GENÉTICA QUANTITATIVA I

Herança Mendeliana x herança poligênica

Interações gênicas (alélicas)

Ação aditiva

Ação dominante

Ação sobredominante

Heterose

Caracteres:

=> atributos de um organismo (planta, animal, microorganismo) submetidos a seleção;

=> representam componentes do fenótipo global do indivíduo e a seleção pode ser aplicada em um único caráter ou em vários simultaneamente.

=> Ex: cor da flor; altura da planta; produção de grãos; comprimento da espiga; etc...

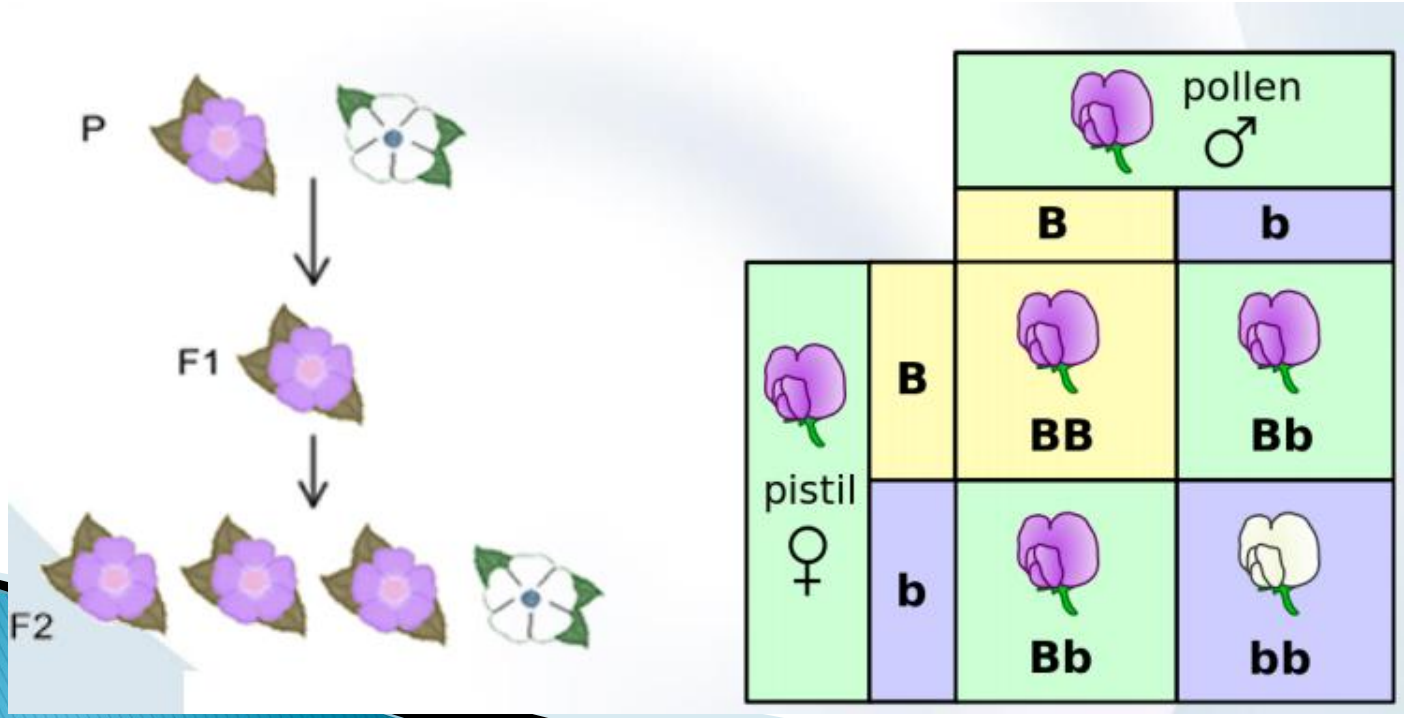
Tipos de caracteres:

Caracteres qualitativos

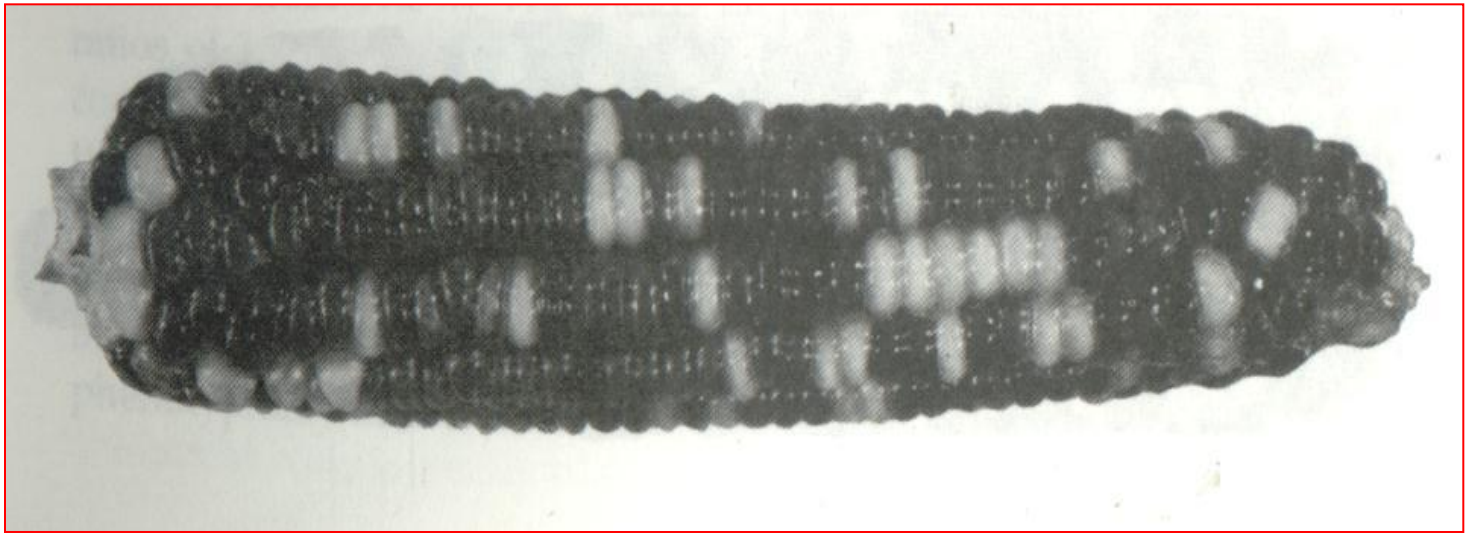
Caracteres quantitativos

→ Caracteres qualitativos: herança simples, controlados por poucos genes, de fácil avaliação visual, pequena influência do ambiente.

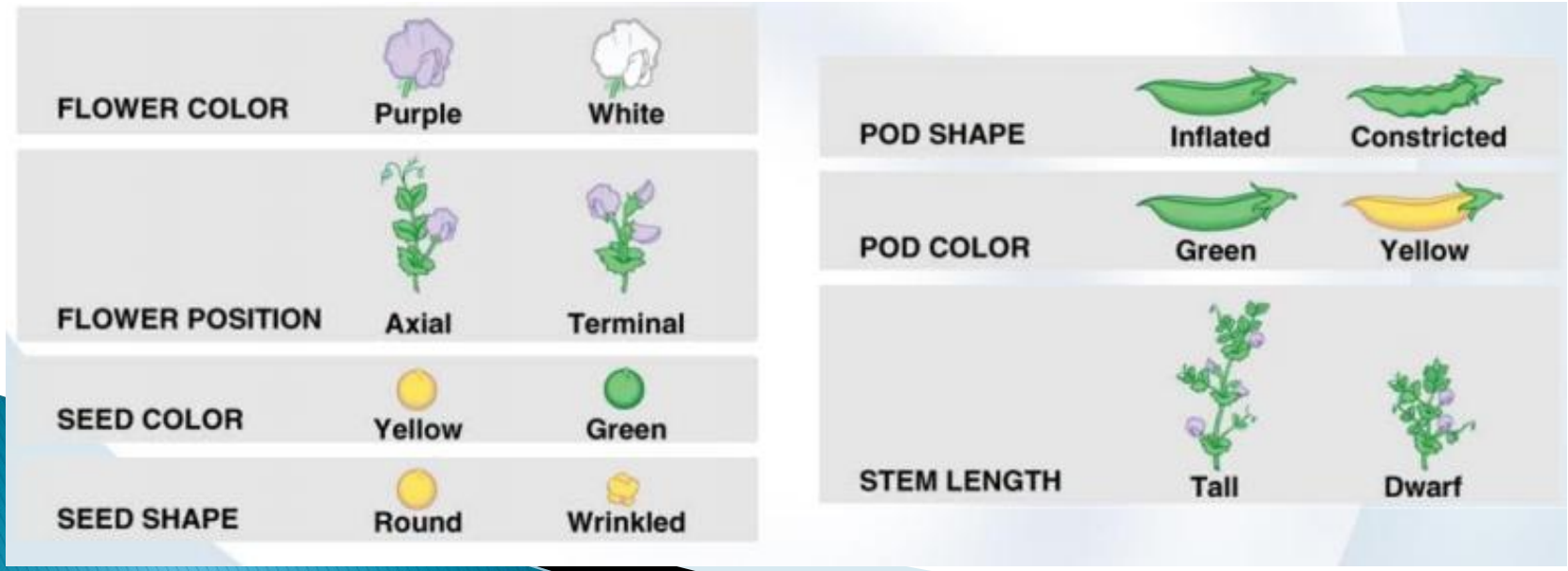
-> Segregações conhecidas: 3:1, 1:2:1, 9:3:3:1, para 1 ou 2 locos, respectivamente.



