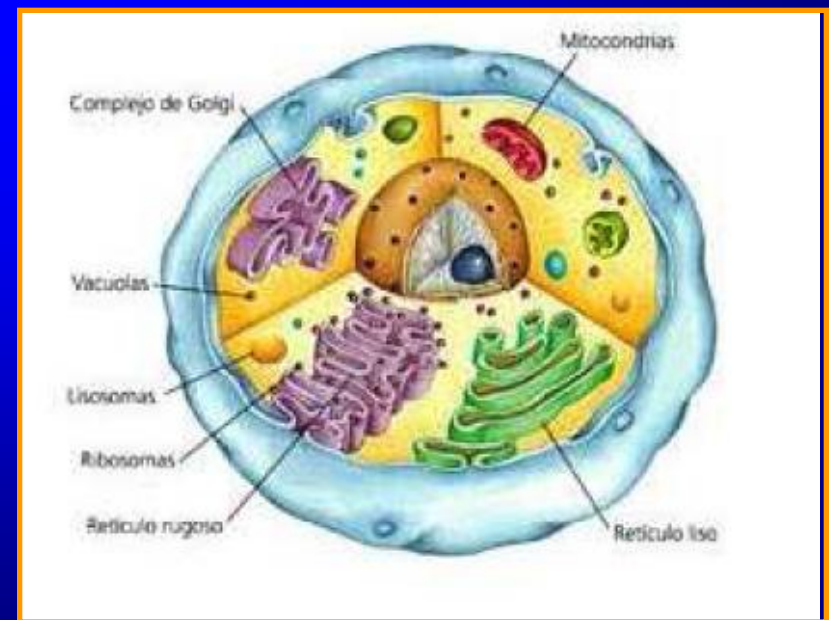


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA  
MELHORAMENTO ANIMAL

**GENÉTICA APLICADA AO  
MELHORAMENTO ANIMAL**

## 1. DIVISÃO DO MATERIAL GENÉTICO:

- Os animais são constituídos por unidades fundamentais chamadas **CÉLULAS**;
- Todas as células são revestidas por uma membrana e possuem um corpúsculo interior, o **NÚCLEO**, o qual encerra em sua própria membrana nuclear os **CROMOSSOMOS**;
- Os cromossomos são responsáveis pela **HERANÇA** e armazena toda informação necessária para os processos biológicos;
- O principal componente químico, responsável pelo armazenamento e transmissão da informação é o **DNA**.



Segundo o conteúdo cromossômico, se distinguem 2 tipos de células:

- **Células Somáticas:** que são diplóides, contém no seu núcleo cromossomos em pares homólogos;
- **Células Reprodutivas ou Gametas:** que são haplóides, tem somente um exemplar de cada par de cromossomos.

ESPÉCIE	N.º CROMOSSOMOS
Bovino	$2n = 60$
Ovino	$2n = 54$
Suíno	$2n = 38$
Eqüinos	$2n = 64$
Humano	$2n = 46$

▪ **Células Somáticas:** constituem todo o corpo do animal, com exceção dos gametas e se multiplicam constantemente pelo processo de **MITOSE**.

A **MITOSE** mantém o mesmo n.º de cromossomos que a célula parenteral. As células filhas são geneticamente iguais à célula que lhes deu origem.

A **MEIOSE**, por outro lado, constitui um processo de divisão celular com redução do material genético e a formação, a partir da célula original, de 4 células haplóides:



**GAMETOGENESE**



## 2. GAMETOGÊNESE

- É o processo pelo qual os gametas são produzidos nos organismos dotados de reprodução sexuada;
- Nos animais, a gametogênese acontece nas gônadas, órgãos que também produzem hormônios sexuais que determinam as características que diferenciam os machos das fêmeas.
- O evento fundamental é a MEIOSE que reduz à metade a quantidade de cromossomos das células, originando células haplóides;
- Na fecundação, a fusão dos 2 gametas haplóide reconstitui o número diplóide característico de cada espécie;
- **ESPERMATOGÊNESE: GAMETOGÊNESE MASCULINA**
- **OVOGÊNESE OU OVULOGÊNESE: GAMETOGÊNESE FEMININA**

- **ESPERMATOGÊNESE:**

- Processo que ocorre nos testículos, as gônadas masculinas. Secretam testosterona, hormônio sexual responsável pelo aparecimento das características sexuais masculinas;

- **A ESPERMATOGÊNESE DIVIDE-SE EM 4 FASES:**

**Fase de Proliferação ou Multiplicação:** tem início durante a vida intra-uterina e se prolonga por toda vida. As células primordiais dos testículos diplóides, aumentam em quantidade por **MITOSES** consecutivas e formam as espermatogônias.

