

LIGAÇÃO GÊNICA

(3ª LEI DA GENÉTICA)

- **Introdução:**

.2ª Lei: Mendel estudou 7 caracteres em ervilha que quando analisados 2 a 2 segregavam independentemente; da autofecundação de duplo-heterozigotos ou do cruzamento teste com os mesmos resultavam descendências que se distribuíam em classes fenotípicas bem definidas (9 : 3 : 3 : 1 ou 1 : 1 : 1 : 1)

.Porém, quando se estudou um 8º caráter em ervilha obtiveram-se em F2 proporções diferentes das esperadas:

P: Lisa com gavinha x Rugosa sem gavinha
(RRGG) (rrgg)

F1: Lisa com gavinha
(RrGg) ⊗

F2: Lisa com gavinha 448
Lisa sem gavinha 7
Rugosa com gavinha 5
Rugosa sem gavinha 140

recombinantes

Parentais



LIGAÇÃO GÊNICA

- .Os resultados de F2 não se ajustam a qualquer das relações fenotípicas estudadas até agora; há um excesso dos tipos parentais e uma escassez de recombinantes, sugerindo não estar havendo segregação independente.

.Se tais genes não estão em cromossomos diferentes (não segregam independente/) admite-se que estejam localizados no mesmo cromossomo: desta forma, os mesmos transmitiram-se juntos, já que o cromossomo é a unidade que se transmite.

. Este fenômeno nada tem de surpreendente. Os organismos têm milhares de genes e apenas alguns pares de cromossomos. É lógico se admitir então, que muitos genes estejam localizados num mesmo cromossomo

LIGAÇÃO GÊNICA

- . Essa tendência de genes que estão no mesmo cromossomo permanecerem juntos foi denominada por MORGAN (1910) de **LIGAÇÃO** (linkage). Ela pode ser completa (absoluta) ou incompleta (parcial). No primeiro caso os genes estão muito próximos no cromossomo e sempre aparecem juntos, nunca apresentando recombinações (crossing-over). No segundo, eles se separam algumas vezes, mostrando novas combinações (recombinantes).

. A maneira usada pelos geneticistas para indicar que ocorre ligação é a notação fracionária, colocando no numerador os genes que estão num mesmo cromossomo e no denominador os que estão no homólogo:

LIGAÇÃO GÊNICA

- Exemplo : Cruzamento Teste com F1 duplo heterozigoto

	F1 Lisa com gavinha $\frac{RG}{rg}$	x	Rugosa sem gavinha $\frac{rg}{rg}$	
RC1	Lisa com gavinha $\frac{RG}{rg}$	494	Parentais (98%)	
	Rugosa sem gavinha $\frac{rg}{rg}$	486		
	Lisa sem gavinha $\frac{Rg}{rg}$	8	Recombinantes (2%)	
	Rugosa com gavinha $\frac{rG}{rg}$	12		

LIGAÇÃO GÊNICA

- . Dois pares de genes que se apresentam ligados podem estar arranjados em 2 formas distintas : (1) os dois alelos dominantes e os 2 recessivos, dos 2 pares, apresentam-se juntos em um membro do par de cromossomos = fase de **ASSOCIAÇÃO** (ou arranjo CIS) ou, (2) o alelo dominante de um par e o recessivo do outro (ou vice-versa) apresentam-se juntos num mesmo cromossomo = fase de **REPULSÃO** (ou arranjo TRANS).
- Exemplo

ASSOCIAÇÃO

$$P \quad \frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab}$$

$$F1 \quad \frac{AB}{ab}$$

REPULSÃO

$$P \quad \frac{Ab}{Ab} \times \frac{aB}{aB}$$

$$F1 \quad \frac{Ab}{aB}$$

LIGAÇÃO GÊNICA

- **2 – COMPARAÇÃO ENTRE A 2ª E A 3ª LEI**
 - . Resultados de cruzamentos envolvendo 2 pares de genes localizados em cromossomos diferentes (2ª Lei) e, 2 pares de genes localizados no mesmo cromossomo (3ª Lei) **Ver Quadro 1**
- **3 – ENUNCIADO DA 3ª LEI**
 - . Cruzando-se 2 indivíduos de raças puras que se distinguem em 2 ou mais pares de genes localizados no mesmo cromossomo, vamos obter:
 - a) Uma geração F1 homogênea e heterozigota
 - b) Uma segregação gônica onde as combinações **parentais** são mais frequentes que as combinações novas (recombinações), sendo que a frequência de **recombinantes** “ c “ varia de 0 a 0,5.