Ex: segregação 3:1 para cor do grão do milho



Caracteres qualitativos avaliados por Mendel



→ Caracteres quantitativos: também denominados de caracteres poligênicos; herança complexa, controlados por muitos genes, a avaliação depende de mensurações quantitativas (pesos, volumes, medidas: kg, m, cm, g, m^2, etc...).

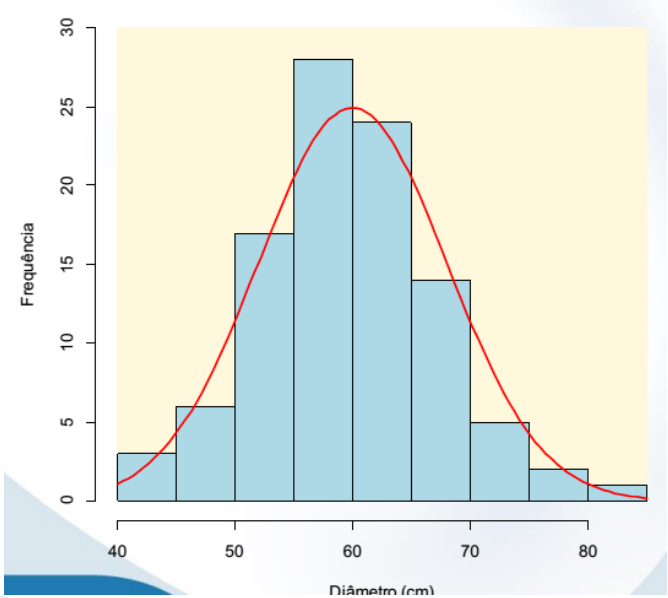
➔ São muito influenciados pelo ambiente

Porque??

Como cada loco (gene) é influenciado pelo ambiente, e como são muitos os genes controlando esses caracteres, a influência total do ambiente é alta.

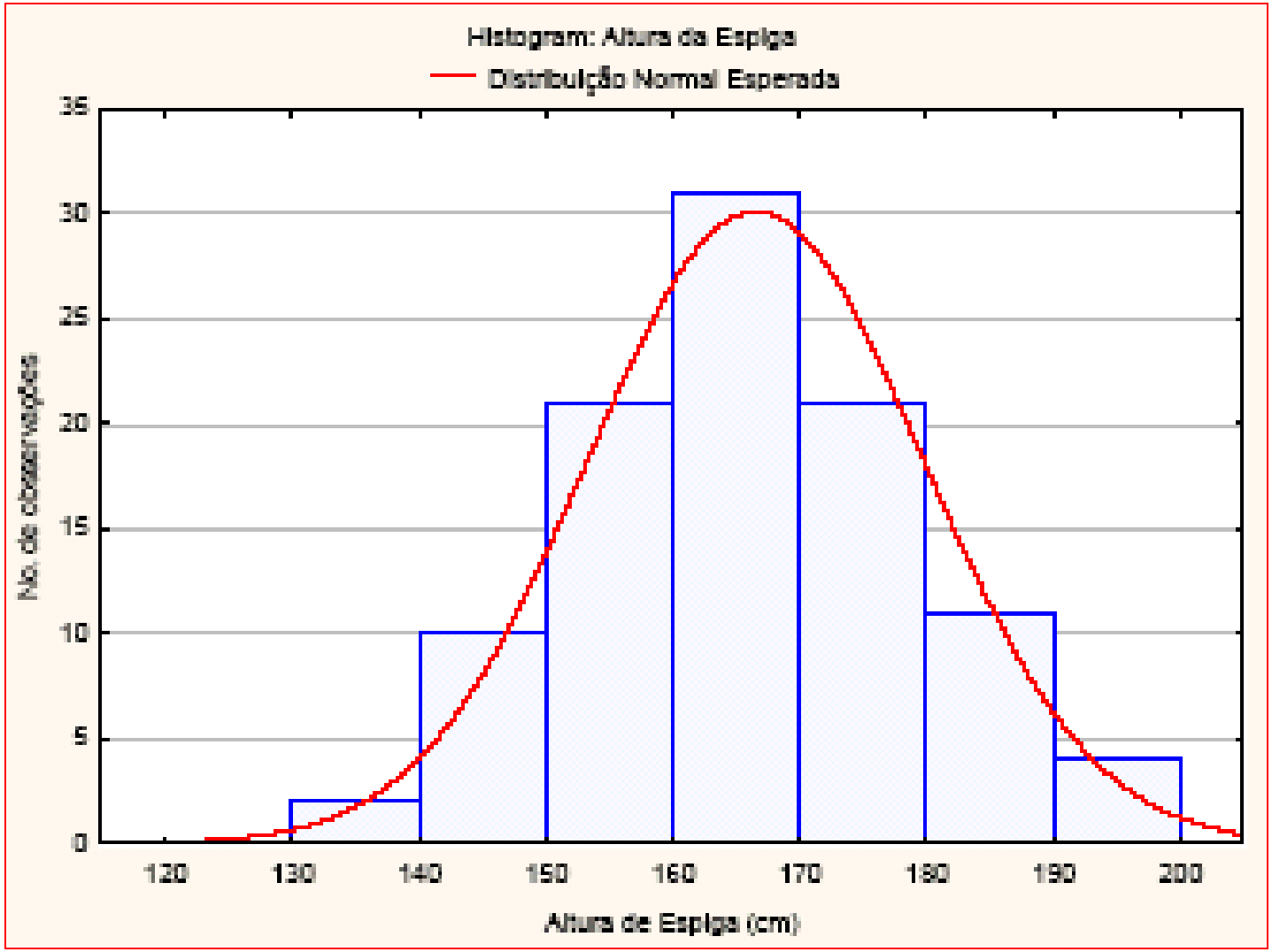
-> Devido à segregação de um grande número de genes, não há possibilidade de serem classificados em grupos fenotípicos distintos.

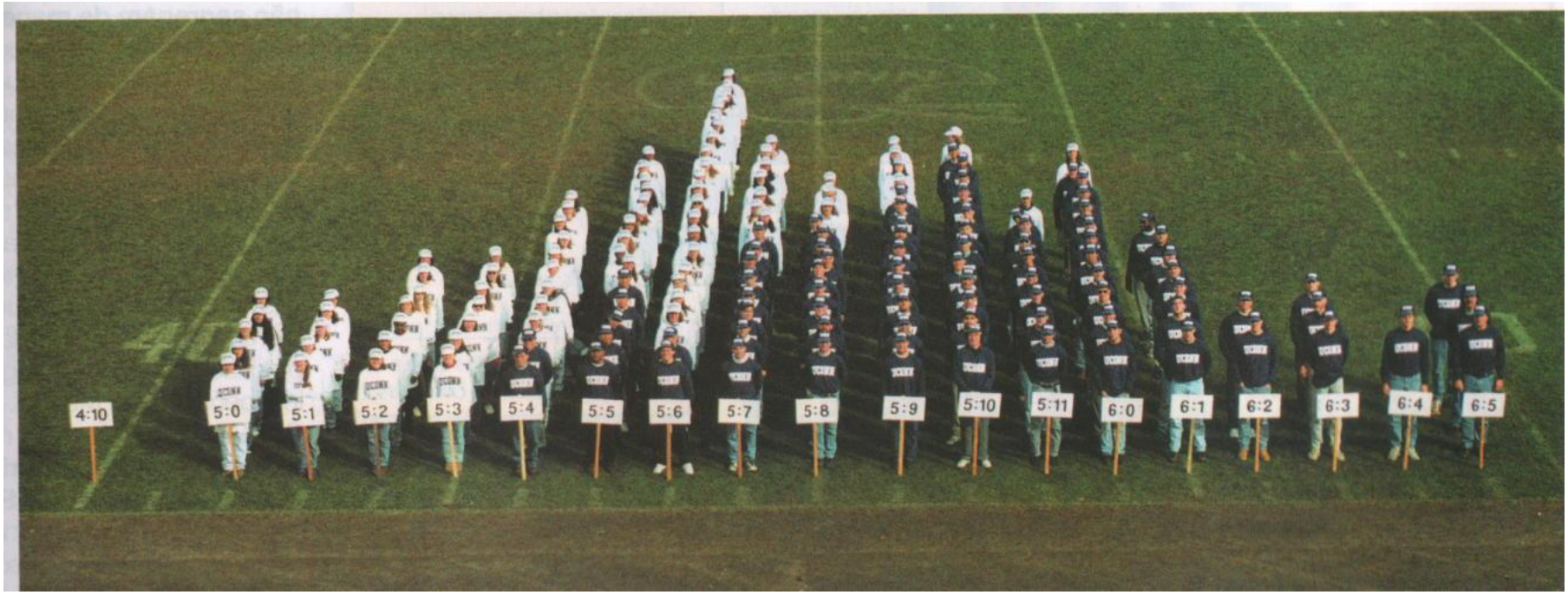
-> Portanto, caracteres quantitativos apresentam variação contínua e se ajustam a uma curva de distribuição normal.



