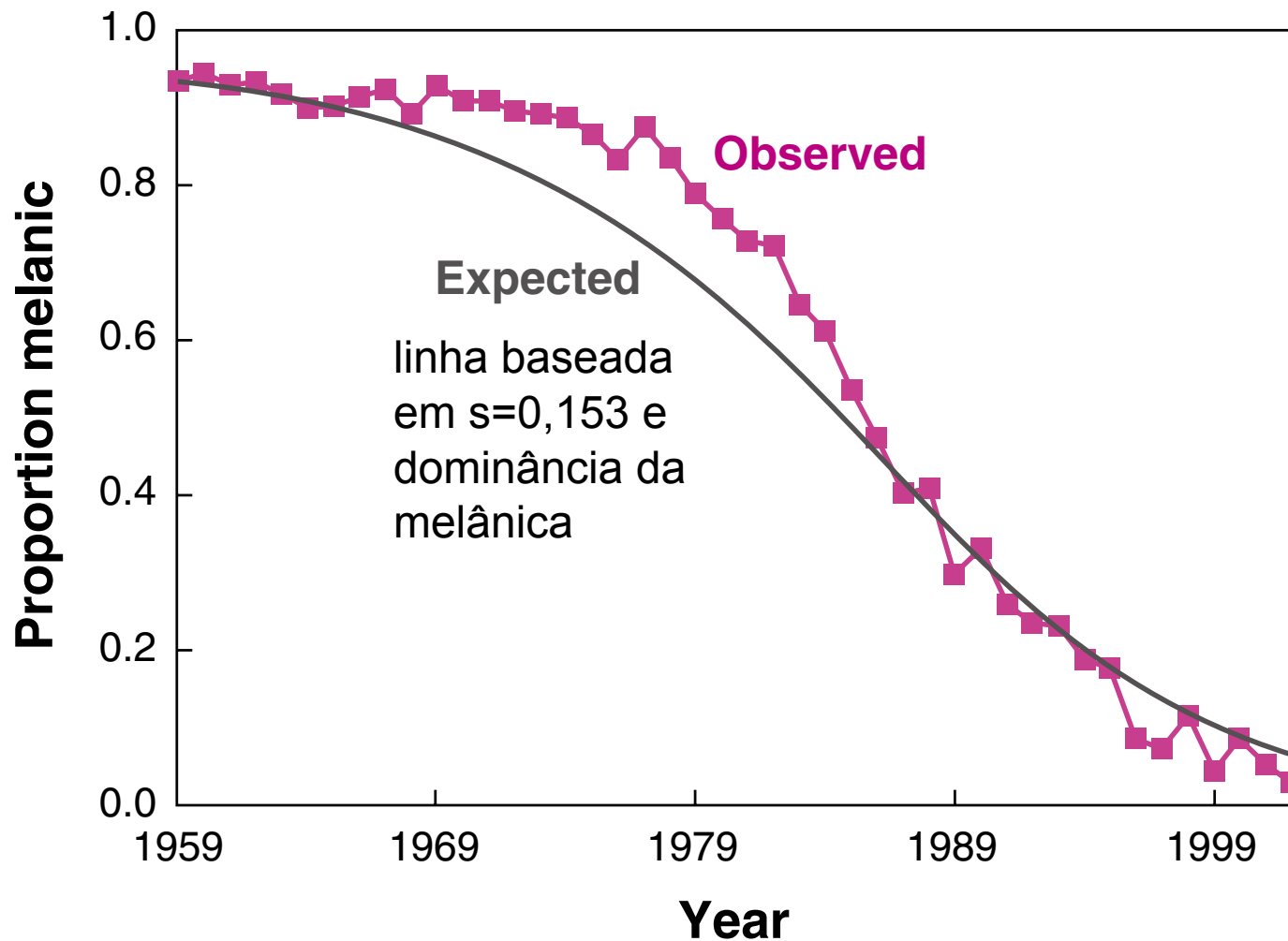
Um modelo populacional para seleção natural

Um modelo populacional para seleção natural

Genótipo	AA	Aa	aa
Valor adaptativo	1	1	1-s

Exemplo de seleção

Redução de forma melânica de *Biston betularia* em regiões sem poluição, na Inglaterra.