LIGAÇÃO GÊNICA

- Quando $c = 0$ temos a chamada ligação absoluta, isto é, os genes estão tão próximos no cromossomo que não há probabilidade de aparecerem recombinantes. Quando $c = 0,5$ os genes estão muito distanciados no cromossomo ou estão em cromossomos diferentes e portanto, se recombinam livremente. Exemplo:

$$P : \frac{AB}{AB} \times \frac{ab}{ab}$$

$$F1 : \frac{AB}{ab}$$

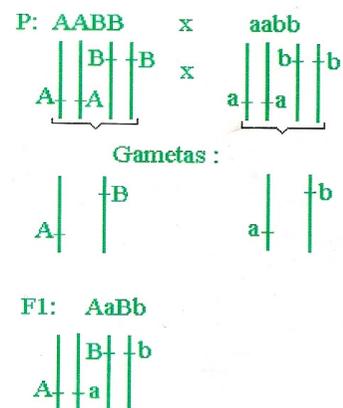
Gametas:

Se $c = 0$:	$\frac{1}{2} AB ; \frac{1}{2} ab$
Se $c = 0,5$:	$\frac{1}{4} AB ; \frac{1}{4} Ab ; \frac{1}{4} aB ; \frac{1}{4} ab$
Se $0 < c < 0,5$:	$\frac{1-c}{2} AB ; \frac{c}{2} Ab ; \frac{c}{2} aB ; \frac{1-c}{2} ab$

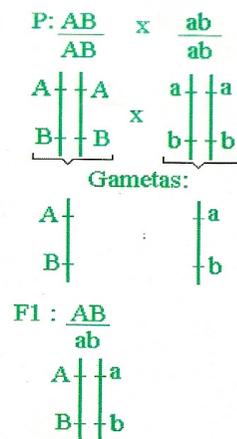
Quadro 1:

2ª LEI x 3ª LEI

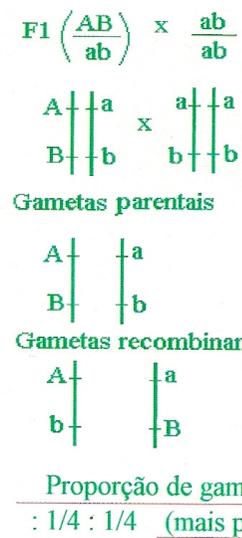
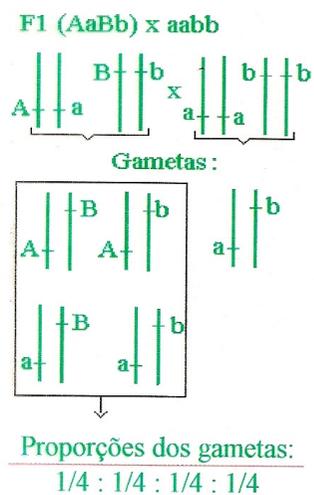
Segregação Independente



Ligação



Cruzamento Teste



LIGAÇÃO GÊNICA

(3ª LEI DA GENÉTICA)

- 4 – Provas da 3ª Lei

As provas da 3ª Lei são de natureza estatística; tem-se então que fazer uma análise estatística da seguinte forma:

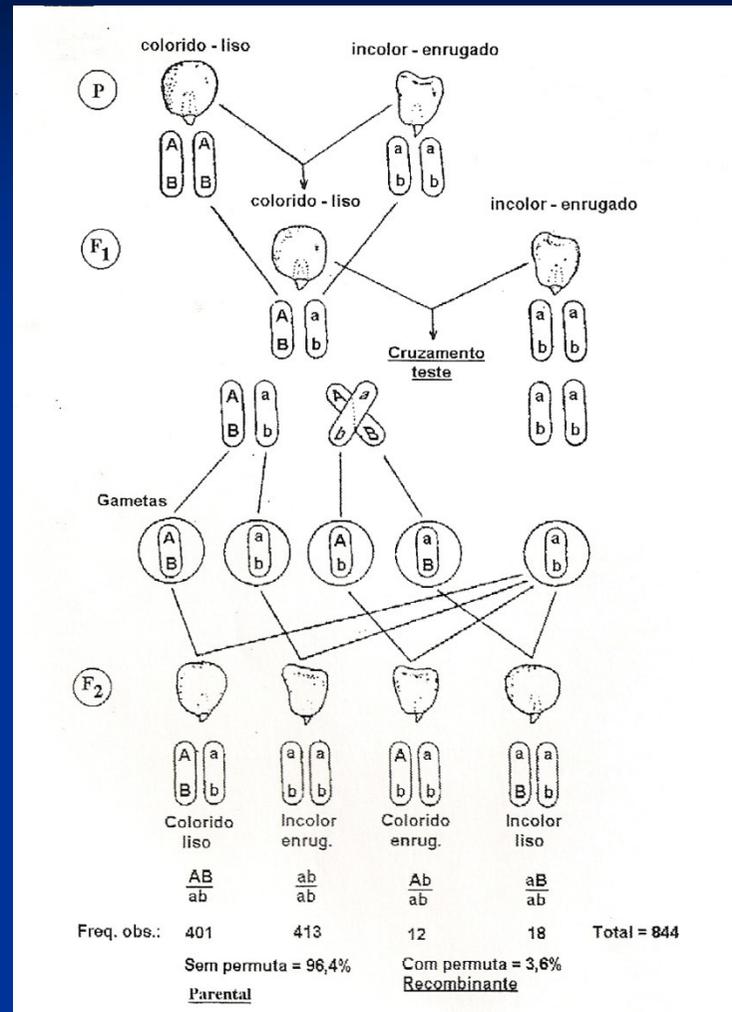
a) Análise das segregações monofatoriais
- Analisar cada caráter individualmente.

b) Teste de independência
- Mostrará que os genes não são independentes mas sim ligados, caso X^2 seja significativo.

c) Cálculo do valor c (% de recombinação)
- $c = \frac{\sum \text{recombinantes}}{\text{n}^\circ \text{ total de indivíduos}} \times 100$

c pode ser expresso em % ou em “centimorgan”

LIGAÇÃO EM CRUZAMENTO TESTE



Interpretação cromossômica de ligação e permuta, ilustrada pelo comportamento dos genes para aleurona colorida (A) e incolor (a) e para endosperma liso (B) e enrugado (b), em milho.

LIGAÇÃO GÊNICA

- Mapeamento Cromossômico

- 2 genes localizados no mesmo cromossomo \Rightarrow distância?
 \rightarrow % recombinação = medida indireta da distância

- Mapa Genético : genes arranjados linearmente
 \rightarrow 1 % RECOMBINANTES = 1 unidade de mapa
(1 centimorgan)

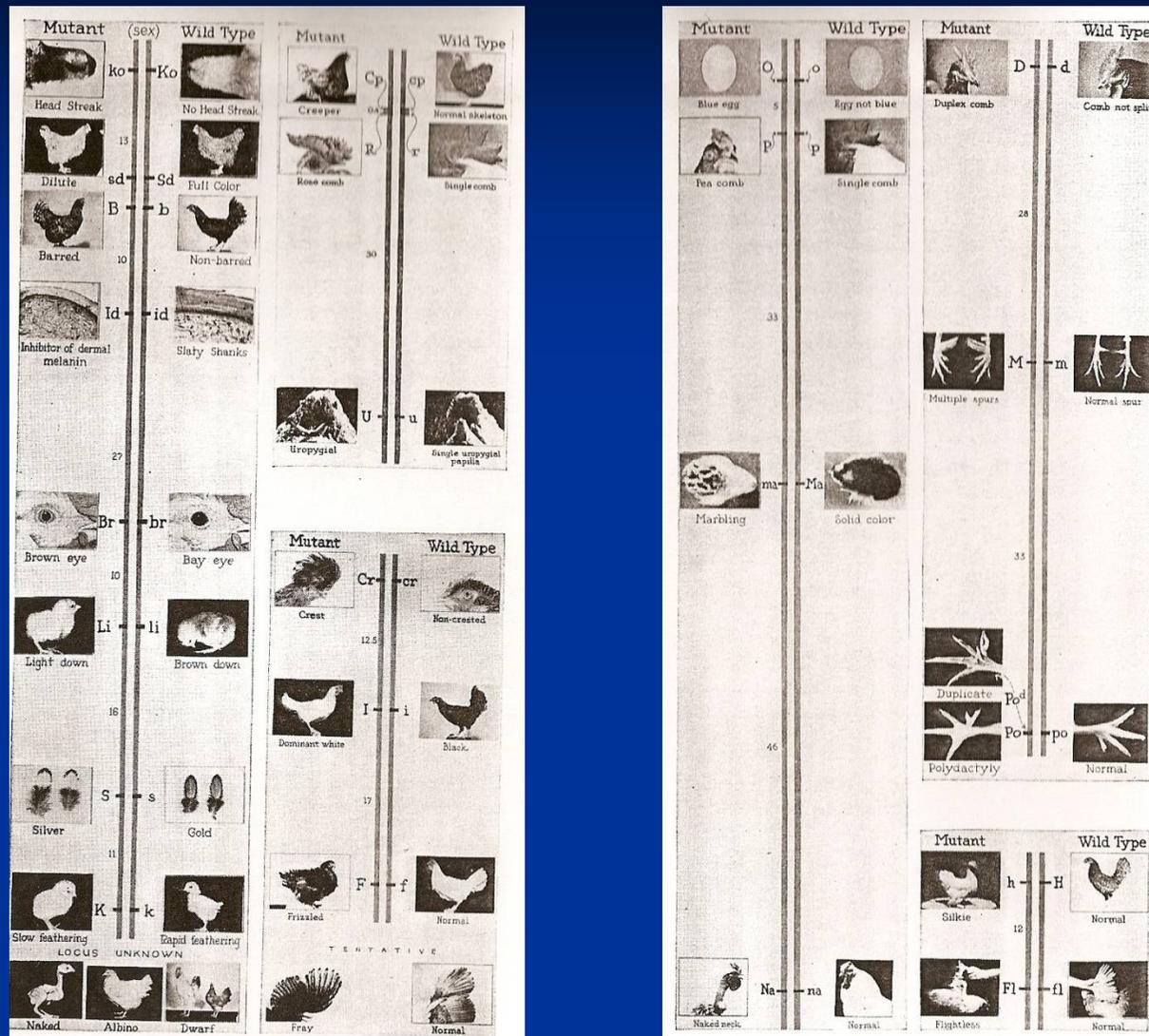
Exemplo:

Na progênie do cruzamento: $\frac{AB}{ab} \times \frac{ab}{ab}$

identificaram-se 8% de recombinantes.

Mapa $\frac{A}{\leftarrow 8u \rightarrow} B$
(8 centimorgan)

MAPA ILUSTRADO



Mapa do cromossomo sexual (à esquerda) e 5 grupos de ligação autossômicos da galinha.

HERANÇA LIGADA AO SEXO

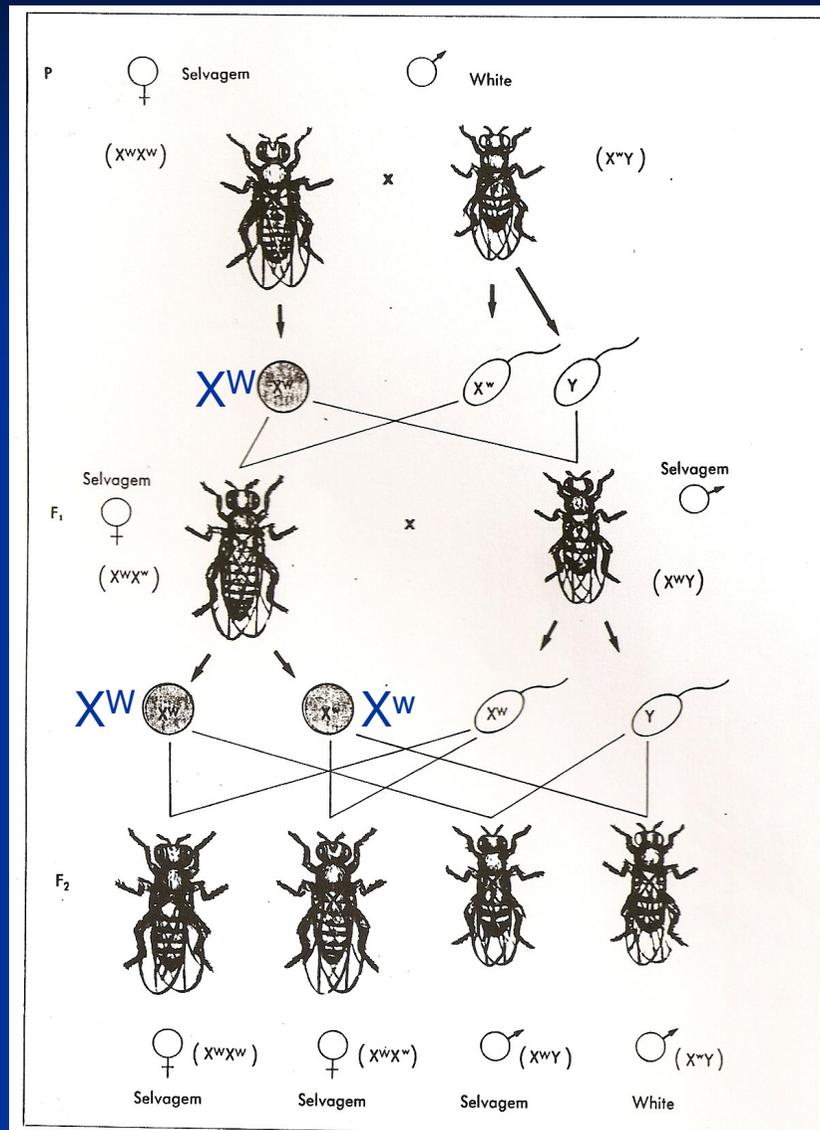


Figura 21.17 O cruzamento acima mostra a herança do caráter cor de olho branco em drosófila, uma característica ligada ao sexo.