Ex: altura da espiga de 100 plantas F2 de milho

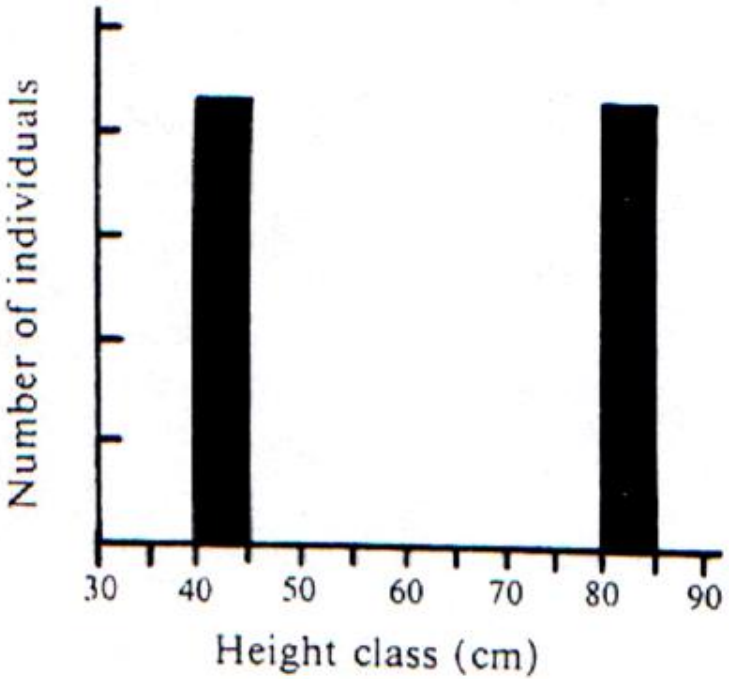
154	174	160	194	158
191	156	160	181	156
152	162	156	135	169
145	158	162	172	161
156	169	156	162	184
166	168	166	176	180
169	160	174	179	164
144	165	180	145	150
172	175	164	174	180
154	171	159	154	165
190	182	190	194	179
175	146	186	174	168
140	184	148	165	161
170	164	162	175	160
144	148	195	164	161
171	164	180	168	172
167	151	184	171	154
159	169	170	146	160
165	148	166	165	168
155	190	189	178	186


Histogram: Altura da Espiga
Distribuição Normal Esperada
No. de observações
0
5
10
15
20
25
30
35
120
130
140
150
160
170
180
190
200
Altura de Espiga (cm)

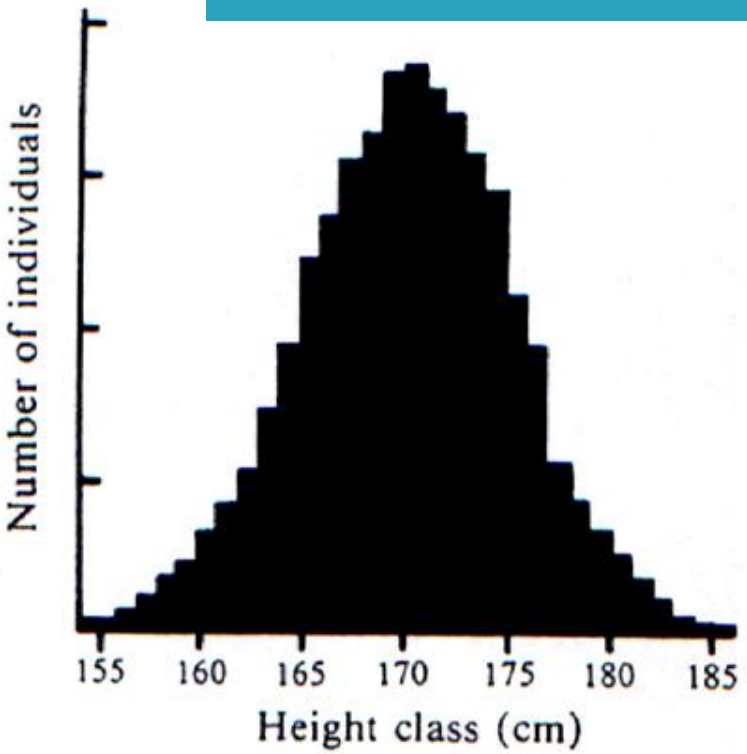


Diferenças na altura na mesma população, de mulheres (branco) e homens (preto)

(a) Caráter descontínuo



(b) Caráter contínuo



Distinção entre caracteres qualitativos e quantitativos

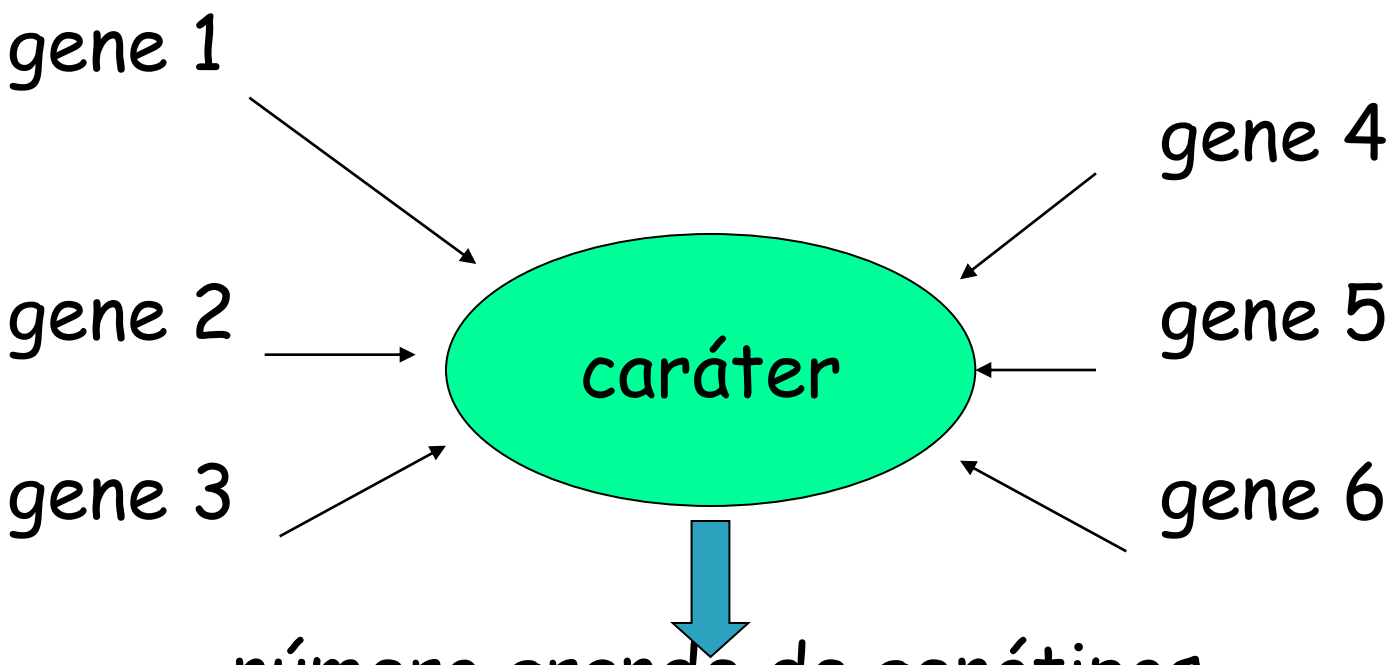
Caracteres qualitativos	Caracteres quantitativos
➢ Controlados por um ou poucos genes de efeitos pronunciados	➢ Controlados por muitos genes de efeitos menores e cumulativos
➢ Têm distribuição discreta em uma geração segregante, isto é, os indivíduos podem ser agrupados em classes fenotípicas distintas	➢ Têm distribuição contínua em uma geração segregante. Medidas individuais podem ter qualquer valor dentro da amplitude de variação
➢ São pouco influenciados pela variação do ambiente	➢ Geralmente são muito influenciados pelo ambiente
➢ A variação genética é explicável pelas leis mendelianas	➢ A variação é explicável por meio de parâmetros estatísticos

Qualitativos	Quantitativos
Exemplos	**Exemplos**
♦ cor da flor	♦ produção de grãos
♦ cor dos grãos	♦ produção de açúcar
♦ cor da pelagem	♦ produção de látex
♦ nanismo ou braquitismo	♦ produção de forragem
♦ crescimento determinado	♦ altura da planta
♦ caráter opaco em milho	♦ comprimento da espiga
♦ textura da semente de ervilha (lisa vs enrugada)	♦ nº de ramificações do pendão
♦ resistência vertical	♦ resistência horizontal