Forma melânica



Forma não melânica

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	f_A^2	$2f_A f_a$	f_a^2

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	f_A^2	$2f_A f_a$	f_a^2
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	f_A^2	$2f_A f_a$	f_a^2
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Entre adultos	$f_A^2 W_{AA}$	$2f_A f_a W_{Aa}$	$f_a^2 W_{aa}$

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	f_A^2	$2f_A f_a$	f_a^2
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Entre adultos	$f_A^2 W_{AA}$	$2f_A f_a W_{Aa}$	$f_a^2 W_{aa}$
Entre adultos normalizado	$\frac{f_A^2 W_{AA}}{\bar{W}}$	$\frac{2f_A f_a W_{Aa}}{\bar{W}}$	$\frac{f_a^2 W_{aa}}{\bar{W}}$

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	f_A^2	$2f_A f_a$	f_a^2
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Entre adultos	$f_A^2 W_{AA}$	$2f_A f_a W_{Aa}$	$f_a^2 W_{aa}$
Entre adultos normalizado	$\frac{f_A^2 W_{AA}}{\bar{W}}$	$\frac{2f_A f_a W_{Aa}}{\bar{W}}$	$\frac{f_a^2 W_{aa}}{\bar{W}}$

$$\bar{W} = f_A^2 W_{AA} + 2f_A f_a W_{Aa} + f_a^2 W_{aa}$$

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	f_A^2	$2f_A f_a$	f_a^2
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Entre adultos	$f_A^2 W_{AA}$	$2f_A f_a W_{Aa}$	$f_a^2 W_{aa}$
Entre adultos normalizado	$\frac{f_A^2 W_{AA}}{\bar{W}}$	$\frac{2f_A f_a W_{Aa}}{\bar{W}}$	$\frac{f_a^2 W_{aa}}{\bar{W}}$

$$\bar{W} = f_A^2 W_{AA} + 2f_A f_a W_{Aa} + f_a^2 W_{aa}$$

$$f_A' = \frac{f_A^2 W_{AA} + f_A f_a W_{Aa}}{\bar{W}}$$

Um modelo populacional para seleção natural

	AA	Aa	aa
Ao nascimento	f_A^2	$2f_A f_a$	f_a^2
Valor adaptativo	W_{AA}	W_{Aa}	W_{aa}
Entre adultos	$f_A^2 W_{AA}$	$2f_A f_a W_{Aa}$	$f_a^2 W_{aa}$
Entre adultos normalizado	$\frac{f_A^2 W_{AA}}{\bar{W}}$	$\frac{2f_A f_a W_{Aa}}{\bar{W}}$	$\frac{f_a^2 W_{aa}}{\bar{W}}$

$$\bar{W} = f_A^2 W_{AA} + 2f_A f_a W_{Aa} + f_a^2 W_{aa}$$

$$f_A' = \frac{f_A^2 W_{AA} + f_A f_a W_{Aa}}{\bar{W}}$$

$$f_a' = \frac{f_a^2 W_{aa} + f_A f_a W_{Aa}}{\bar{W}}$$

Diversos regimes seletivos

Diversos regimes seletivos

Diversos regimes seletivos

AA	Aa	aa	Alelo vantajoso	Alelo deletério
1	1	1-s	dominante	recessivo
1	1-s	1-s	recessivo	dominante

Diversos regimes seletivos

AA	Aa	aa	Alelo vantajoso	Alelo deletério
1	1	1-s	dominante	recessivo
1	1-s	1-s	recessivo	dominante
1	1-(s/2)	1-s	aditivo	

Diversos regimes seletivos

AA	Aa	aa	Alelo vantajoso	Alelo deletério
1	1	1-s	dominante	recessivo
1	1-s	1-s	recessivo	dominante
1	$1-(s/2)$	1-s	aditivo	
1-s	1	1-s	vantagem do heterozigoto	

Diversos regimes seletivos

AA	Aa	aa	Alelo vantajoso	Alelo deletério
1	1	1-s	dominante	recessivo
1	1-s	1-s	recessivo	dominante
1	1-(s/2)	1-s	aditivo	
1-s	1	1-s	vantagem do heterozigoto	
1-s	1	1-t	vantagem do heterozigoto	

Diversos regimes seletivos

AA	Aa	aa	Alelo vantajoso	Alelo deletério
1	1	1-s	dominante	recessivo
1	1-s	1-s	recessivo	dominante
1	1-(s/2)	1-s	aditivo	
1-s	1	1-s	vantagem do heterozigoto	
1-s	1	1-t	vantagem do heterozigoto	
1	1-s	1	desvantagem do heterozigoto	