**Fase de Crescimento:** um pequeno aumento de volume no citoplasma das espermatogônias as converte em espermatócitos de primeira ordem, também chamados espermatócitos primários ou **espermatócitos I**, também diplóides.

**Fase de Maturação**: Corresponde ao período de **MEIOSE**. Depois da primeira divisão meiótica, cada espermatócito I origina 2 espermatócitos de segunda ordem (espermatócitos secundários ou **espermatócitos II**). Já são **haplóides**, embora possuam cromossomos duplicados. Com a ocorrência da segunda divisão meiótica, os 2 espermatócitos II **originam 4 espermátides haplóides**;

**Espermio gênese**: É o processo que converte as espermátides em **espermatozóides**, perdendo quase todo citoplasma. As vesículas do complexo de golgi se fundem formando o acrossomo, localizado na extremidade anterior dos espermatozóides. Há formação do flagelo, estrutura responsável pela movimentação espermática

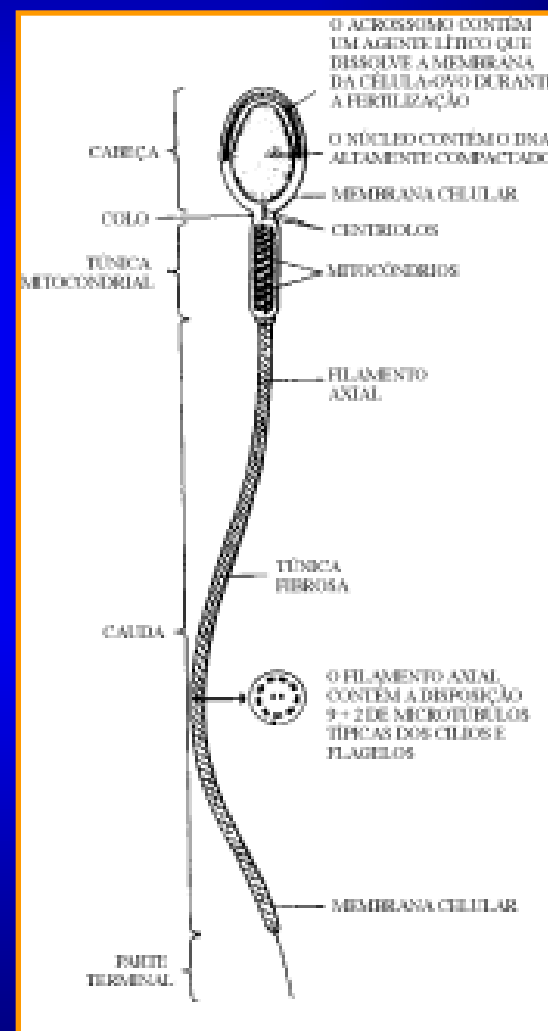
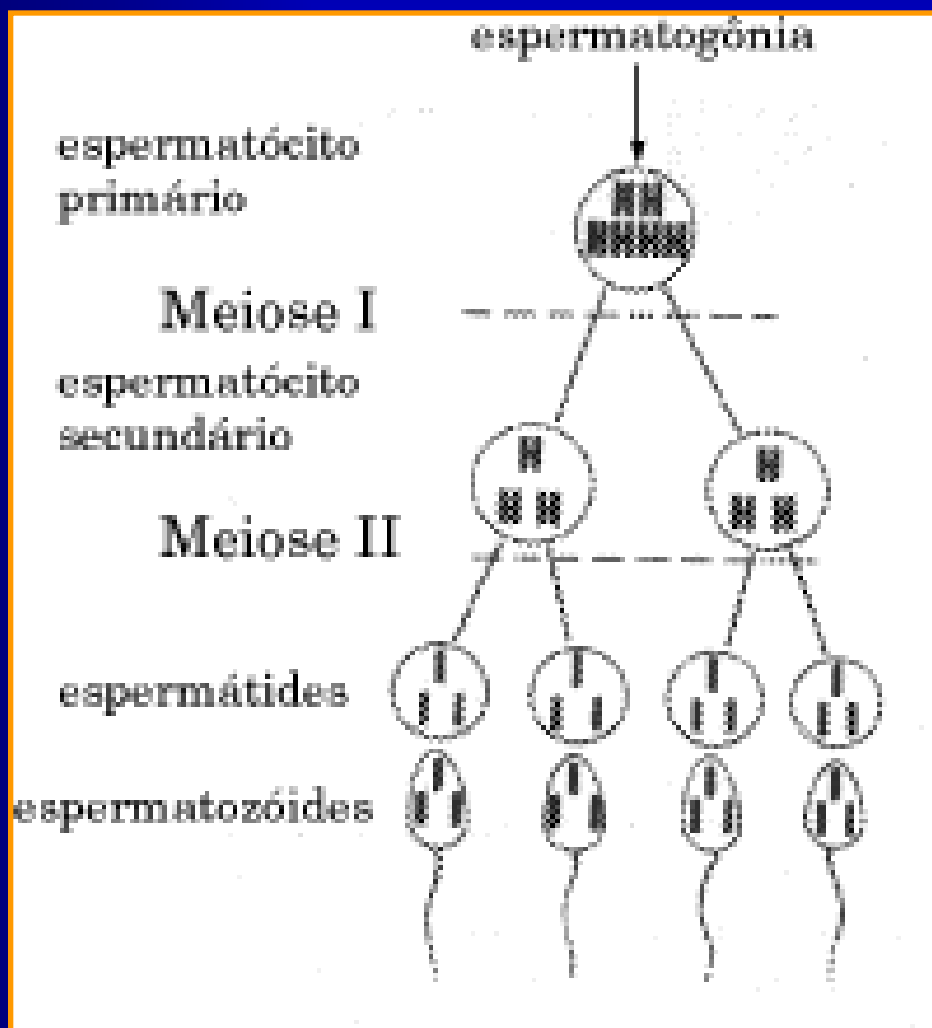
## **DURAÇÃO DA ESPERMATOGÊNESE NAS DIFERENTES ESPÉCIES:**