Número de genes, genótipos e fenótipos

Número de pares de alelos	Número de genótipos	Número de fenótipos
1 (A, a)	3	2
2 (A,a; B,b)	9	4
:	:	:
n	3^n	2^n
Ex: n = 20	3.486.784.401	1.048.576

Número de genes e genótipos:

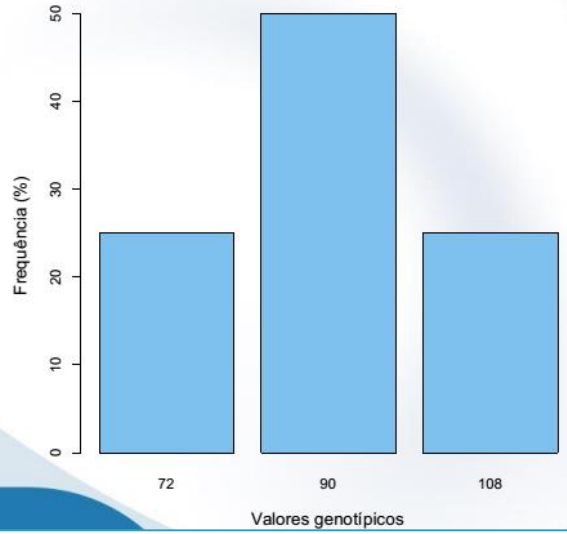


número grande de genótipos

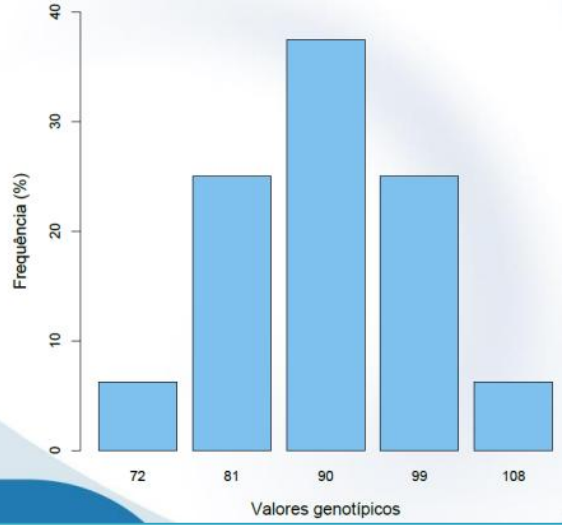
número grande de fenótipos

certas dificuldades para o melhoramento

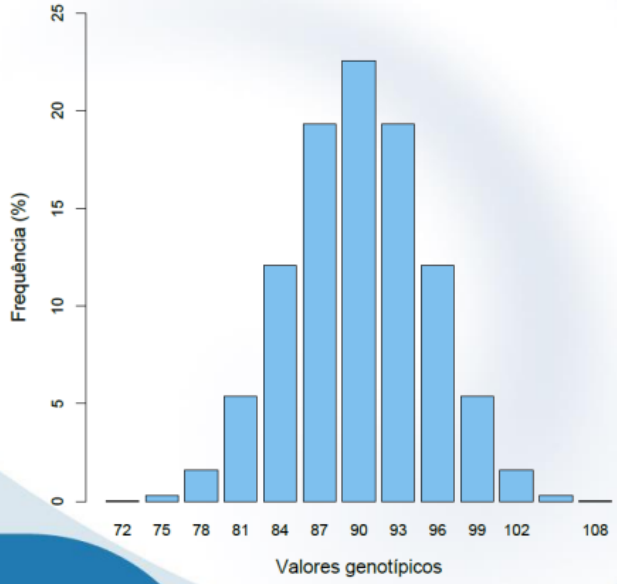
- Um gene



- Dois genes



- Seis genes

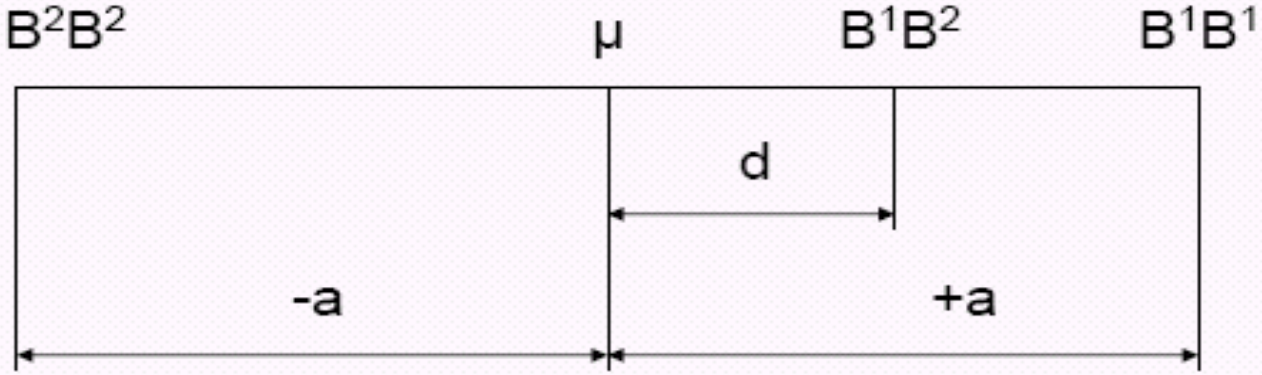


=> A variação contínua de um caráter quantitativo é devida ao grande número de genótipos e à influência do ambiente na expressão fenotípica.

=> É preciso se trabalhar com populações grandes e usar parâmetros estatísticos para lidar com caracteres quantitativos.

=> Objetivos vão sendo alcançados gradativamente => através do acúmulo dos poucos genes favoráveis nos indivíduos nas diferentes gerações.

TIPOS DE AÇÃO GÊNICA



- Interação aditiva:

d/a = 0

- Interação dominante:

d/a = 1

- Interação sobredominante

d/a > 1

- **Interação dominância parcial**

0 < d/a < 1

1) Interação aditiva

Ausência de dominância => *cada alelo contribui com um pequeno efeito fenotípico, que é somado aos efeitos dos demais alelos para produzirem o efeito total (fenótipo).*

Ex: Dois genes A e B ($A_1 = B_1 = 30$ unidades)
($A_2 = B_2 = 5$ unidades)

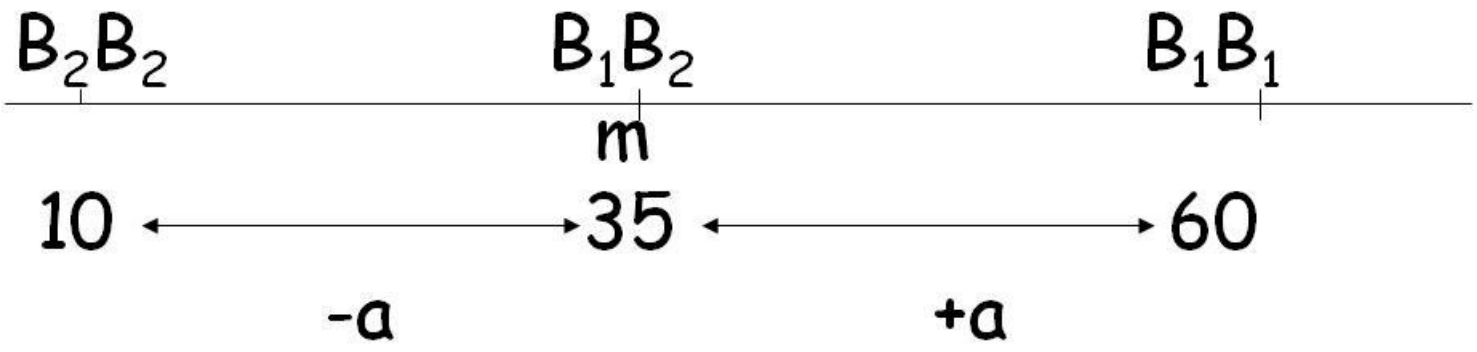
Os efeitos dos alelos são somados:

$A_1A_1B_1B_1 = 30 + 30 + 30 + 30 = 120$ unidades
$A_2A_2B_2B_2 = 5 + 5 + 5 + 5 = 20$ unidades

a) Média de F_1:

A média da geração F_1 é igual à média dos pais:

$$F_1 = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{120 + 20}{2} = 70 \text{ unidades}$$



Neste caso, $d = 0 \rightarrow d/a = 0$ (ação aditiva)

b) Média de F_2: $F_2 = F_1$

Quadro 11.4

Genótipos da F_2 com respectivas freqüências e valores fenotípicos, assumindo interação alélica aditiva

Genótipos	Freqüência (Fe)	Valor fenotípico (F)	Fe . F
$A^1A^1B^1B^1$	1/16	120	7,500
$A^1A^1B^1B^2$	2/16	95	11,875
$A^1A^1B^2B^2$	1/16	70	4,375
$A^1A^2B^1B^1$	2/16	95	11,876
$A^1A^2B^1B^2$	4/16	70	17,500
$A^1A^2B^2B^2$	2/16	45	5,625
$A^2A^2B^1B^1$	1/16	70	4,375
$A^2A^2B^1B^2$	2/16	45	5,625
$A^2A^2B^2B^2$	1/16	20	1,250

Média da F_2 = 70,000

c) Média das progênies = média dos pais (ou do grupo)

Se forem selecionados da geração F2, somente os indivíduos com valor fenotípico acima de 95 unidades, isto é: 1 $A_1A_1B_1B_1$ (120); 2 $A_1A_1B_1B_2$ (95); 2 $A_1A_2B_1B_1$ (95),

=> a média dos três genótipos selecionados e de seus descendentes é a mesma = 100 unidades.