HORA DO LANCHE



Ideias importantes sobre o modelo básico de seleção

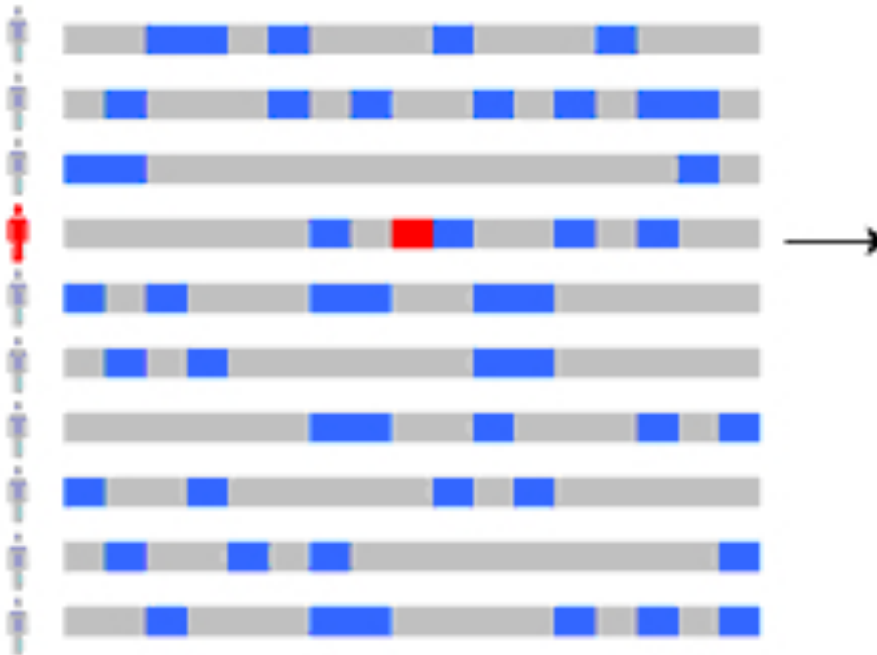
1. Como detectar?

2. Indo além de nosso modelo simples.

Como detectar seleção?

Diversidade reduzida

Antes da seleção

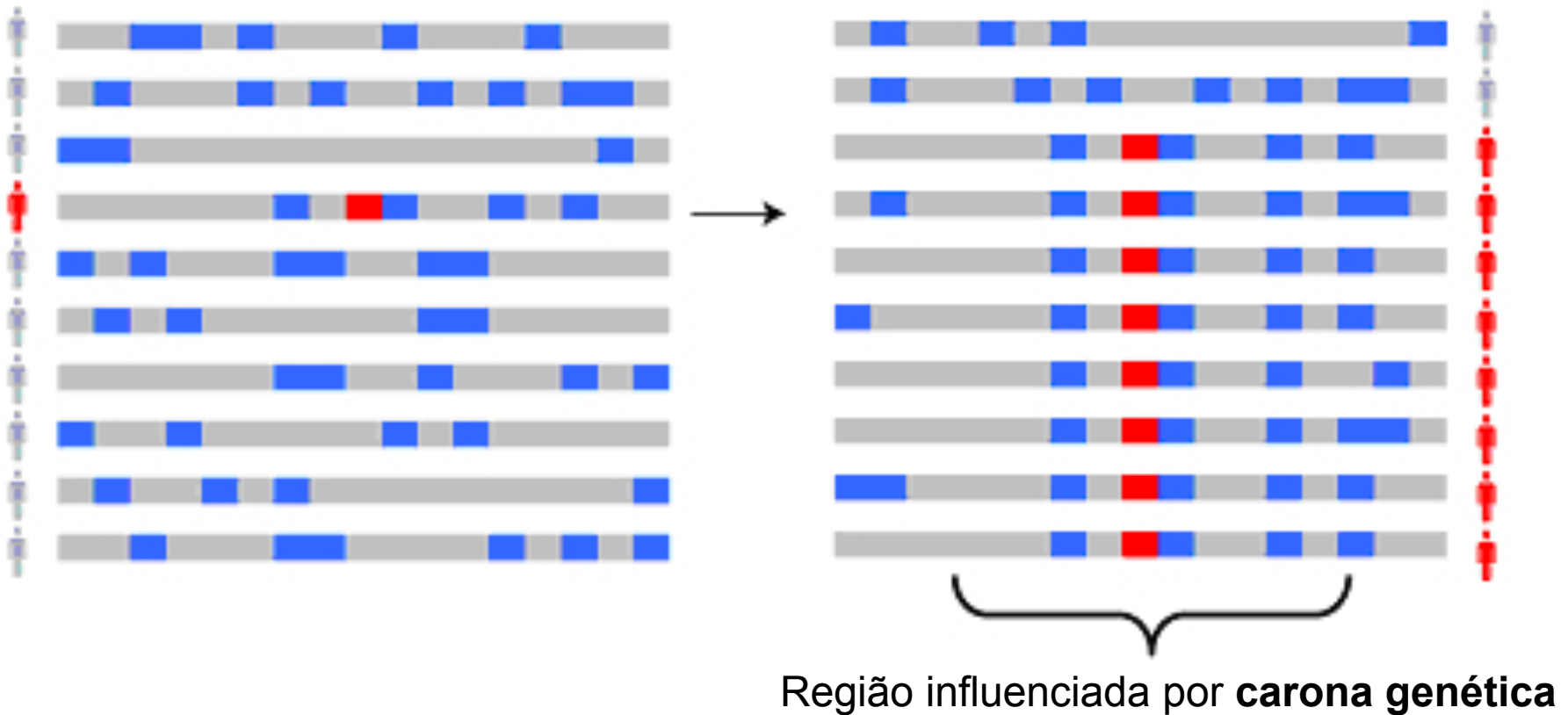


Como detectar seleção?