<b>ESPÉCIE</b>	<b>DURAÇÃO</b>
<b>Bovino</b>	<b>61 dias</b>
<b>Ovino</b>	<b>47 dias</b>
<b>Suíno</b>	<b>39 dias</b>
<b>Eqüinos</b>	<b>55 dias</b>

### **Fatores que influenciam a eficiência de produção de espermatozóides:**

- **Idade;**
- **Fatores ambientais;**
- **Níveis hormonais;**
- **Altamente correlacionada com o peso testicular (P.E.)**

# Esquema da Espermatogênese:



## ▪ **OVOGÊNESE:**

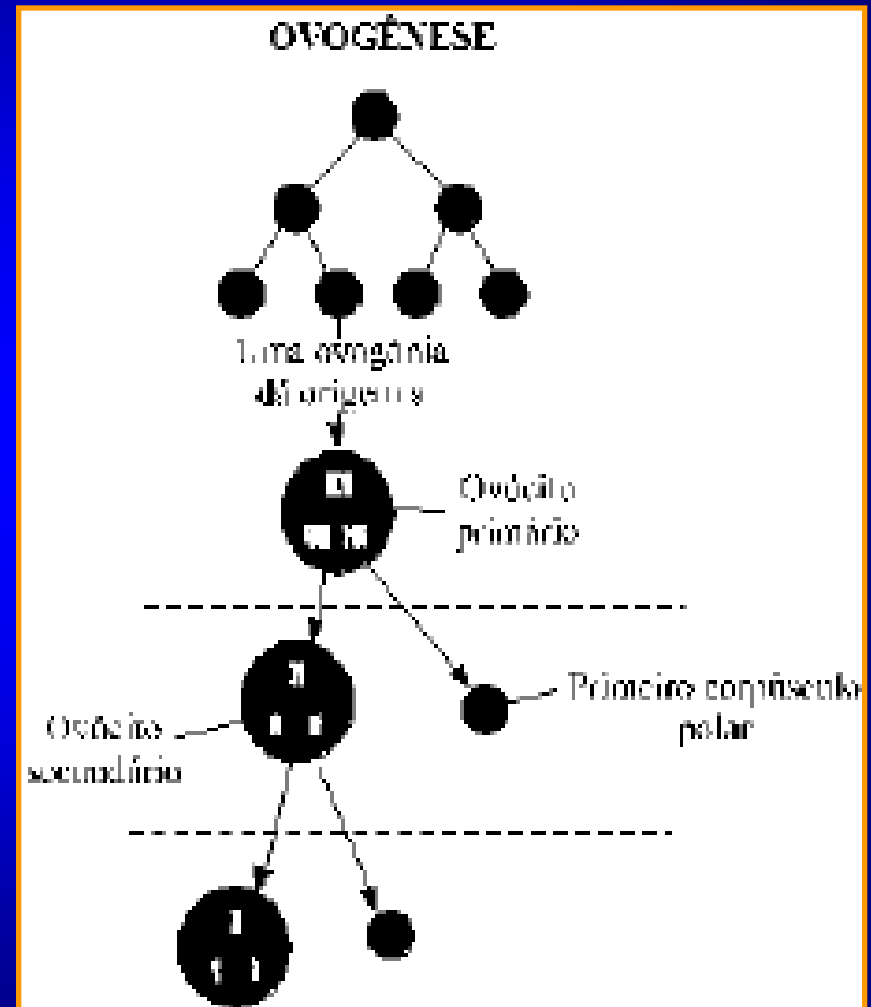
- Ocorre nos ovários onde encontram-se grupamentos celulares chamados folículos ovarianos de Graaf, onde estão as células germinativas, que originam os gametas, e as células foliculares, responsáveis pela manutenção das células germinativas e pela produção dos hormônios sexuais femininos.
- **A OVOGÊNESE É DIVIDIDA EM 3 FASES:**

**Fase de Multiplicação ou Proliferação:** é a fase de MITOSES consecutivas, quando as células germinativas aumentam a quantidade e originam as **OVOGÔNIAS**. Nos fetos a fase proliferativa termina por volta do final do primeiro trimestre da gestação. É uma quantidade limitada.

**Fase de Crescimento:** Logo que são formadas as ovogônias iniciam a primeira divisão da **MEIOSE**. Passam então por um notável crescimento, com aumento do citoplasma e grande acumulação de substâncias nutritivas. Terminada a fase de crescimento as ovogônias transformam-se em **ovócitos primários** (ovócitos de primeira ordem ou ovócitos I)