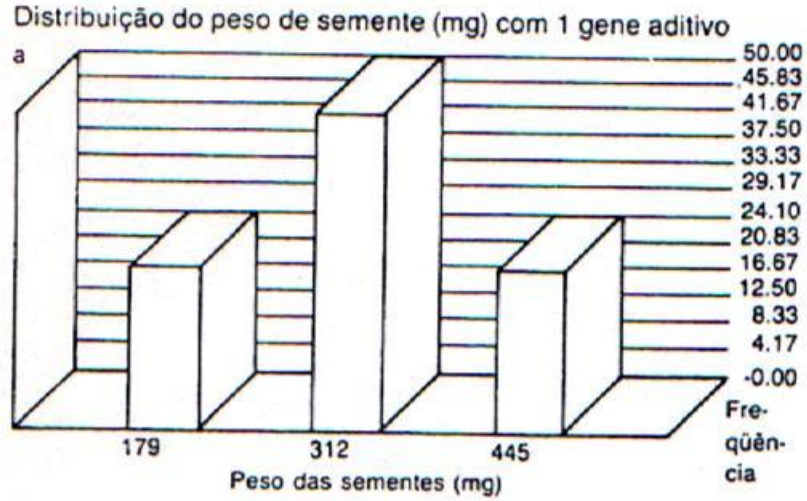
Quadro 11.6

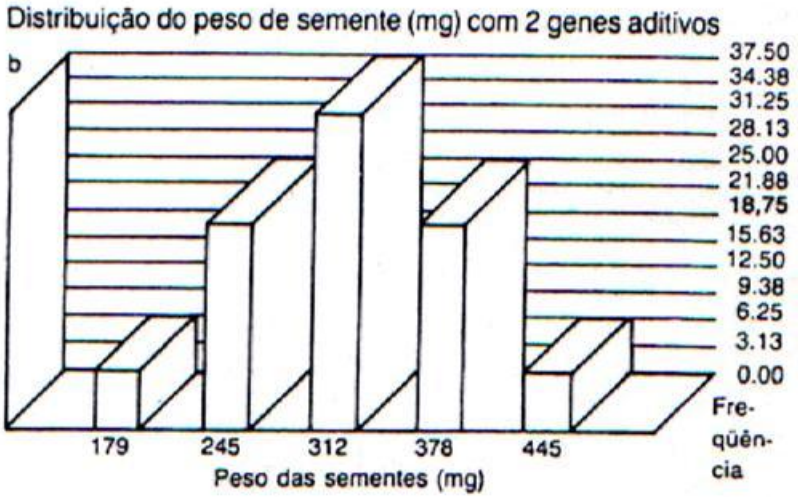
Genótipos dos descendentes obtidos pelo intercruzamento dos indivíduos 1 $A^1A^1B^1B^1$, 2 $A^1A^1B^1B^2$, 2 $A^1A^2B^1B^1$, com respectivas freqüências e valores fenotípicos, assumindo interação alélica aditiva

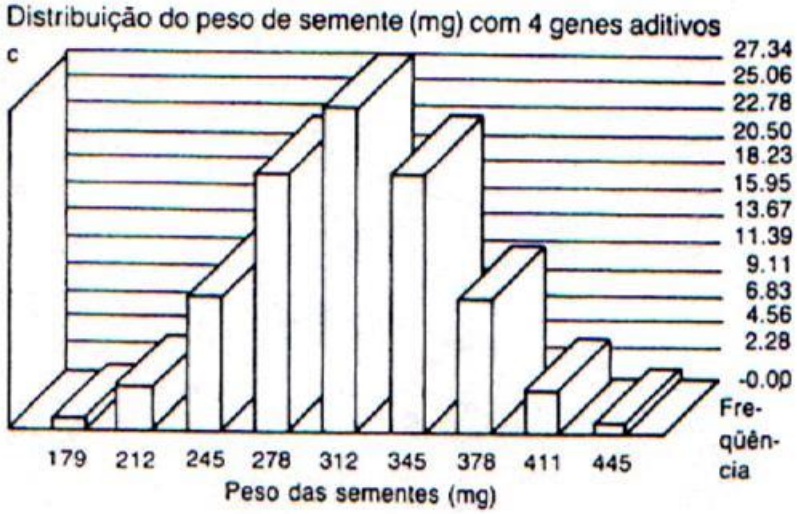
Genótipos	Freqüência (Fe)	Valor fenotípico (F)	Fe . F
$A^1A^1B^1B^1$	9/25	120	43,2
$A^1A^1B^1B^2$	6/25	95	22,8
$A^1A^1B^2B^2$	1/25	70	2,8
$A^1A^2B^1B^1$	6/25	95	22,8
$A^1A^2B^1B^2$	2/25	70	5,6
$A^2A^2B^1B^1$	1/25	70	2,8
			m = 100,0

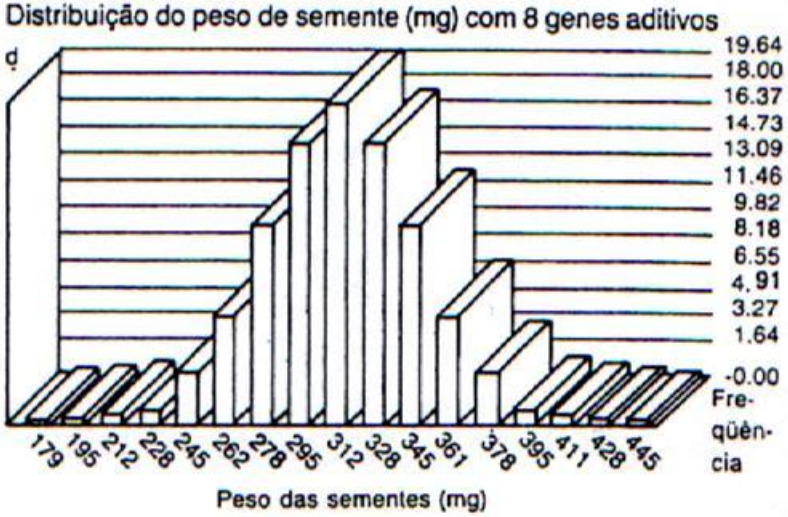
Interesse para a seleção

d) Distribuição de F_2 → simétrica









Importância para o Melhoramento => se a interação é aditiva a seleção é facilitada => um grupo de indivíduos superiores, quando selecionados, produzirão uma descendência também superior.

GENÉTICA QUANTITATIVA

- **QUADRO 2: Interação <u>Aditiva</u>**

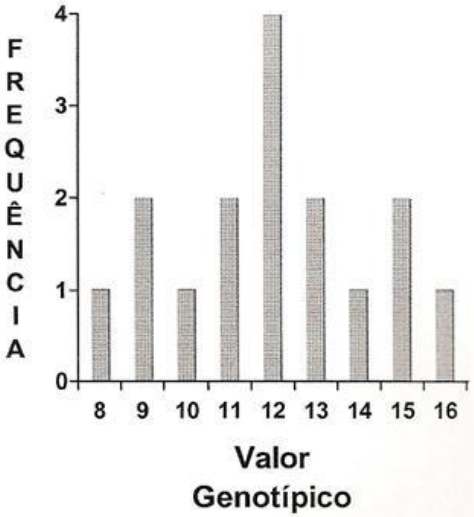
A = 2 a = 1
B = 6 b = 3

(P1) aabb × AABB (P2)
8 ↓ 16
F1: AaBb
12

F2:

Genótipo	F	Valor Genotípico
AABB	1	16
AaBB	2	15
aaBB	1	14
AABb	2	13
AaBb	4	12
aaBb	2	11
AAbb	1	10
Aabb	2	9
aabb	1	8

$\overline{F2} = 12$



b) Ação aditiva

$$F_1 = \frac{P_1 + P_2}{2} \; e \; \overline{F}_2 = \overline{F}_1$$

2. Interação dominante

⇒ Desempenho de cada loco e não de cada alelo.