Diversidade reduzida

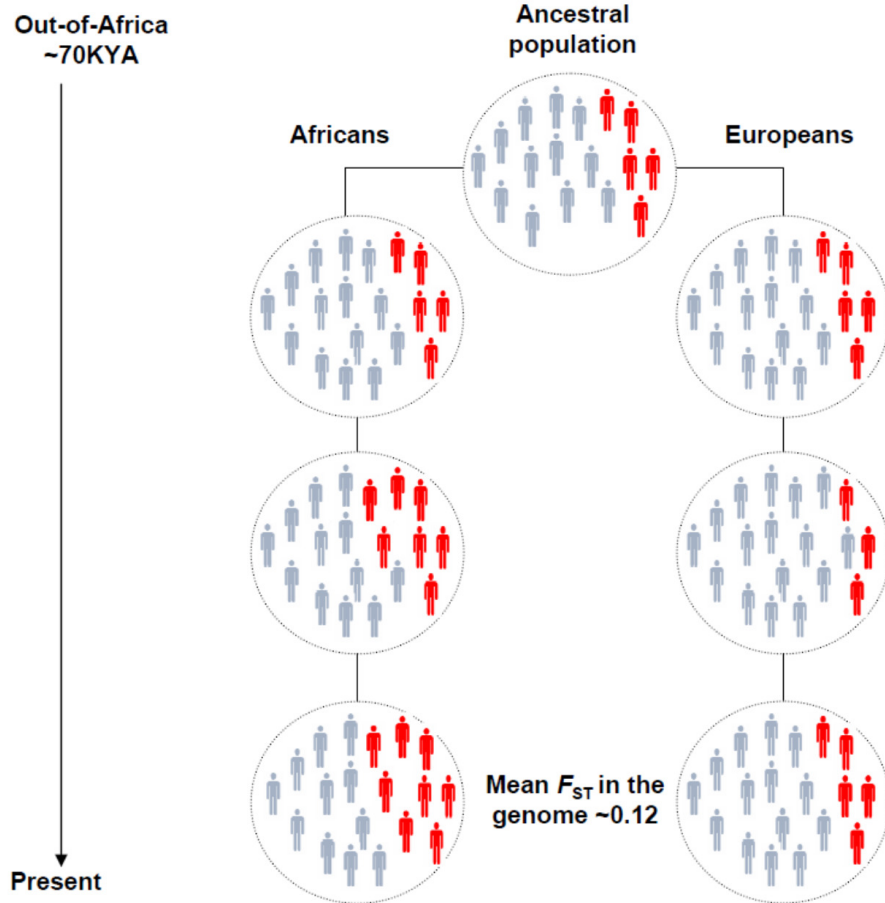
Antes da seleção

Depois da seleção



Como detectar seleção?

Diferenciação aumentada

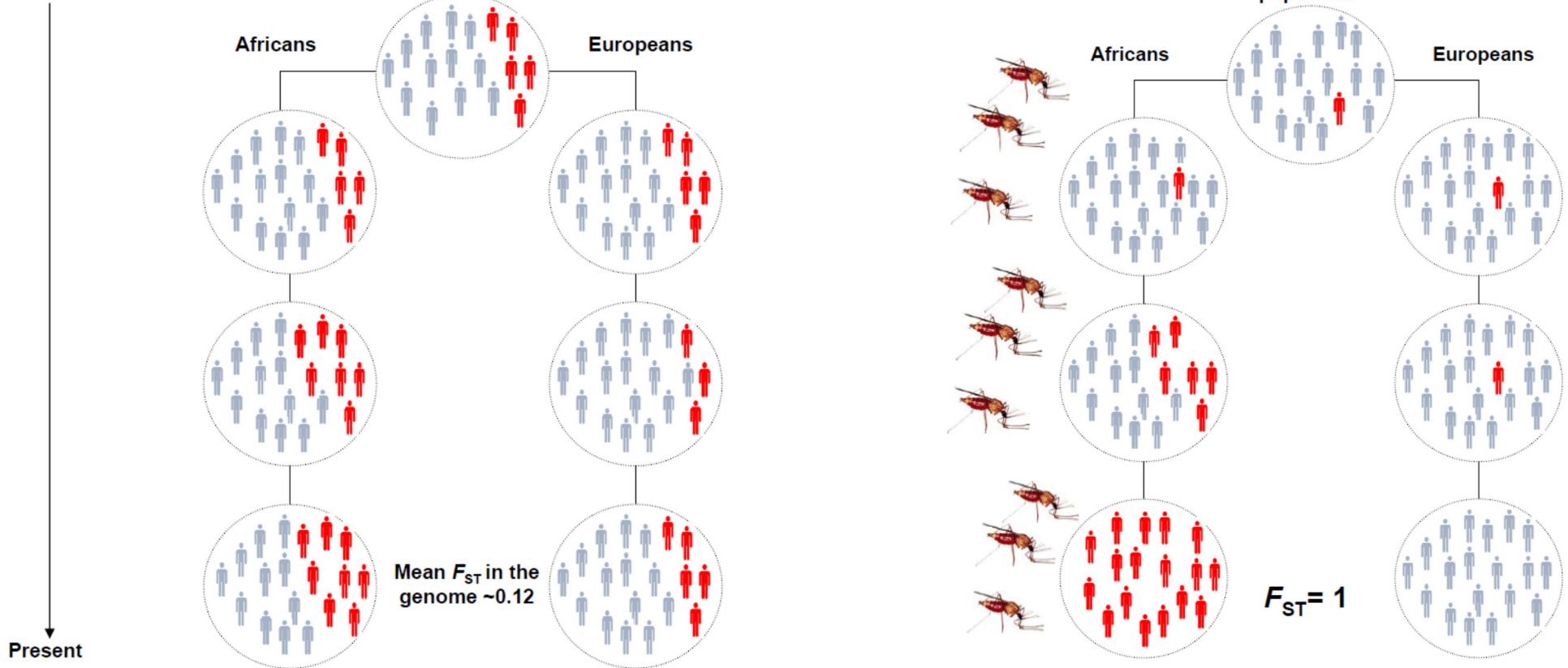


Só com deriva

Como detectar seleção?

Diferenciação aumentada

Out-of-Africa
~70KYA

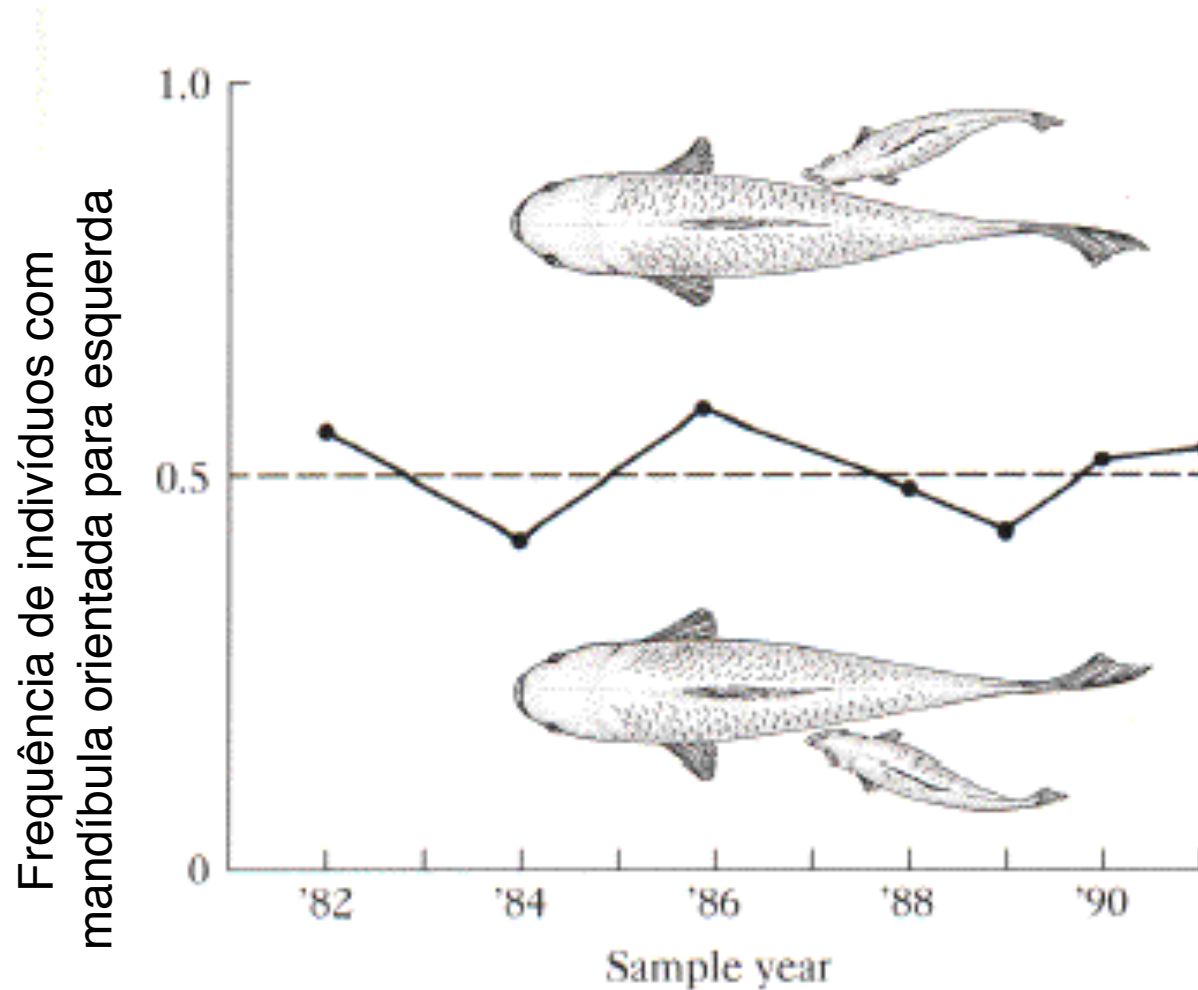


Só com deriva

Com seleção

Além do modelo simples

1. Seleção dependente de frequência



Traço é mais vantajoso quando raro, menos vantajoso quando comum

Além do modelo simples

2. Valor adaptativo muda conforme ambiente

Com antibiótico:

Com alelos de resistência: $W=1$

Sem alelo de resistência $W=0$

Sem antibiótico:

Com alelos de resistência: $W=0,5$

Sem alelo de resistência $W=1$

Pleiotropia: um mesmo gene influencia vários fenótipos

Além do modelo simples

3. Seleção natural e seleção sexual conjuntamente contribuem para o valor adaptativo



Seleção sexual

Além do modelo simples

3. Seleção natural e seleção sexual conjuntamente contribuem para o valor adaptativo



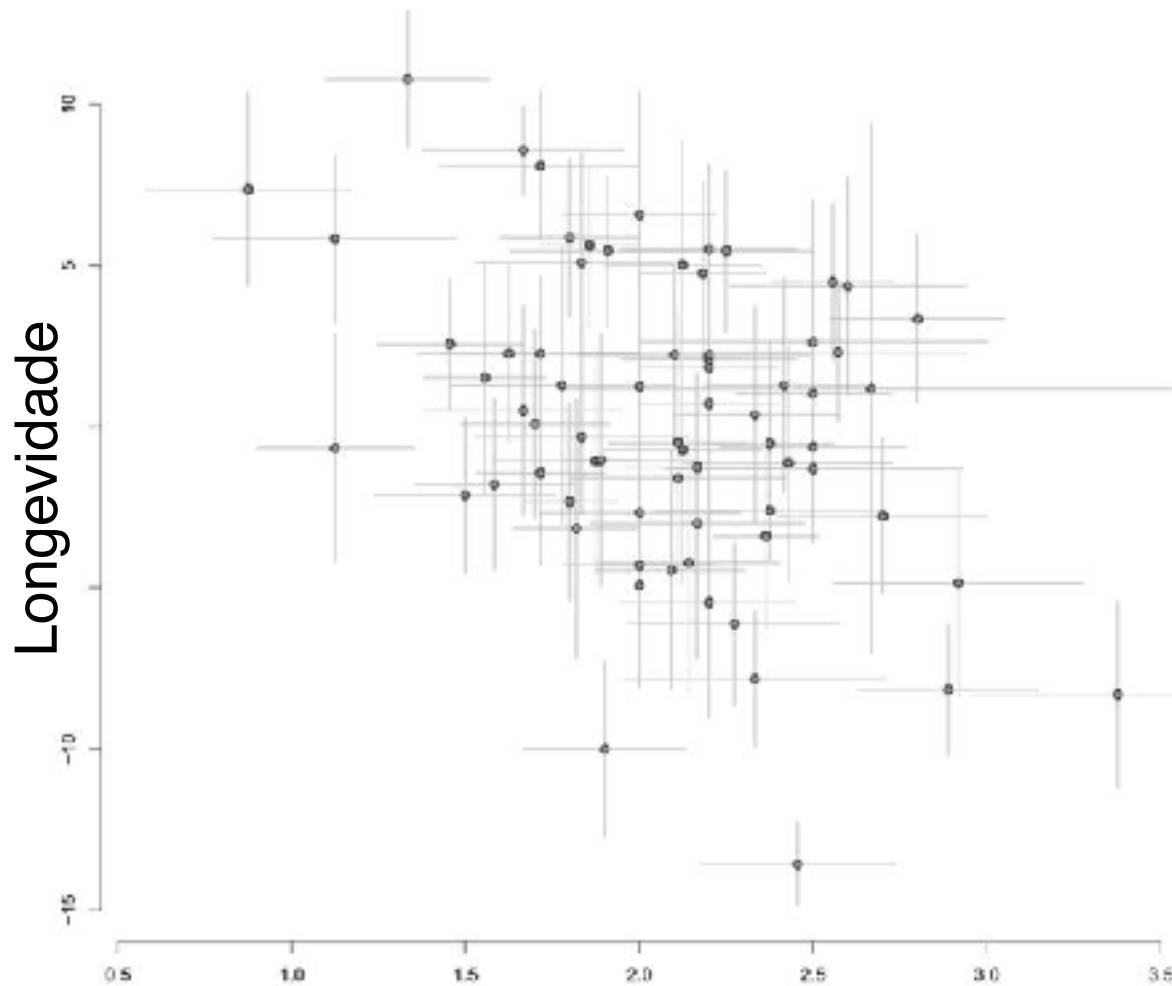
Seleção sexual



Seleção natural

Além do modelo simples

4. Tanto **sobrevivência** como **fecundidade** importam. Relações são complexas.



Drosophila melanogaster: live fast and die young

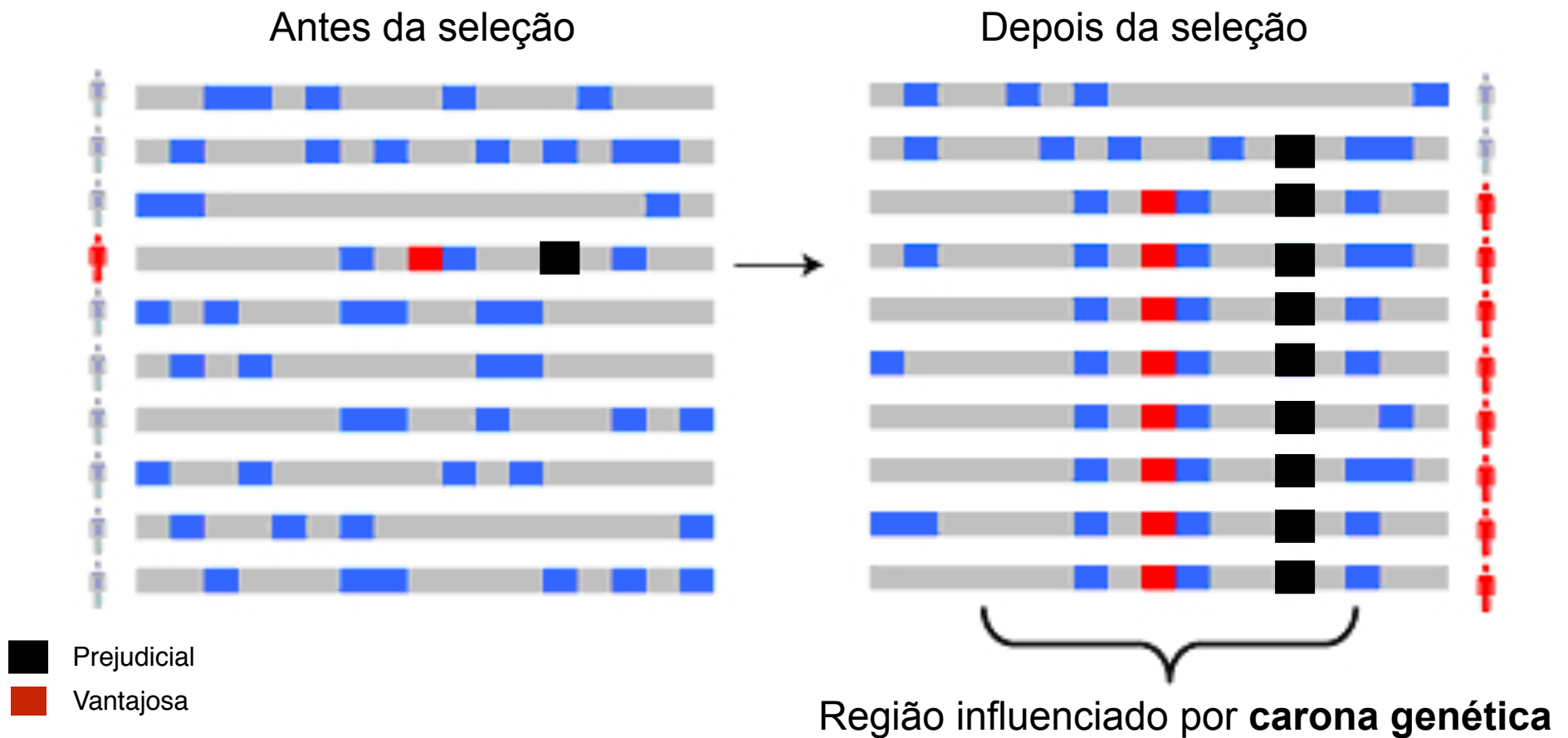
Frequência de acasalamento juvenil

Travers et al. 2015.