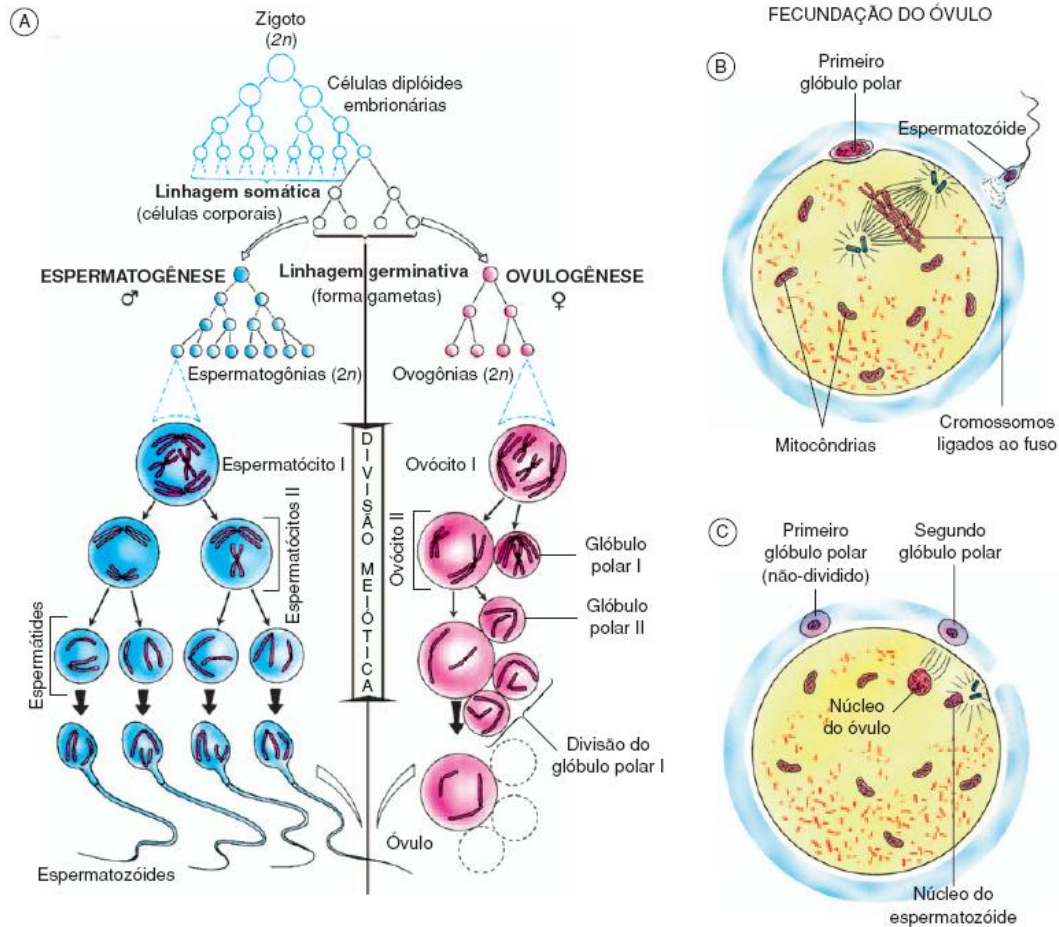
**Fase de Maturação:** Inicia-se quando a fêmea alcança a maturidade sexual. Quando o ovócito I completa a primeira divisão da meiose, origina 2 células. Uma delas não recebe citoplasma e desintegra-se a seguir, na maioria das vezes sem fazer a segunda divisão da meiose. É o primeiro **CORPÚSCULO POLAR**. A outra célula, é o **ovócito secundário** (ovócito de segunda ordem ou ovócito II). Ao sofrer a segunda divisão da meiose, origina o segundo **CORPÚSCULO POLAR**, que também morre com o tempo, e o **ÓVULO**, gameta feminino, célula volumosa e cheia de vitelo.

## Esquema da Ovogênese:





# Gametogênese



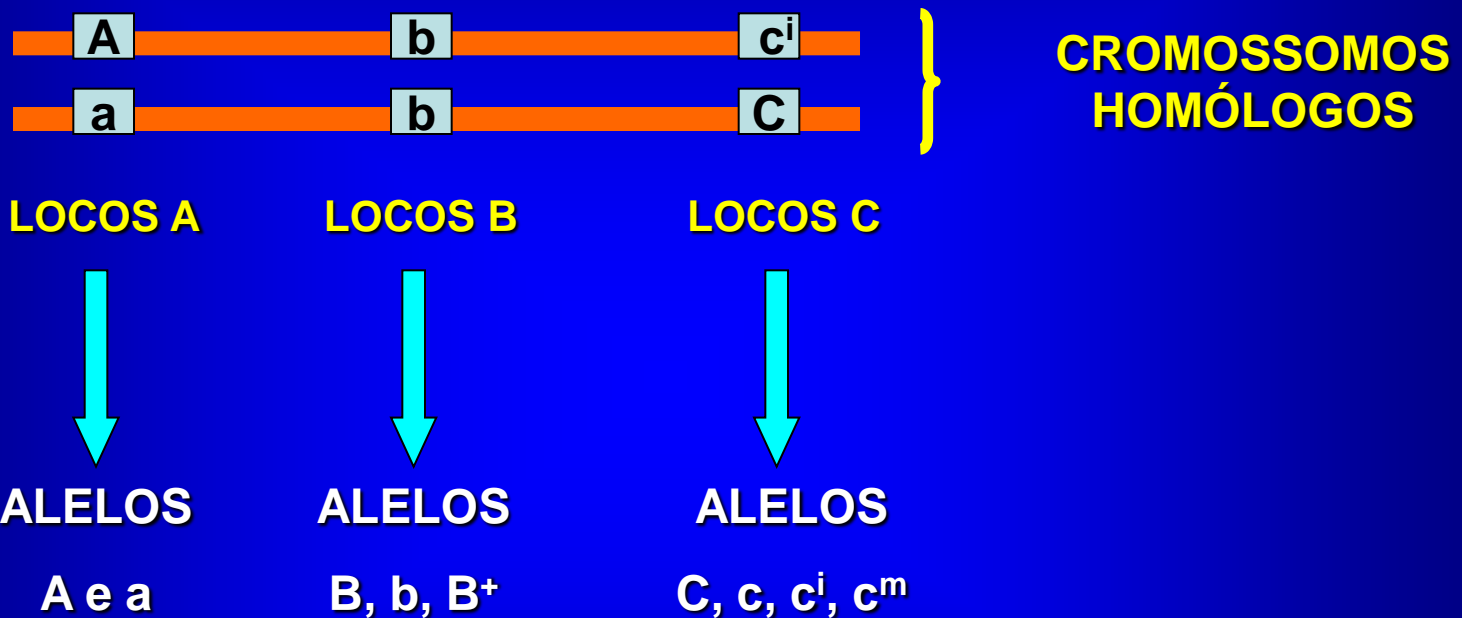
▲ **Figura 17.9** • **A.** Representação esquemática em que se compara a espermatogênese (à esquerda) e a ovulogênese (à direita) nos animais vertebrados. À esquerda, espermatogênese; à direita, ovulogênese. **B.** Esquema que representa um ovócito secundário, o óvulo, sendo fecundado por um espermatozóide. Até o momento da fecundação, o óvulo encontrava-se estacionado na metáfase II da meiose. **C.** Esquema que representa o gameta feminino logo após a fecundação. A meiose II encerrou-se e, em breve, o núcleo feminino e o núcleo masculino se unirão, originando o zigoto.