AA = Aa = BB = Bb = 60 unidades
aa = bb = 10 unidades.

a) Média de F1:

P: Genótipos: (P1) AABB × aabb (P2)
Fenótipos: 120 20

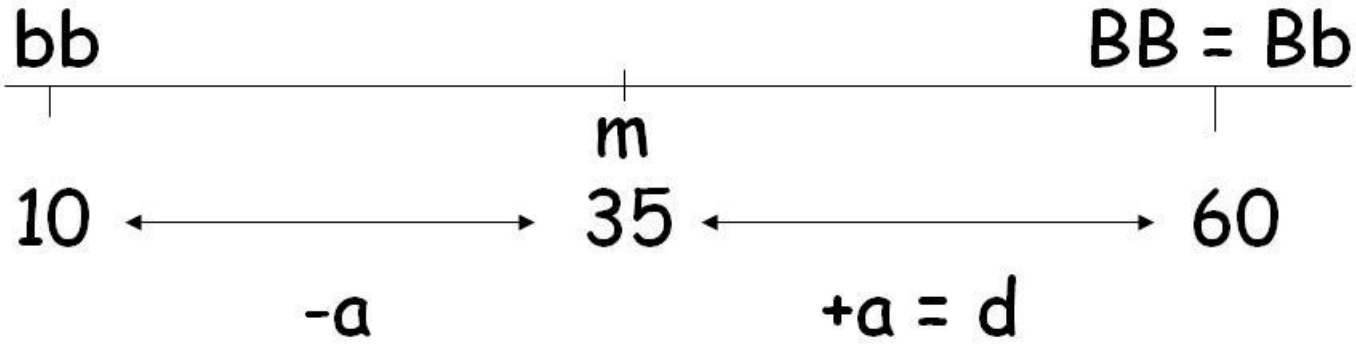
F1: Genótipo: AaBb
Fenótipo: 120 unidades

A média do F_1 pode ser igual ao valor de um dos pais:

Se os pais são muito diferentes: F_1 = P maior

Se os pais são muito semelhantes: F_1 > P maior

Portanto, $F_1 \geq$ P maior



a = d -> relação d/a = 1 -> dominância completa

b) Média do F_2: < média do F_1 (F1 = 120)

Quadro 11.7

Genótipos da F_2 com respectivas freqüências e valores fenotípicos, assumindo interação alélica de dominância

Genótipos	Freqüência (Fe)	Valor fenotípico (F)	Fe . F
AABB	1/16	120	7,500
AABb	2/16	120	15,000
AAbb	1/16	70	4,375
AaBB	2/16	120	15,000
AaBb	4/16	120	30,000
Aabb	2/16	70	8,750
aaBB	1/16	70	4,375
aaBb	2/16	70	8,750
aabb	1/16	20	1,250
			$\hat{m} = \bar{F}_2 = 95,000$

c) Média das progênies:

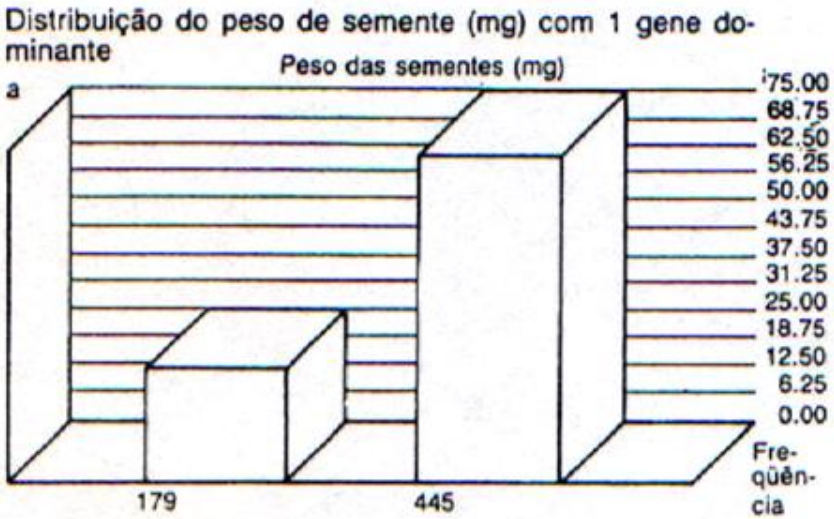
Na interação alélica dominante, a seleção de indivíduos superiores não leva, necessariamente, à produção de uma descendência semelhante ao indivíduo selecionado.

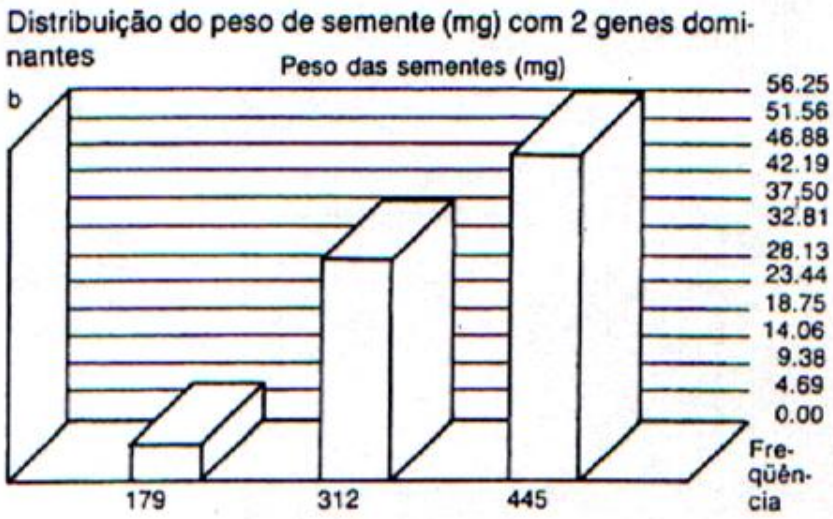
Ex: Seleção do indivíduo AaBB (120 unidades)

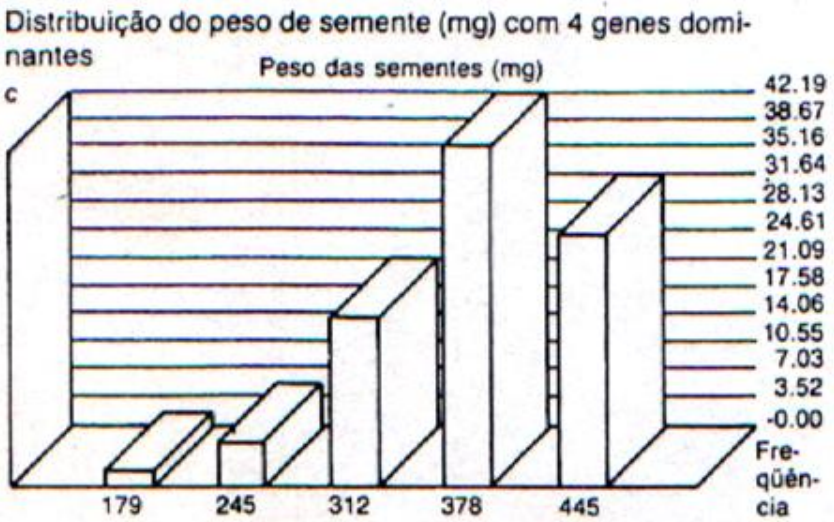
AaBB x AaBB

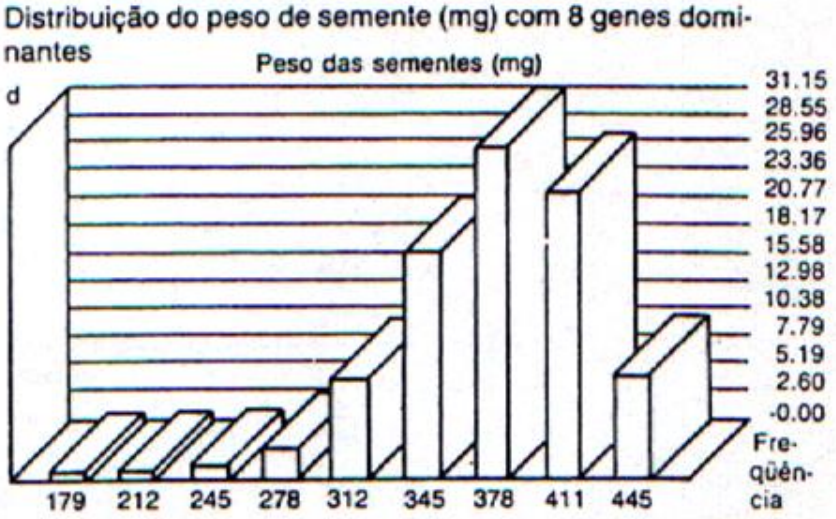
$\frac{1}{4}$ AABB: 2/4 AaBB: $\frac{1}{4}$ aaBB => média = 107,5 un.

a) Distribuição do F_2 → tende a ser assimétrica









GENÉTICA QUANTITATIVA

- **QUADRO 1: Interação <u>Dominante</u>**

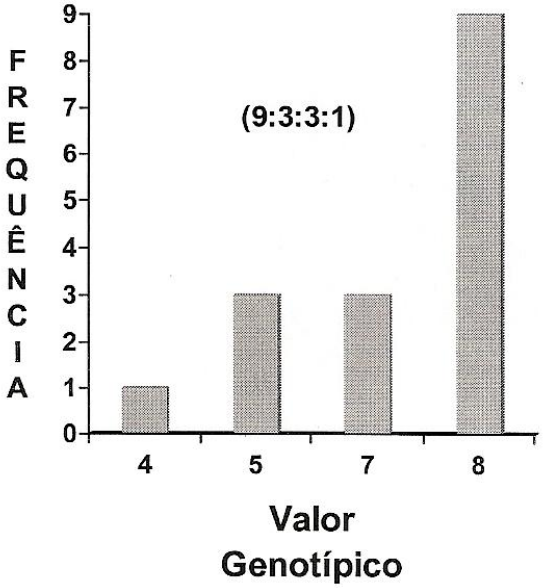
A_ = 2 aa = 1
B_ = 6 bb = 3

(P1) aabb × AABB (P2)
4 ↓ 8
F1: AaBb
8

<u>F2:</u>

Genótipo	F	Valor Genotípico
AABB	1	8
AaBB	2	8
aaBB	1	7
AABb	2	8
AaBb	4	8
aaBb	2	7
AAbb	1	5
Aabb	2	5
aabb	1	4

