

Reprodução Sexuada



Meiose e Fecundação

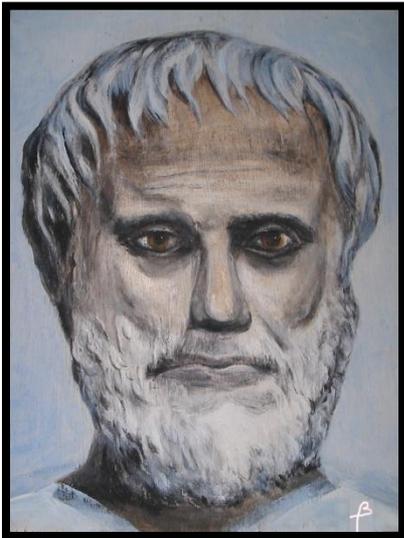
Aula nº 15 a 22/Out

Aula nº 17 a 27/Out

Aula nº 20 a 3/Nov

Prof. Ana Reis2008

“ E há mais!... Para tornar fecunda uma perdiz, basta que ela se encontre sob o vento: muitas vezes bastou mesmo ouvir o canto do macho num tempo em que estivesse disposta a conceber, ou que o macho tivesse passado voando por cima dela e ela tivesse respirado o odor que ele exalava “



(384 a.C. - 322 a.C)

Aristóteles (Αριστοτέλης)

É o pai da teoria da geração espontânea, segundo a qual um ser nascia de um germe da vida, sem que um outro ser precisasse gerá-lo, excepto no caso dos humanos.

- A reprodução sexuada está dependente da **fecundação** união de duas células especializadas, denominadas **gâmetas**.
- Durante a fecundação ocorre a **cariogamia**, i.é, a fusão dos núcleos dos gâmetas.
- Desta união, resulta uma célula denominada **ovo** ou **zigoto**.
- O zigoto por mitoses sucessivas, origina um indivíduo com características resultantes da combinação genética dos gâmetas dos progenitores.



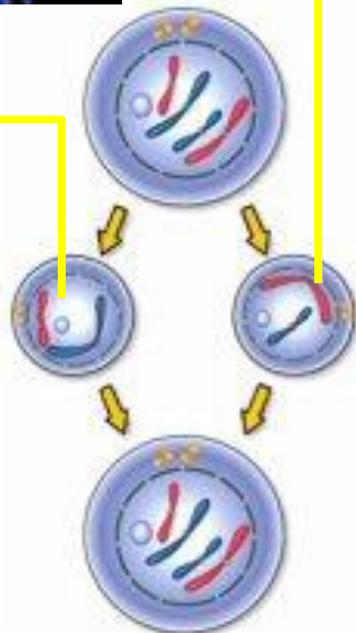
Reprodução sexuada

► Fecundação - duplicação cromossômica

Fecundação - fusão (cariogamia) de duas células sexuais (**gâmetas**) resultando o **ovo** ou **zigoto**, portador da soma dos cromossomas transportados pelos gâmetas - **duplicação cromossômica**.

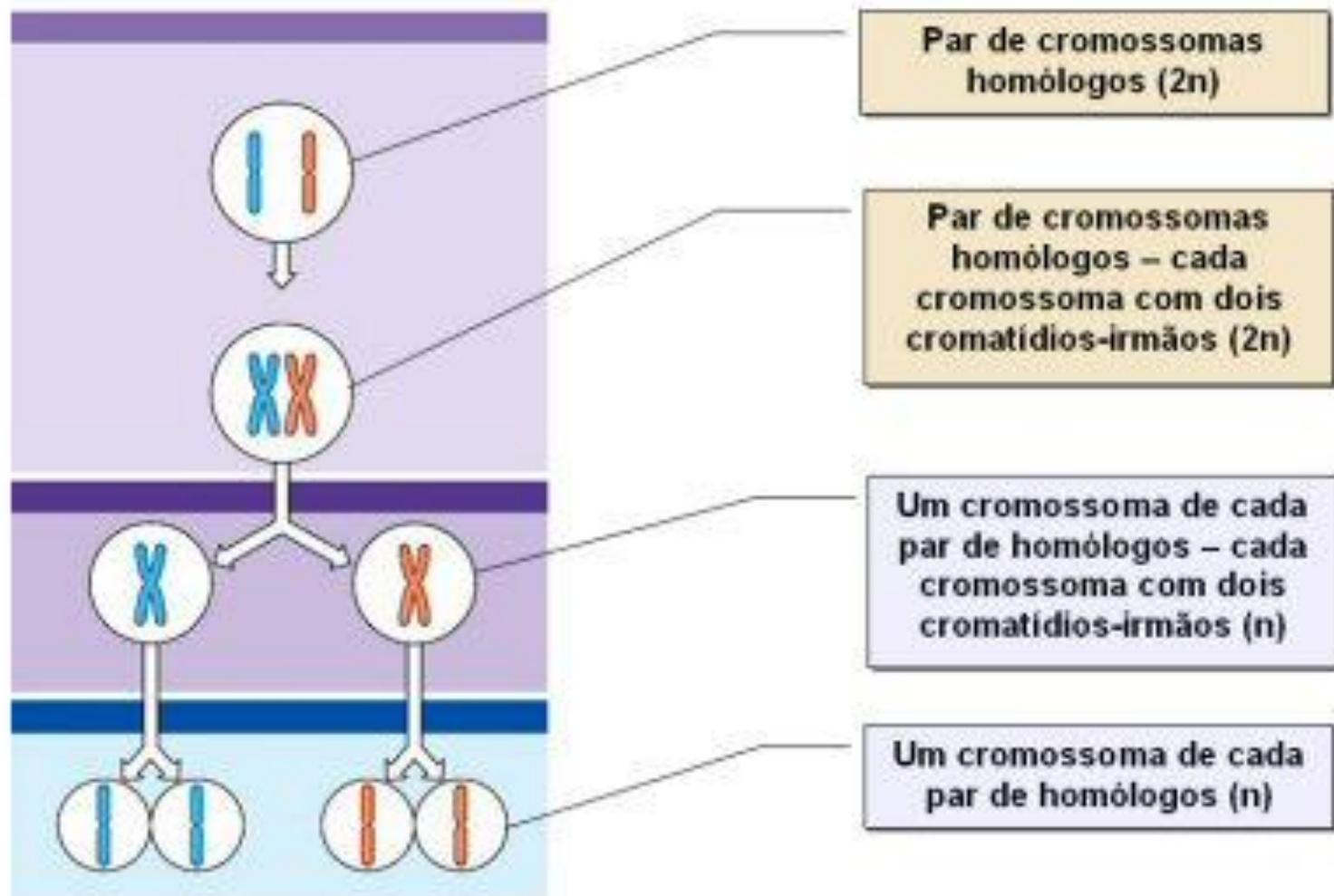
Células diplóides (2n) - possuem núcleos com pares de **cromossomas homólogos**, tendo cada par forma e estrutura idênticas e genes com informação para as mesmas características.

O número de cromossomas de cada espécie permanece **constante** ao longo das gerações devido à **meiose**.



- Cada espécie de seres vivos é caracterizada pelo seu n° de cromossomas, que se agrupam dois a dois.
- Cada par de cromossomas apresenta uma forma, estrutura e sequência de genes semelhante, denominando-se por **cromossomas homólogos**.
- Todas as células que apresentam cromossomas homólogos são designadas por **diplóides**, sendo a sua constituição cromossómica representada por $2n$.

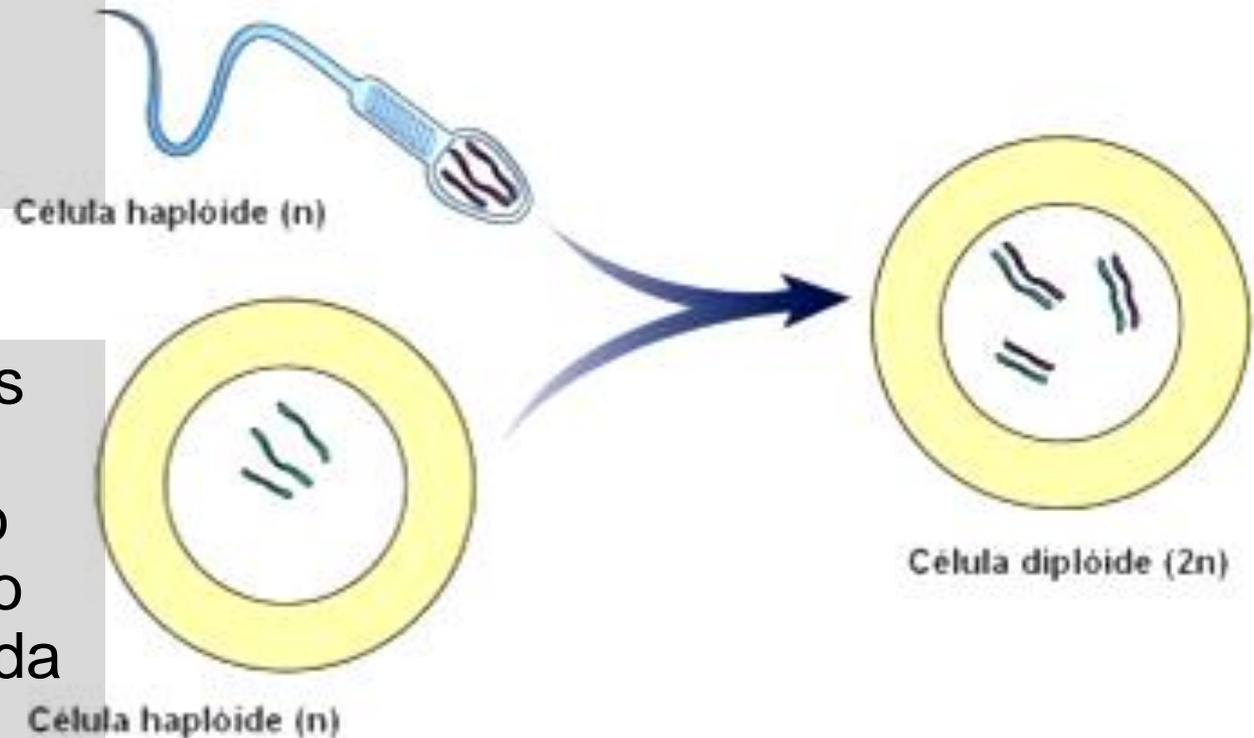
Meiose



Nos organismos diplontes, as células que originam os gametas **sofrem divisão nuclear**, de modo a que **haja redução para metade do n° de cromossomas**.

Assim, os gametas são formados através de um tipo especial de divisão celular, denominada **meiose**.

Para que da fecundação resulte um ovo diplóide, torna-se necessário que cada gameta seja **haplóide**, i.é, possua metade destes cromossomas (n).

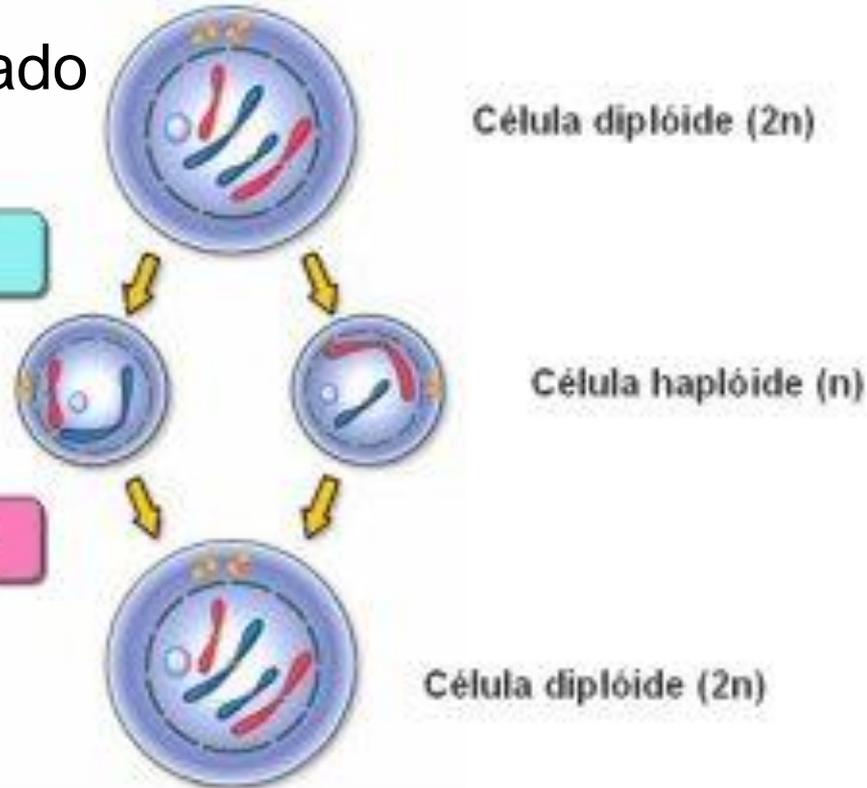


Reprodução sexuada

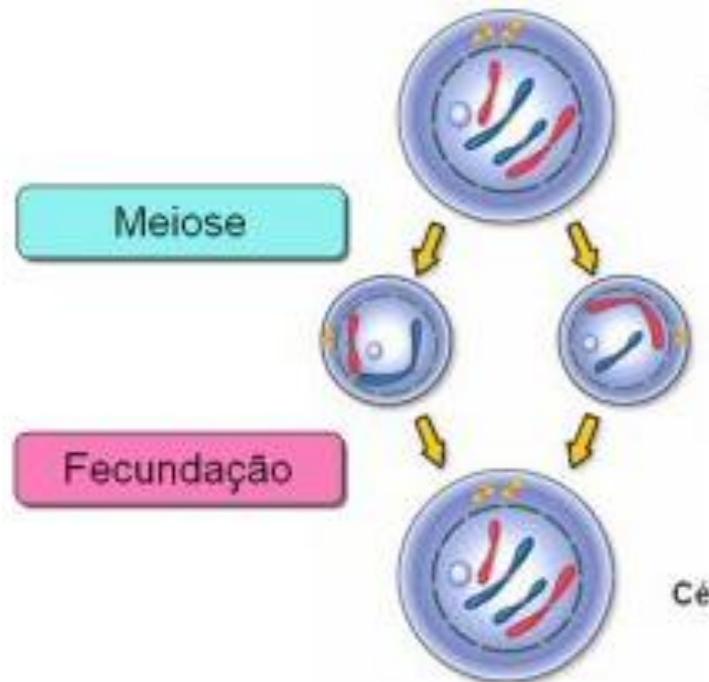
O ciclo de vida dos organismos que se reproduzem sexuadamente é marcado por dois processos:

1 - Meiose

2 - Fecundação



Em conjunto estes dois processos, meiose e fecundação, permitem a manutenção do número de cromossomas característico de cada espécie.



Estruturas de produção de gâmetas

São estruturas especializadas denominadas:

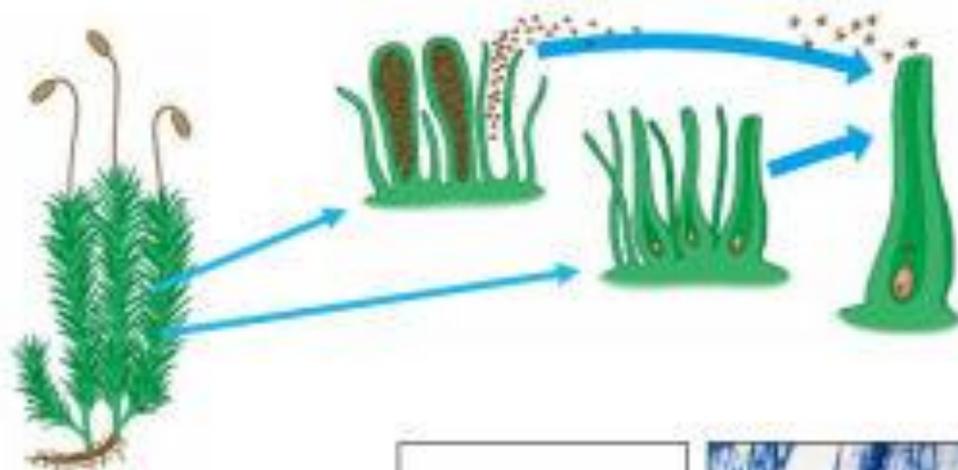
- **Nos Animais – gónadas**
 - Masculinas – **testículos**, onde se produzem os **espermatozóides** (gâmetas masculinos)
 - Femininas – **ovários**, onde se produzem os **oócitos** (gâmetas femininos)
- **Plantas – gametângios**
 - Masculinos – **anterídeos** onde se produzem **anterozóides**
 - Femininos – **arquegónios** onde se produzem **oosferas**.

Os organismos que produzem simultaneamente gâmetas masculinos e femininos denominam-se hermafroditas.

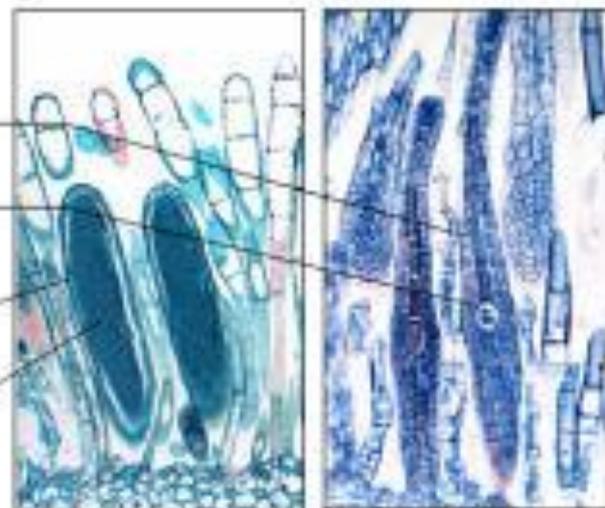
Diversidade de estratégias



Musgo



- Arquegônio
- Oosfera
- Anterídio
- Anterozóides



Gametângios masculinos

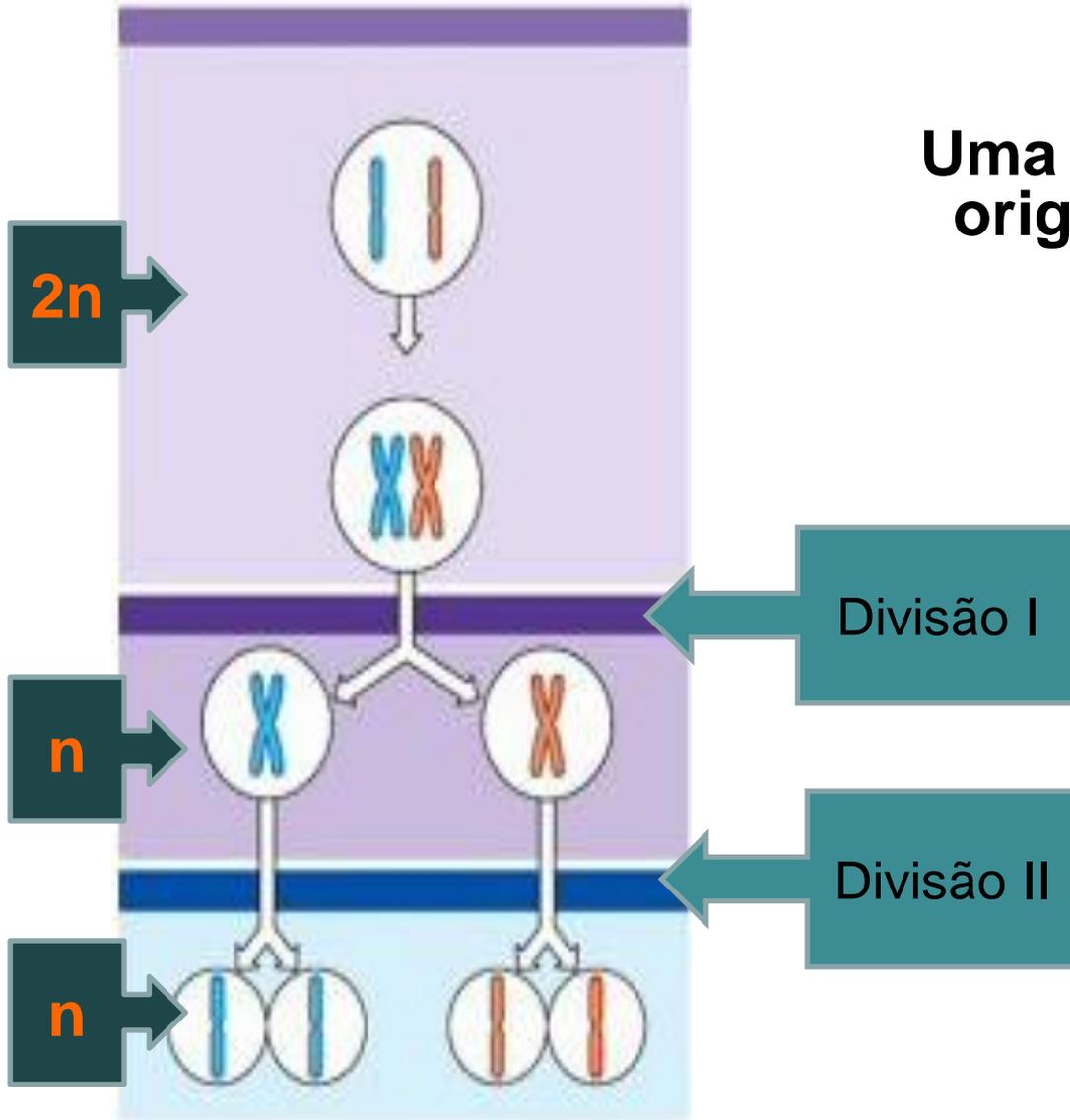
Gametângios femininos

Diversidade de estratégias



Meiose

Uma célula diplóide ($2n$)
origina quatro células
haplóides (n)

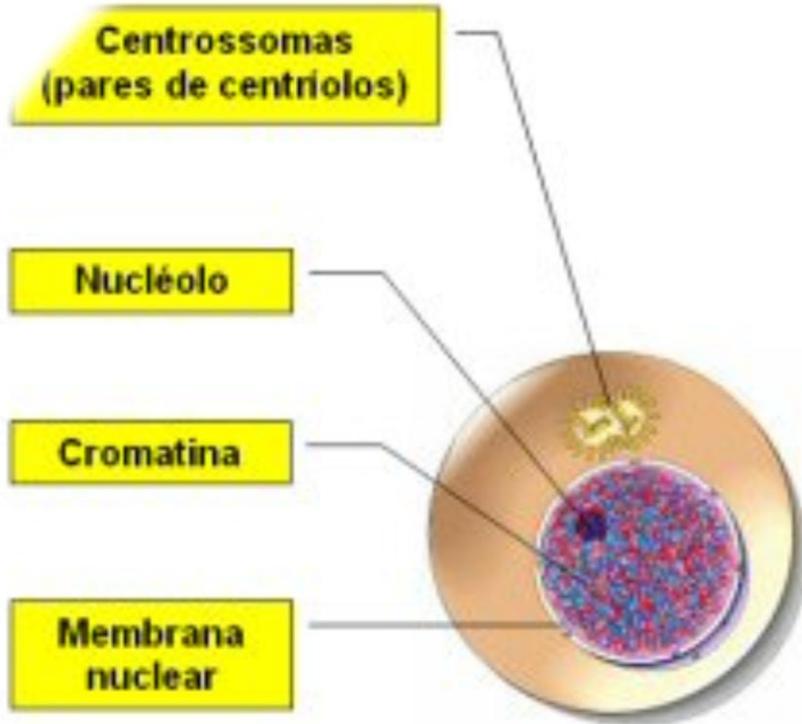


Consiste em duas
divisões nucleares
sucessivas:

- **Divisão I**
- **Divisão II**

As células-filhas apresentam metade do nº de cromossomas da célula-mãe.

Tal como na mitose, antes da **meiose** ocorre um período de **interfase**...



► Interfase

- A célula diplóide replica o seu DNA (fase S)
- Ocorre síntese de biomoléculas.

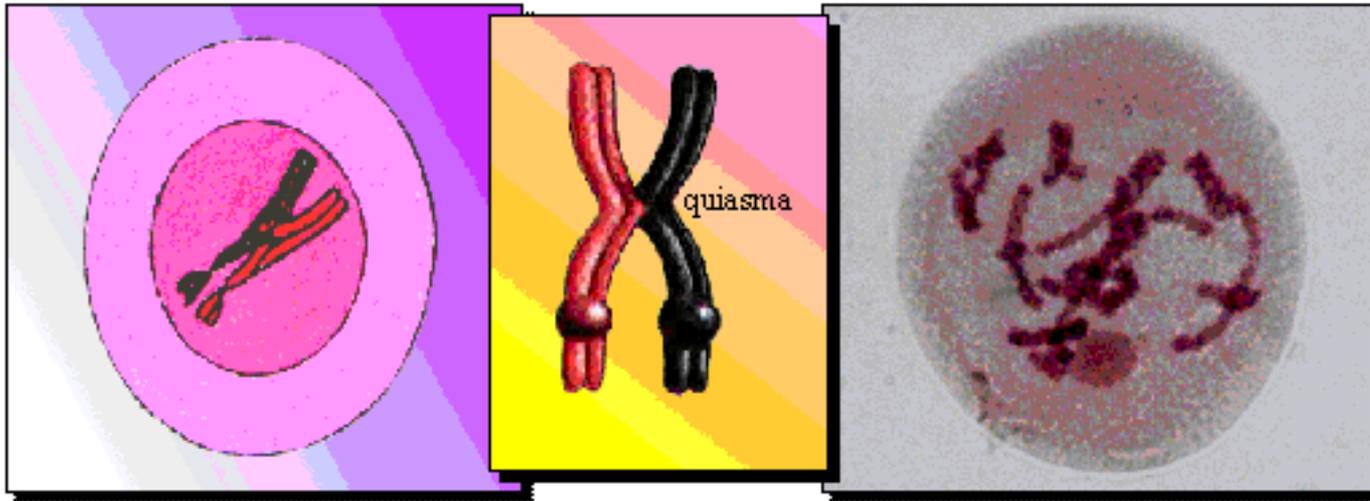
Os cromossomas resultantes são constituídos por dois cromatídios iguais.

Divisão I da meiose - Divisão Reducional

- Redução do número de cromossomas para metade
- Uma célula diplóide ($2n$ cromossomas) por divisão, origina duas células-filhas haplóides (n cromossomas).
- A divisão I da meiose é constituída pelas seguintes etapas:
 - Profase I
 - Anafase I
 - Metafase I
 - Telofase I
- Segue-se, em geral a **citocinese**, o que permite a individualização de cada uma das células-filhas.

Profase I

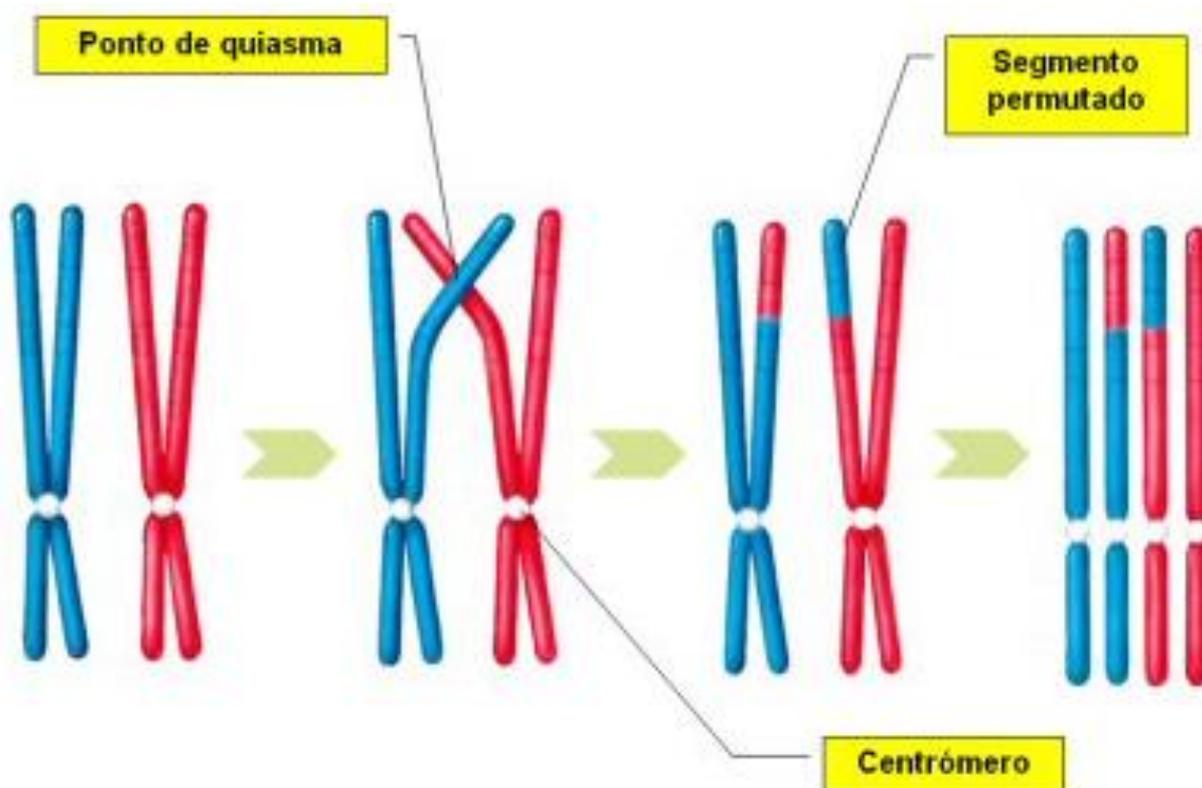
- Etapa mais longa da meiose
- Ocorre a condensação dos cromossomas.
- Ocorre o **emparelhamento dos cromossomas homólogos - sinapse**.



- Os pares de cromossomas designam-se **bivalentes** e apresentam 4 cromatídios.
- Entre os **cromatídios dos bivalentes ocorrem sobre cruzamentos** em vários pontos.
- Estes pontos de contacto denominam-se **quiasmas**.

Nos pontos de quiasma, pode ocorrer trocas de informação genética, ou quebras de segmentos entre os cromatídios de cromossomas homólogos.

Este fenómeno denomina-se **sobrecruzamento** ou **crossing-over**.



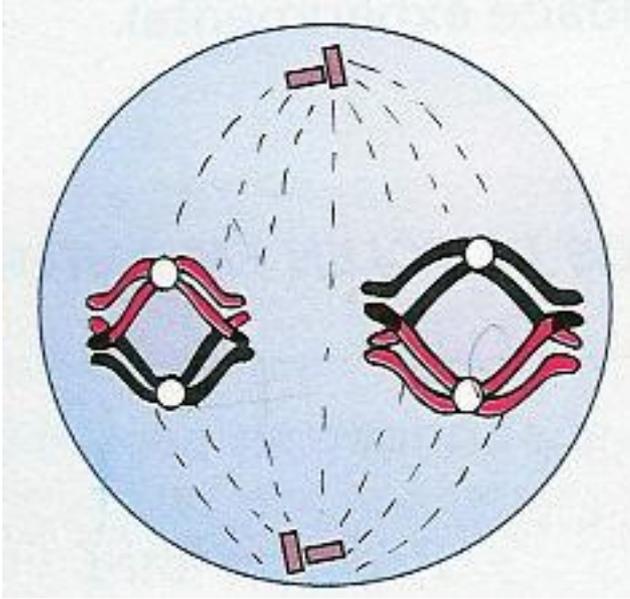
- Ainda na profase I a membrana nuclear e o nucléolo desorganizam-se progressivamente.
- Centríolos migram para pólos opostos e forma-se o **fuso acromático** (células animais).
- Cromossomas deslocam-se para a zona equatorial do fuso.

► Profase I

- Emparelhamento dos cromossomas homólogos.
- Permuta de segmentos entre cromatídios de cromossomas homólogos (**crossing-over**).



Metafase I

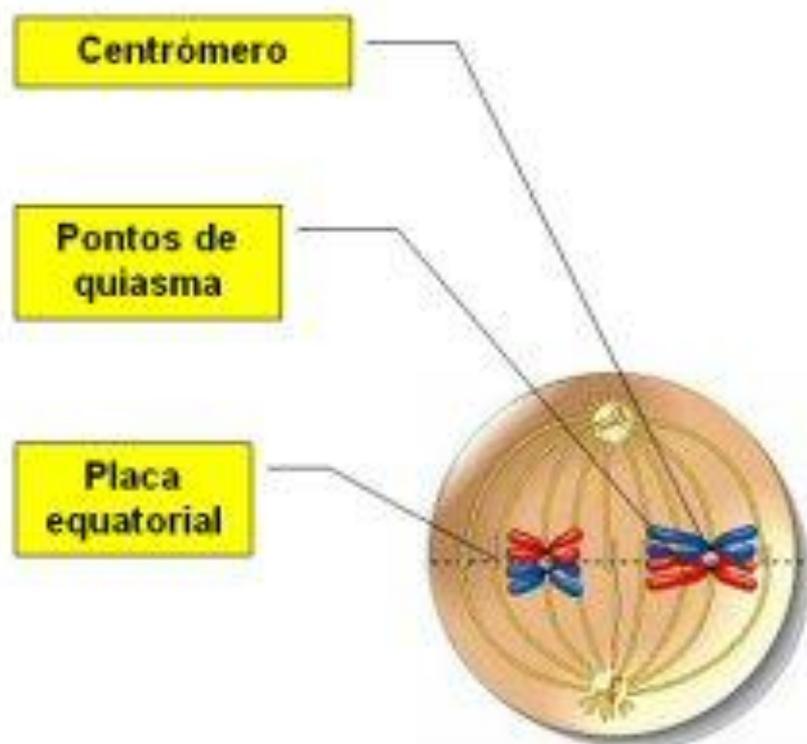


- Cromossomas homólogos de cada bivalente dispõem-se aleatoriamente na placa equatorial

- Equidistantes e presos pelos centrómeros às fibras do fuso acromático
- Alinhamento dos cromossomas homólogos na zona equatorial do fuso acromático.
- Ao contrário da mitose não são os centrómeros que se **localizam no plano equatorial** do fuso acromático, mas sim os **pontos de quiasma**.

► Metafase I

- Disposição **aleatória** dos cromossomas homólogos de cada bivalente na **placa equatorial**.
- Localização dos **pontos de quiasma** no plano equatorial.

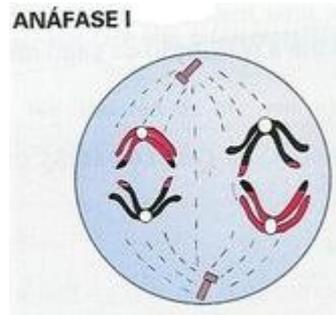


Anáfase I

Meiose – Divisão I



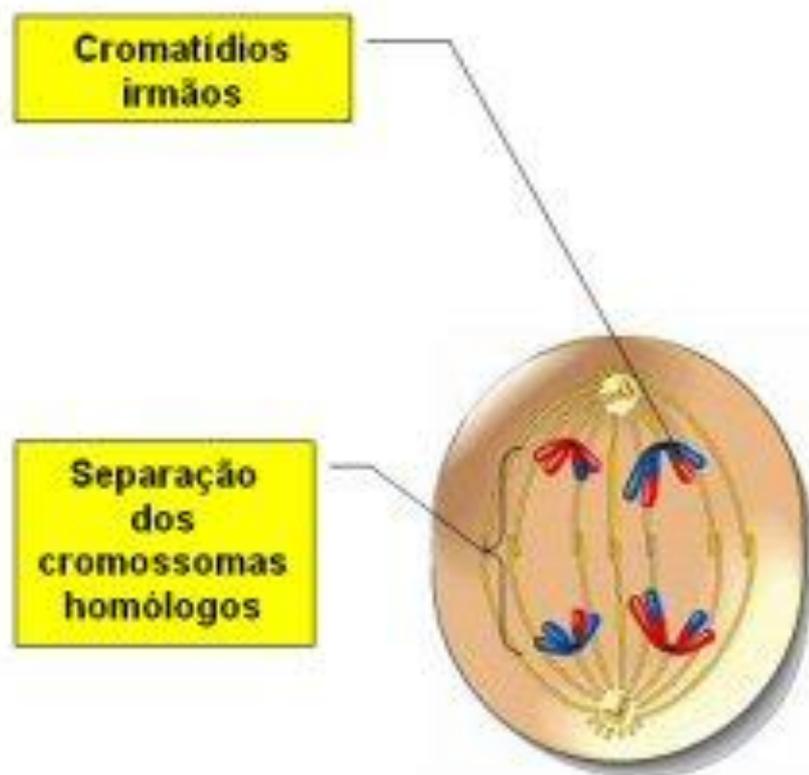
José Salsa - 2004



- **Rotura dos pontos de quiasma e separação aleatória** dos cromossomos homólogos que se afastam para polos opostos.
- Ocorre **redução cromática**.
- Cada um dos **conjuntos cromossômicos** que se separam e ascendem, é **haplóide** (n cromossomas) e possuem **informação genética diferente**.
- Este facto contribui para a **variabilidade genética**.

► Anafase I

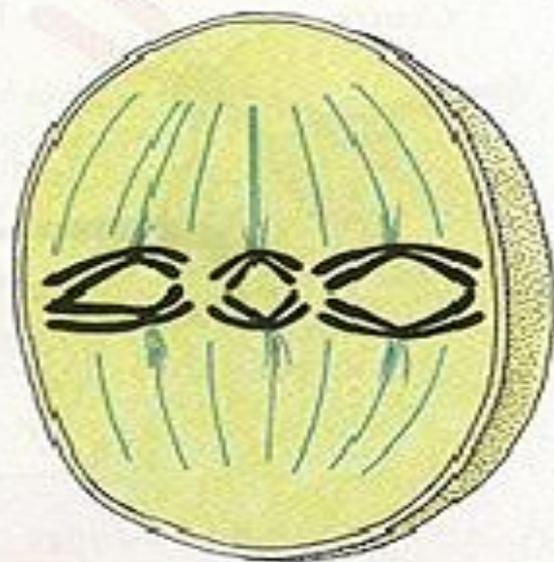
- Separação **aleatória** dos cromossomas homólogos (**redução cromossômica**).
- Cada cromossoma, formado por dois cromátídeos, migra para um dos pólos da célula.



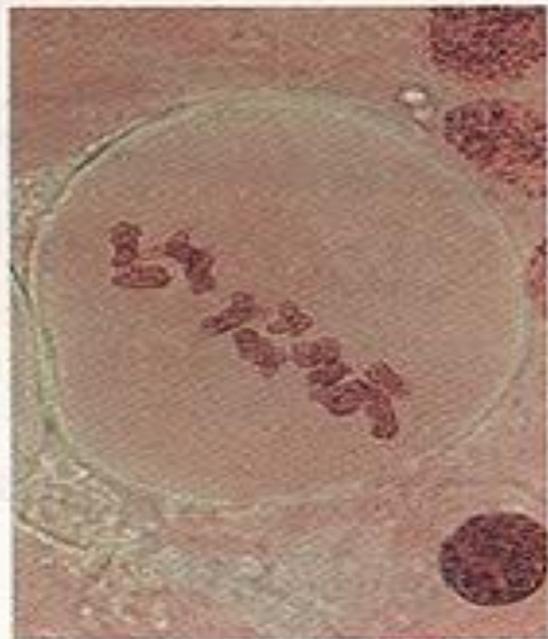
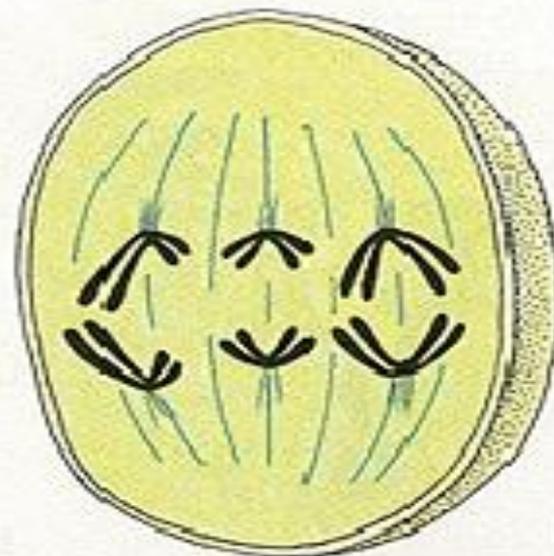
(a) Late prophase I



(b) Metaphase I

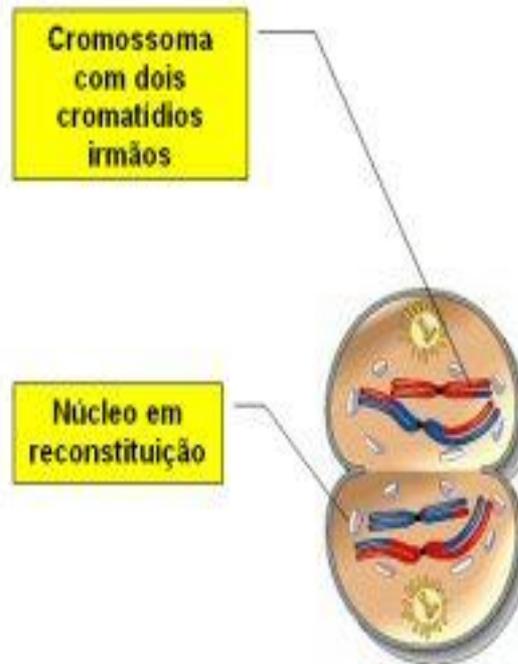


(c) Anaphase I



Telófase I

Meiose – Divisão I



► Telófase I

- Descondensação dos cromossomas e reconstituição dos núcleos.

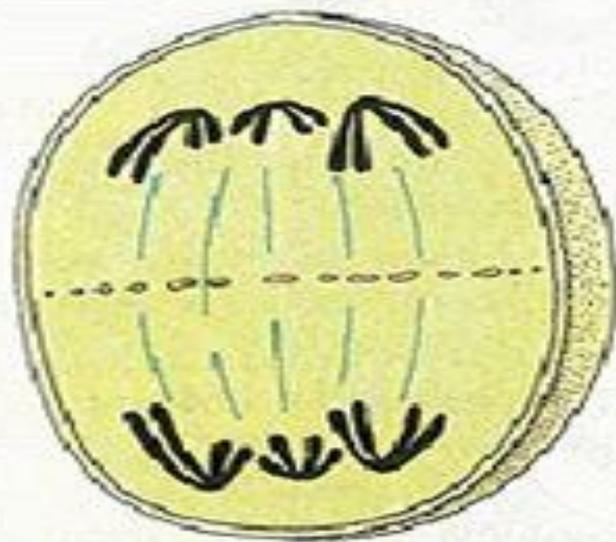
- Cada núcleo com metade do número de cromossomas do núcleo diplóide inicial.

Da divisão I resultam dois núcleos haplóides, tendo cada cromossoma dois cromatídios.

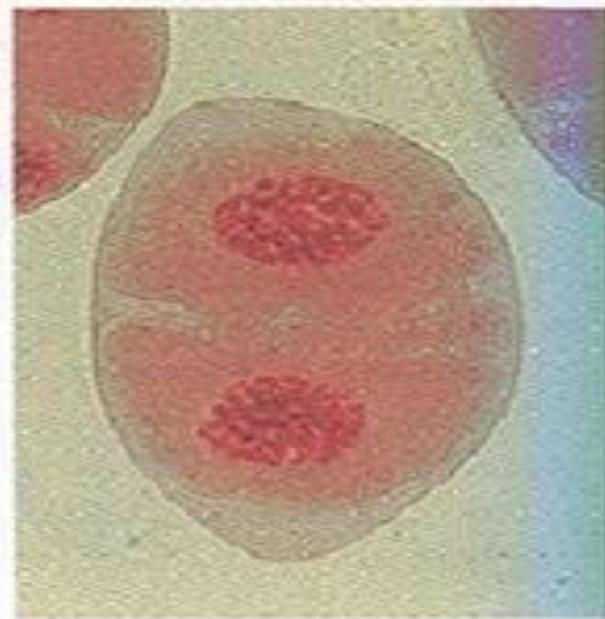
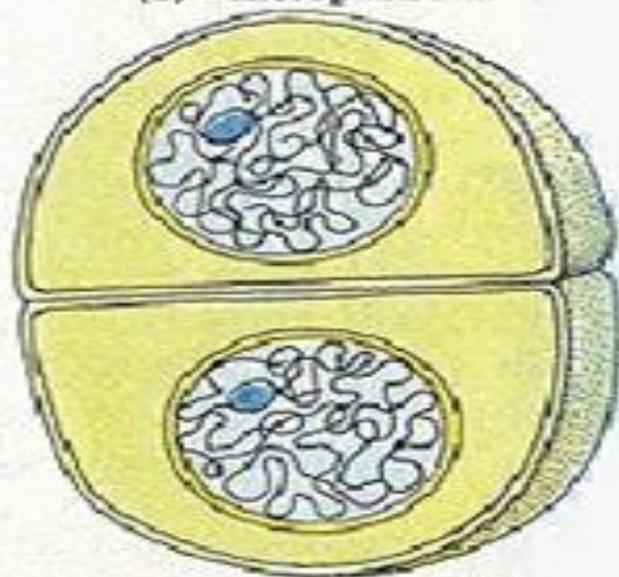
- Começa a ocorrer a **citocinese**.

- Cromossomas atingiram os pólos e começam a descondensar, tornando-se finos e longos.
- Em cada pólo **existe um cromossomas** de cada um dos pares de homólogos, pelo que os **núcleos são haplóides**.
- Desorganiza-se o fuso acromático e **diferenciam-se os nucléolos e as membranas nucleares**, formando-se dois núcleos haplóides.

(d) Telophase I



(e) Interphase II

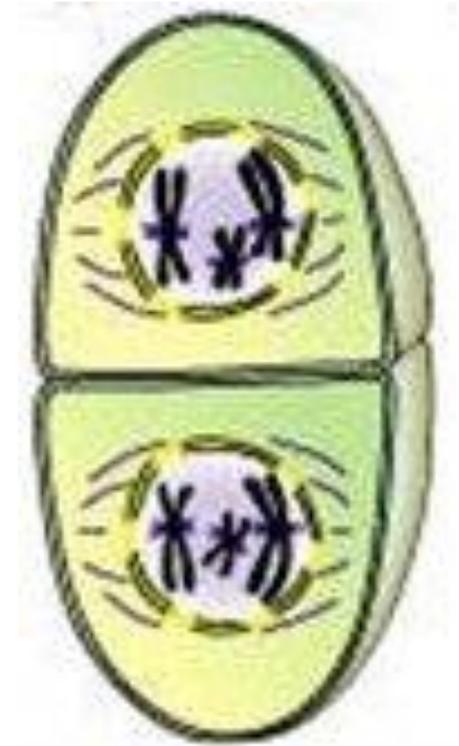


Divisão II

- A partir de cada uma das células haplóides formadas na divisão I vão-se formar duas células-filhas na **divisão II** da meiose.
 - Inclui as seguintes fases:
 - Profase II
 - Metafase II
 - Anafase II
 - Telofase II
 - As **células-filhas** são **haplóides**, divergindo das que lhe deram origem, pelo facto de apresentarem **cromossomas com apenas um cromatídio**.
- **Não há redução no nº de cromossomas** mas apenas a **separação dos cromatídios** de um mesmo cromossoma.
 - A divisão II da meiose é denominada **divisão equacional**.
 - A citocinese vai ocorrer novamente, permitindo a individualização das quatro células-filhas recém-formadas.
 - Na meiose existem estadios idênticos aos da mitose, principalmente ao nível da divisão II.

Profase II

- As células-filhas iniciam a divisão II da meiose imediatamente, ou logo após uma interfase curta.
- Na **Profase II**:
 - os cromossomas com dois cromatídios **condensam-se**;
 - **fuso acromático forma-se** após a divisão do centrossoma;
 - os cromossomas dirigem-se para a placa equatorial, **presos pelo centrómero às fibras do fuso acromático**;
 - **desaparecimento do invólucro nuclear**.





► Profase II

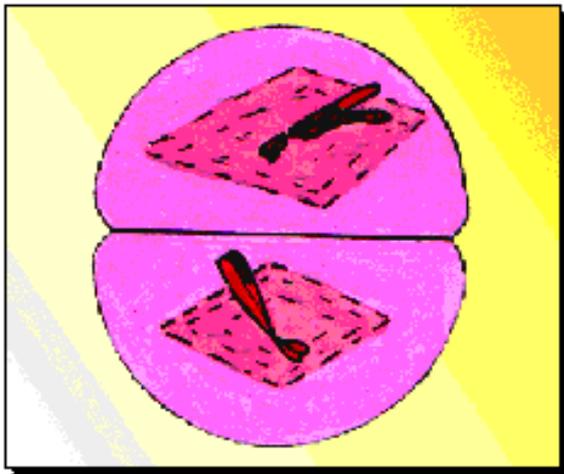
- Individualização dos **cromossomas**.
- Desaparecimento do invólucro **nuclear**.
- Afastamento dos **centríolos** e formação do **fuso acromático**.



Metafase II

- Alinhamento dos cromossomas, cada um constituído por **dois cromatídios**, na zona equatorial (**placa equatorial**).
- Os cromossomas encontram-se **equidistantes dos pólos** e sempre **presos pelo centrómeros às fibras do fuso acromático**.

Metafase II

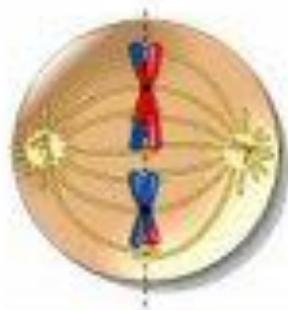


Os cromossomas dispõem-se pelos centrómeros na região equatorial do fuso cromático, tal como numa mitose vulgar, isto é, os centrómeros encontram-se auto-orientados



► Metafase II

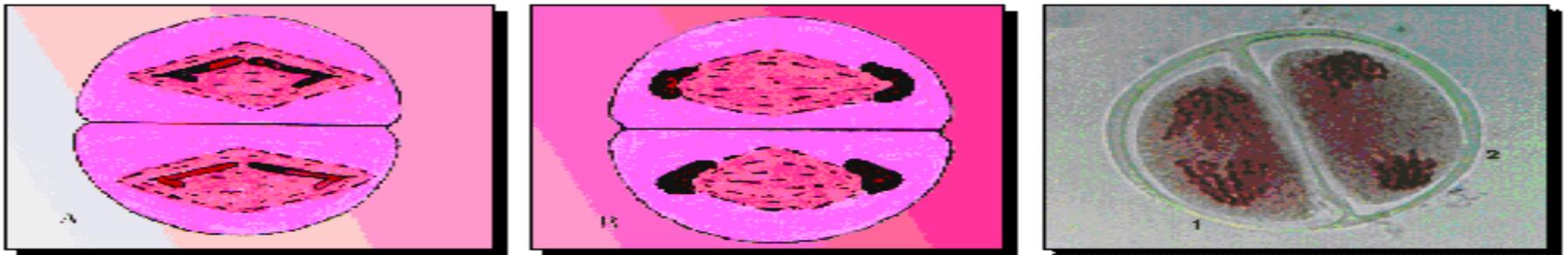
- Disposição dos cromossomas na zona equatorial.
- Localização dos **centrómeros** no plano equatorial.



Anafase II

- Nesta fase, ocorre a **divisão do centrómero** e dá-se a **ascensão polar**.
- Os **cromatídios** do mesmo mesmo cromossoma **separam-se para pólos opostos**.
- Os dois conjuntos de **cromossomas** que acabam de se separar são **haplóides**.