### 3. ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL GENÉTICO

- As unidades de material hereditário (DNA) que controlam os caracteres que se manifestam são os **GENES**;
- Um GENE regula a síntese de um composto, proteína, enzima, uma característica externa como a cor da pelagem;
- Os genes ocupam posições determinadas nos cromossomos chamadas **LOCOS**;
- As células **diplóides** possuem **2 genes** para cada **locos**, localizados em cromossomos homólogos;
- As diferentes formas de um gene, admissíveis de ocupar o mesmo locus se denominam **ALELOS**;
- Os indivíduos são **homozigotos** para um determinado locus se possuem o **mesmo alelo** em ambos os cromossomos homólogos e **heterozigotos** se possuem **diferentes alelos**;

# REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL GENÉTICO EM UMA CÉLULA SOMÁTICA



São representados 3 locos: "A", "B" e "C": No loco A o indivíduo é heterozigoto; no loco B apesar de existirem 3 alelos possíveis o indivíduo é homozigoto; no loco C existem 4 possíveis alelos e o indivíduo é heterozigoto.

## 4. SEGREGAÇÃO E RECOMBINAÇÃO DE GENES

- O princípio da **SEGREGAÇÃO** diz que os fatores determinantes da herança (**GENES**), que ocorrem em pares em todo o indivíduo, se separam ao serem transmitidos à progênie. Somente um dos dois genes que ocupam o loco é incluído em um gameta;
- **GENÓTIPO** refere-se à composição genética de um indivíduo, os genes que ele possui;
- **FENÓTIPO** é a manifestação do genótipo, o tipo de característica observada;

**Exemplo:** A herança da cor da pelagem na raça bovina Shorthorn é determinada por um loco, com 2 alelos: V = VERMELHO e B = branco. Neste caso, **sem dominância**, há 3 fenótipos possíveis, que correspondem a 3 genótipos:

FENÓTIPO Vermelho = GENÓTIPO VV

FENÓTIPO Rosilho = GENÓTIPO VB

FENÓTIPO Branco = GENÓTIPO BB

- Cruzando indivíduos Rosilhos (VB) entre si, teremos:

**VB x VB**

**VV, VB, VB, BB**

25% de filhos Vermelhos;

50% de filhos Rosilhos;

25% de filhos Brancos.

- O Cruzamento de indivíduos Vermelhos (VV) com indivíduos Brancos (BB) produz 100% de indivíduos heterozigotos Rosilhos (VB):

**VV x BB**

**VB, VB, VB, VB**

**Exemplo: Dominância completa** => herança da presença ou ausência de aspás na raça bovina Hereford:

FENÓTIPO Mocho = GENÓTIPO MM ou Mm

FENÓTIPO Aspado = GENÓTIPO mm

Para **3** genótipos existem **2** fenótipos. O alelo **M** é **dominante**, o indivíduo de fenótipo **mocho**, cujo genótipo é **MM** é mocho homocigoto ou mocho “**puro**”. O indivíduo mocho, cujo genótipo é **Mm** é heterocigoto, chamado “**portador**” do gene aspado. Os indivíduos aspados são todos do genótipo mm, pois o alelo m é recessivo.

**Exemplo:** Cruzamento de mochos heterocigotos Mm entre si, resulta em:

Mm x Mm

MM, Mm, Mm, mm

75% da progênie mocha e 25% aspada

- O princípio da **RECOMBINAÇÃO INDEPENDENTE** aplica-se aos genes que ocupam 2 locos em diferentes cromossomos, ou muito distantes no mesmo cromossomo, de modo que sempre ocorre permuta genética ou “crossing over”.
- **Exemplo:** Serão considerados 2 locos em ovinos, um que controla a herança da cor do velo e outro a herança da presença de asas:

<b>COR DO VELO</b>		<b>PRESENÇA DE ASPAS</b>	
<b>Genótipo</b>	<b>Fenótipo</b>	<b>Genótipo</b>	<b>Fenótipo</b>
<b>WW</b>	<b>Branco</b>	<b>PP</b>	<b>Mocho</b>
<b>Ww</b>	<b>Branco</b>	<b>Pp</b>	<b>Mocho</b>
<b>ww</b>	<b>Preto</b>	<b>pp</b>	<b>Aspado</b>

- O cruzamento de ovinos mochos, brancos (PPWW) com ovinos aspados, pretos (ppww), homozigotos para ambos locos, produz progênie **F1 mochos brancos** (PpWw) heterozigotos para ambos locos:

PPWW x ppww  
F1 => 100% PpWw

- **Cruzando** os ovinos **F1** entre si:

**PpWw x PpWw**, e considerando que machos e fêmeas produzem gametas PW, Pw, pW e pw com igual probabilidade ( $\frac{1}{4}$ ), e que se combinam ao acaso, a progênie terá:

9/16 P-W- mocho branco  
3/16 P-ww **mocho preto**  
3/16 ppW- **aspado branco**  
1/16 ppww aspado preto

- Recombinam-se na progênie, caracteres que não apareciam juntos nas gerações parentais (os avós), como mocho preto e aspado branco. A base biológica da recombinação é a meiose, e as leis da probabilidade.



## 5. LIGAMENTO E MUTAÇÕES

- **LIGAMENTO:** Os locos que se encontram ligados no cromossomos, e dois genes que estão localizados em locos muito juntos no mesmo cromossomo, SÃO HERDADOS EM BLOCO.
- **LIGAMENTO COMPLETO:** Entre 2 locos A (alelos A e a) e B (alelos B e b), o cruzamento de AABB x aabb, produzirá F1 AaBb, mantém sempre os alelos AB e ab juntos. A F2 será então:

$$\frac{1}{4} AABB \frac{1}{2} AaBb \frac{1}{4} aabb$$

Não haverá RECOMBINAÇÃO DE GENES que não estavam já juntos nos progenitores.

- **RECOMBINAÇÃO PARCIAL:** de genes localizados no mesmo cromossomo, chamado **PERMUTA GENÉTICA**. A meiose de um duplo heterozigoto (F1 AaBb x aabb). Se há permuta, todos os gametas são do tipo dos pais e se entre os locos há um “crossing over”, então metade dos gametas são do tipo dos pais e a metade são recombinantes.