$\overline{F2} = 7$



a) Dominância $F_1 = P_1$ e $\overline{F}_2 < \overline{F}_1$

3) Interação sobredominante:

a) Média de F_1:

O heterozigoto é superior à média dos pais ($F_1 > P$)

Ex: AA = BB = 60 unidades

aa = bb = 10 unidades

Aa = Bb = 80 unidades

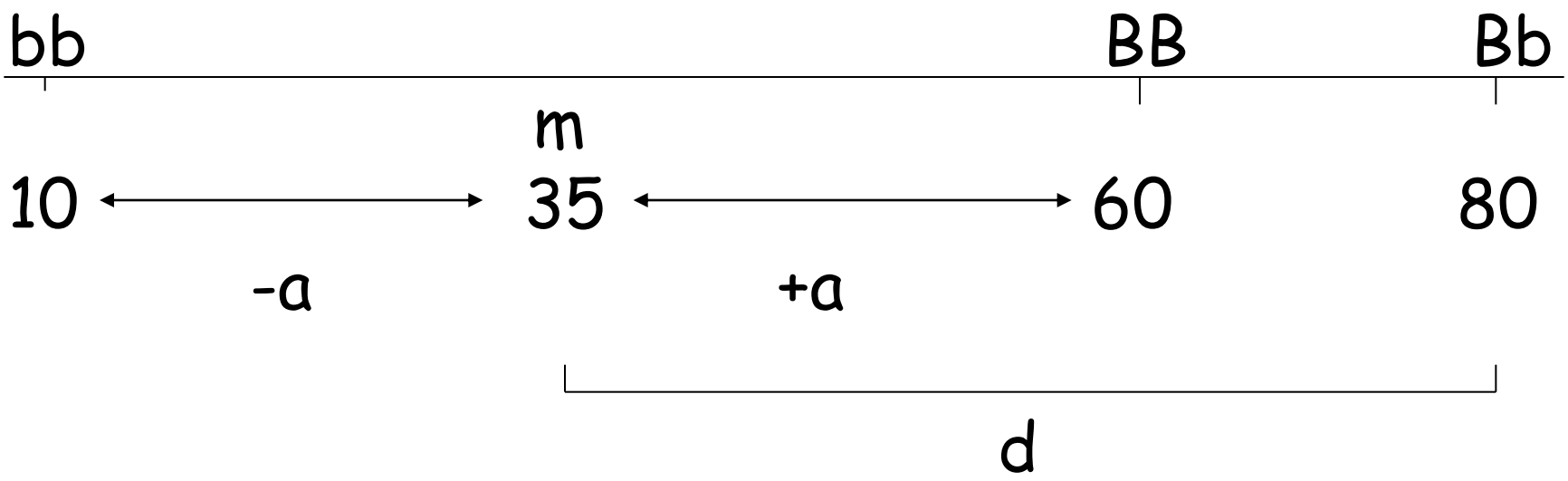
(P_1) AABB x aabb (P_2)

(120) (20)

↓

(F_1) AaBb

(160)



$d > a$ -> $d/a > 1$

$d/a = 45/25 = 1,8$ -> sobredominância

b) Média de F_2: $F_2 < F_1$

c) Média das progênies:

Pais Homozigotos → média maior que a dos pais

Heterozigotos → média menor que a dos pais

d) Distribuição de F_2: tende a ser assimétrica

GENÉTICA QUANTITATIVA

- **QUADRO 3: Interação <u>Sobredominante</u>**

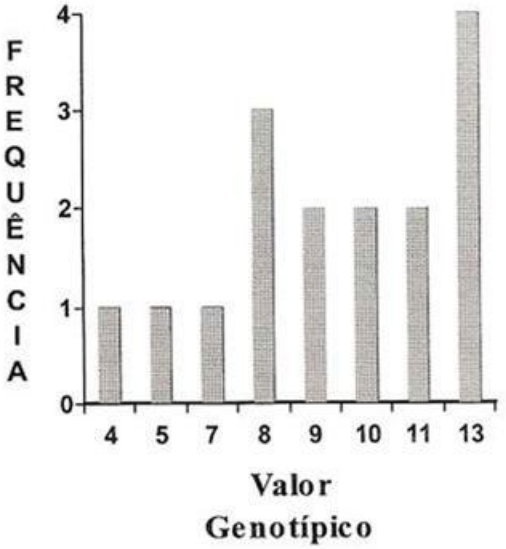
Aa = 5 AA = 2 aa = 1
Bb = 8 BB = 6 bb = 3

(P1) aabb × AABB (P2)
4 ↓ 8
F1: AaBb
13

F2:

Genótipo	F	Valor Genotípico
AABB	1	8
AaBB	2	11
aaBB	1	7
AABb	2	10
AaBb	4	13
aaBb	2	9
AAbb	1	5
Aabb	2	8
aabb	1	4

$\overline{F2} = 9{,}5$



c) Ação sobredominante $F_1 > P_1$ e $\overline{F}_2 < \overline{F}_1$

Caracterizando a Herança Poligênica:

a) A segregação ocorre para um grande nº de genes que controlam o caráter

b) Cada gene contribui para um valor total fenotípico com uma pequena parcela

c) Estes genes podem apresentar ação aditiva, dominante e sobredominante

Ação Gênica Caráter Quantitativo

Na prática, é difícil distinguir se a interação alélica é dominante ou sobredominante, porque elas apresentam propriedades semelhantes.

A seleção de indivíduos superiores não é a melhor estratégia neste caso num programa de melhoramento.

O melhorista deve optar pela obtenção de híbridos.

A superioridade dos híbridos ocorre devido à *heterose*:

Heterose

Heterose (h) **ou** ***vigor de híbrido*** **-> medida através da superioridade do híbrido em relação à média dos pais.**

