

**HERANÇA EXTRACROMOSSÔMICA**





**ou**



**HERANÇA CITOPLASMÁTICA**

# HERANÇA MENDELIANA



- DNA nuclear
- Mitose
- Meiose

		gametes	
		A $\frac{1}{2}$	a $\frac{1}{2}$
gametes	A $\frac{1}{2}$	AA 	Aa 
	a $\frac{1}{2}$	Aa 	aa 

3  yellow : 1  green

- Herança da maioria das características  
→ Princípios Mendelianos

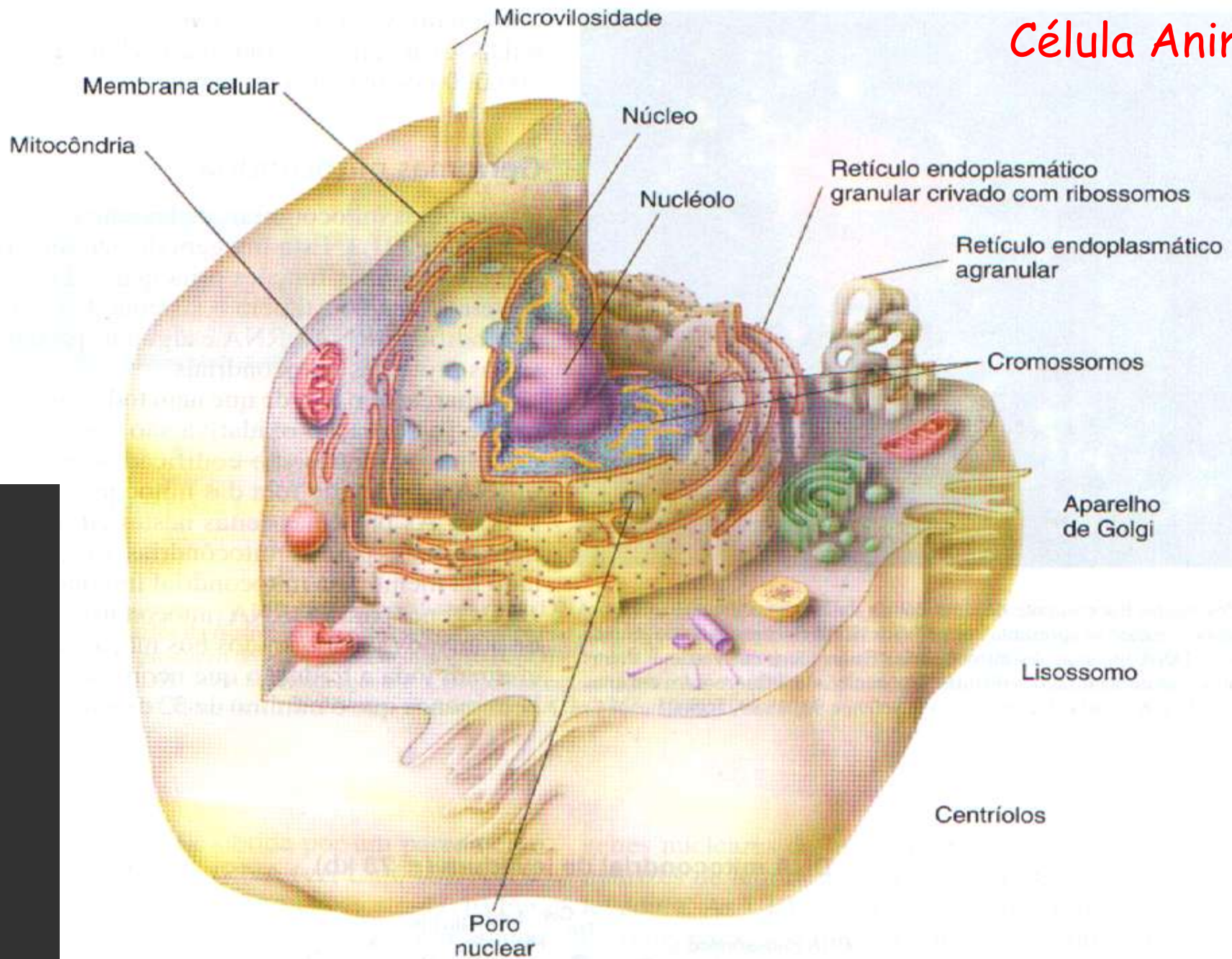
# HERANÇA EXTRA-CROMOSSÔMICA

- Algumas características não se aderem aos Princípios Mendelianos
- DNA extra-nuclear: cloroplasto e mitocôndria

## Base genética da herança extracromossômica:

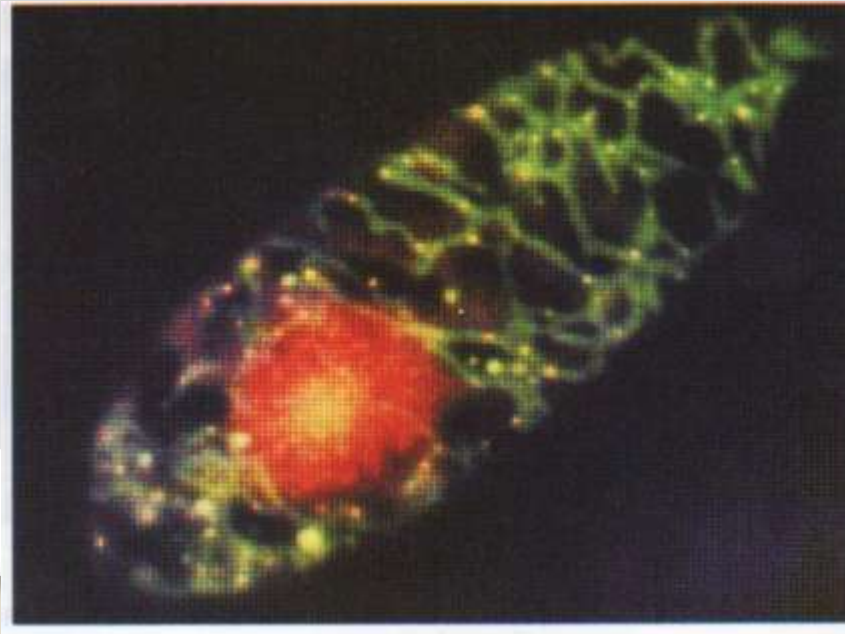
- ↪ Baseada em ácidos nucleicos (DNA) situados no citoplasma, independentes e auto-replicantes que diferem dos ácidos nucleicos cromossômicos apenas por sua localização na célula
- ↪ Estes se localizam nos plastídios (cloroplastos) e mitocôndrias
- ↪ O DNA dessas organelas contêm genes estruturais, genes para rRNA e para tRNA.

# Célula Animal

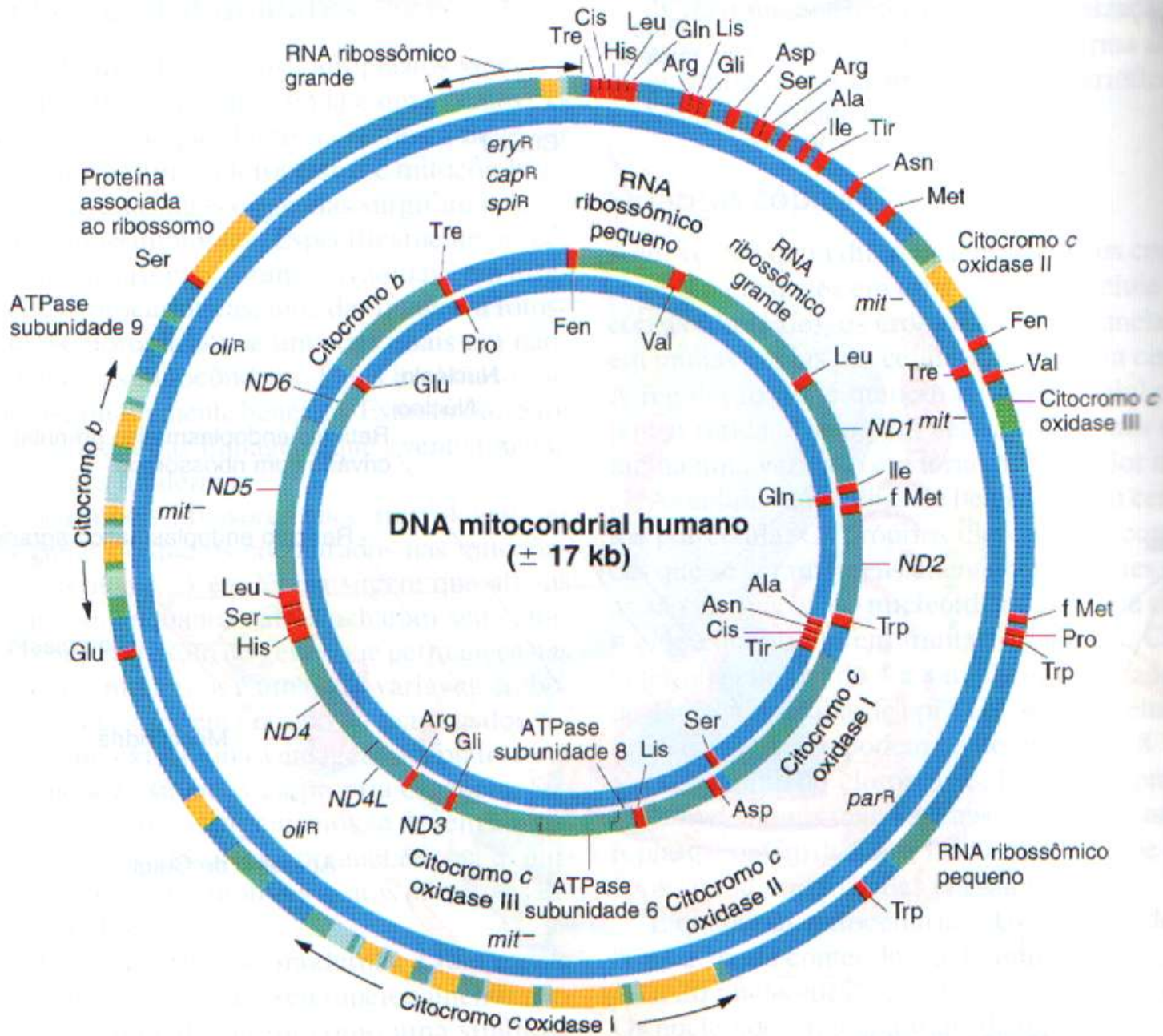


- A levedura unicelular *Euglena gracilis* pode conter de 1 a 45 mitocôndrias, cada uma com 10 a 30 nucleóides (áreas específicas que se coram intensamente com corantes de DNA), com 4 a 5 moléculas de mtDNA (DNA mitocondrial) em cada nucleóide.

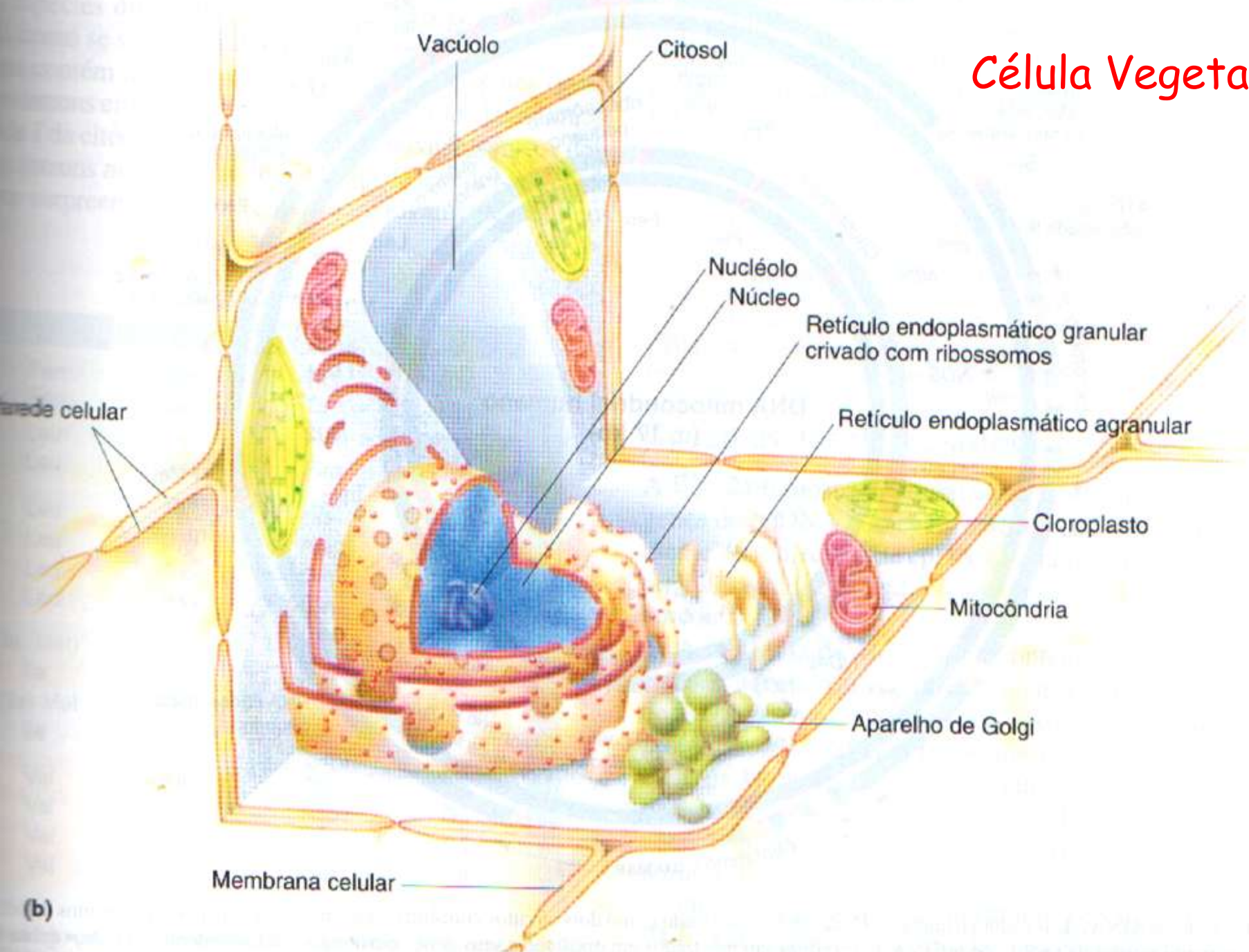
( $45 \times 30 \times 5 = 6750$  cópias do genoma mitocondrial)



### DNA mitocondrial de levedura ( $\pm 78$ kb)



# Célula Vegetal



(b)



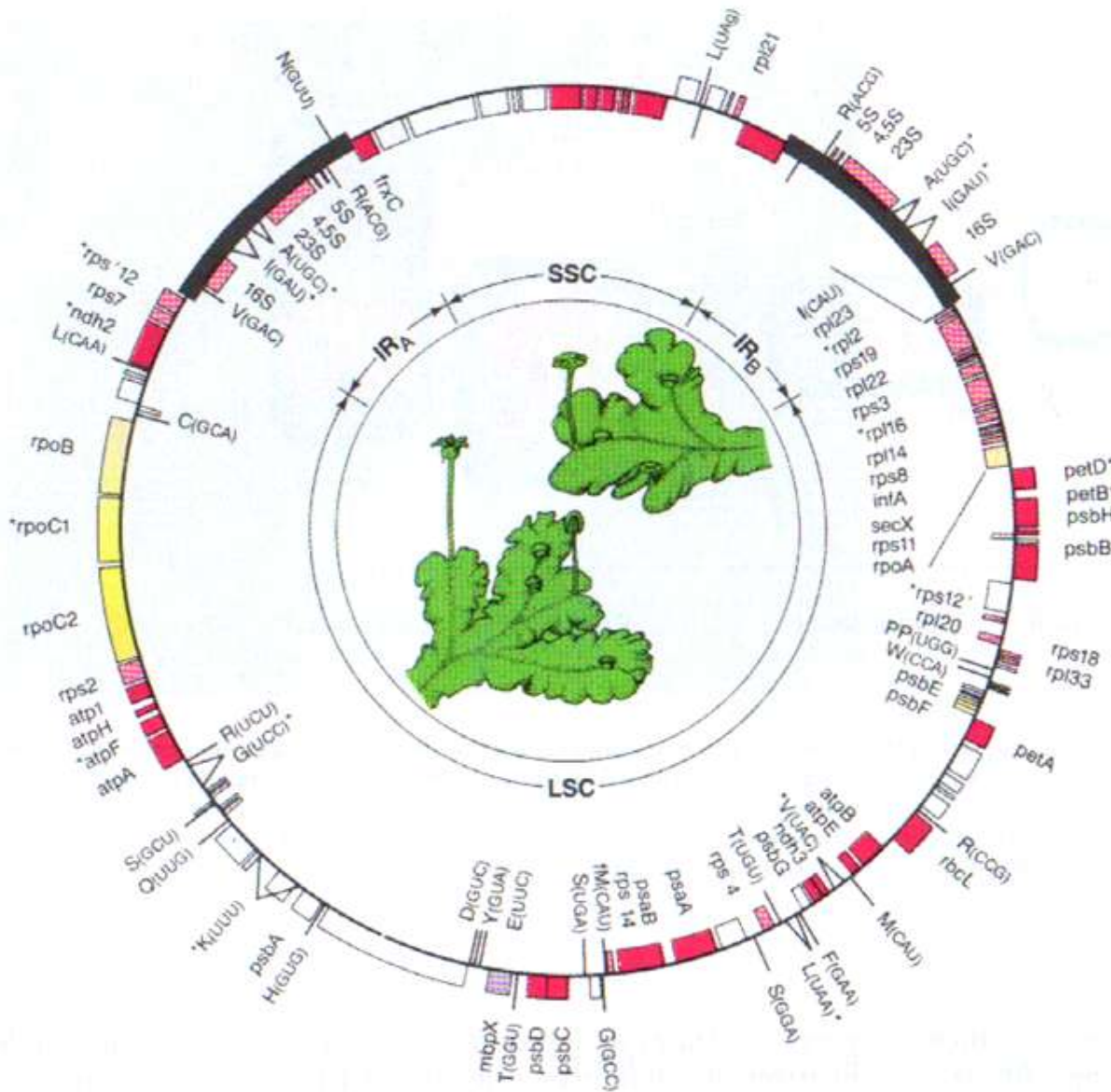


- Células de folha de beterraba têm cerca de 40 cloroplastos por célula.
- Cada cloroplasto pode conter 4 a 8 nucleóides, com 4 a 18 moléculas de cpDNA (DNA cloroplastidial).

( $40 \times 8 \times 18 = 5.760$  cópias do genoma de cloroplasto)

## DNA do cloroplasto





**Tradução**

- rps proteínas ribossomais 30S
- rpl proteínas da subunidade ribossomal 50S
- trn tRNA (indicados por códigos de aminoácidos de uma letra)
- 4,5S, 5S, 16S, 23S rRNAs
- infA fator de iniciação
- secX proteína ribossomal 50S

**Fotossíntese e transporte de elétrons**

- rbc ribulose biscofosfato carboxilase
- psa fotossistema 1
- psb fotossistema 2
- pet complexo citocromo *b6/f*
- atp ATP sintase
- frx proteínas ferro-oxotrefe
- ▲ ndh NAD(P)H oxirredutase

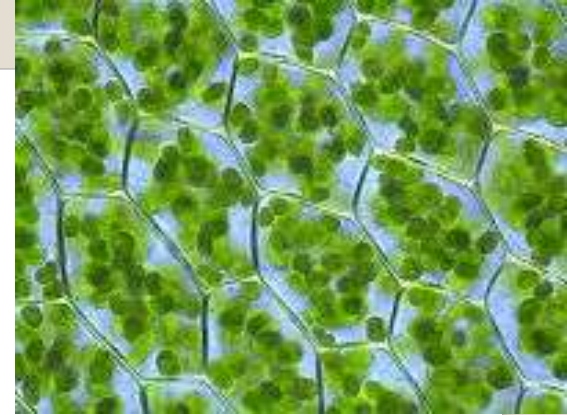
**Transcrição**

- rpo RNA polimerase

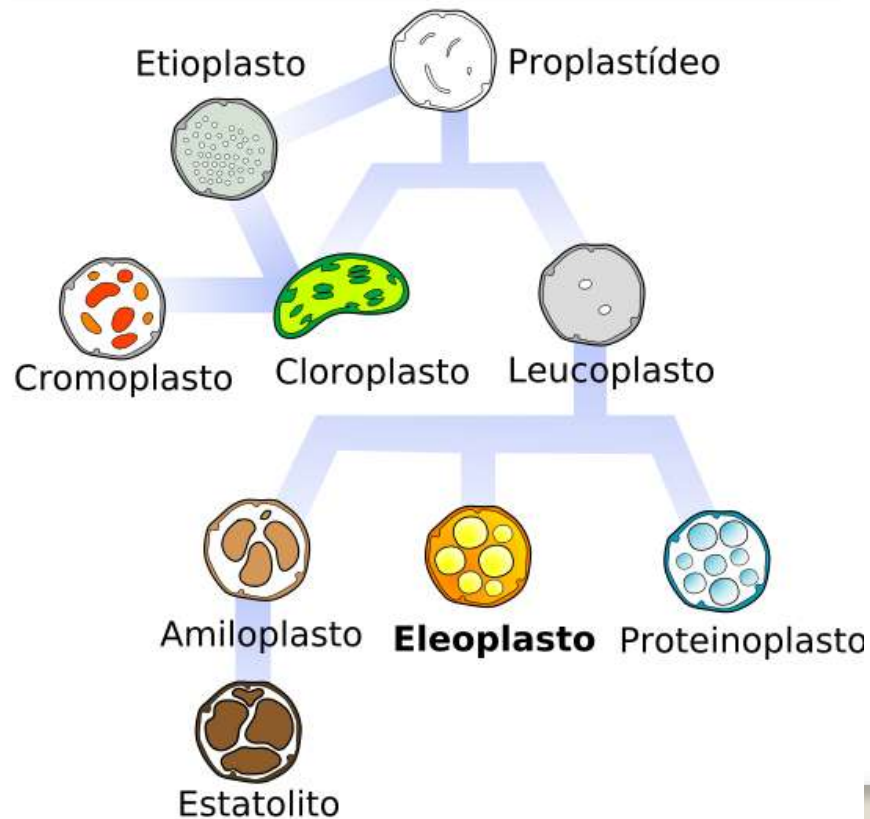
**Miscelânea**

- mbpX permease

Plastídios -> organelas citoplasmáticas encontrados nas células de plantas e algas (Ex: cloroplasto)



### Plastídeos



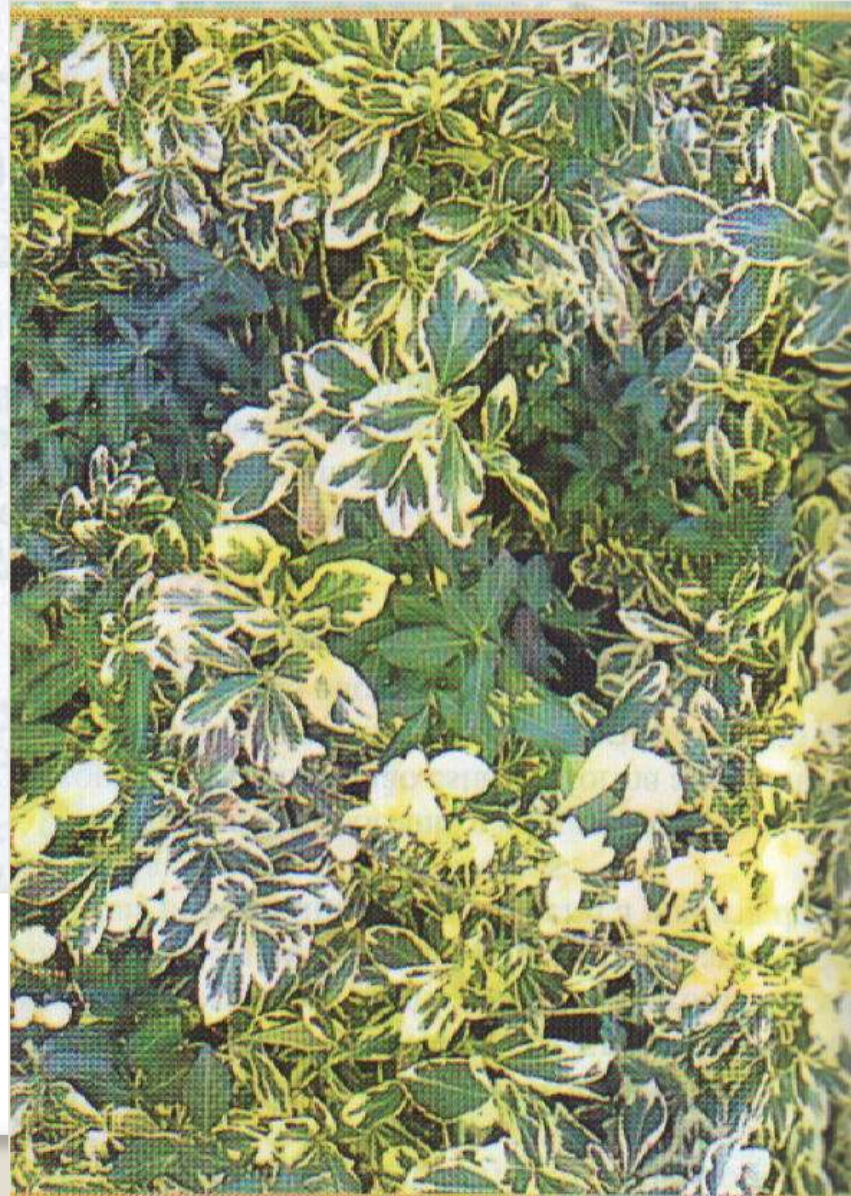


Ex: planta Maravilha (*Mirabilis jalapa*)

=> tipos *albinos* (sem clorofila)

=> tipos *variegados* (mosaico de plantas com partes verdes e albinas)

=> tipos *verdes* (folhas verdes)

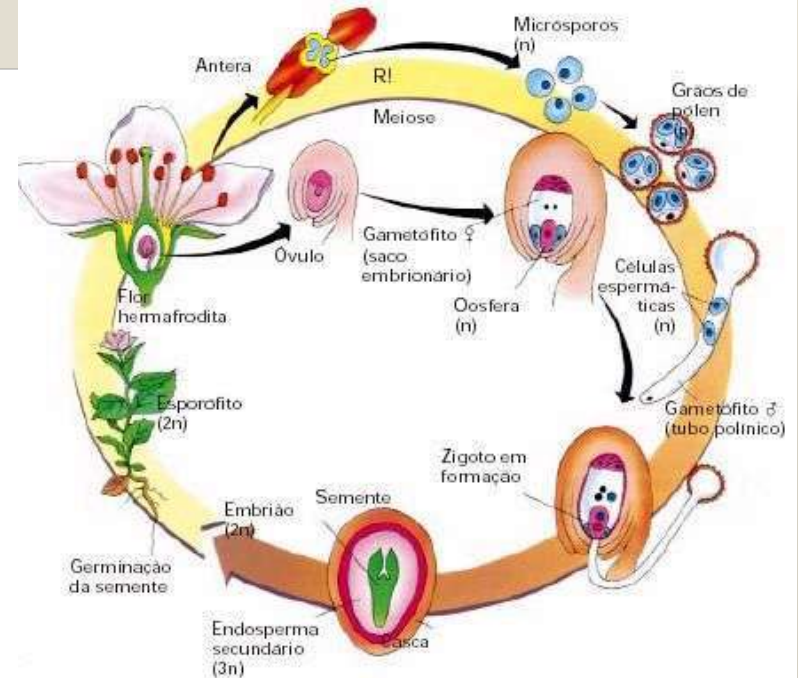


*Mirabilis jalapa*

A origem do grão de pólen não tem importância nos resultados dos cruzamentos. O fator determinante da descendência é a localização da flor que recebeu o pólen:

Flores polinizadas situadas em ramos:	Pólen de flor do ramo:	Descendência (fenótipo dos ramos dos F1):
albino albino albino	albino verde variegado	albino albino albino
verde verde verde	albino verde variegado	verde verde verde
variegado variegado variegado	albino verde variegado	variegado, verde, branco variegado, verde, branco variegado, verde, branco

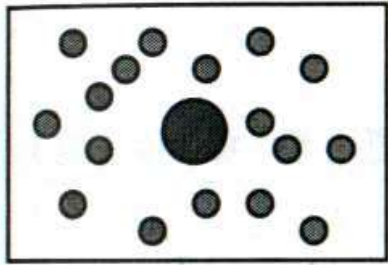
➤ É importante entender que:



- Na maioria dos seres vivos, no processo sexuado, o gameta feminino contribui com o citoplasma e um núcleo haplóide e o gameta masculino com um núcleo haplóide
- Assim, se o fator condicionante do caráter estiver localizado no citoplasma, o zigoto refletirá o caráter materno, pois o seu citoplasma provém do gameta feminino.



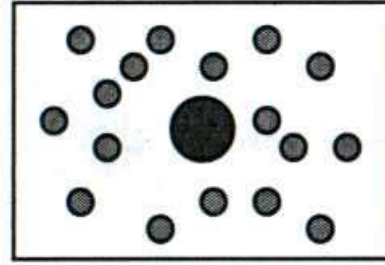
Gameta feminino



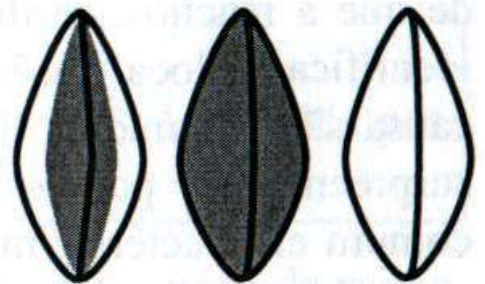
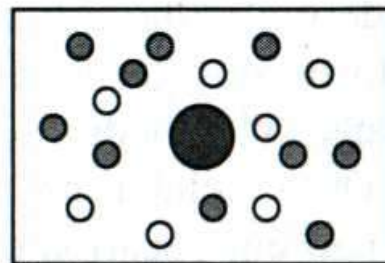
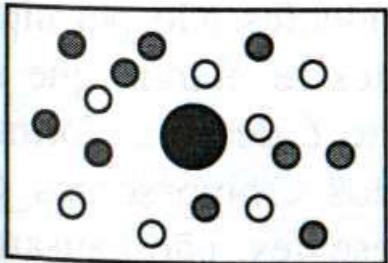
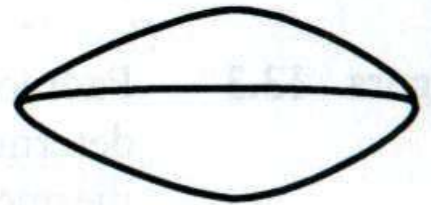
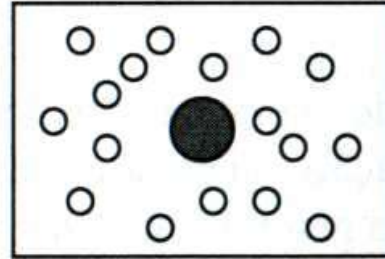
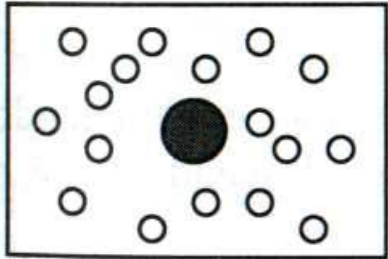
Gameta masculino



Zigoto



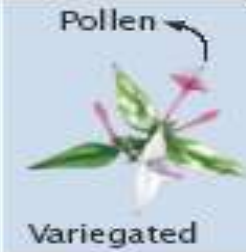
Folhas



**Methods**

Cross flowers from white, green, and variegated plants in all combinations.

Pollen plant (♂)



Seed plant (♀)

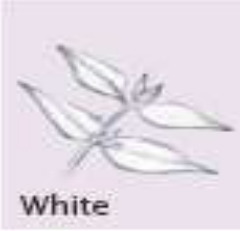
**Results**



White



White



White



White



Green



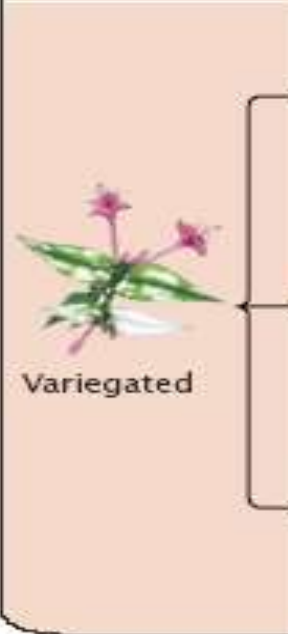
Green



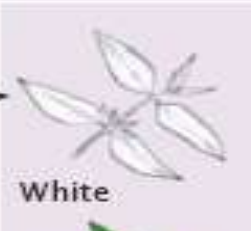
Green



Green



Variegated



White



White



White



Green



Green



Green



Variegated



Variegated



Variegated

Diferença entre cruzamentos recíprocos:

Ex: macho albino x fêmea verde ----> F1 = verde

macho verde x fêmea albina ----> F1 = albino

Na herança mendeliana os cruzamentos recíprocos dão o mesmo resultado (exceto quando se trata de genes ligados ao sexo). Já na herança citoplasmática, os resultados são diferentes (ver exemplo acima).

## Aplicação prática desses conhecimentos

✧ Muitos herbicidas atuam inibindo a fotossíntese.

Ex: triazinas -> têm afinidades pelas membranas do tilacóide, onde bloqueia o transporte de elétrons, desprovendo o cloroplasto da energia necessária para o transporte de elétrons.

✧ Algumas ervas daninhas têm se tornado resistentes, o que se deve a uma proteína do tilacóide do cloroplasto, mais especificamente ao aminoácido "lisina".

✧ É de interesse do melhorista passar esta resistência ao herbicida às plantas cultivadas.

✧ Como transferir a resistência da erva daninha à planta cultivada???



✧ Ex: colza (*Brassica napus*) x *Brassica campestris* (daninha)

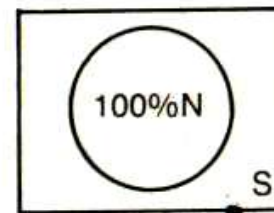
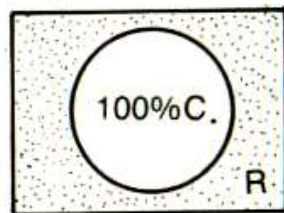
✧ Uso retrocruzamentos para transferir os cromossomos da planta cultivada para o citoplasma (resistente) da planta daninha (ver esquema)



Progenitores

(♀) *B. campestris*

(♂) *B. napus*



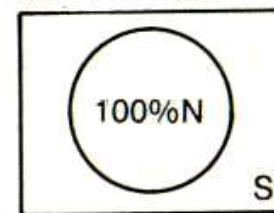
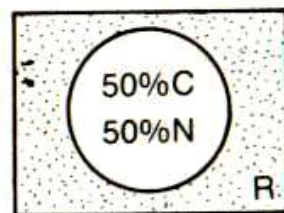
X

Fenótipos:

resistente (R)

suscetível (S)

F<sub>1</sub>



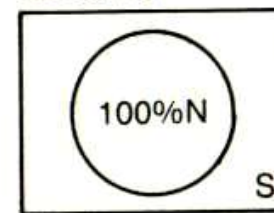
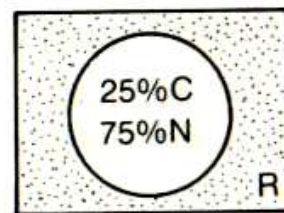
X

Fenótipos:

resistente

suscetível

F<sub>1</sub> RC<sub>1</sub>



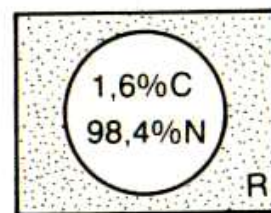
X

Fenótipos:

resistente

suscetível

F<sub>1</sub> RC<sub>5</sub>



Fenótipo:

resistente

# Macho-esterilidade

☆ Genes da mitocôndria (organelas citoplasmáticas que participam da respiração celular e produzem ATP)

☆ Ex: Genes para Macho-Esterilidade:

=> Importante para a obtenção de plantas híbridas -> evita o despendoamento ou a emasculação



## Macho-esterilidade

- ☆ *Macho esterilidade* => falha na produção do grão de pólen
  - => deficiência num segmento de DNA da mitocôndria
  - => ocorre em mais de 80 espécies
  
- ☆ Tem sido muito utilizada no melhoramento de plantas para a produção de sementes híbridas



# Macho-esterilidade



Estéril      Fértil  
*milho*  
(*Zea mays*)



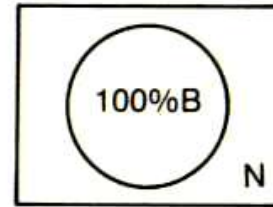
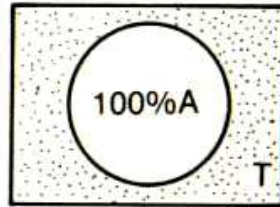
*cebola*  
(*Allium cepa*)

Uso do método de retrocruzamentos para transferir a macho-esterilidade de uma linhagem a outra

Progenitores

(♀) Linhagem A

(♂) Linhagem B



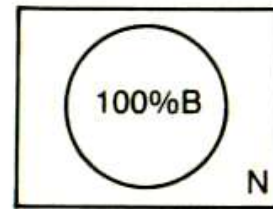
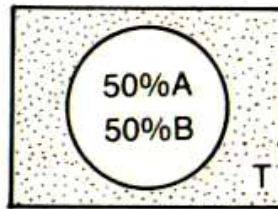
X

Fenótipos:

(♂) estéril

(♂) fértil

F<sub>1</sub>



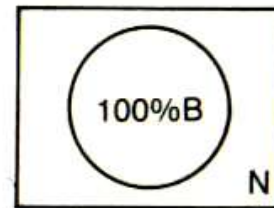
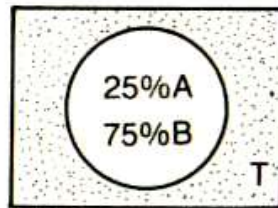
X

Fenótipos:

(♂) estéril

(♂) fértil

F<sub>1</sub> RC<sub>1</sub>



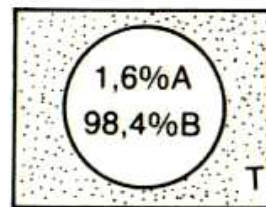
X

Fenótipos:

(♂) estéril

(♂) fértil

F<sub>1</sub> RC<sub>5</sub>



Fenótipo:

(♂) estéril

❖ A herança da macho esterilidade pode ser de dois tipos:

(a) Citoplasmática:

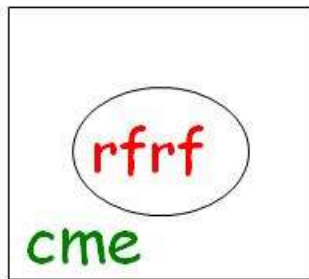
Controlada por fatores extra-nucleares (mitocôndrias)

(b) Devido a um gene cromossômico (nuclear) recessivo

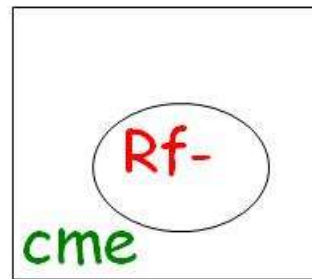
$rfrf \rightarrow$  estéril

$Rfrf$  } férteis  
 $RfRf$

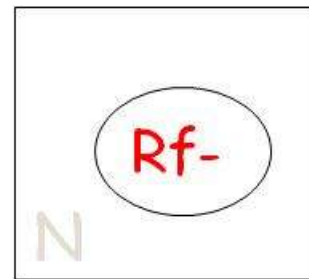
- => Outros experimentos mostraram que algumas linhagens restauravam a fertilidade -> era devido a um gene dominante ( $Rf$ ) e foram chamadas *restauradoras*.
- => O fenótipo macho-estéril requer o citoplasma macho-estéril ( $cme$ ) e o gene recessivo ( $rf$ ) na condição homozigótica.
- => Se o fator  $Rf$  estiver presente em citoplasma macho-estéril ou normal, o fenótipo será sempre macho-fértil.



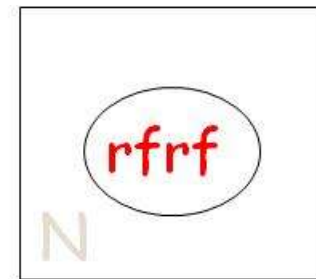
estéril



fértil



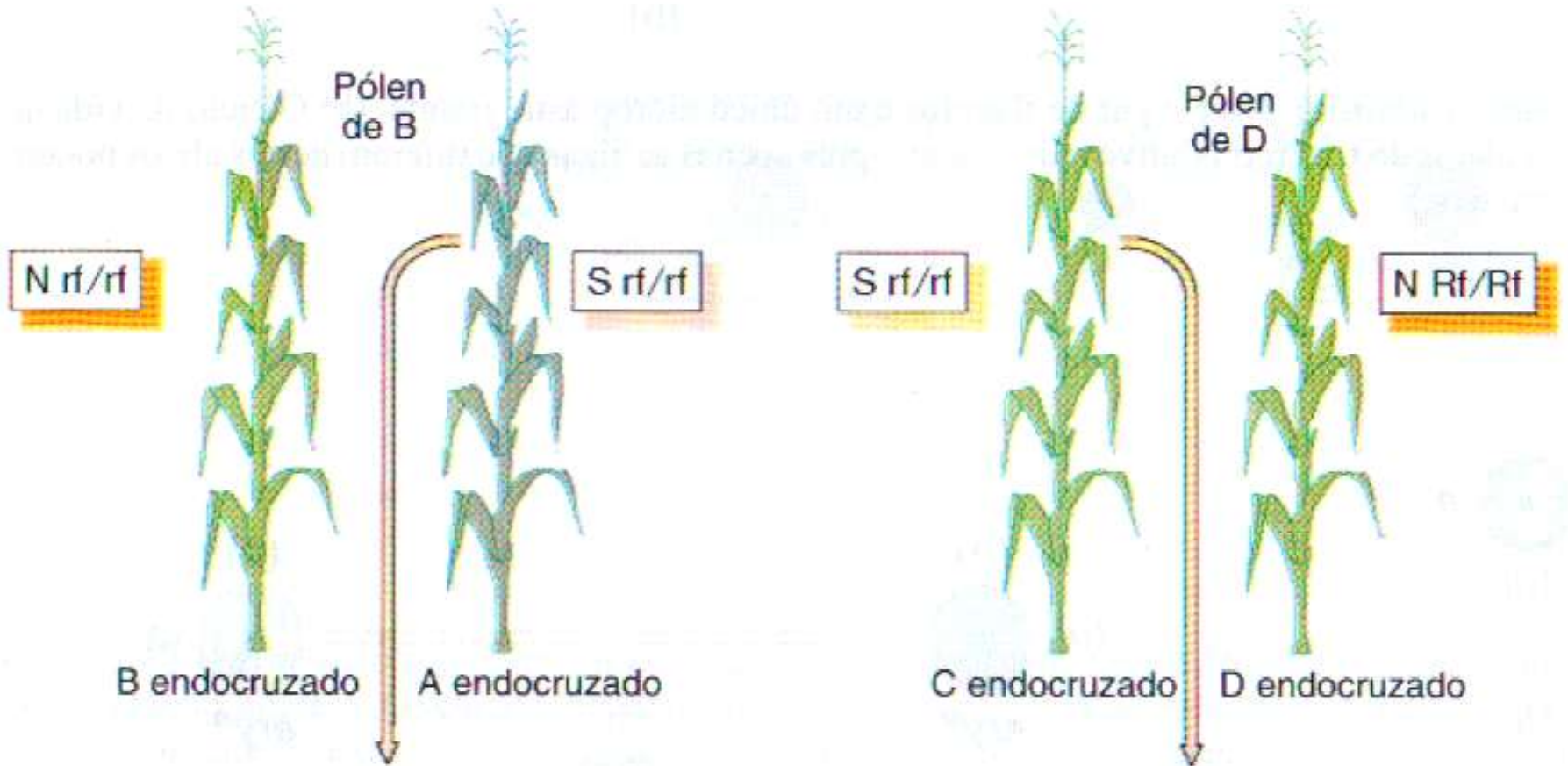
fértil

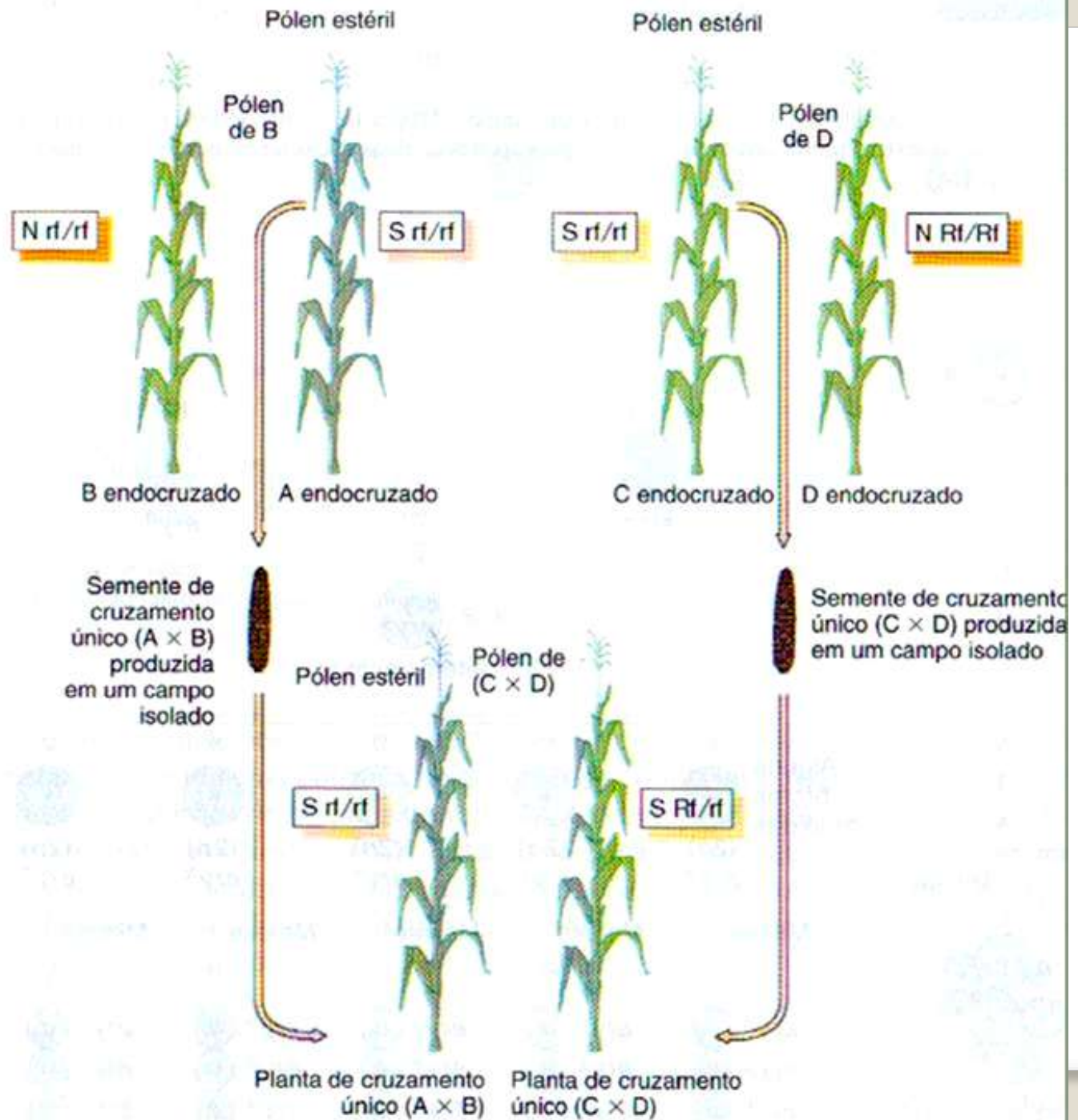


fértil

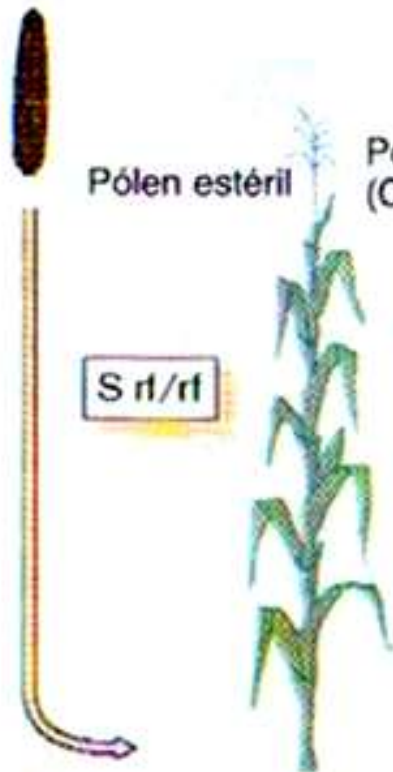
Pólen estéril

Pólen estéril

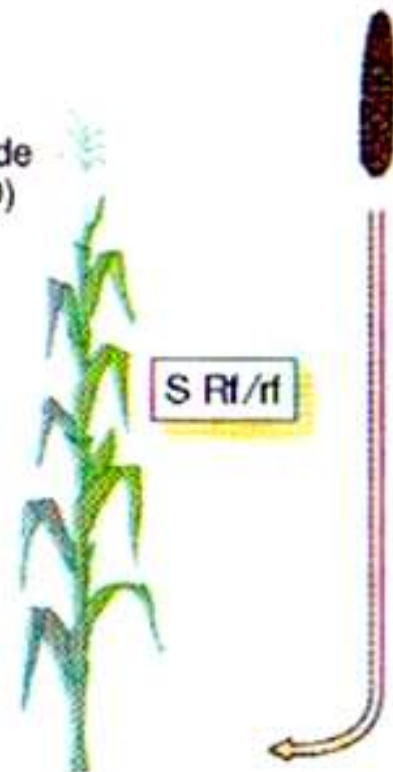




Semente de cruzamento único (A × B) produzida em um campo isolado



Pólen de (C × D)



Semente de cruzamento único (C × D) produzida em um campo isolado

Planta de cruzamento único (A × B)

Planta de cruzamento único (C × D)

A semente de cruzamento duplo (A × B) × (C × D) é produzida em um campo isolado, vendida a um fazendeiro e plantada para produzir milho duplo cruzado de alta produtividade



S r/r

macho estéril

S Rf/r

macho fértil

S = Citoplasma com esterilidade masculina  
N = Citoplasma normal  
Rf = Um restaurador nuclear (supressor) de S

Metade das sementes é de macho fértil e metade é de macho estéril



## Referência para estudo:

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; PINTO, C.A.B.P. 2004. *Genética na Agropecuária*. Lavras: Editora UFLA, 3<sup>a</sup> Ed. 472p. [R165g4 e.1 95052].

Cap. 16 - Efeito materno e herança extracromossômica.