- Se define como a distância entre 2 locos “A” e “B”, a frequência de crossing over (**c**) ou seja  $d_{AB} = c = 2r$  onde **r** é a frequência de **recombinantes**. O grau de ligamento ‘linkage’ se mede então pela frequência de recombinantes, que oscila de **0 à 1/2**. Com **0** teremos **LIGAMENTO TOTAL** e com  $r = 1/2$  **RECOMBINAÇÃO INDEPENDENTE** (os locos atuam como se estivessem em cromossomos diferentes. Neste último caso sempre ocorre um crossing over entre ambos os locos ( $c=1$  ou 100%));
- Geralmente podemos descrever as frequências gaméticas de um indivíduo F1, originado do cruzamento AABB x aabb, da seguinte forma:

<b>Gameta</b>	<b>Frequência</b>
AB	$(1-r)/2$ progenitores
Ab	$r/2$ recombinantes
aB	$r/2$ recombinantes
ab	$(1-r)/2$ progenitores

▪ **MUTAÇÃO**: ocorre durante o processo de duplicação de um gene. Surge um novo alelo. Pode ser por:

- Perda de uma base;
- Inserção de uma base;
- Substituição de uma base.

▪ **MUTAÇÃO NÃO RECORRENTE**: evento raro

Por exemplo, uma população constituída apenas por indivíduos AA. Supondo que o gene A mute para o alelo a, havendo, portanto, apenas um indivíduo Aa na população. Se este não se acasalar, o alelo a se perde. Se acasalar e produzir um descendente, a probabilidade de que o alelo desapareça é  $\frac{1}{2}$ ; para 2 descendentes  $\frac{1}{4}$ ; para 3 descendentes  $\frac{1}{8}$  e assim sucessivamente.

- **MUTAÇÃO RECORRENTE:** processo mutacional repetido.

O evento ocorre **regularmente e com frequência** característica. A frequência do mutante não é tão pequena que possa ser perdido por amostragem.

De uma maneira geral as mutações são **reversíveis**, isto é, se produzem em ambos os sentidos.

A maioria das mutações são **recessivas e prejudiciais** para o organismo. Algumas podem ser benéficas, porém estas não são freqüentes.

- As mutações por si só, como forças de mudança da frequência gênica são de pouca importância. Porém, no **processo evolutivo** das espécies, em milhões de anos, tem papel muito importante como origem de variação genética.
- O descobrimento de uma nova mutação depende muito se ela for dominante ou recessiva em sua expressão. Se é **DOMINANTE** é reconhecida imediatamente. Ex.: caráter mocho dos bovinos.

## 6. TIPOS DE AÇÃO GÊNICA

- **DOMINÂNCIA INCOMPLETA**: É a pelagem do Shortorn, determinada por 2 alelos (V e B) com 3 genótipos que correspondem a 3 fenótipos: VV = VERMELHO, VB = ROSILHO, BB = BRANCO. O cruzamento de heterozigotos entre si, produz segregação 1:2:1.
- **DOMINÂNCIA COMPLETA**: É a presença ou ausência de aspás na raça Hereford. Os alelos são M (mocho) e m (aspado), sendo M dominante sobre m. Desta maneira há somente 2 fenótipos que provém de 3 genótipos: MM = Mm = MOCHO; mm = ASPADO. O cruzamento de heterozigotos entre si, produz a segregação 3:1.
- **ADITIVIDADE**: é o caso em que cada alelo soma uma determinada quantidade cujo total será expresso pelo fenótipo. Por exemplo, um loco controla a altura do animal, produzindo em média os seguintes fenótipos: AA = 1,50M; Aa = 1,25 m; aa = 1,00 m. Cada alelo A adiciona 0,75 e cada alelo a 0,50 m à altura do animal

- **SOBREDOMINÂNCIA**: é um tipo de interação entre os alelos, onde o heterozigoto é superior a ambos homozigotos. Um exemplo é certo tipo sanguíneo em coelhos: o genótipo A1A1 produz antígeno 1, o genótipo A2A2 produz o antígeno 2, enquanto o heterozigoto A1A2, além dos antígenos 1 e 2, produz o antígeno 3, não encontrado nos homozigotos.
- Podem existir também interações entre genes situados em diferentes locos (interações inter-locos) agrupados sob o nome de **EPISTASIA**.
- A **EPISTASIA** pode exemplificar-se na **cor dos cavalos**: dois locos controlam o fenótipo, o loco “C” e o loco “D”. O gene C é necessário para que se expresse a cor (cc é albino); o gene D é a diluição da cor (dd têm cor total e DD é totalmente diluído; Dd é “palomino” – cor intermediária);
- Outro caso é o **recessivo letal**: não importa quais os genes que o animal tenha nos demais locos, se o indivíduo possui o letal em dose dupla, morre.