<https://www.nature.com/articles/srep15469>

Além do modelo simples

5. Contexto genômico: alelo prejudicial pode aumentar



Além do modelo simples

6. Seleção com epistasia

	<i>bI/bI</i>	<i>bI/BL</i>	<i>BL/BL</i>
<i>td/td</i>	0.79	1	0.83

Além do modelo simples

6. Seleção com epistasia

	<i>bI/bI</i>	<i>bI/BL</i>	<i>BL/BL</i>
<i>td/td</i>	0.79	1	0.83
<i>td/TD</i>	0.67	1	0.9

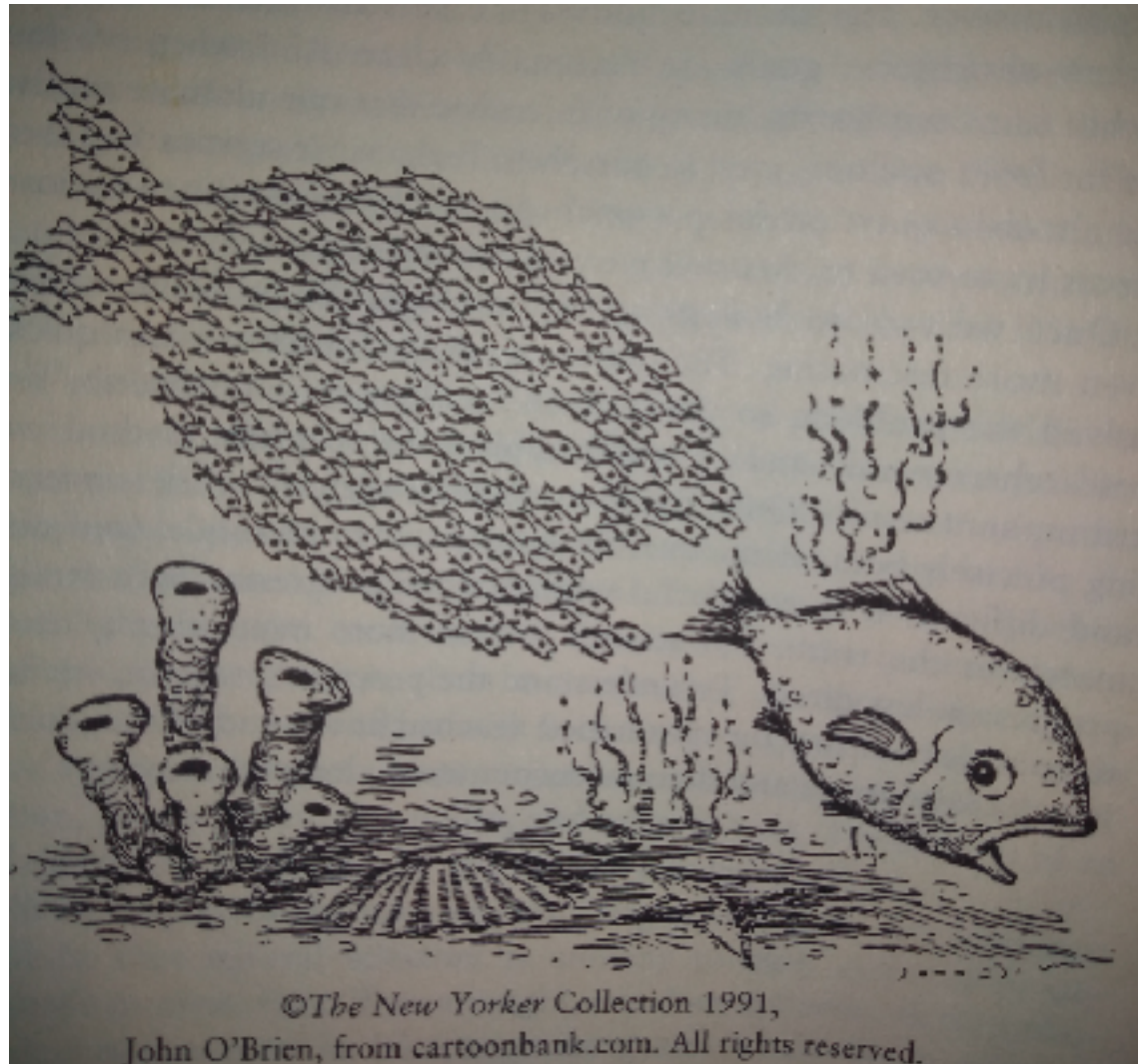
Além do modelo simples

6. Seleção com epistasia

	<i>bI/bI</i>	<i>bI/BL</i>	<i>BL/BL</i>
<i>td/td</i>	0.79	1	0.83
<i>td/TD</i>	0.67	1	0.9
<i>TD/TD</i>	0.66	0.66	1.0

Além do modelo simples

7. Seleção sobre grupos ou indivíduos?



Conceitos chave

- Podemos estabelecer um modelo determinístico de seleção, que prevê **mudança de p**
- Usamos **várias abordagens** para detectar seleção
- Há importantes **desafios aos modelos**: carona, pleiotropia, epistasia, tipos de seleção, dependência de frequência.