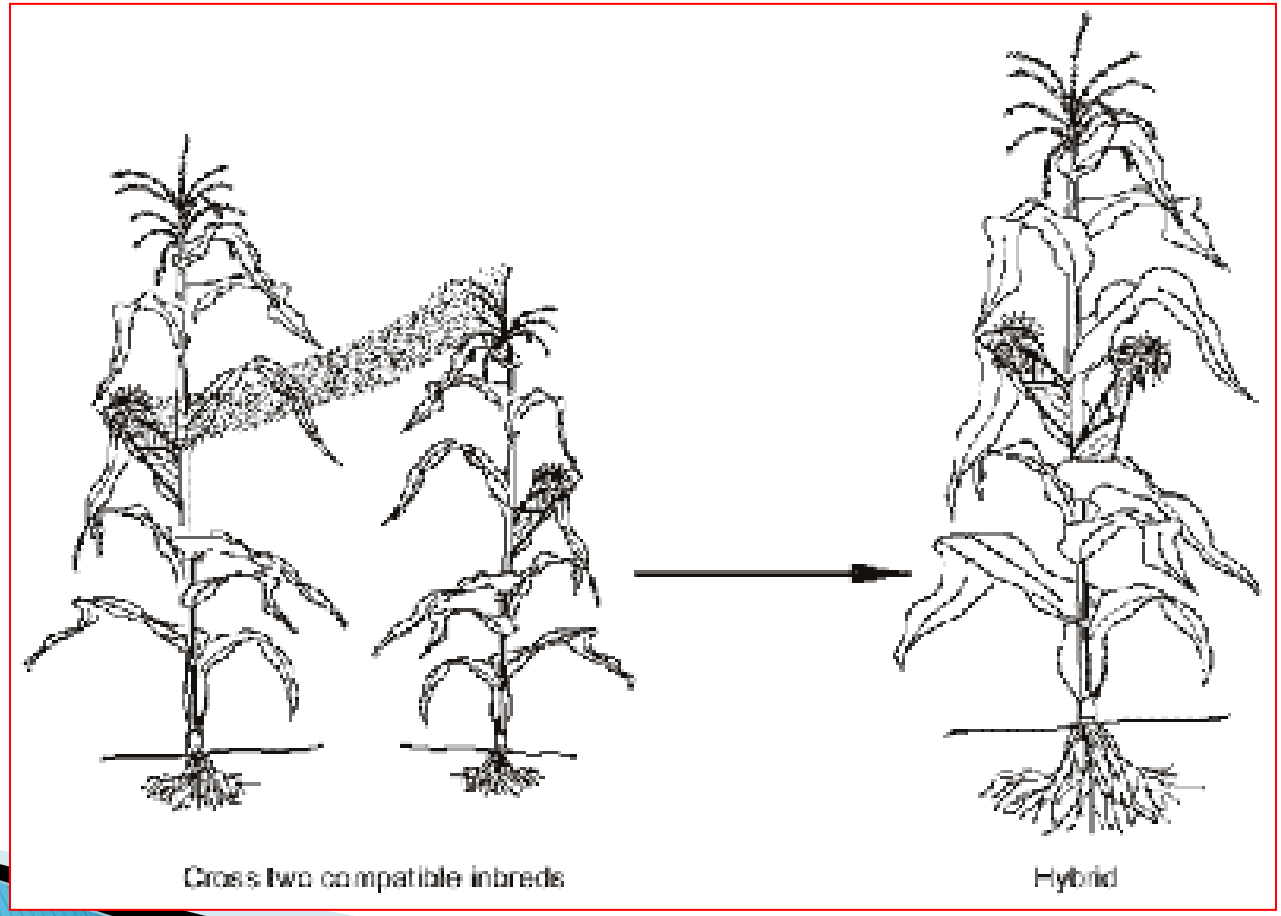
$$h = F1 - \frac{(P1 + P2)}{2}$$

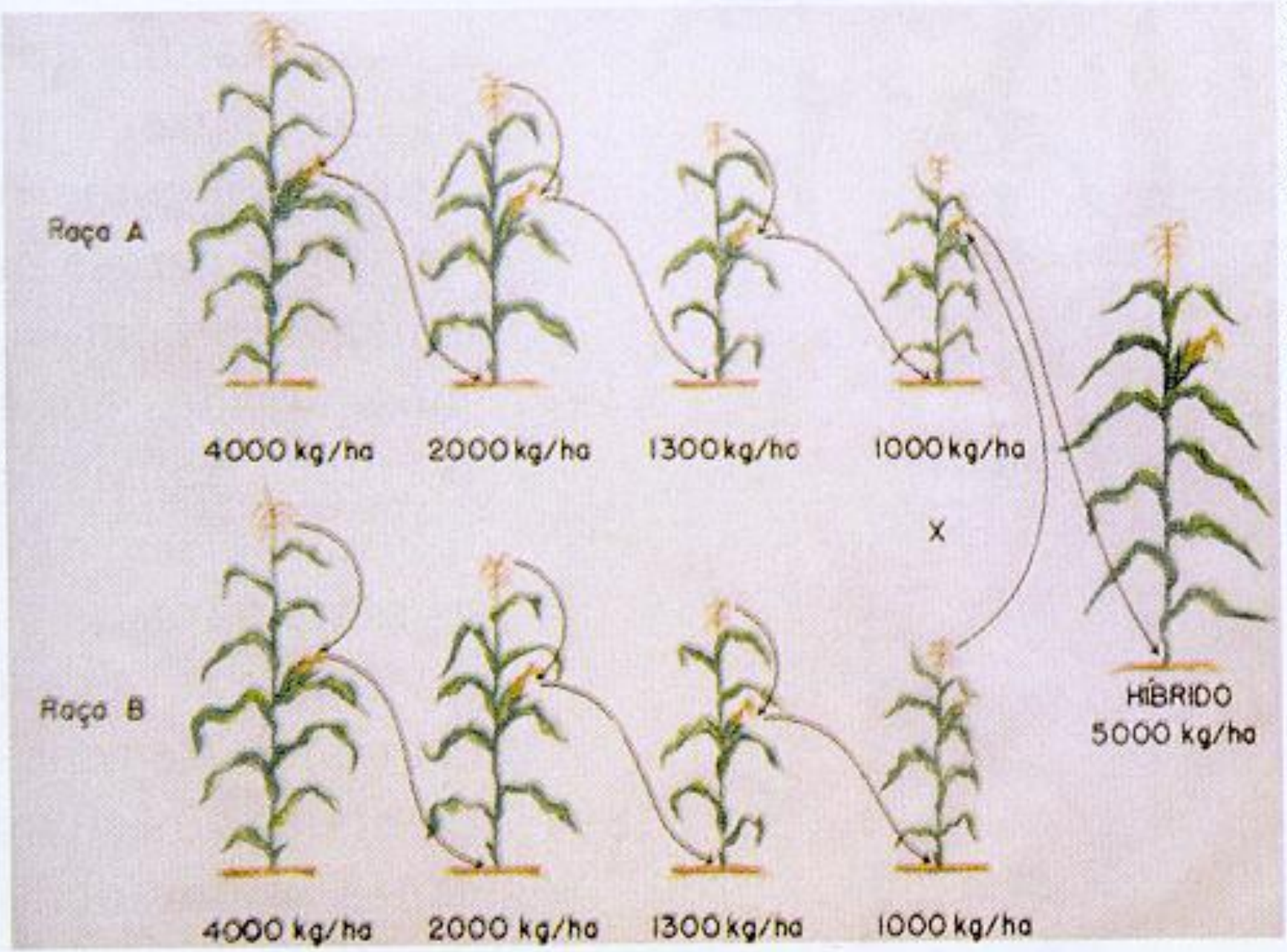
Ex: produção de grãos

P1 = 1 t/ha
P2 = 3 t/ha
F1 = 4 t/ha

$$h = 4 - \frac{(1+3)}{2} -> h = 2t/ha$$

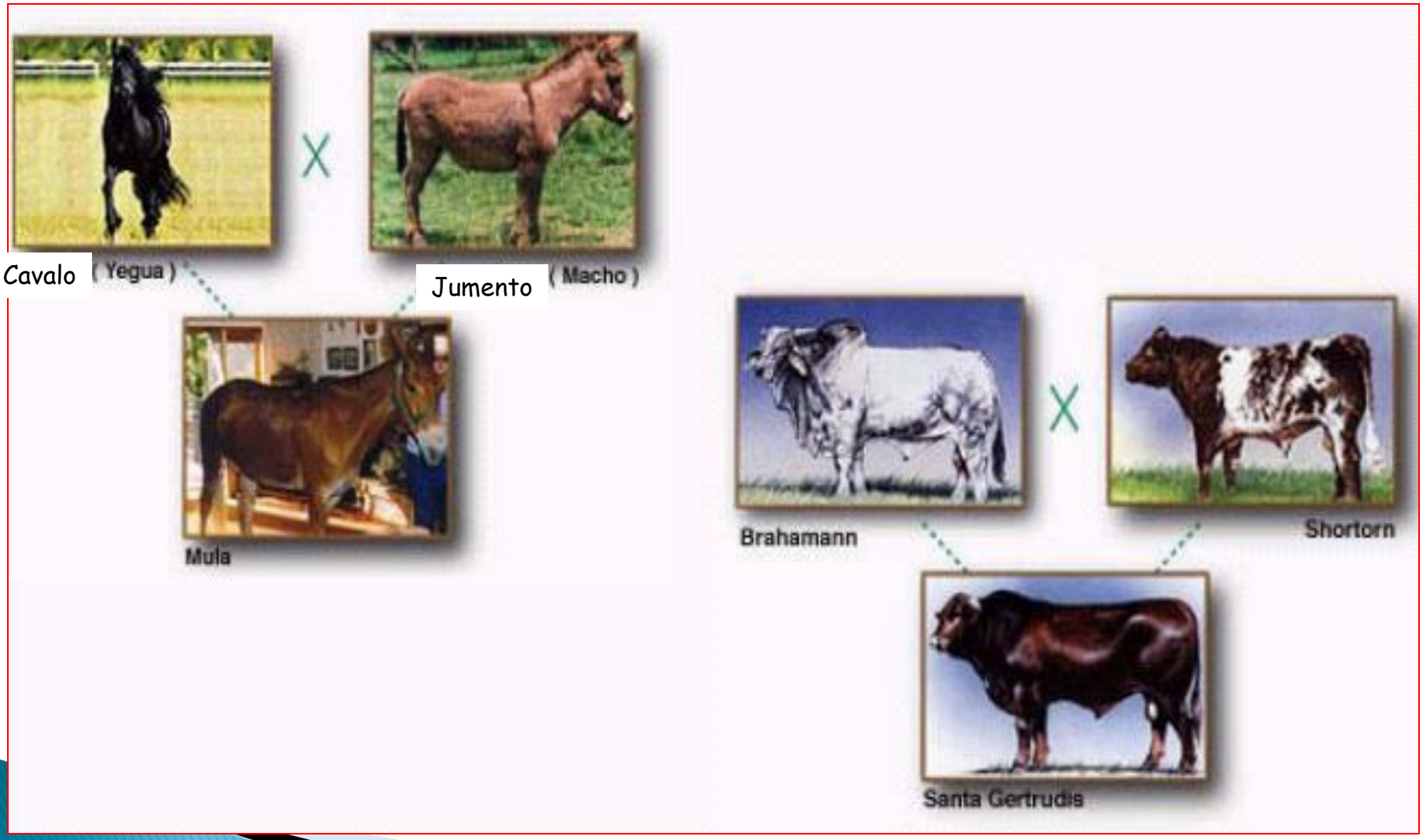
=> A heterose é devida aos locos que apresentam algum grau de dominância, pois os locos com ação gênica essencialmente aditiva não contribuem para a heterose.





Ernesto Paterniani / ESALQ / USP

Parental Parental Prole híbrida

Fonte: Visão Agrícola, nº 13, 2015
Foto: Gustavo V. Môro

Exemplos de heterose em animais: