

# INTRODUÇÃO À GENÉTICA E RELEMBRANDO A MEIOSE

## Aula 1

LGN0218 – Genética Geral



✓ **Gregor Mendel**  
(1822-1884)

Maria Carolina Quecine  
mquecine@usp.br  
Maria Lucia Carneiro Vieira  
mlcvieir@usp.br  
Departamento de Genética

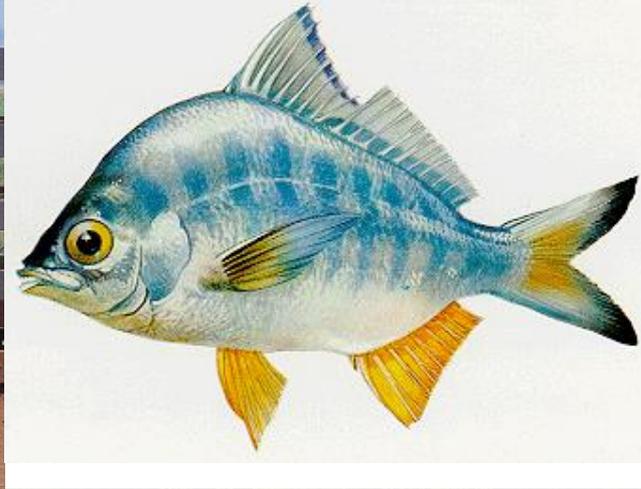
# SUMÁRIO

- LGN0218 – como será?
- Entendendo o que é genética
- Aplicações da genética
- Revisão meiose

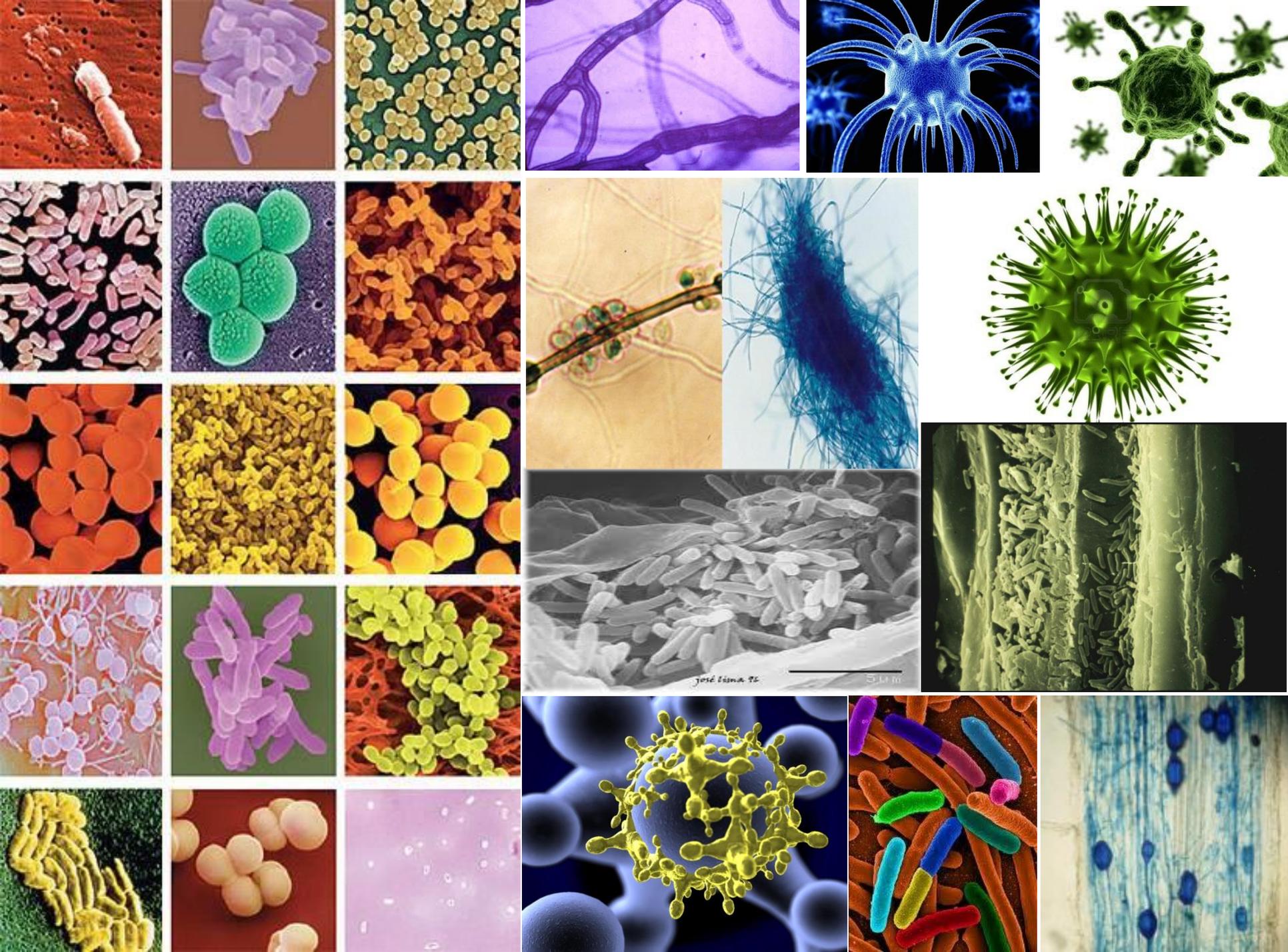
- Objetivo da disciplina – formação e não somente informação;
- Material disponível no e-Disciplinas;
- Participação ativa dos graduandos;
- Exercícios semanais
- Provas:  
02/10 – Prova 1  
04/12 – Prova 2
- Trabalho final.



**Por que estudar Genética no curso de  
Ciências Biológicas?**

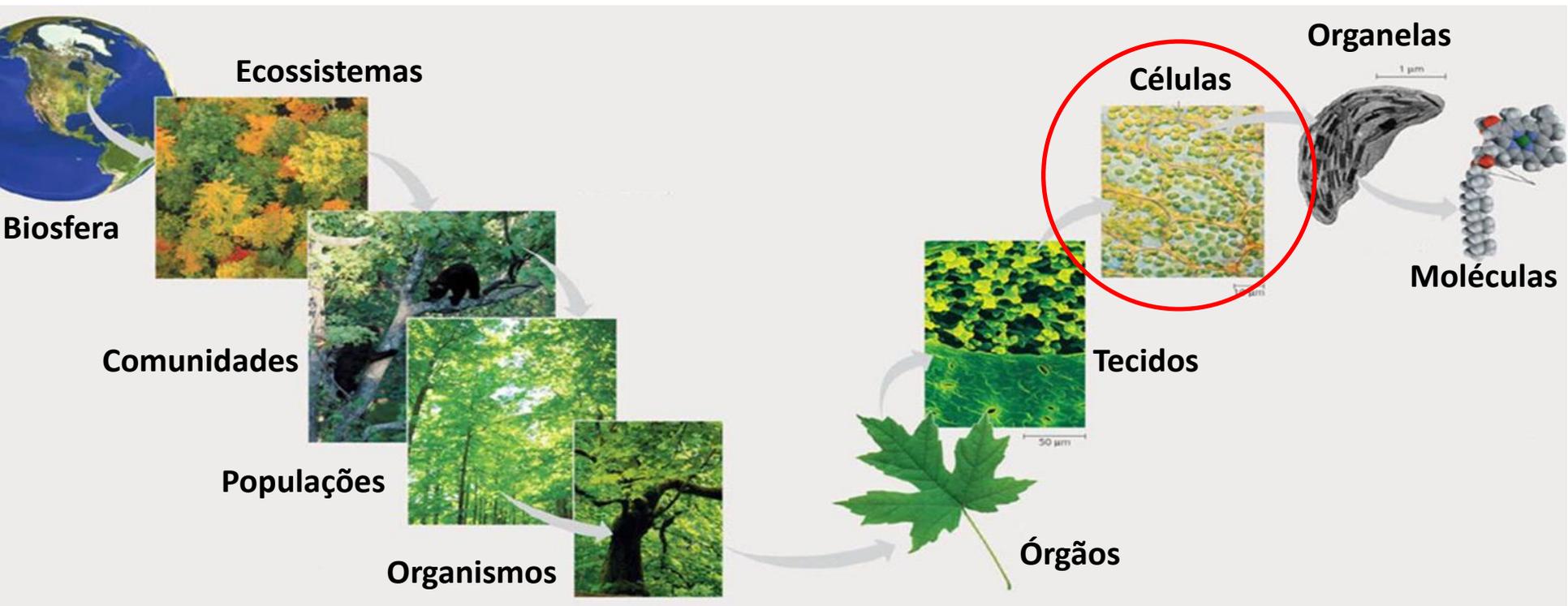




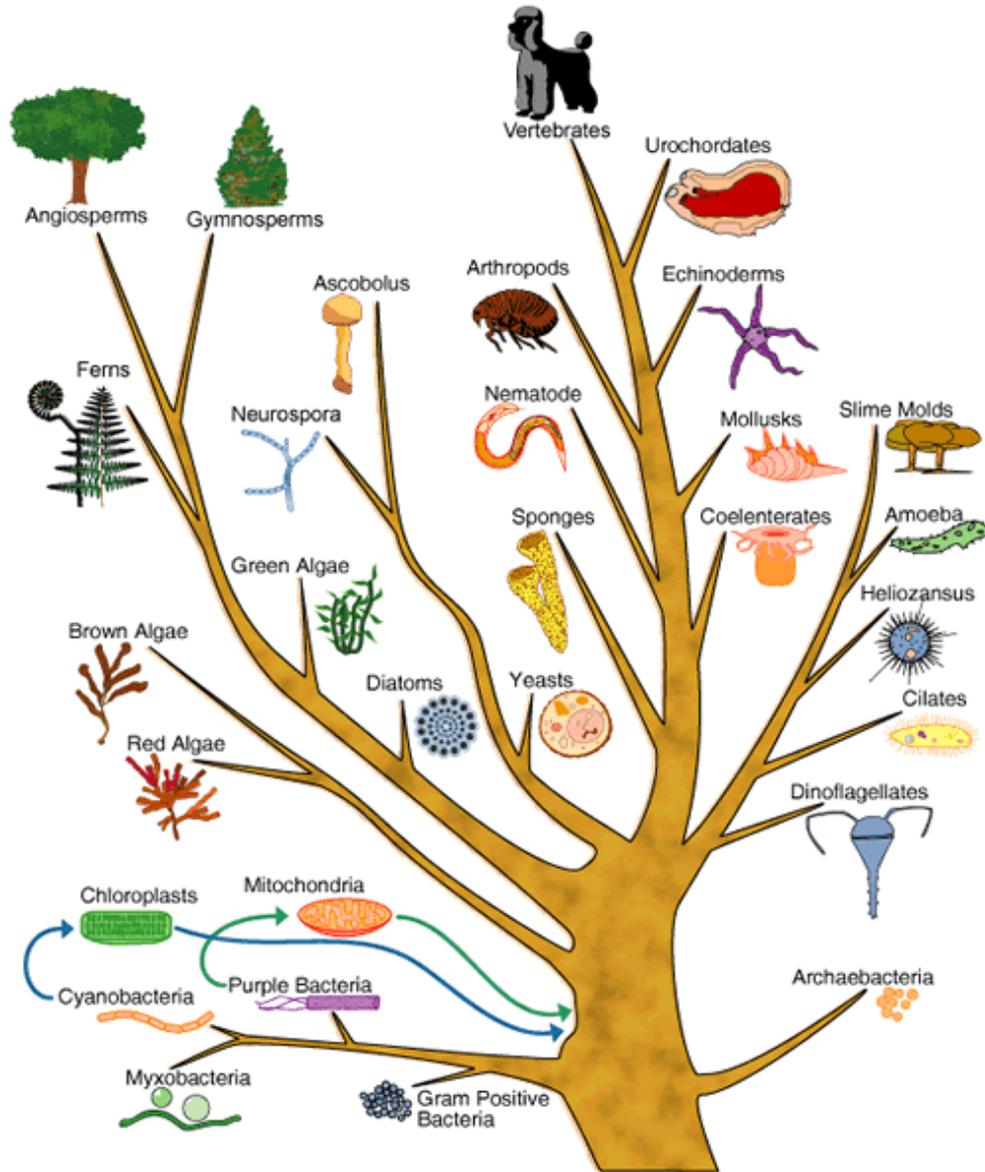


# 1. TEORIA CELULAR

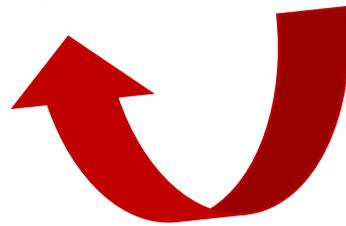
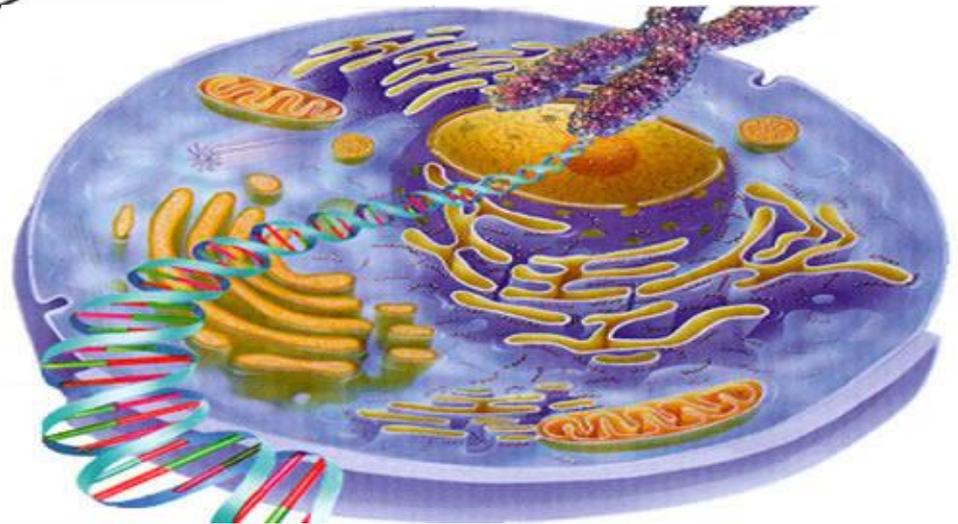
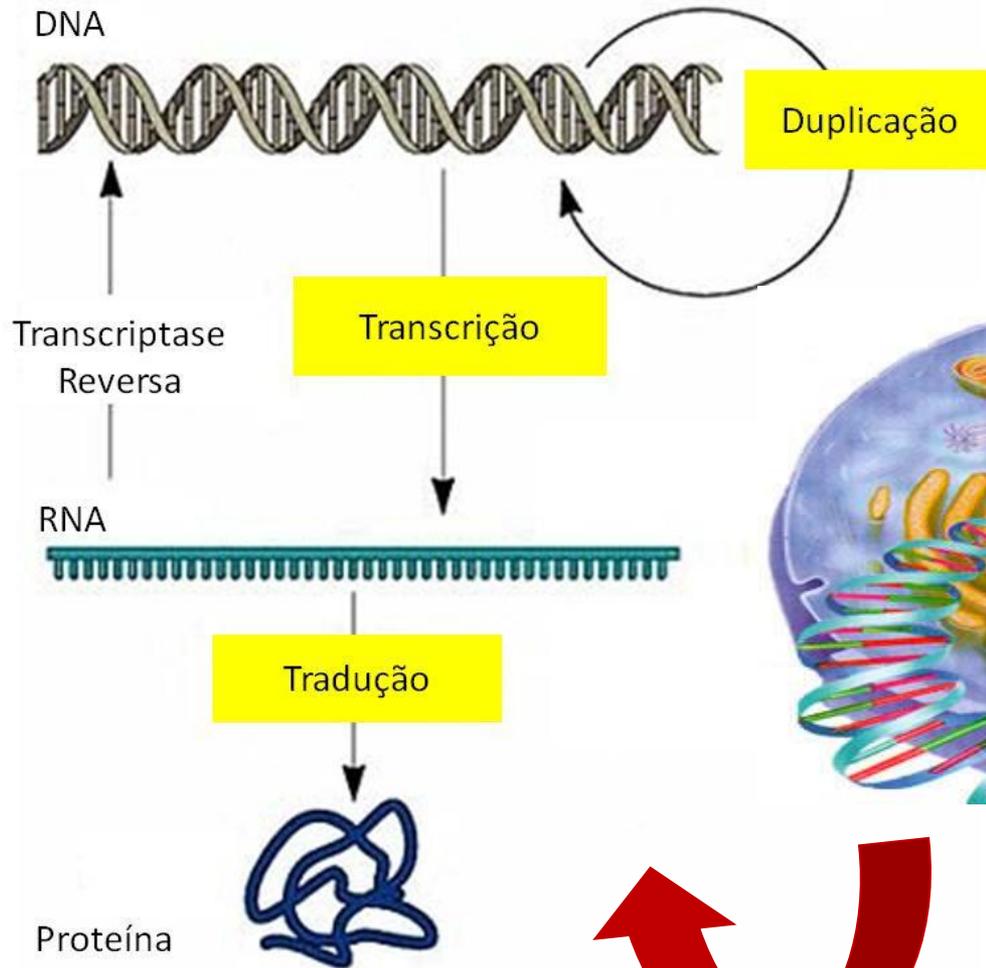
- ✓ a menor unidade de um organismo vivo (vida autônoma) é a célula;
- ✓ as propriedades (morfologia e fisiologia) de um organismo dependem das propriedades de suas células;
- ✓ as células se originam **unicamente** a partir de outras células e sua continuidade se mantém devido à transmissão de seu material genético ao longo das gerações (hereditariedade).



## 2. ORIGEM



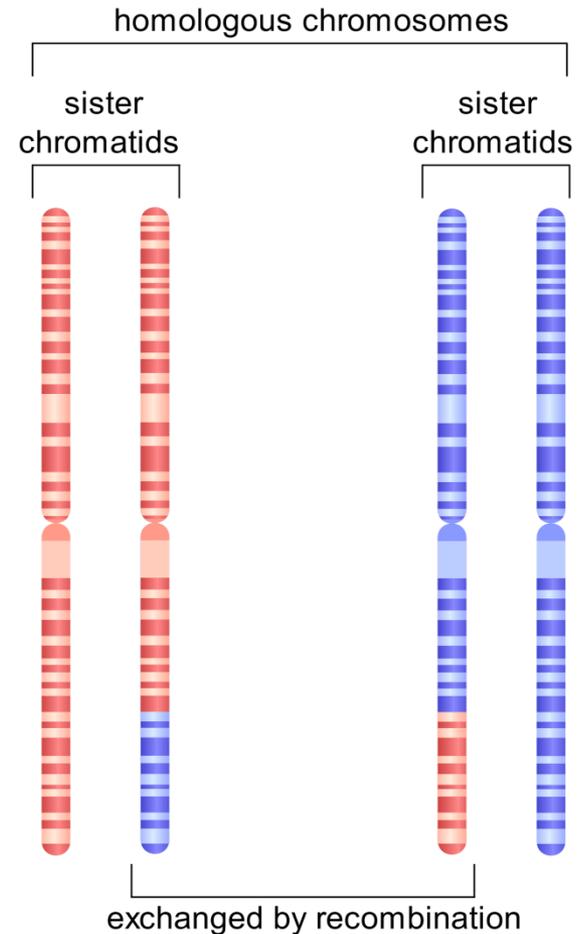
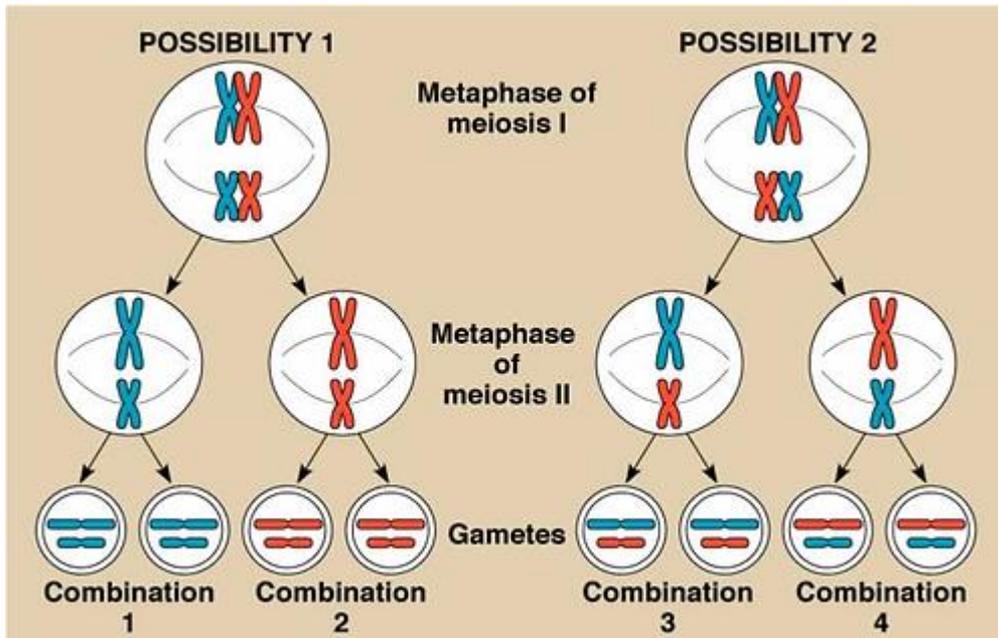
### 3. PROCESSOS CELULARES



**1. Por que os indivíduos de uma família se parecem, mas não são idênticos?**



# Os indivíduos de uma família se parecem, mas não são idênticos!!!



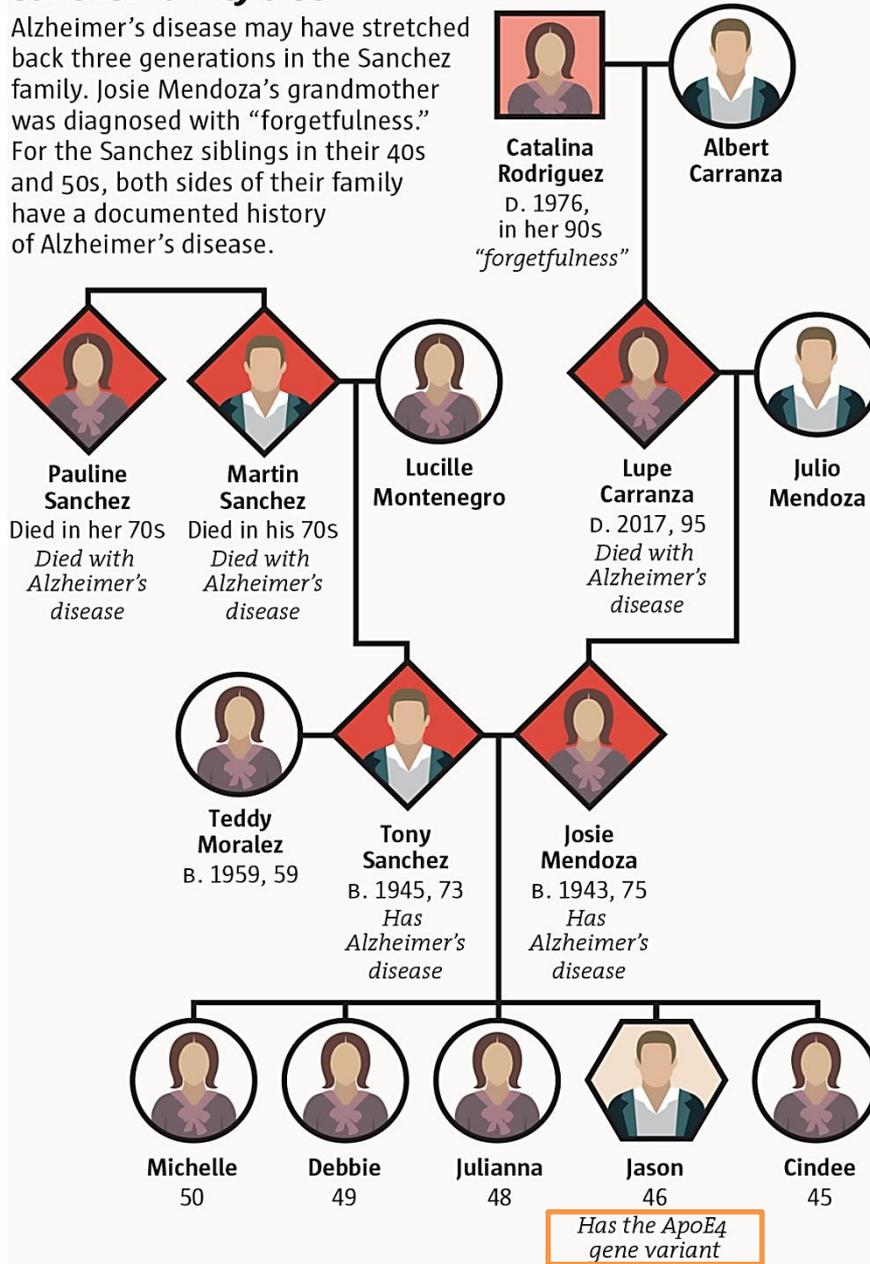
Fenótipo = Genótipo + Ambiente



**2. Por que certas doenças ocorrem em uma mesma família?**

## Sanchez family tree

Alzheimer's disease may have stretched back three generations in the Sanchez family. Josie Mendoza's grandmother was diagnosed with "forgetfulness." For the Sanchez siblings in their 40s and 50s, both sides of their family have a documented history of Alzheimer's disease.





**3. Como foi possível selecionar tantas variedades de uma mesma espécie?**

# 4. Estudos de genética populacional nos fazem entender como se organiza a diversidade intraespecífica?



## Variabilidade genética em feijões



Phenotypic seed diversity encompassed by 180 accessions of a common bean panel  
(Source: Diniz, AL and coauthors. *Genes*, 2018) .

## 5. Em populações isoladas, existe variabilidade?



Fragmentos florestais

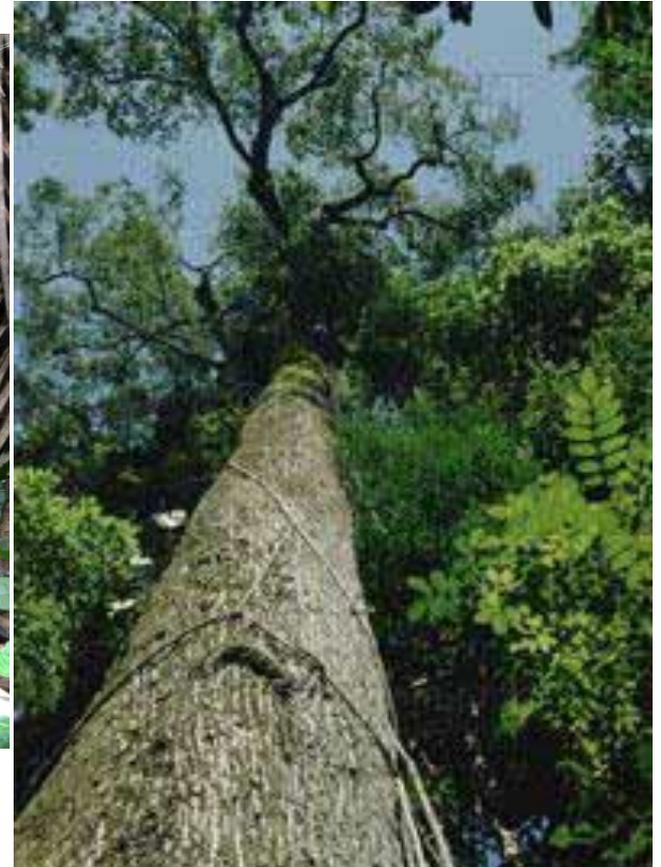
# Importante: os fundamentos de Genética contribuem para os estudo da biodiversidade



**Os fundamentos de Genética permitem responder à pergunta:  
quanto preservar e como preservar a biodiversidade!!!**



Yanomami do Ajarani (RR)

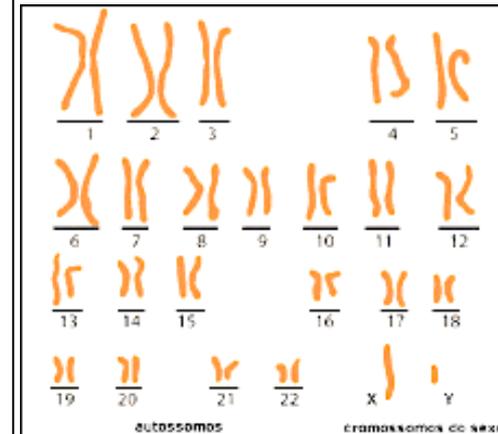
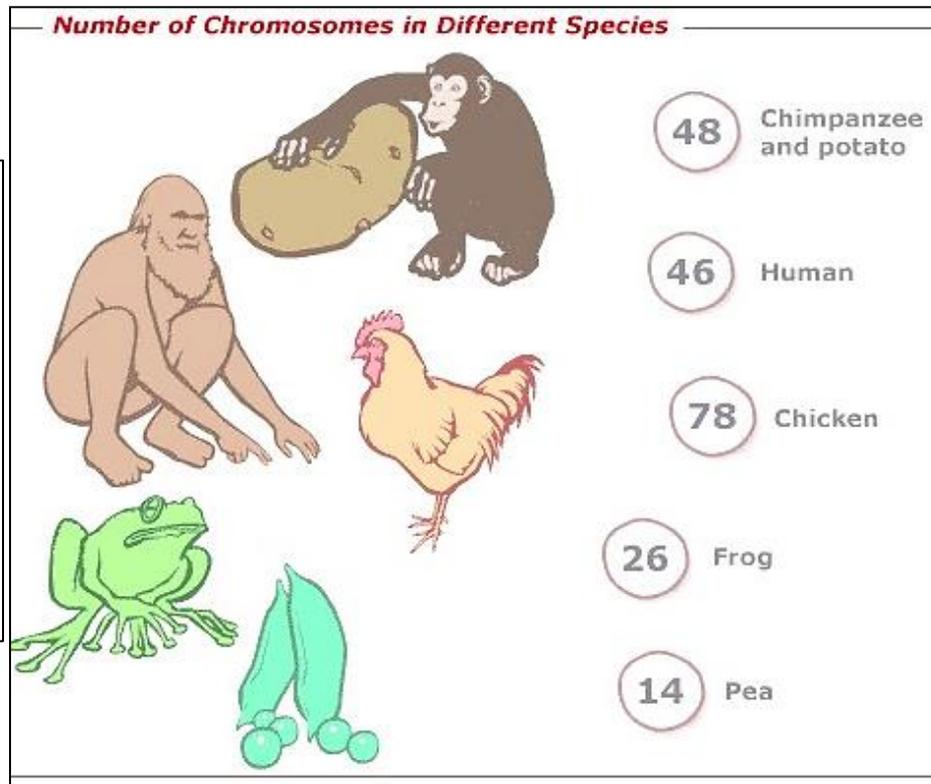


*Bertholletia excelsa* é uma árvore alta (50 m), nativa da Amazônia, encontrada em florestas às margens de grandes rios

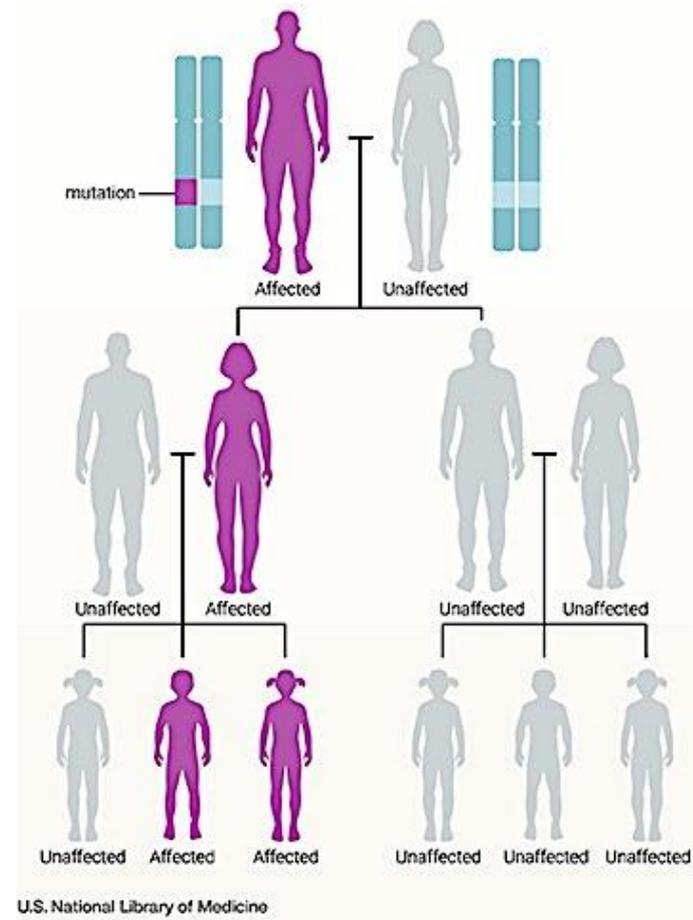
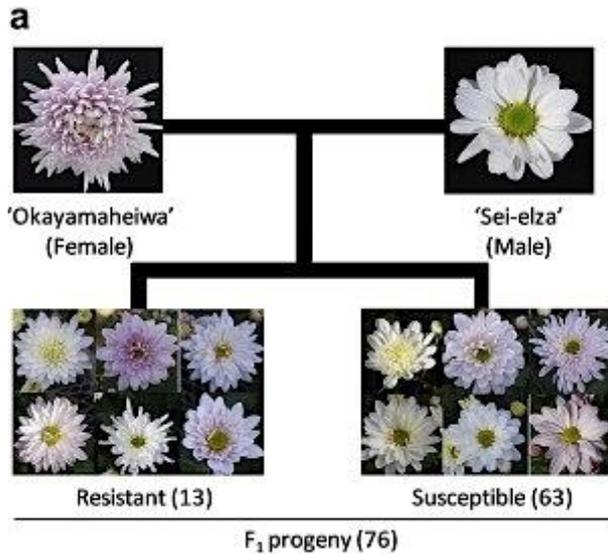
# A sociedade moderna evoluiu graças ao conhecimento da Genética (e de outras ciências, é claro!)

## Pré-requisitos para se estudar Genética no 3o. Grau:

As leis da Genética foram estabelecidas estudando **diploides**



# Para se estudar a herança é preciso praticar cruzamentos controlados ou observar as famílias!!

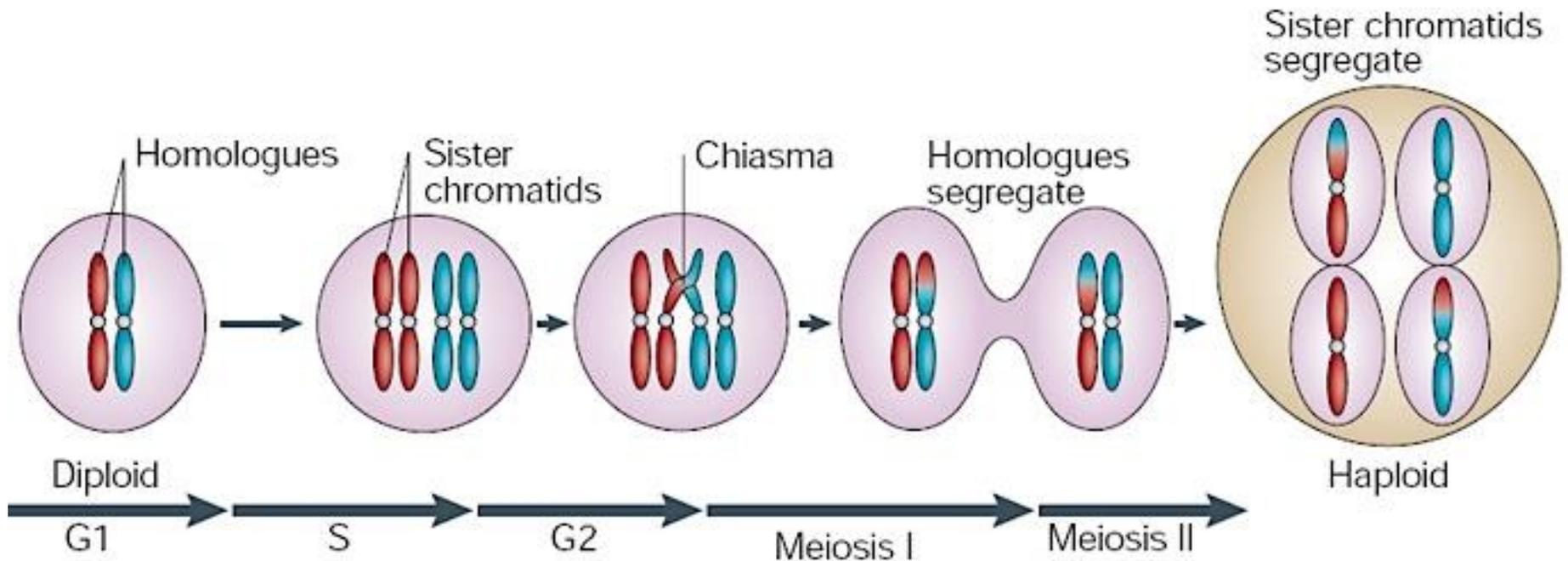


## **Para se estudar a herança é preciso conhecer o modo de reprodução dos organismos, particularmente em plantas**

- **Espécies de propagação vegetativa: banana, tubérculos**
- **Espécies autógamas: soja, feijão, trigo, aveia, arroz, citros, tomate, alface, fumo, linho**
- **Espécies alógamas: milho, girassol, cebola**
- **Espécies de cruzamento misto: algodão, melancia**



**Para se estudar Genética é preciso conhecer as consequências da meiose!!**





# GENÉTICA MENDELIANA??



Comportamento de partículas.  
Dominância.

# Genética Mendeliana

Seed shape



Round



Wrinkled

Seed color



Yellow



Green

Flower color

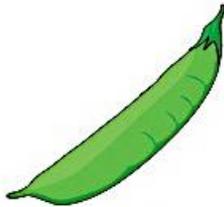


Purple

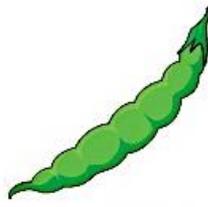


White

Pod shape

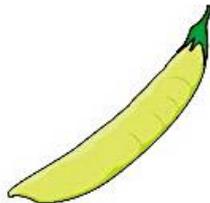


Inflated

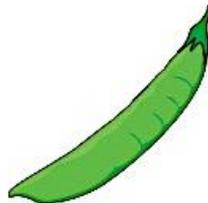


Constricted

Pod color



Yellow

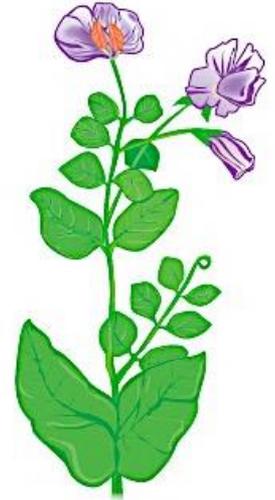


Green

Flower position

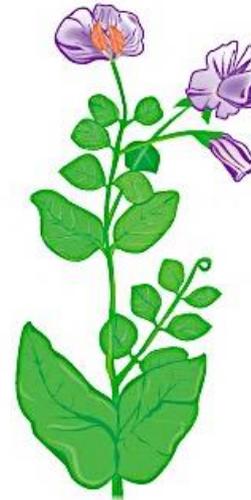


Axial



Terminal

Stem height

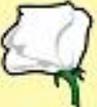


Tall

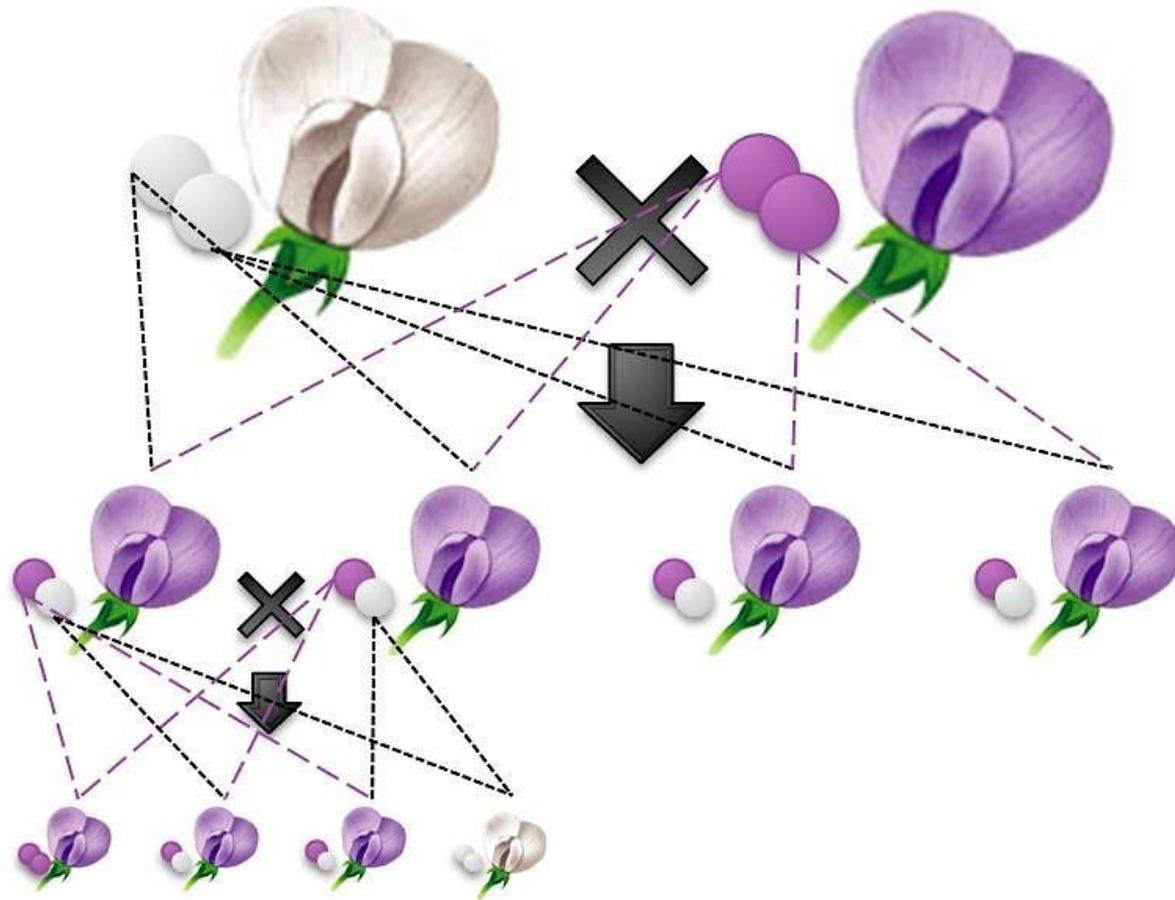


Dwarf

# Caracteres analisados e método de estudo adotado por Mendel

Seed		Flower	Pod		Stem	
Form	Cotyledons	Color	Form	Color	Place	Size
						
Grey & Round	Yellow	White	Full	Yellow	Axial pods, Flowers along	Long (6-7ft)
						
White & Wrinkled	Green	Violet	Constricted	Green	Terminal pods, Flowers top	Short $\frac{1}{2}$ - 1ft)
1	2	3	4	5	6	7

# Metodologia e Terminologia Mendeliana



# Metodologia Mendeliana

## 1ª Lei Mendeliana ou 1ª Regra da Genética

Linhas puras:  $WW$  x  $ww$  (Geração P)

Gametas:  $W$   $w$

Geração  $F_1$ : 100%  $Ww$

Gametas da flor  $\sigma$  da flor  $\sigma$   $\rightarrow$   $W$   $w$

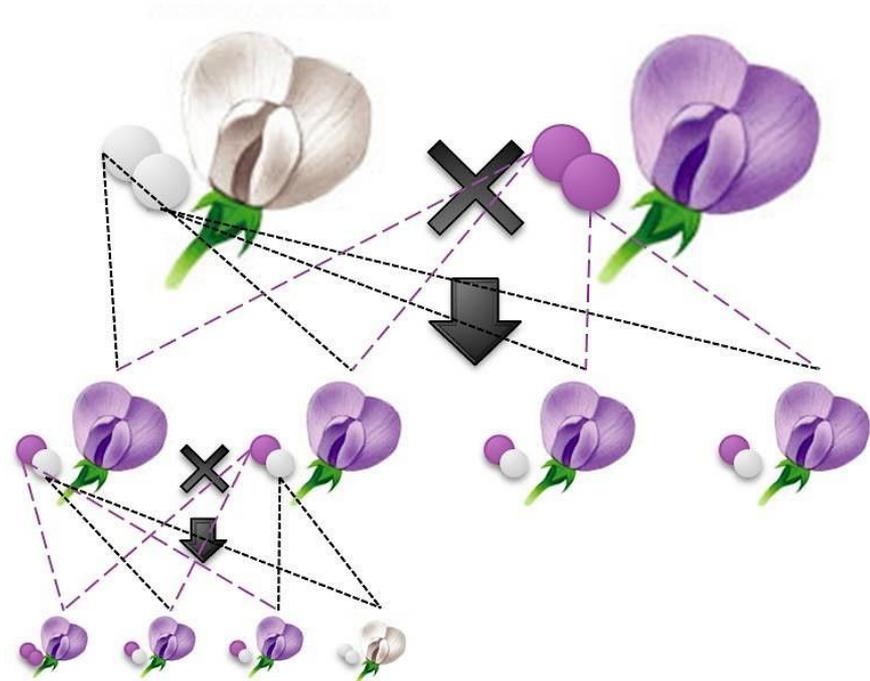
Geração  $F_2$ :  $\frac{1}{4} WW$ ,  $\frac{1}{4} Ww$ ,  $\frac{1}{4} Ww$ ,  $\frac{1}{4} ww$   
ou  $\frac{3}{4} W\_$  :  $\frac{1}{4} ww$  (se  $W > w$ )

# Conclui-se que se trata de herança monogênica com dominância

P<sub>1</sub> Flores brancas × P<sub>2</sub>  
Flores púrpuras

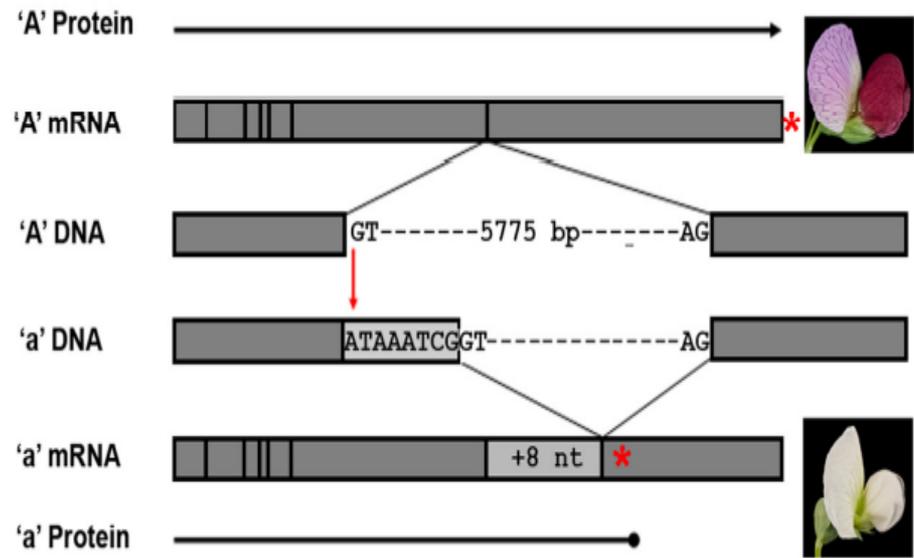
F<sub>1</sub> 100% Flores púrpuras

F<sub>2</sub> ¾ púrpuras : ¼ brancas

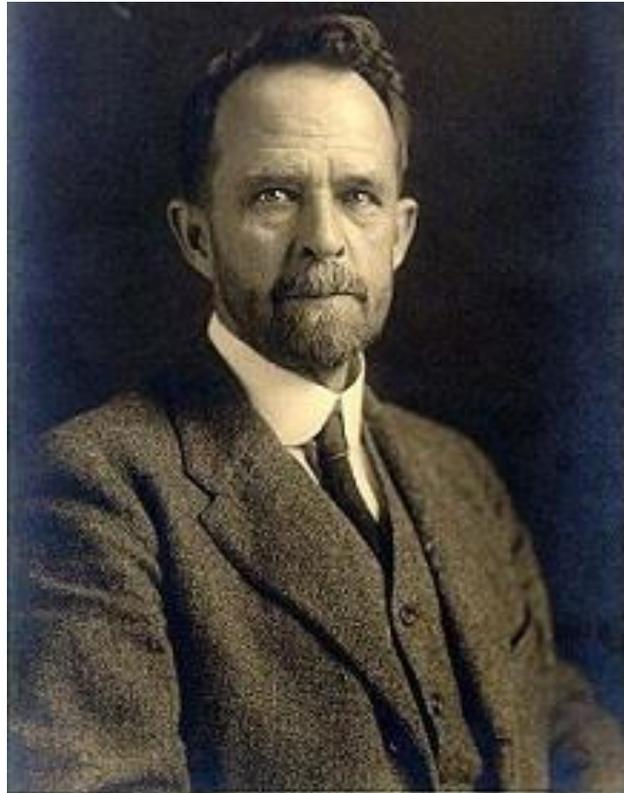


# Identification of Mendel's White Flower Character

Roger P. Hellens<sup>1</sup>, Carol Moreau<sup>2</sup>, Kui Lin-Wang<sup>1</sup>, Kathy E. Schwinn<sup>3</sup>, Susan J. Thomson<sup>4</sup>, Mark W. E. J. Fiers<sup>4</sup>, Tonya J. Frew<sup>4</sup>, Sarah R. Murray<sup>4</sup>, Julie M. I. Hofer<sup>2</sup>, Jeanne M. E. Jacobs<sup>4</sup>, Kevin M. Davies<sup>3</sup>, Andrew C. Allan<sup>1</sup>, Abdelhafid Bendahmane<sup>5</sup>, Clarice J. Coyne<sup>6</sup>, Gail M. Timmerman-Vaughan<sup>4</sup>, T. H. Noel Ellis<sup>2\*</sup>

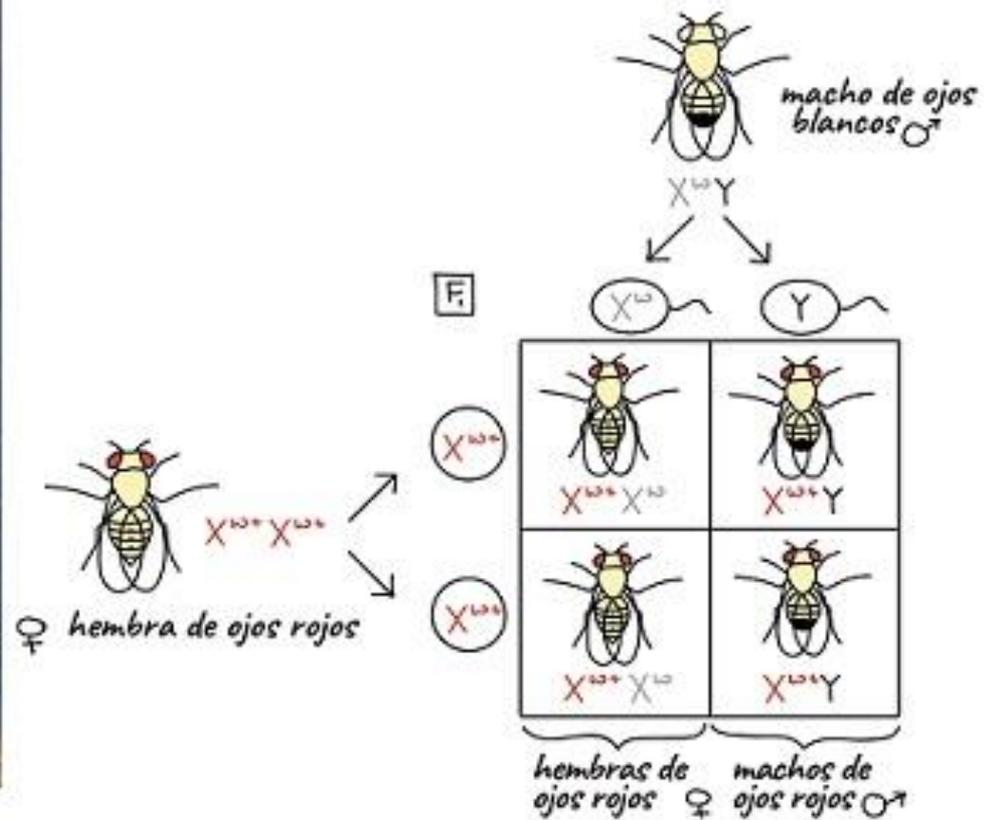


# Herança cromossômica dos alelos!!



May 30, 1920.

T. H. Morgan.



# A descoberta da estrutura do dna: de Mendel a Watson & Crick

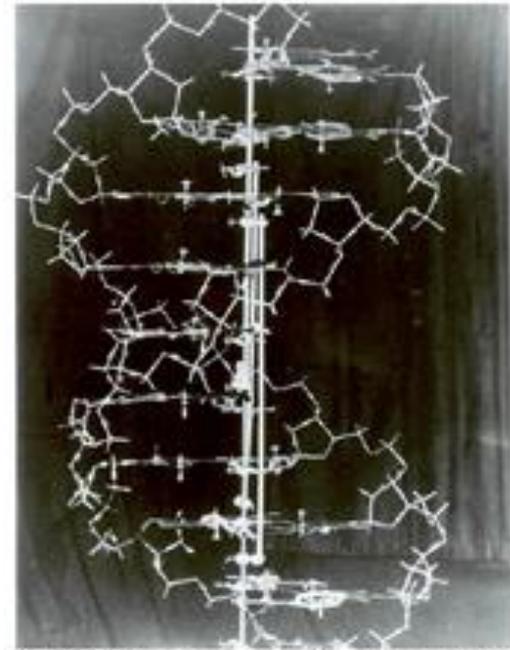


Courtesy of Cold Spring Harbor Laboratory Archives. Noncommercial, educational use only.

James Watson e Francis Crick

1953 - Modelo da molécula de DNA

(A partir dos dados de difração de raio-X de Rosalin Franklin e das regras de Chargaff).



Estrutura em dupla hélice do DNA

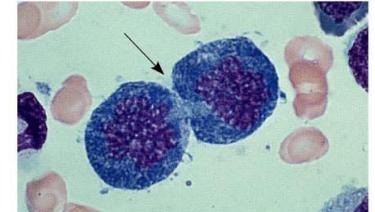
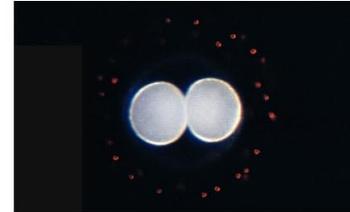
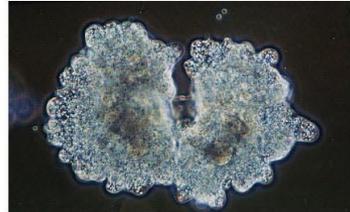
PRA  
LEMBRAR!

:) :) :)

# TIPOS DE DIVISÃO CELULAR

## ✓ PROCARIOTOS:

- Fissão binária.



(a)

(b)

(c)

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

## ✓ EUCARIOTOS:

### ✓ MITOSE:

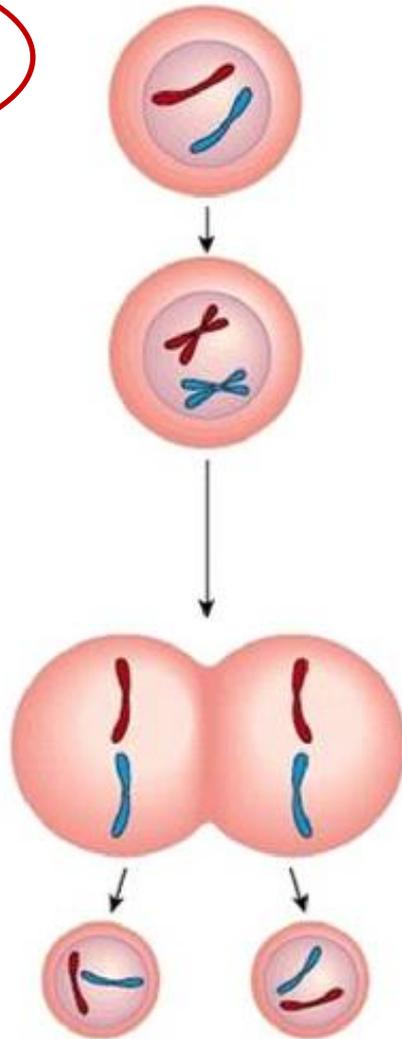
- Crescimento, desenvolvimento e reparo;
- Reprodução assexuada (gera duas células idênticas);
- Ocorre nas células somáticas.

### ✓ MEIOSE:

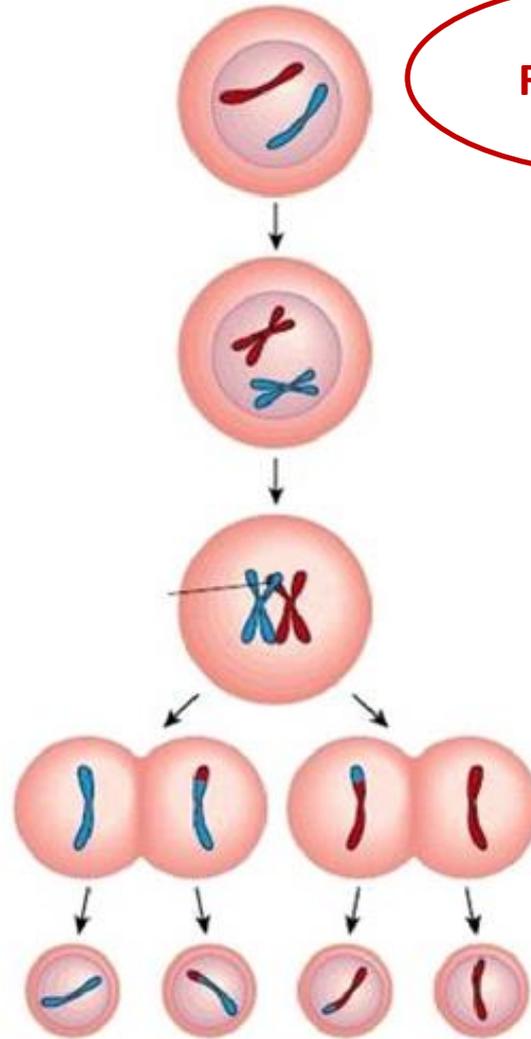
- Reprodução sexuada;
- Ocorre em células reprodutivas;
- Origina gametas.

# Mitose x Meiose

Equacional



Reducional



# PARA QUE SERVE A MEIOSE?



# MEIOSE

## Divisão Reducional

Ex: 23 cromossomos por gameta – espécie humana

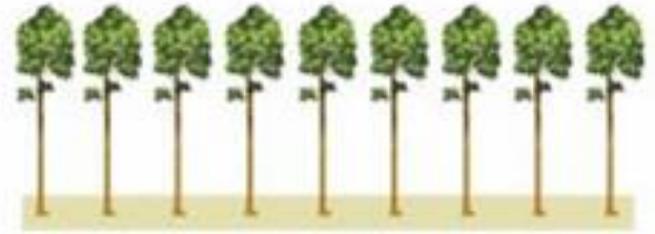


- ❖ Embaralhamento dos genes;
  - ❖ *Crossing-over*;
  - ❖ Segregação independente dos cromossomos.
- 
- **Mecanismo**
    - ❖ Cada homólogo (ex. “cromossomo 7”) se replica para dar origem à duas cromátides irmãs;
    - ❖ Par de homólogos (ex. cromossomo materno 7 e cromossomo paterno 7);
    - ❖ Troca de material genético entre **cromátides não irmãs**: *crossing-over*, recombinação;
    - ❖ Quiasmas (citologicamente visíveis) são as manifestações físicas do *crossing-over*.

# VANTAGENS EVOLUTIVAS...

- Reprodução assexuada

- Fácil, rápida, efetiva;
- Útil em um ambiente estável;
- Falta diversidade na progênie.



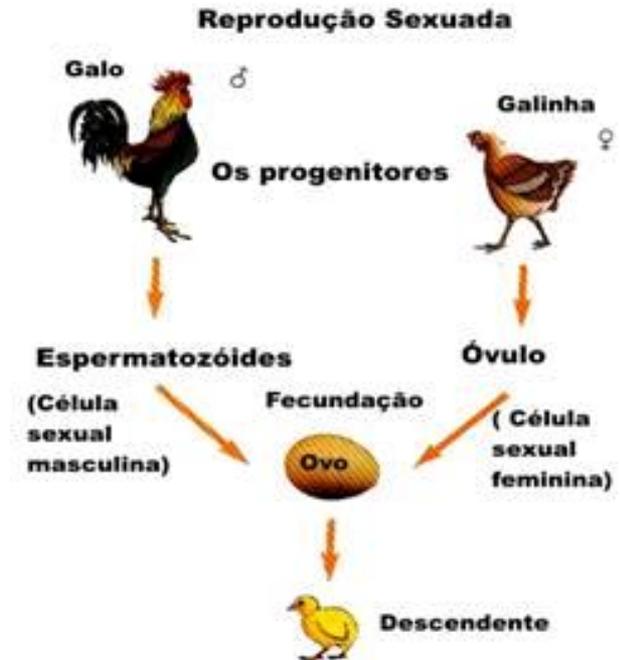
- Reprodução sexuada

- Promove **variabilidade genética**, permitindo a recombinação genética;
- Útil num ambiente dinâmico.

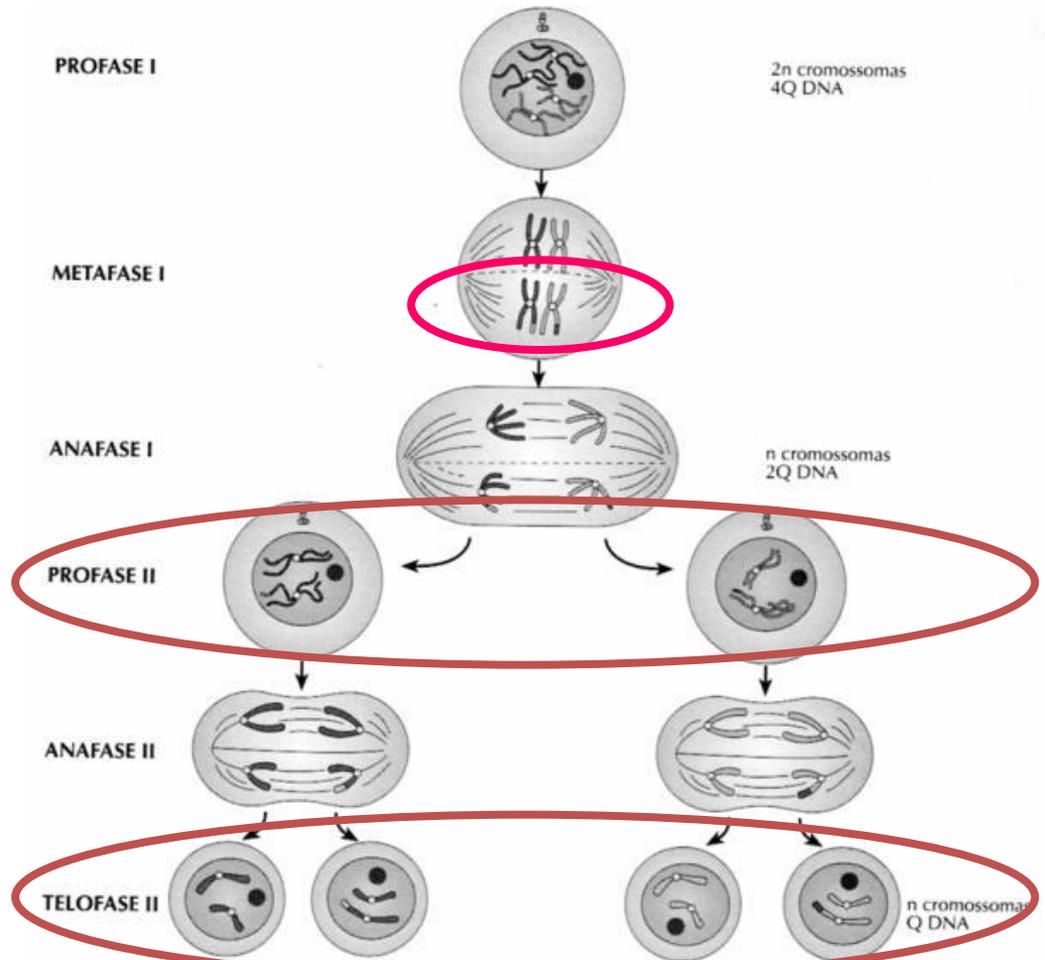
# REPRODUÇÃO SEXUADA

Quatro características básicas:

- Produção de células haplóides por **meiose**;
- União destas células para formação de um novo organismo diplóide;
- Indivíduos produzidos através de reprodução sexuada herdam cromossomos dos dois parentais;
- Geração de indivíduos geneticamente diferentes dos progenitores – **SEMPRE!!!**



# MEIOSE



Duas divisões nucleares

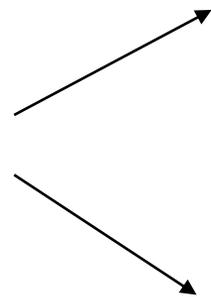


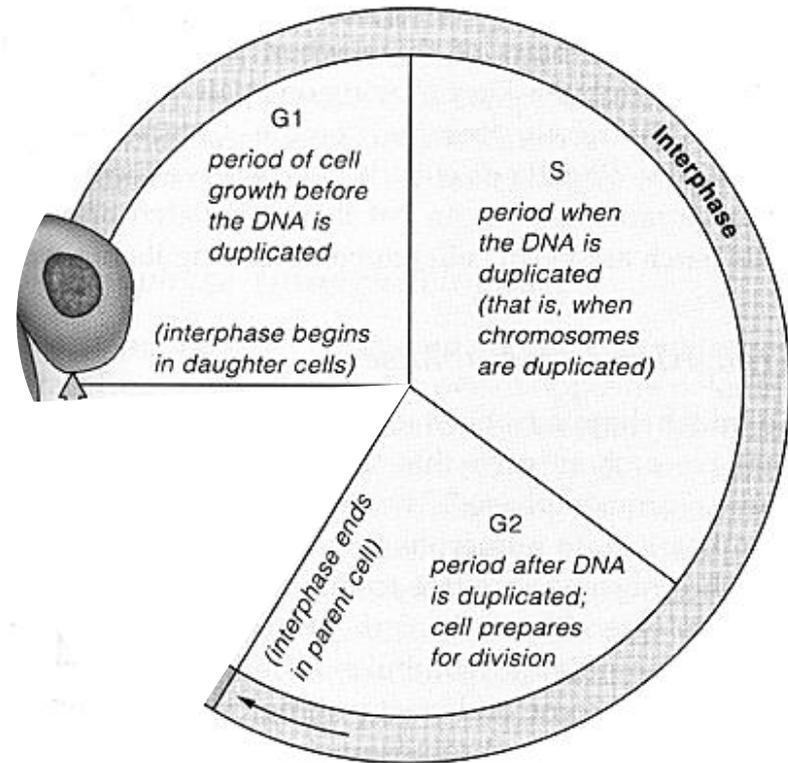
Figura - 1. Esquema do mecanismo da meiose

# MEIOSE

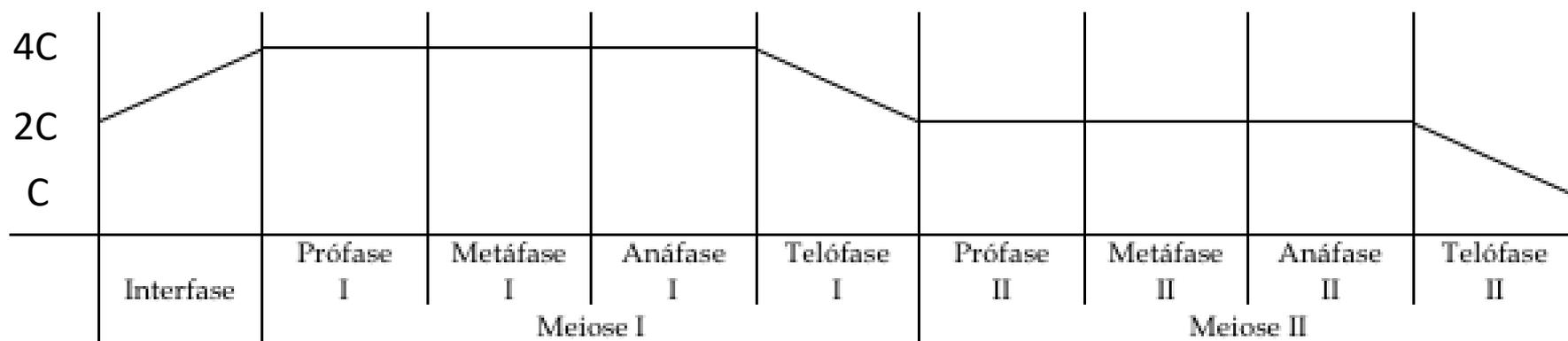
Também se inicia após a  
Interfase

- Fase G1
- Fase S
- Fase G2

**Ocorre somente em  
algumas células em  
particular!**

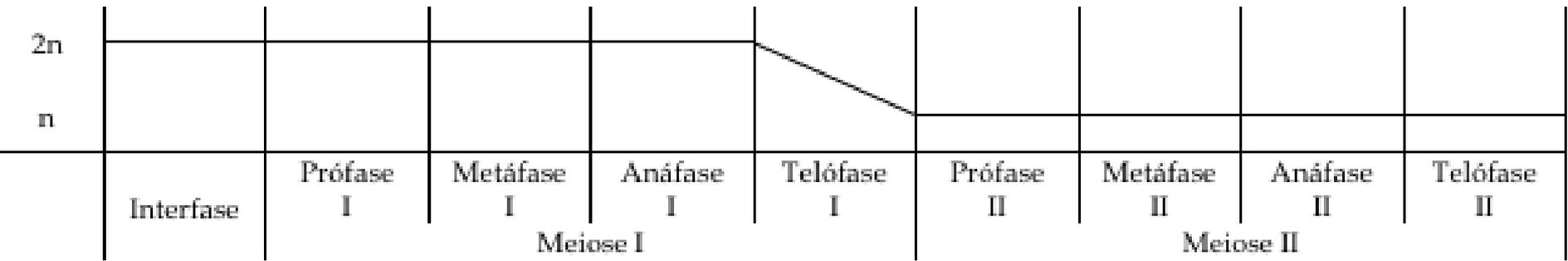


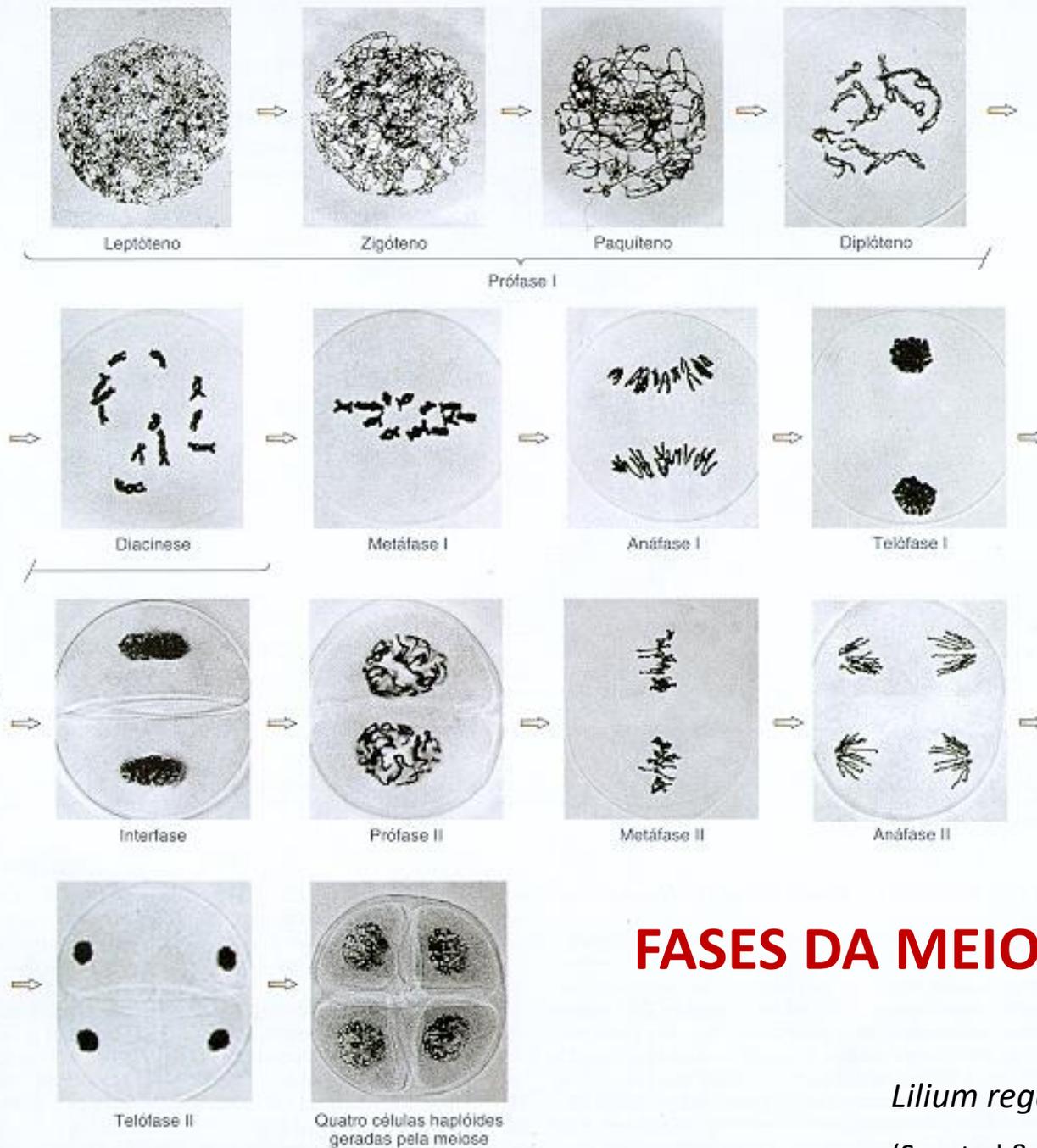
# QUANTIDADE DE DNA



**Cromossomos não se replicam novamente antes da segunda divisão meiótica.**

# NÚMERO DE CROMOSSOMOS





## FASES DA MEIOSE

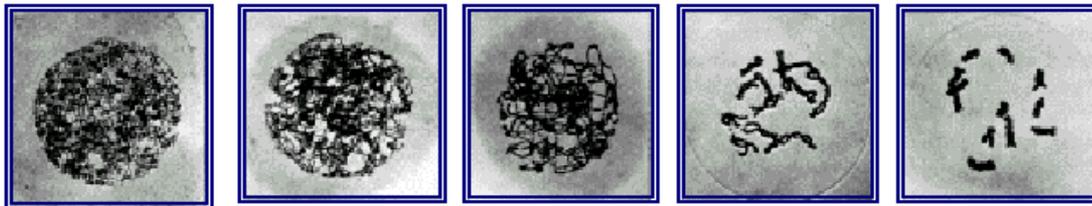
*Lilium regale*

(Snustad & Simmons, 2001)

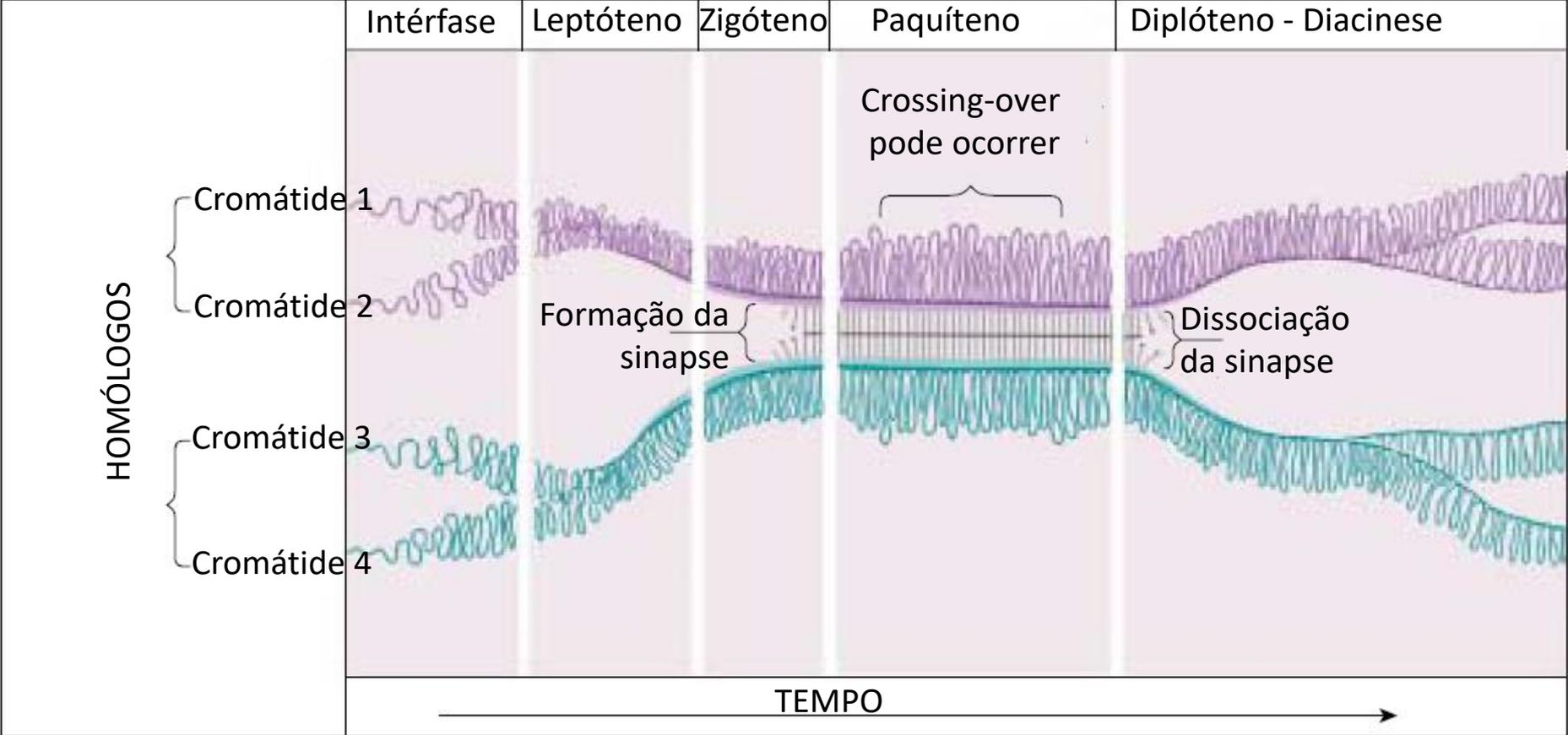
# MEIOSE I

## PROFASE I

- ❑ **Leptóteno** – início da condensação dos cromossomos;
- ❑ **Zigóteno** – início do pareamento dos cromossomos homólogos (**sinapse**), formação do complexo sinaptonêmico;
- ❑ **Paquíteno** – inicia-se o **crossing-over** (troca de informação genética entre as cromátides não irmãs);
- ❑ **Diplóteno** – permuta ou recombinação genética; cromossomos homólogos começam a repelir-se, permanecendo unidos por **quiasmas**;
- ❑ **Diacinese** - condensação total dos cromossomas, terminalização dos quiasmas, desagregação da membrana nuclear e dos nucléolos.

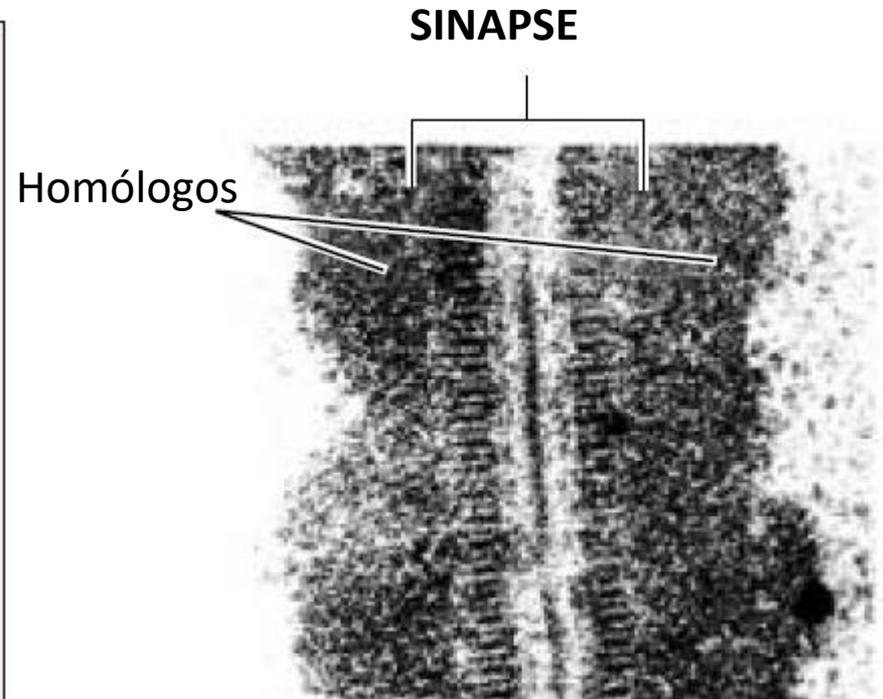
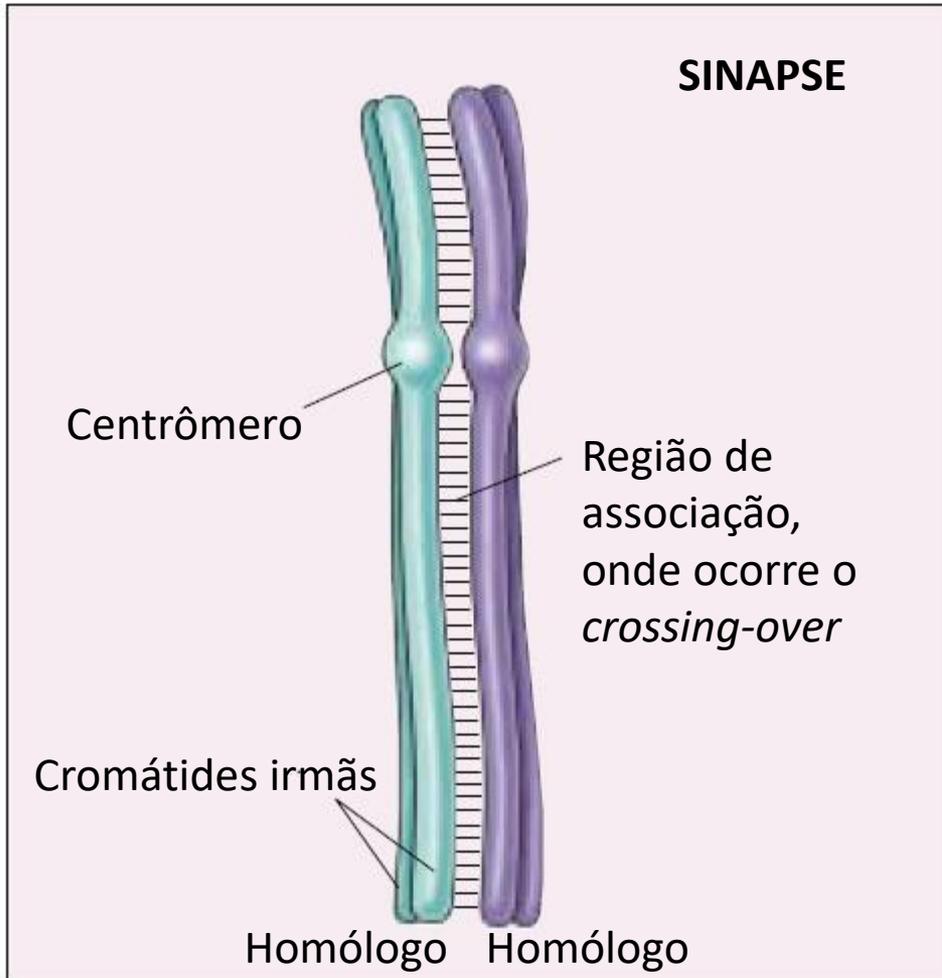


# PROFASE I



# SINAPSE

- Acontece no início da **primeira divisão nuclear**;
- Pareamento entre **cromossomos homólogos** = processo denominado **sinapse**.



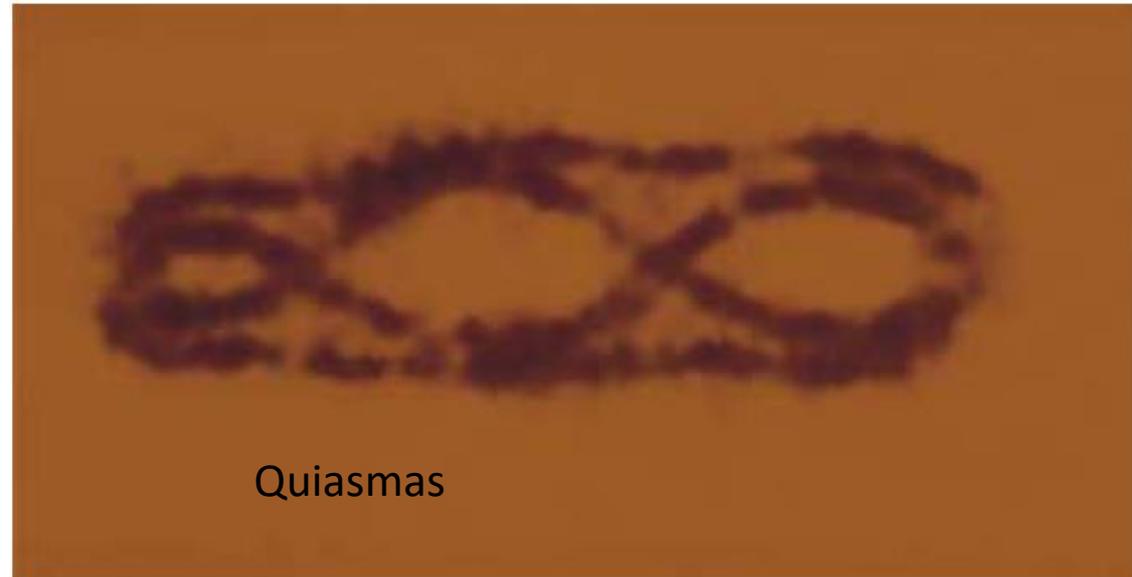
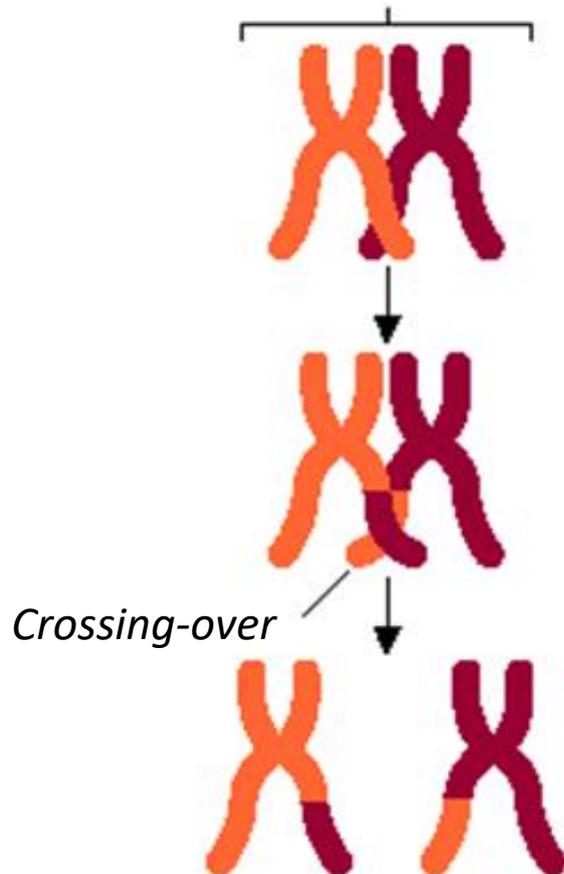
**Estrutura do complexo sinaptonêmico do ascomiceto *Neotiella rutilans*.**

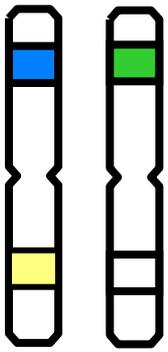
# RECOMBINAÇÃO HOMÓLOGA

Troca de material genético entre os cromossomos homólogos → *crossing-over* (ocorre na primeira divisão nuclear).

## Recombinação homóloga

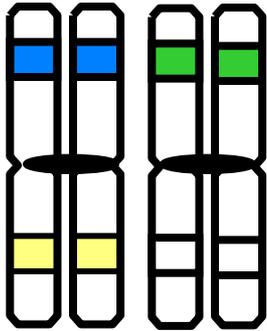
Pareamento dos cromossomos homólogos





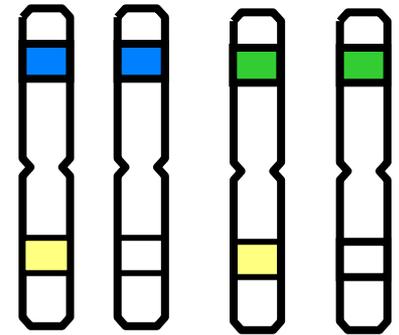
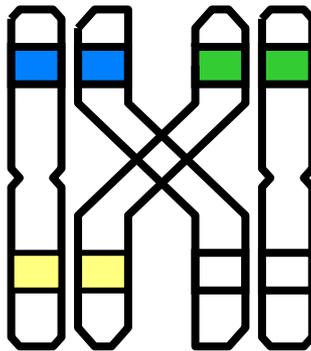
Cada homólogo (ex. "cromossomo 7") se replica para dar origem à duas cromátides irmãs

## EMBARALHAMENTO DOS GENES POR *CROSSING-OVER*

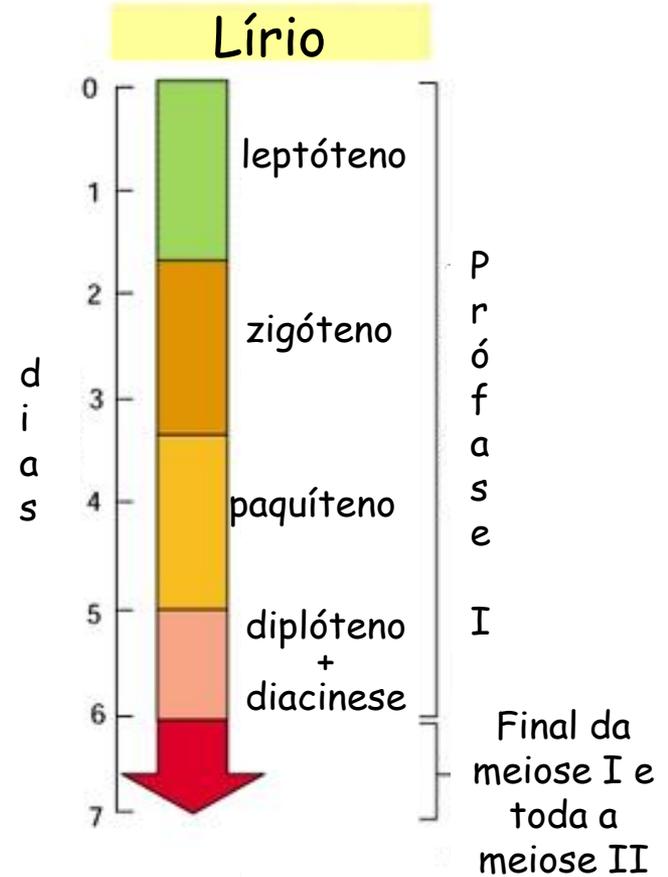
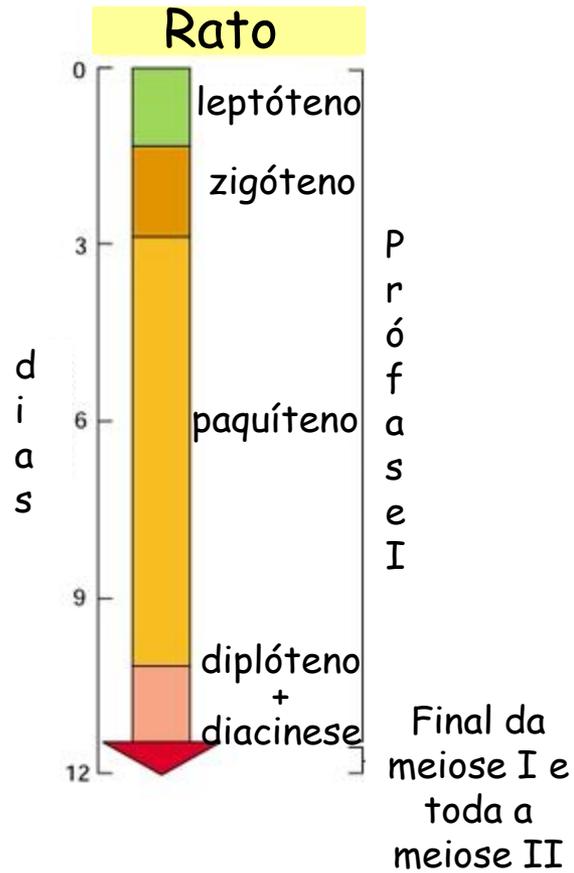


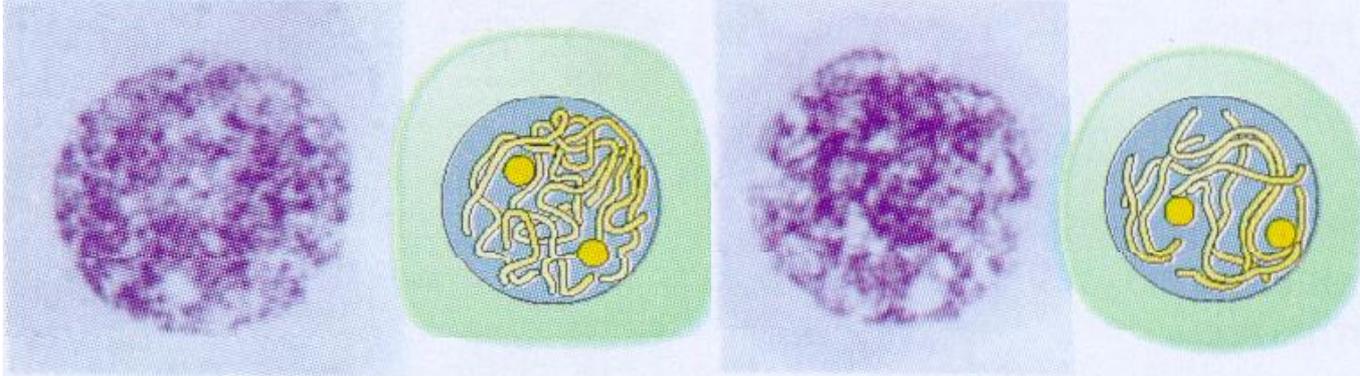
Par de homólogos (ex. Cromossomo materno 7 e cromossomo paterno 7)

*crossing-over*,  
recombinação



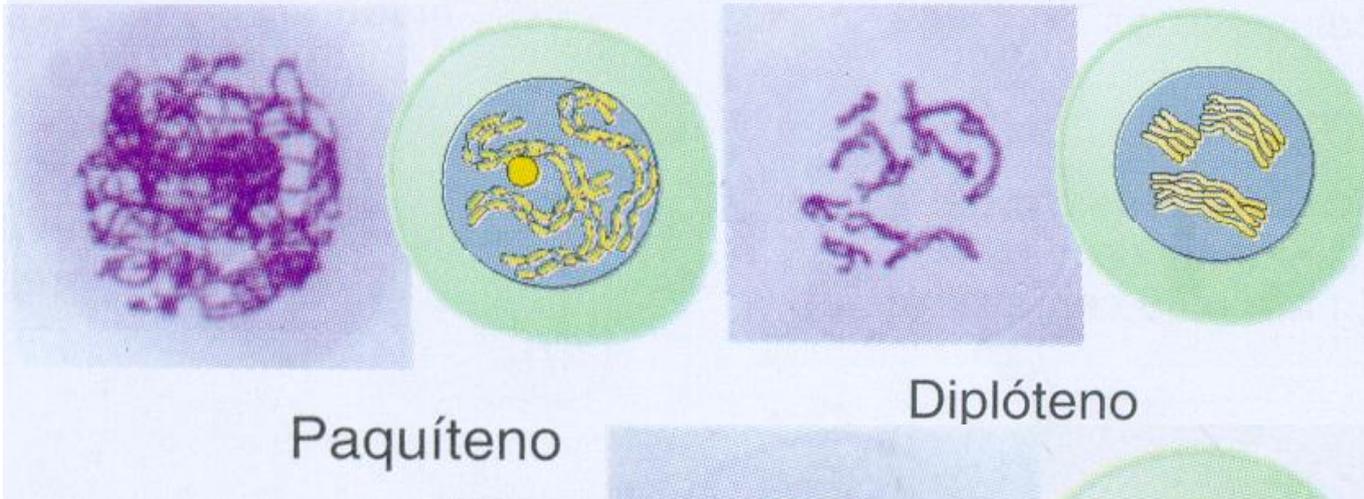
# PROFASE I





Leptóteno

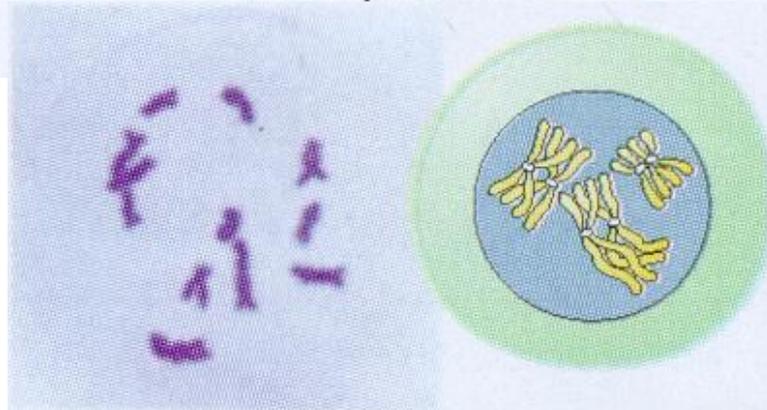
Zigóteno



Paquíteno

Diplóteno

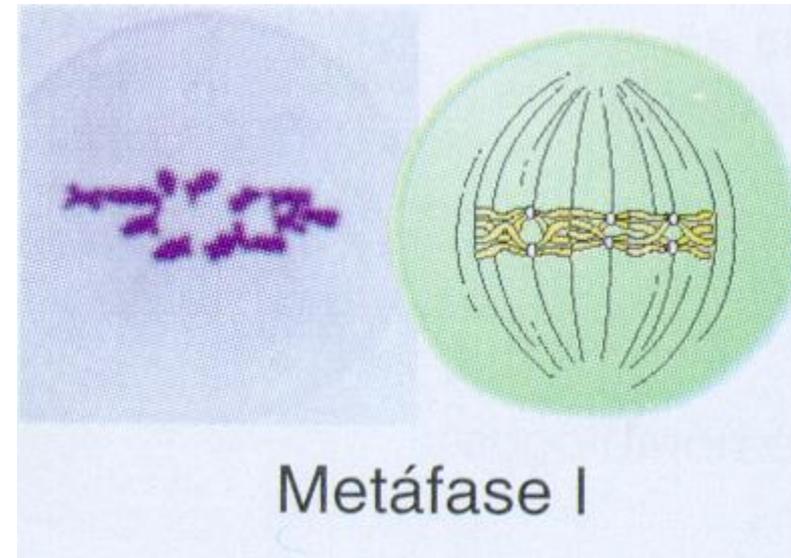
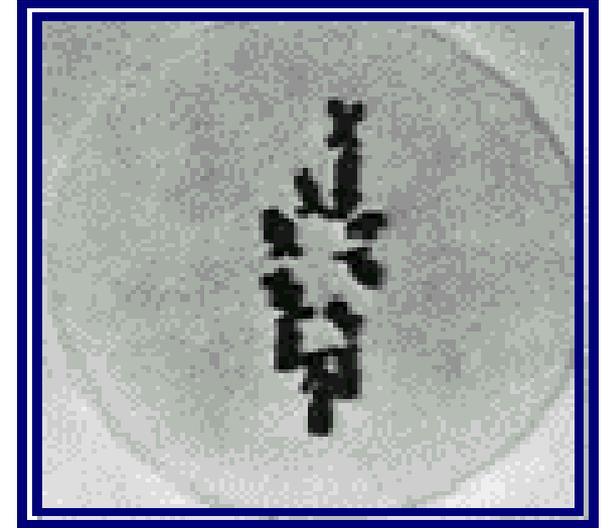
## PROFASE I



Diacinese

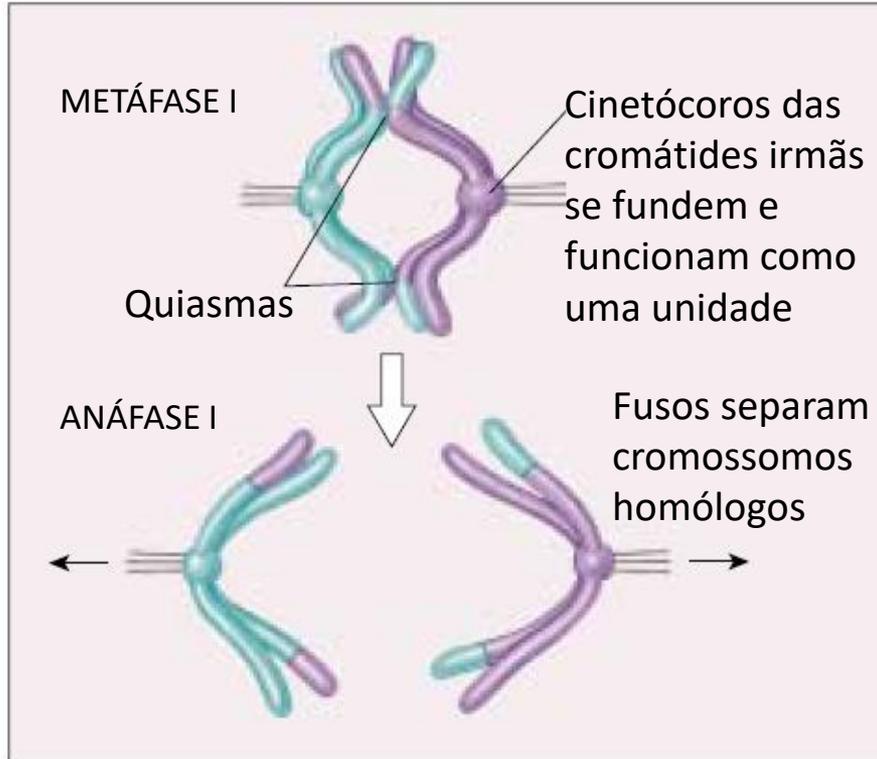
# METÁFASE I

- As 2 cromátides irmãs comportam-se como uma unidade;
- Cinetócoros das cromátides irmãs se fundem;
- Alinhamento dos cromossomos no equador da célula na placa equatorial.



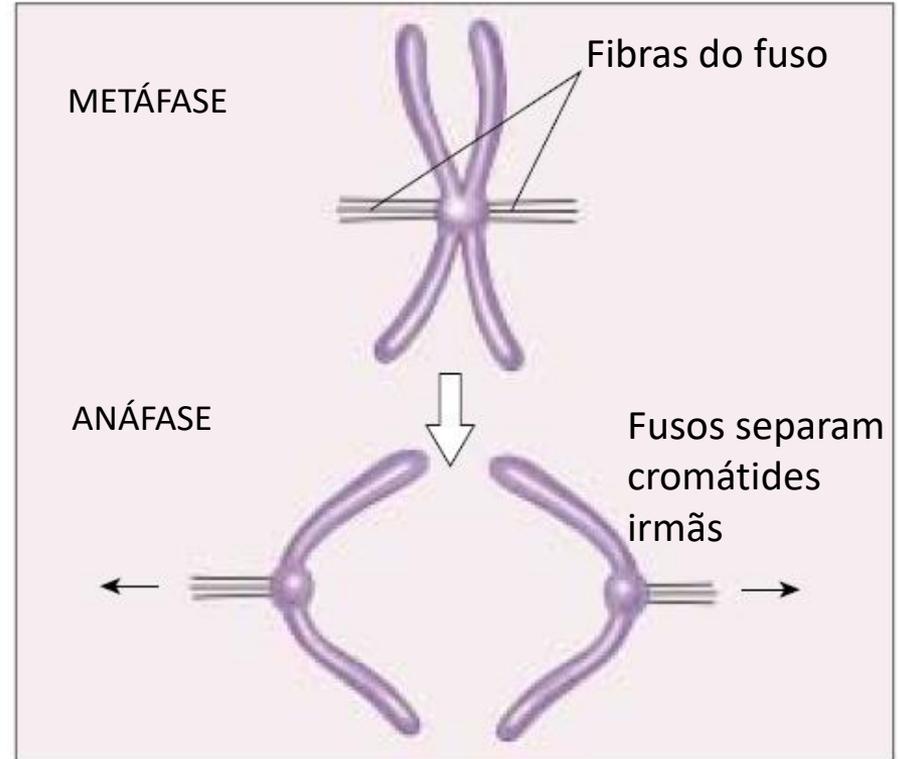
# ANÁLISE COMPARATIVA

## MEIOSE I



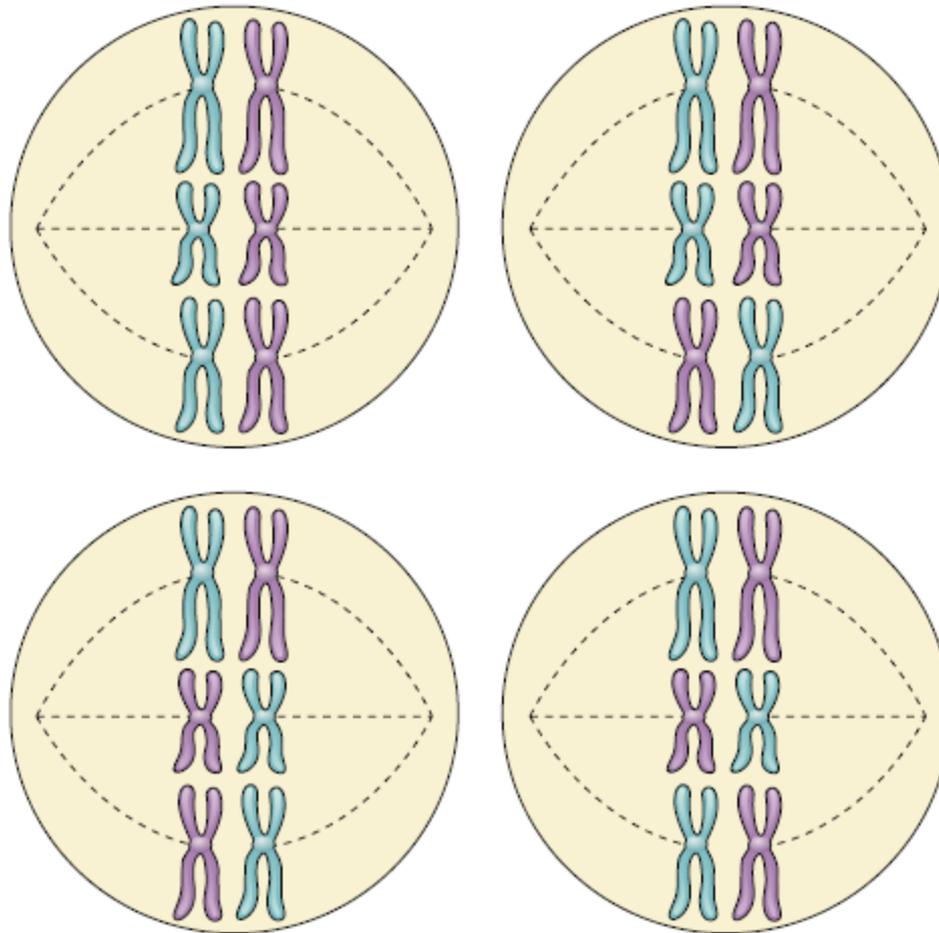
**Segregação cromossômica!!**

## MITOSE



**Segregação cromatídica!!**

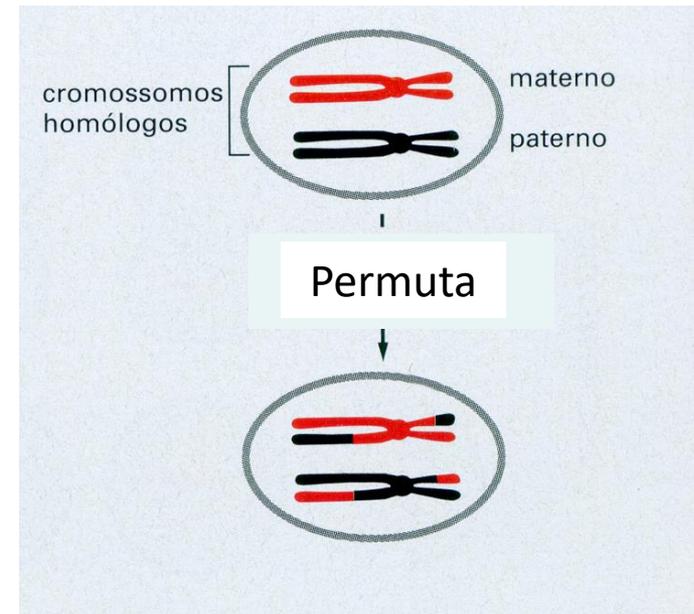
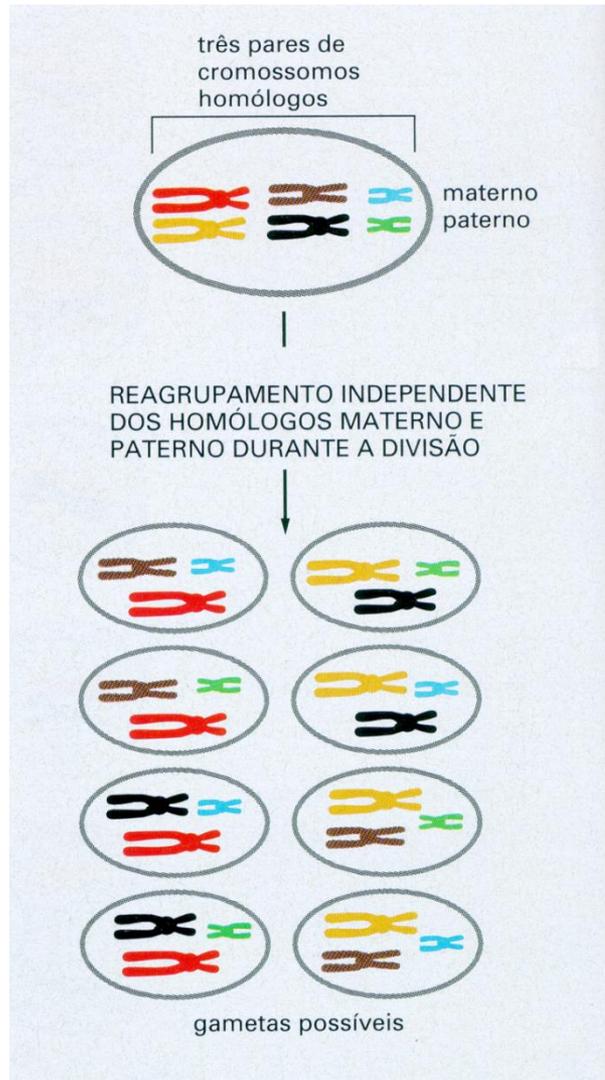
# DISTRIBUIÇÃO RANDÔMICA DOS CROMOSSOMOS HOMÓLOGOS NA PLACA EQUATORIAL



$$2^n$$

$2^n = \text{n}^\circ \text{ de combinações possíveis, sendo } n = \text{n}^\circ \text{ haplóide de cromossomos}$

# SEGREGAÇÃO CROMOSSÔMICA

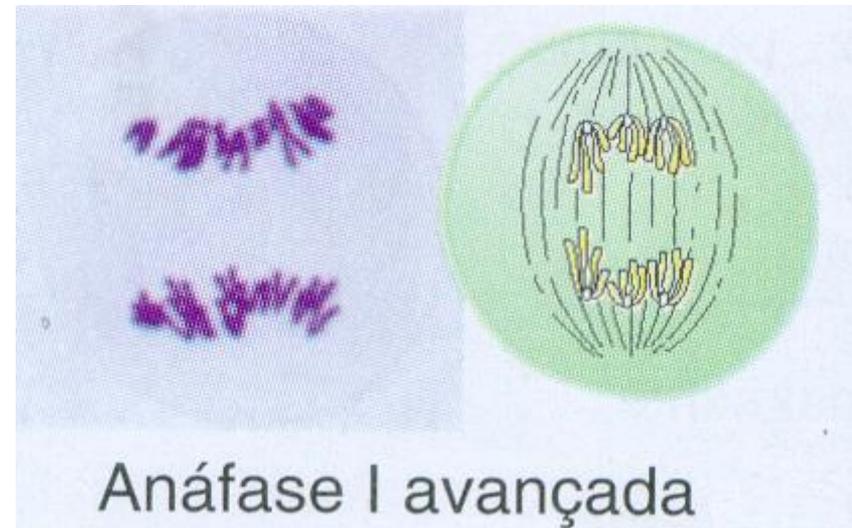


$2^n$

Aumenta ainda mais a variabilidade!!!

# ANÁFASE I

- Migração de **cada cromossomo homólogo**, com as suas duas cromátides unidas pelo centrômero, para os pólos opostos da célula;
- Não há divisão dos centrômeros;
- Ocasionalmente podem ocorrer fenômenos de não disjunção cromossômica (Ex. Síndrome de Down nos humanos -Trissomia 21).



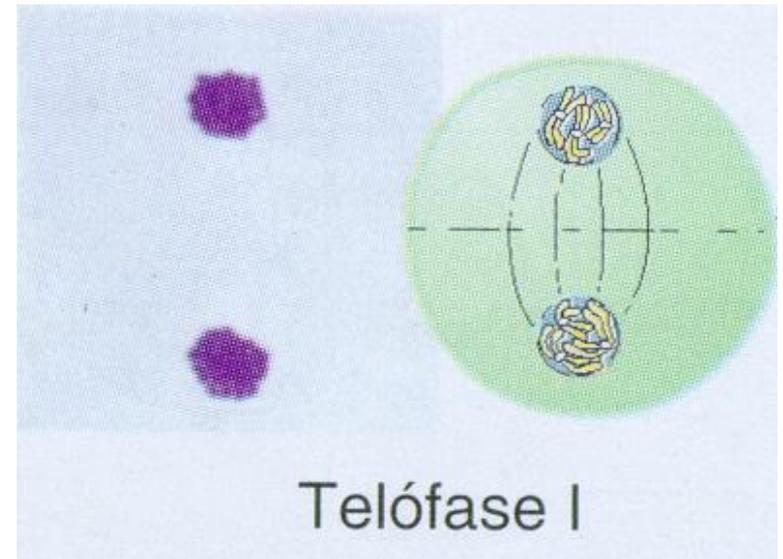
# TELÓFASE I

- Chegada dos cromossomos homólogos aos pólos opostos.



# CITOCINESE

- Divisão do citoplasma



# CONTRIBUIÇÕES DA MEIOSE I

- Há contribuição para a **variabilidade genética** das células filhas entre si e em relação à célula mãe - devido ao **crossing-over** e à separação ao acaso dos cromossomos homólogos;
- Devido à **distribuição ao acaso** dos cromossomos homólogos, cada indivíduo pode produzir  **$2^n$  gametas** geneticamente **diferentes**, com  **$n = n^\circ$**  haplóide de cromossomos:

Humanos (n = 23)

$$2^{23} = 8.388.608$$

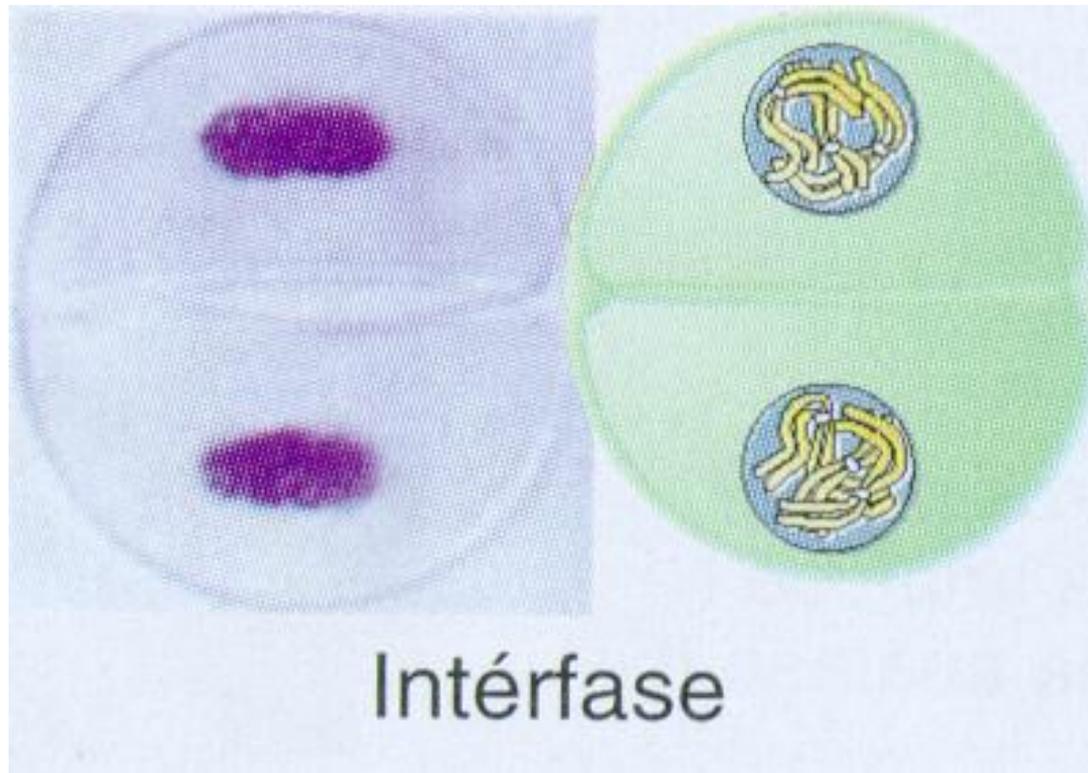
Lírio (n = 12)

$$2^{12} = 4.096$$

Milho (n = 4)

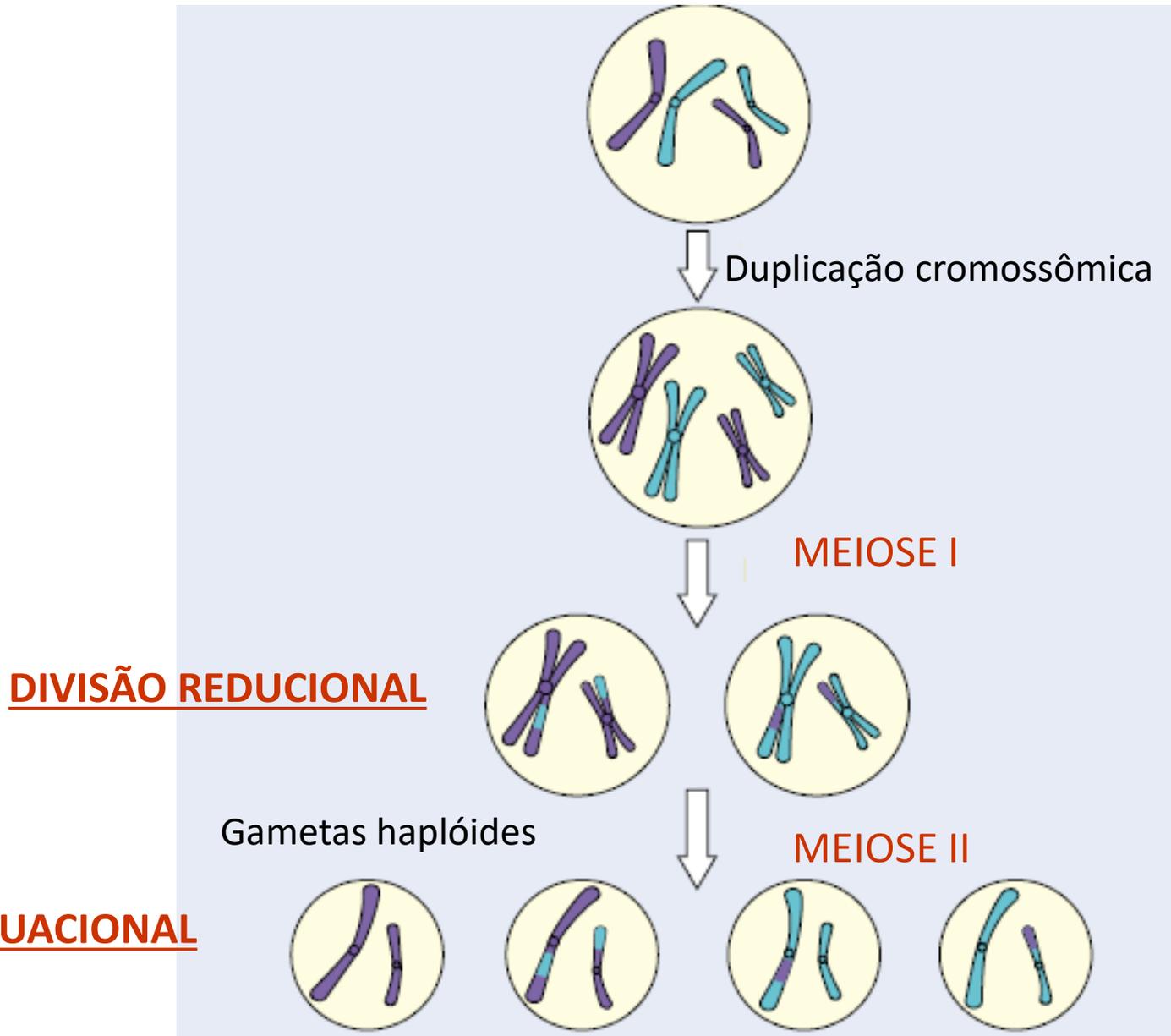
$$2^4 = 16$$





**Cromossomos não se replicam novamente antes da segunda divisão meiótica.**

# VISÃO GERAL

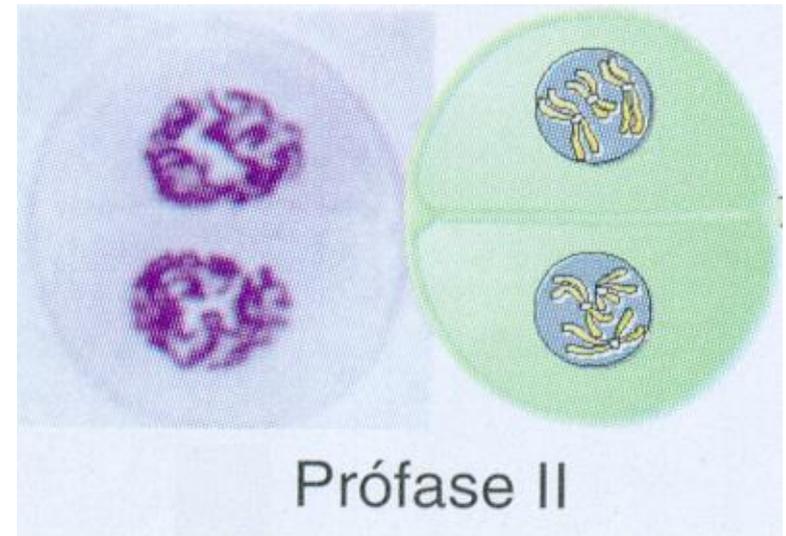
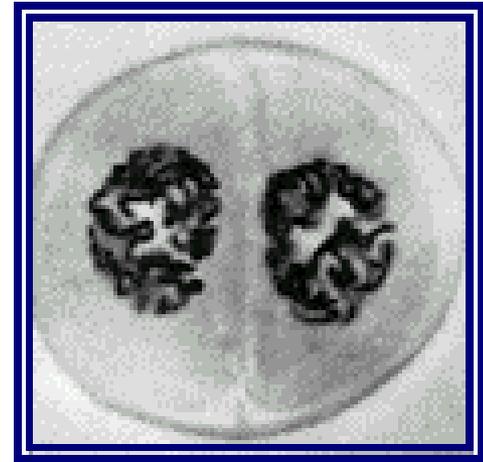


DIVISÃO REDUCIONAL

DIVISÃO EQUACIONAL

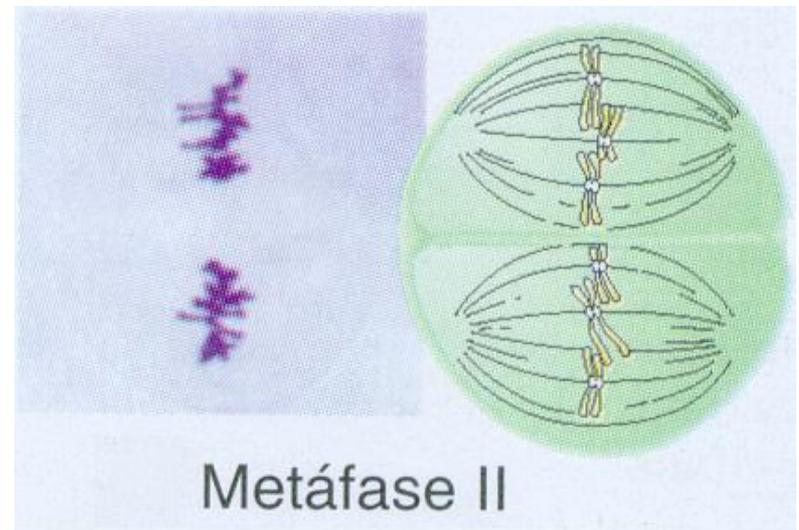
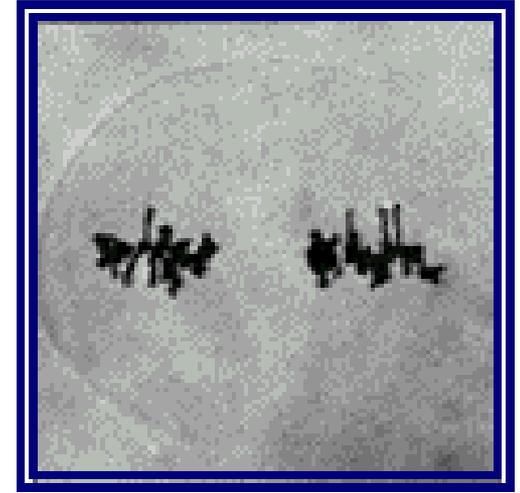
## PRÓFASE II

- Fase muito curta;
- Os cromossomos ainda estão constituídos por duas cromátides;
- Formação das fibras do fuso;
- Carioteca e nucléolo desaparecem novamente.



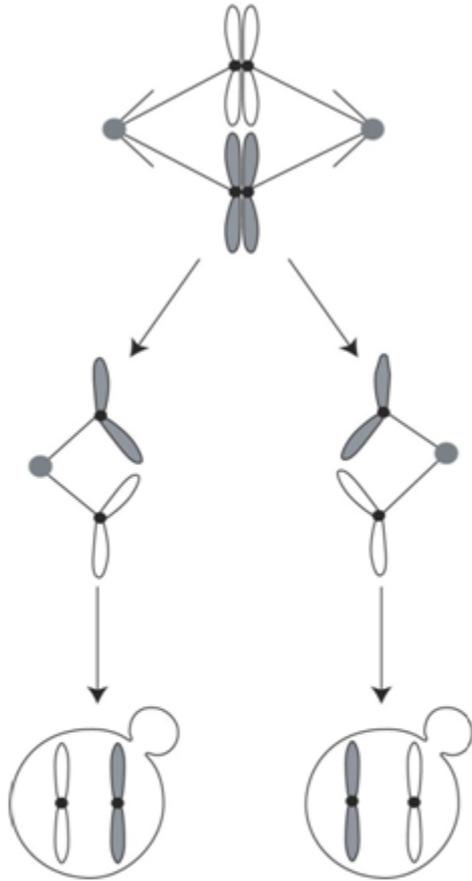
# METÁFASE II

- Alinhamento dos cromossomos na placa equatorial da célula;
- Ocorre **duplicação dos centrômeros** para a posterior **separação das cromátides irmãs** na fase seguinte.



(Griffiths et al., 2001)

# MITOSE



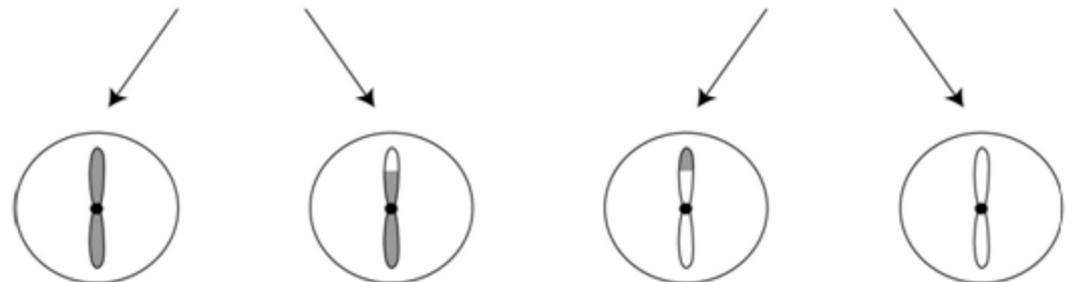
# MEIOSE

Metáfase **MEIOSE I**

Anáfase

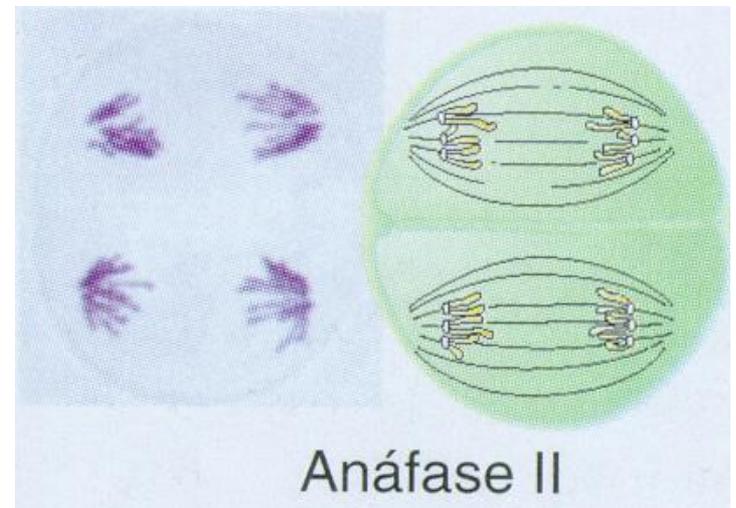


# ANÁLISE COMPARATIVA



# ANÁFASE II

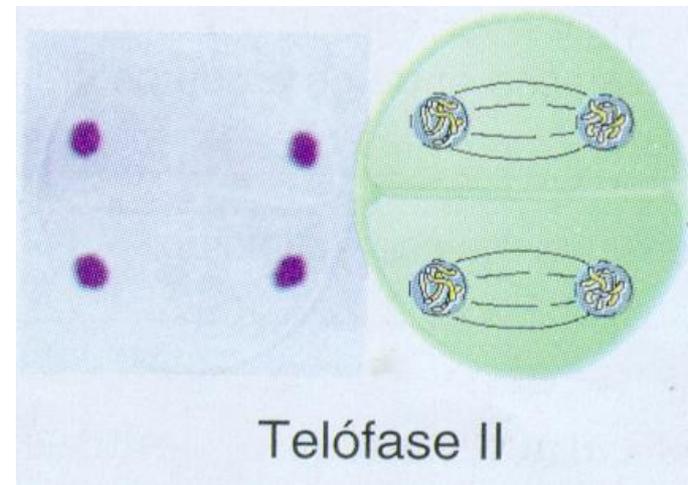
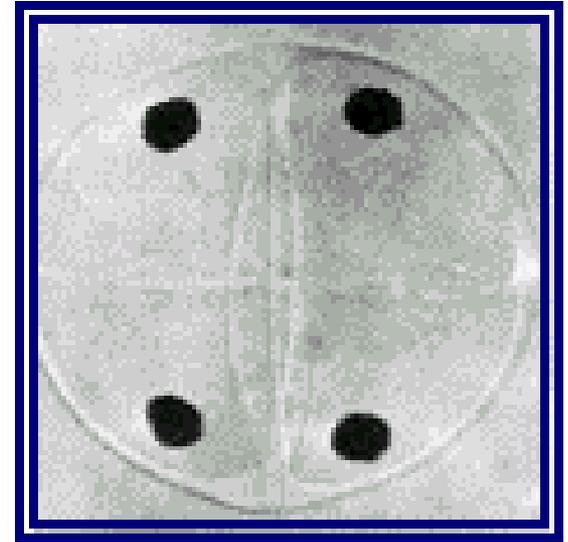
- Divisão do centrômero;
- As **cromátides irmãs** migram para os pólos opostos da célula.

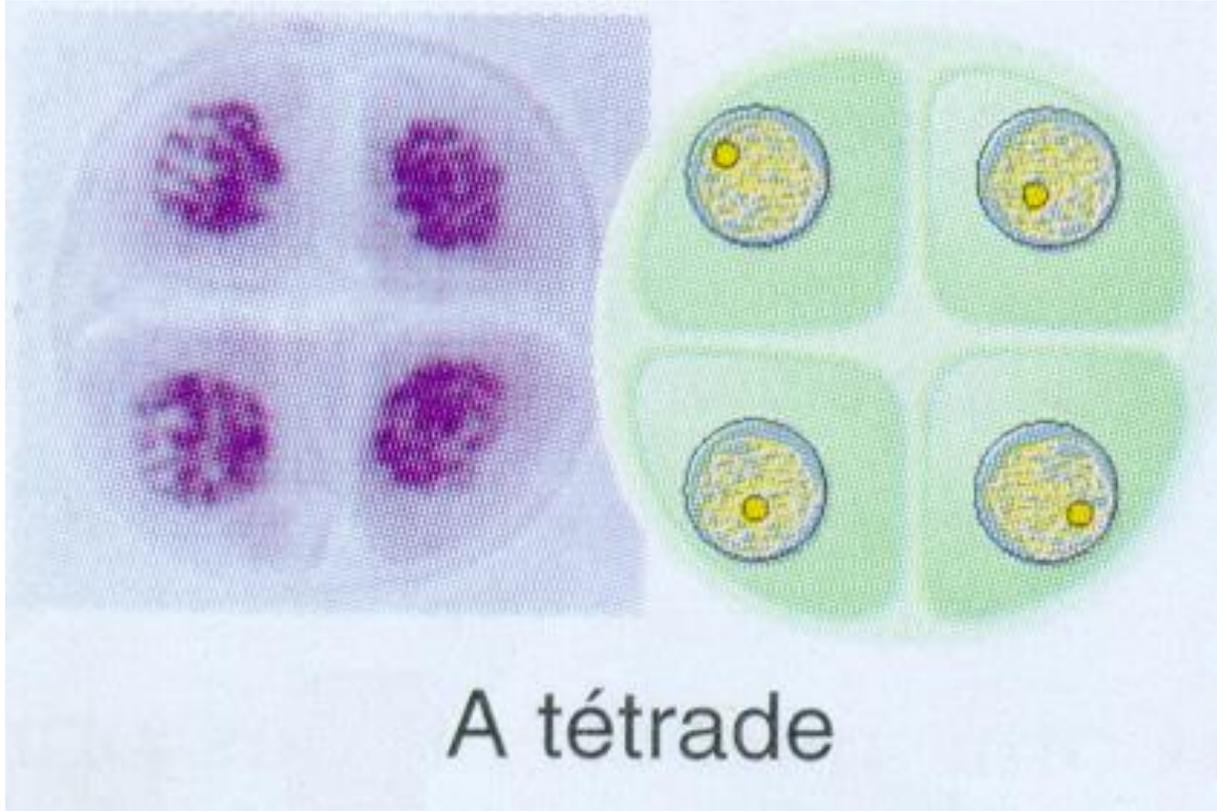


(Griffiths et al., 2001)

# TELÓFASE II

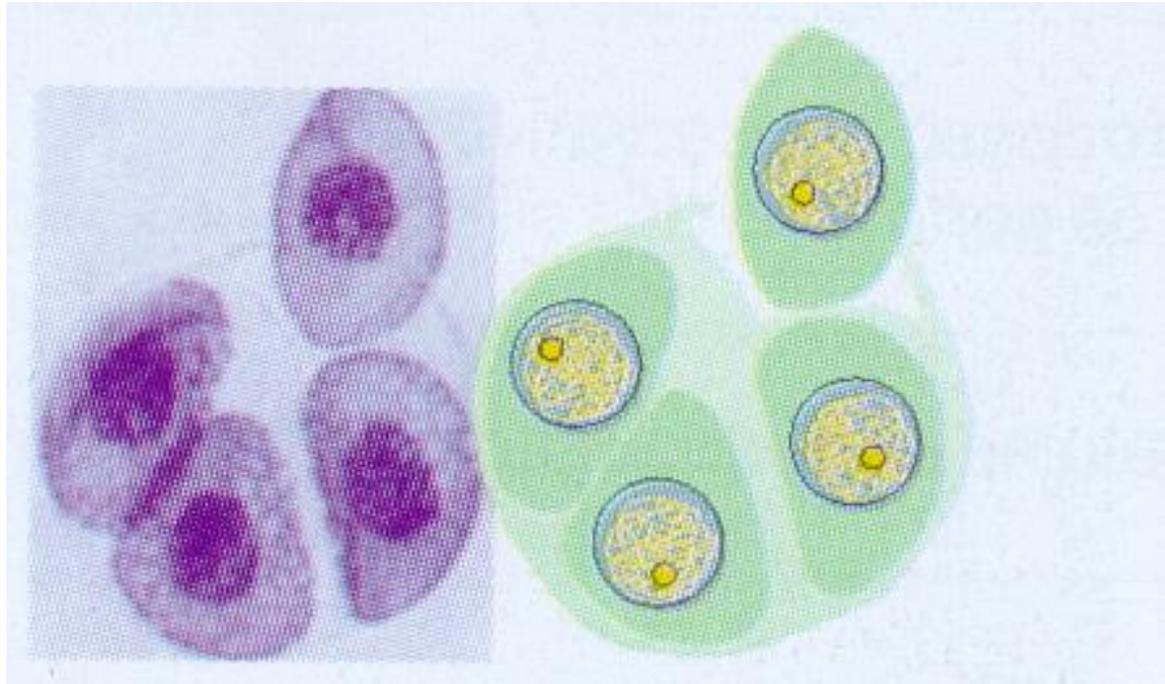
- Ao chegar aos pólos da célula, cada grupo de cromossomos é envolvido pela membrana nuclear;
- Reorganização do nucléolo;
- A cromatina se descondensa e o fuso desaparece.





(Griffiths et al., 2001)

# GRÃOS DE PÓLEN

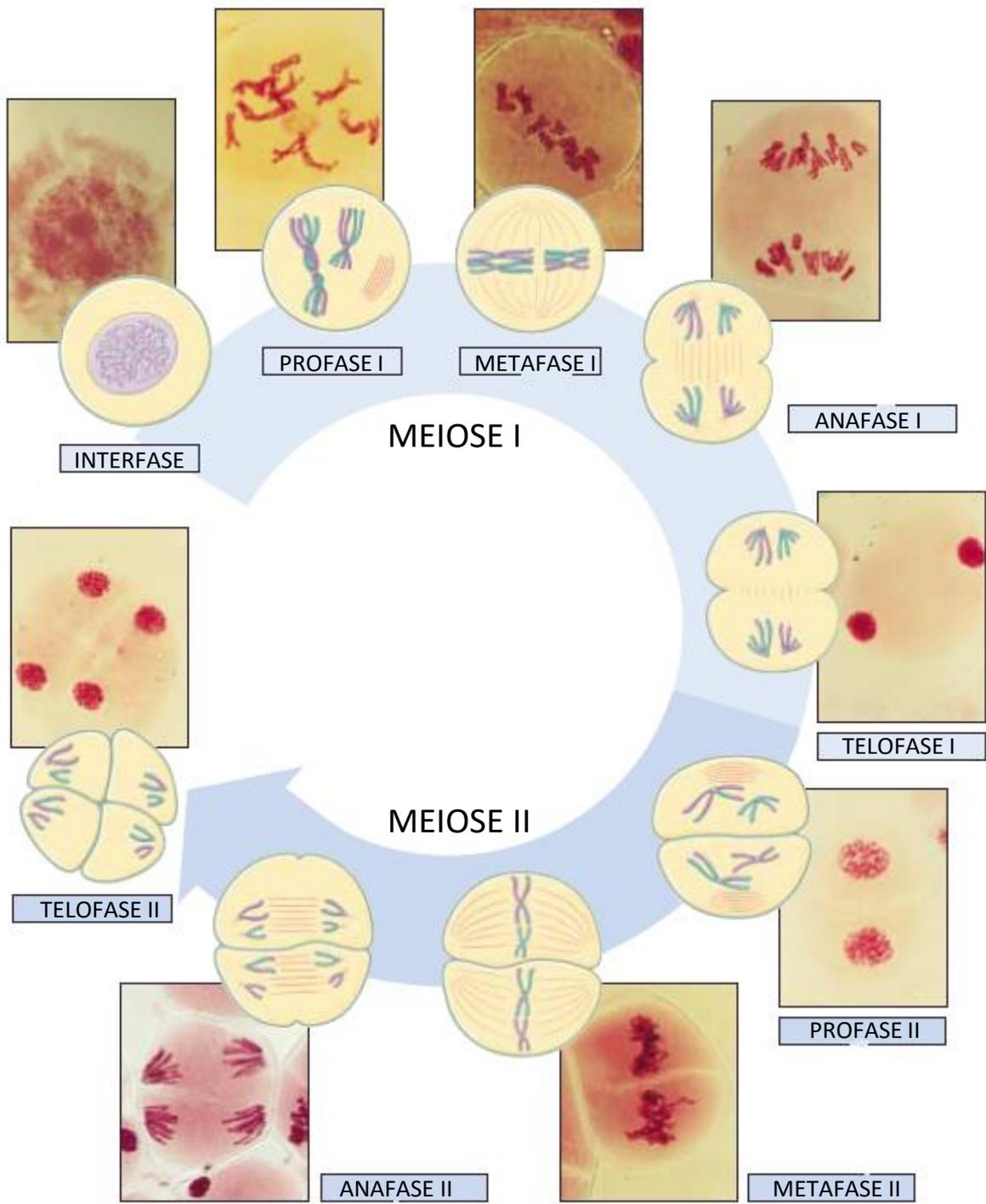


(Griffiths et al., 2001)

# PORTANTO, A MEIOSE APRESENTA 3 CARACTERÍSTICAS ÚNICAS:

- 1) Sinapse;
- 2) Recombinação homóloga;
- 3) Divisão reducional.

Segunda meiose é similar a uma mitose normal, entretanto devido ao *crossing-over* da meiose I, as cromátides irmãs na meiose II não são idênticas.



**SERÁ QUE EU APRENDI???**