Anafase II



O início é marcado pela divisão longitudinal dos centrómeros e os cromatídeos irmãos movem-se para pólos opostos do fuso

A (1) - Início da Anafase II; B (2) - Fim da Anafase II



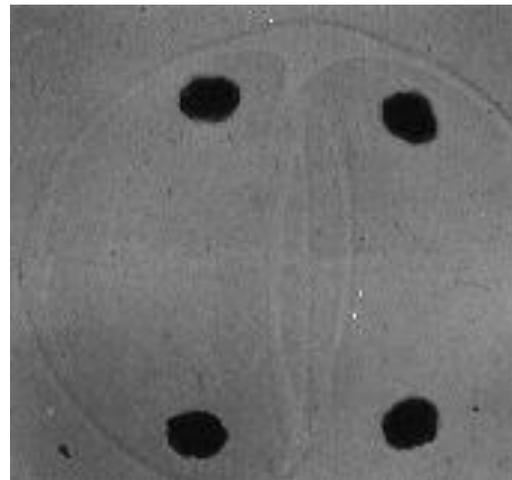
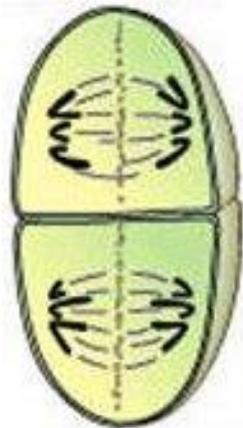
► Anafase II

- Rompimento dos **centrômeros** e separação dos cromatídios.
- Ascensão polar dos **cromossomas-filhos**.



Telofase II

- Os cromossomas **atingem os pólos** e iniciam a sua **despiralização**, tornando-se **finos, longos e invisíveis ao microscópio**.
- À semelhança da telofase I, **desorganiza-se o fuso acromático** e **diferenciam-se os nucléolos e as membranas nucleares**, formando-se **quatro núcleos haplóides (n)**.
- **Constricção na zona equatorial do citoplasma e individualização das células-filhas**.





► Telofase II

- **Dissolução** do fuso acromático.
- **Reorganização** de cada núcleo-filho.
- **Descondensação** dos cromossomas.

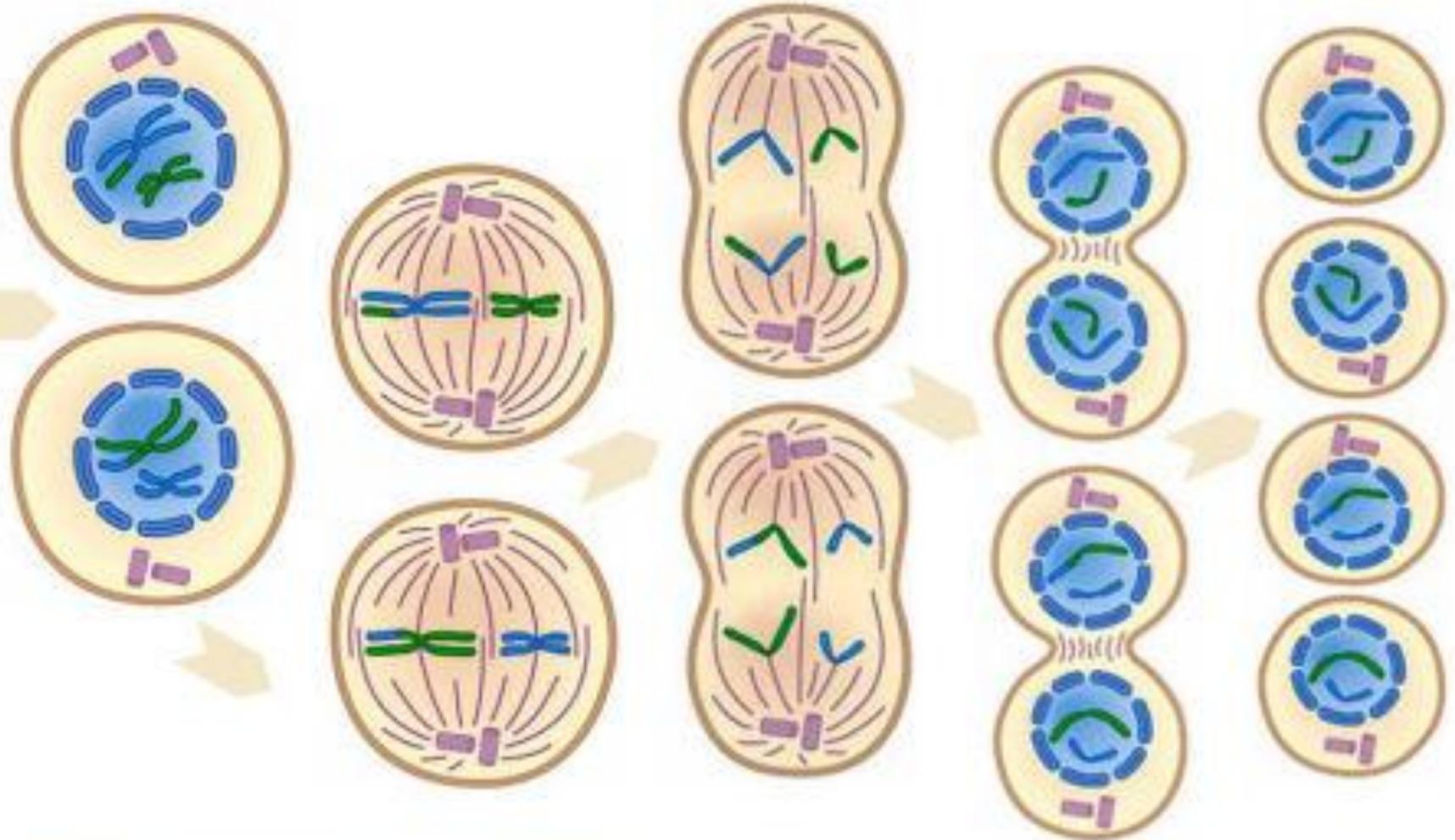


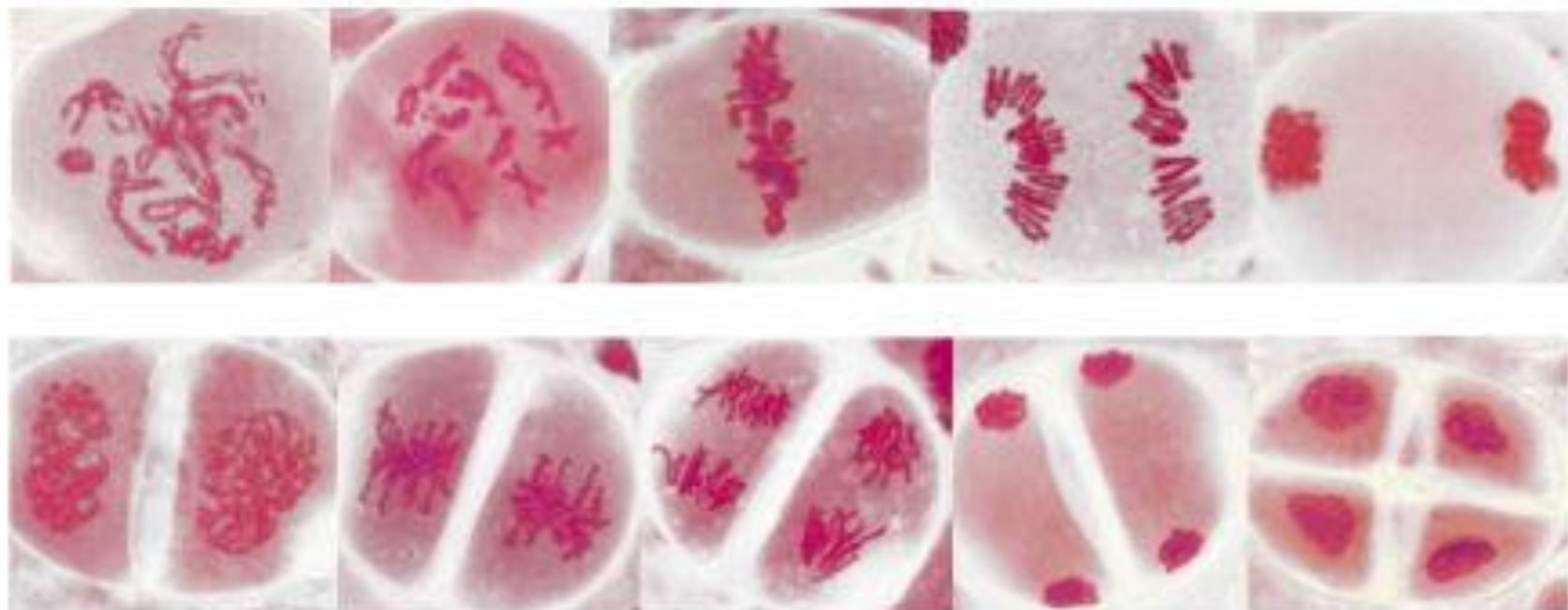
Da divisão II resultam **quatro núcleos haplóides**, cada um com um cromossoma de cada par de homólogos.

Meiose - Síntese



Meiose - Síntese

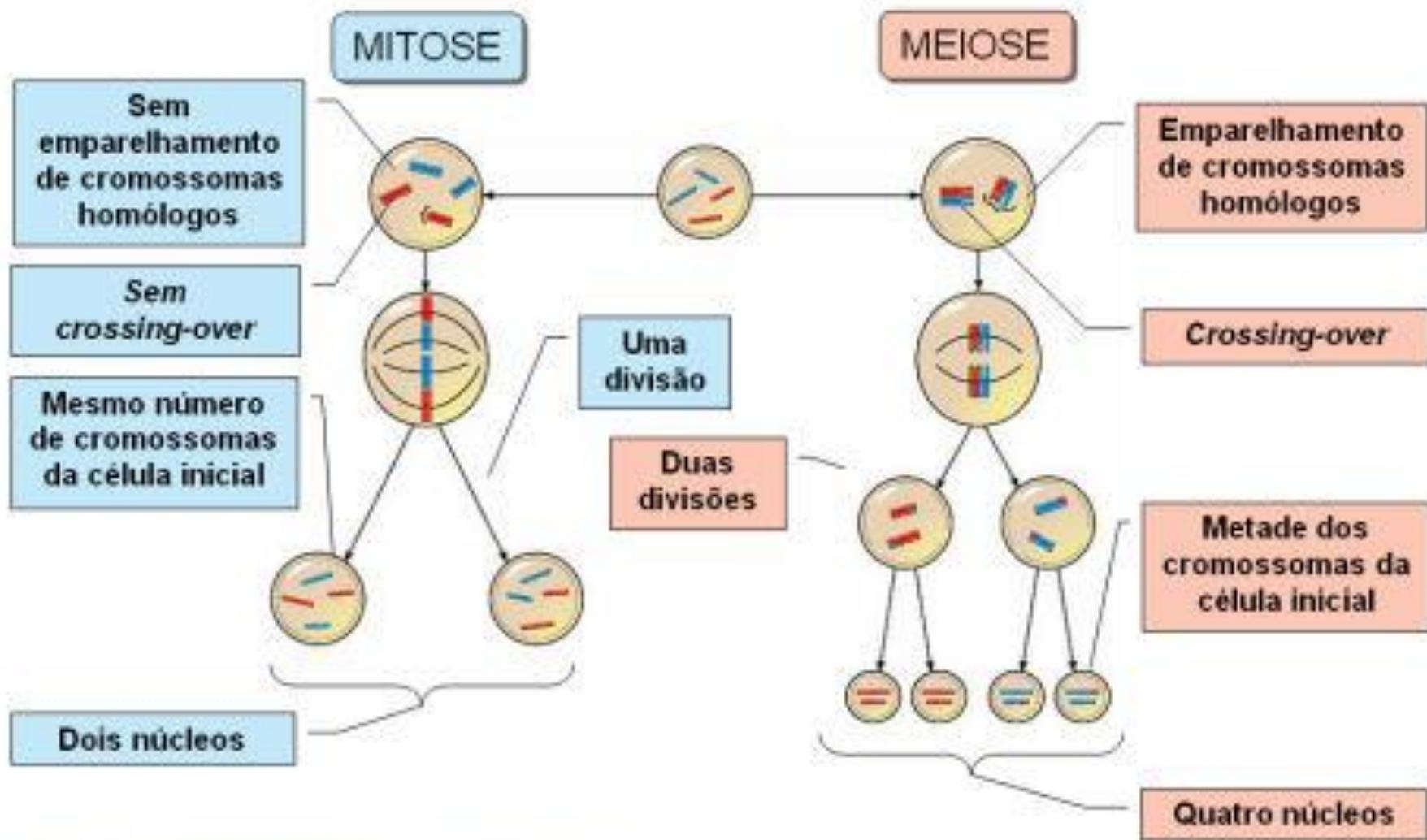




Mitose vs Meiose

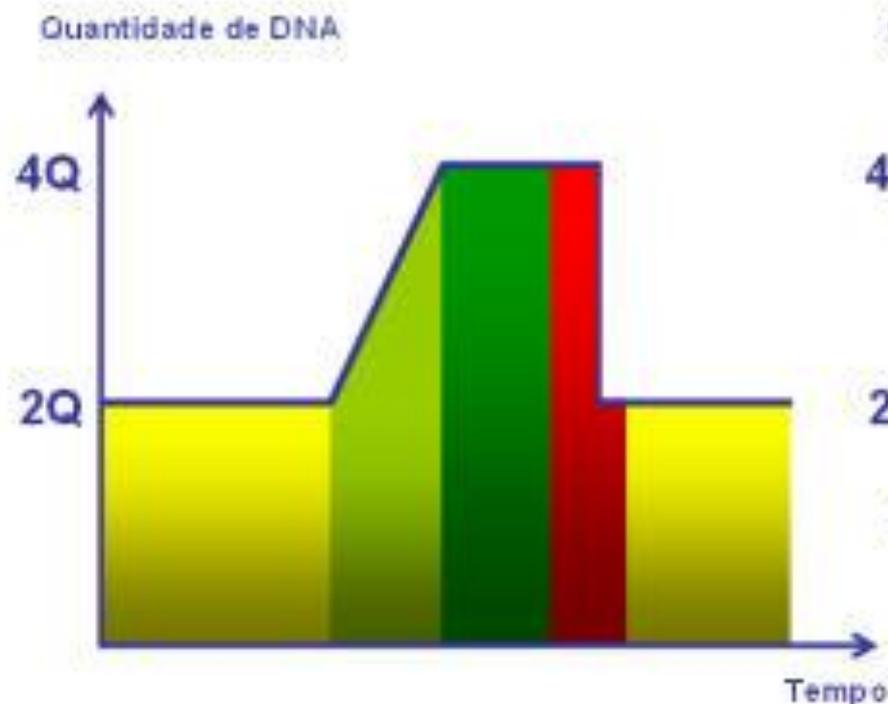
- Ocorre em células somáticas.
 - Origina duas células-filhas, cujo nº de cromossomas (n) é igual ao da célula-mãe.
 - A quantidade de DNA (Q) das células-filhas é igual à da célula-mãe.
 - Não há emparelhamento de cromossomas homólogos nem fenómenos de **crossing-over**.
 - A informação genética das células-filhas é idêntica à da célula-mãe.
 - O centrómero divide-se na anafase.
 - Só ocorre uma divisão.
- Ocorre para a produção de gametas ou esporos.
 - Origina quatro células-filhas, cujo nº de cromossomas (n) é metade do da célula-mãe.
 - A quantidade de DNA (Q) das células-filhas é metade da da célula-mãe.
 - Há emparelhamento de cromossomas homólogos com possibilidade de **crossing-over**.
 - A informação genética das células-filhas é diferente entre si e da célula-mãe, devido à separação aleatória dos homólogos e à ocorrência de crossing-over.
 - O centrómero só se divide na anafase II.
 - Ocorrem duas divisões sucessivas, sendo a divisão II semelhante à mitose.

Mitose e Meiose - comparação

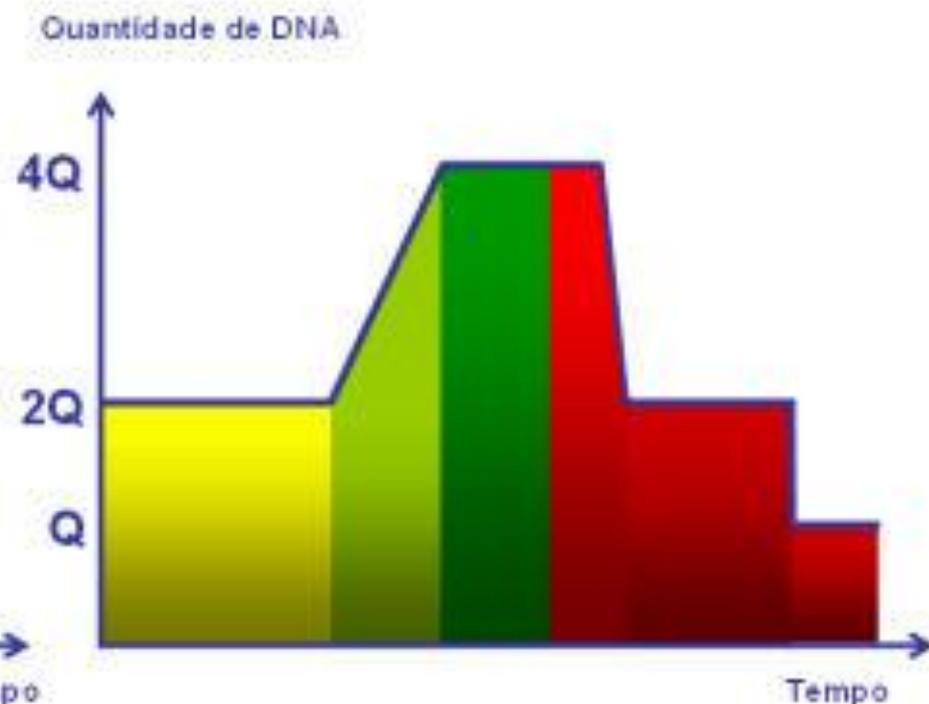


Mitose e Meiose - comparação

MITOSE

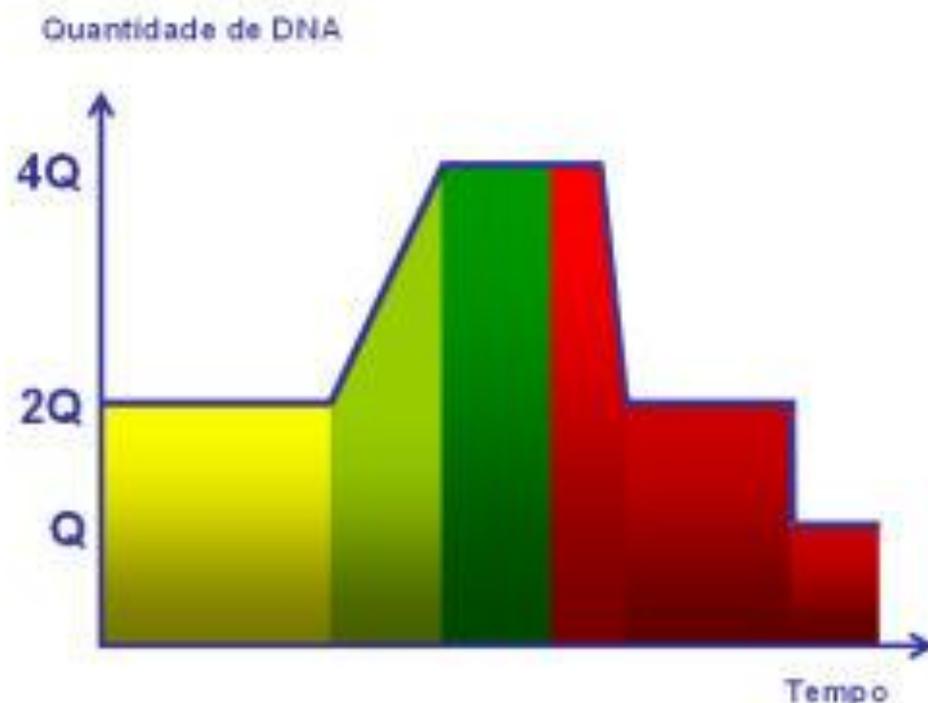


MEIOSE



Variação da quantidade de DNA

► Variação da quantidade de DNA durante a meiose



Interfase - a célula diplóide replica o DNA que passa de 2Q para 4Q.

Anáfase I - redução de 4Q para 2Q aquando da separação de **cromossomas homólogos**.

Anáfase II - redução de 2Q para Q aquando da separação dos **cromatídios**.

Na meiose podem ocorrer mutações

- Durante a meiose podem ocorrer **alterações do material genético** denominadas **mutações**.
- As mutações podem ocorrer ao nível dos:
 - **Genes – mutação génica**;
 - **Estrutura e número dos cromossomas – mutações cromossómicas**.
- As mutações podem ser causadas por vários factores físicos e químicos – **agentes mutagénicos**.
- As mutações podem ter consequências evidentes nos indivíduos, mas são também utilizadas, de forma propositada, pelo Homem, no apuramento de características de espécies.

► Mutação

Alteração brusca do DNA. Pode ser **cromossômica**, quando afecta o número ou estrutura dos cromossomas, ou **génica**, quando modifica os genes.

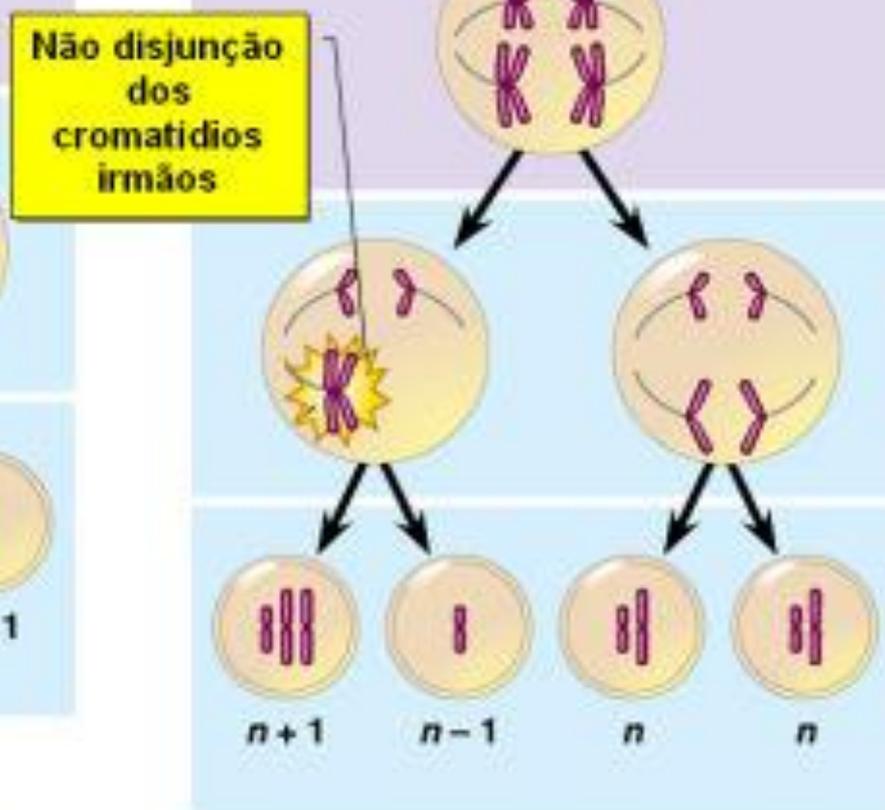
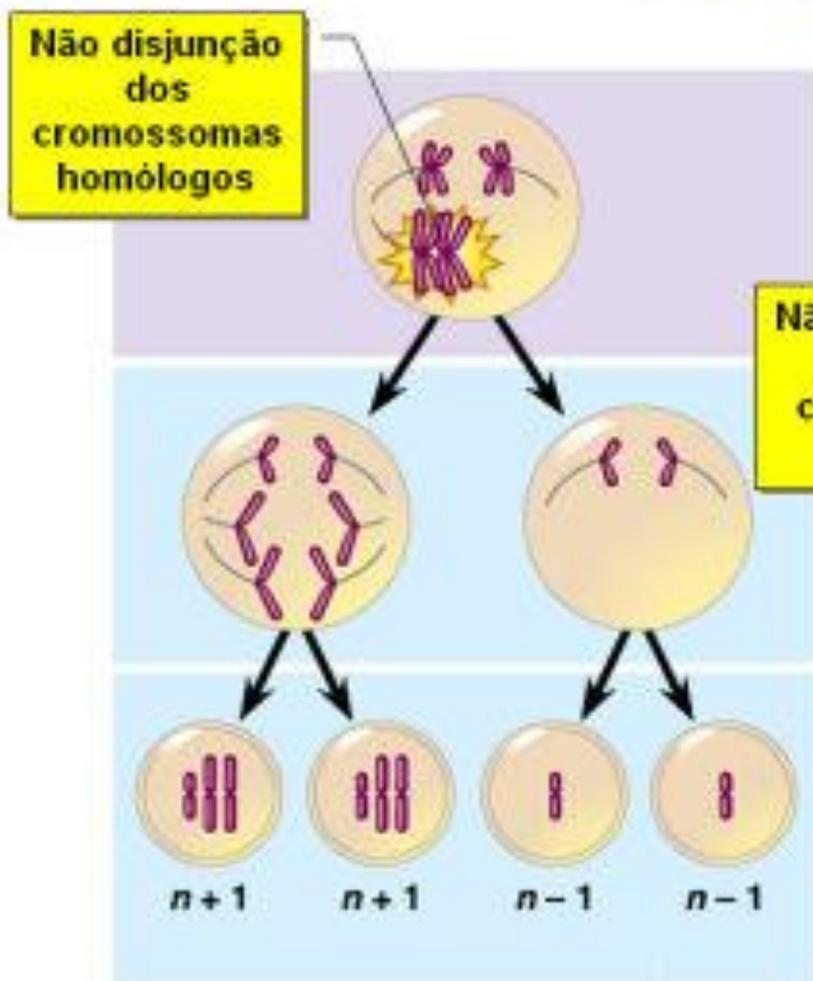
As mutações são **raras** e raramente são hereditárias.

Os efeitos são desde **inconsequentes** a **fatals**.

As mutações são **fonte primária** de informação genética e, por vezes, a chave do sucesso **evolutivo** dos seres vivos.

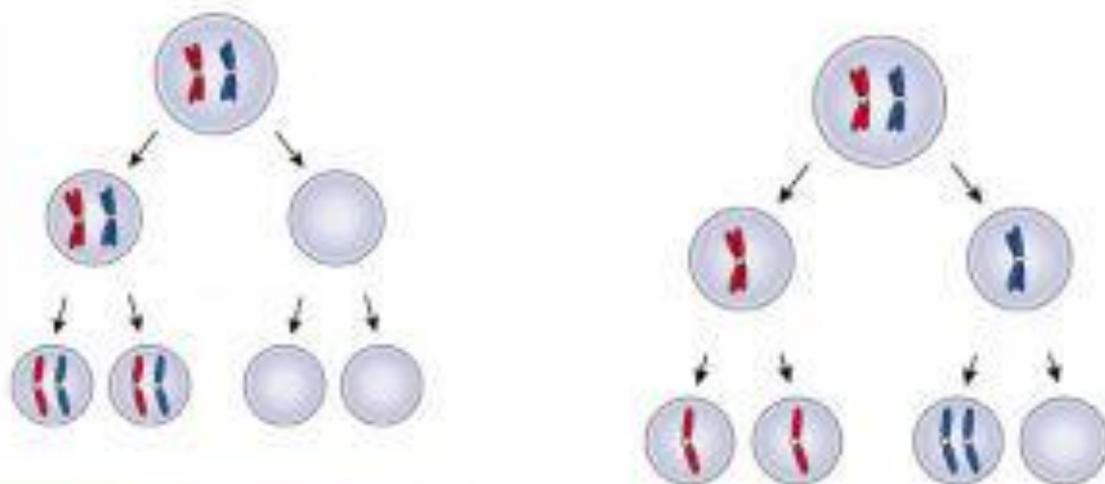


Mutações cromossômicas

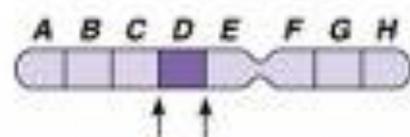


► Mutações cromossômicas

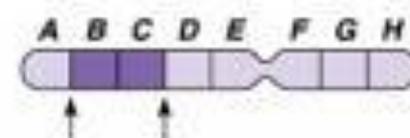
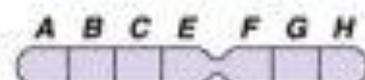
- Na divisão I – **não separação** de cromossomas homólogos;
- Na divisão II – **não separação** de cromátidos irmãos;
- No crossing-over – **permuta anormal** de segmentos entre cromátidos de cromossomas homólogos



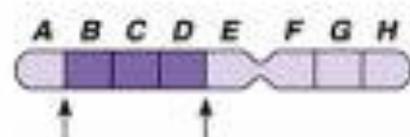
Mutações cromossômicas



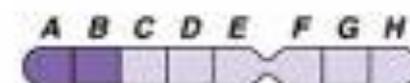
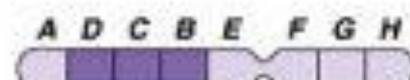
DELEÇÃO



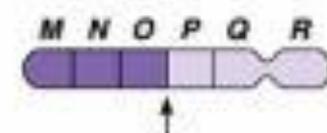
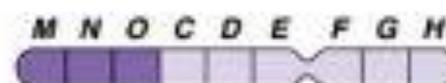
DUPLICAÇÃO



INVERSÃO



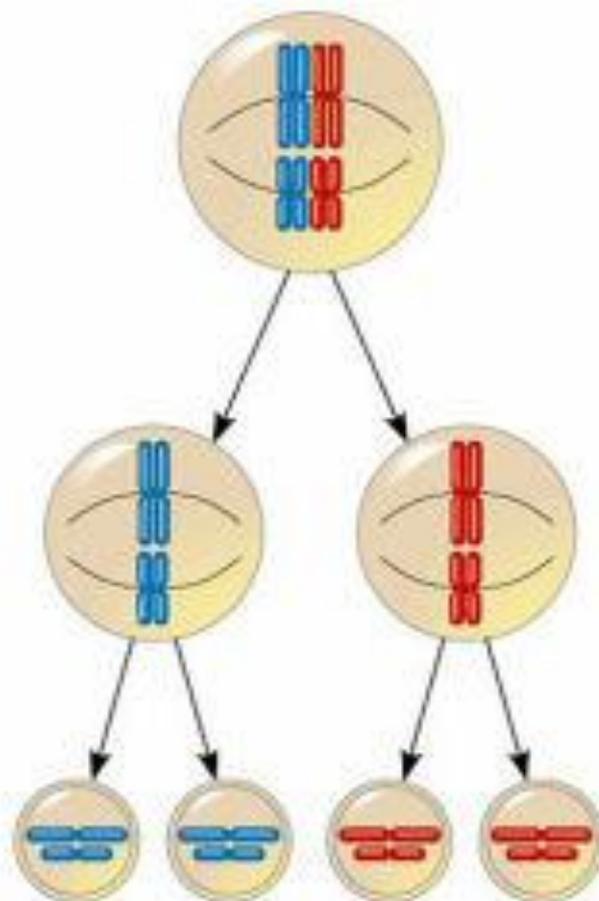
TRANSLOCAÇÃO



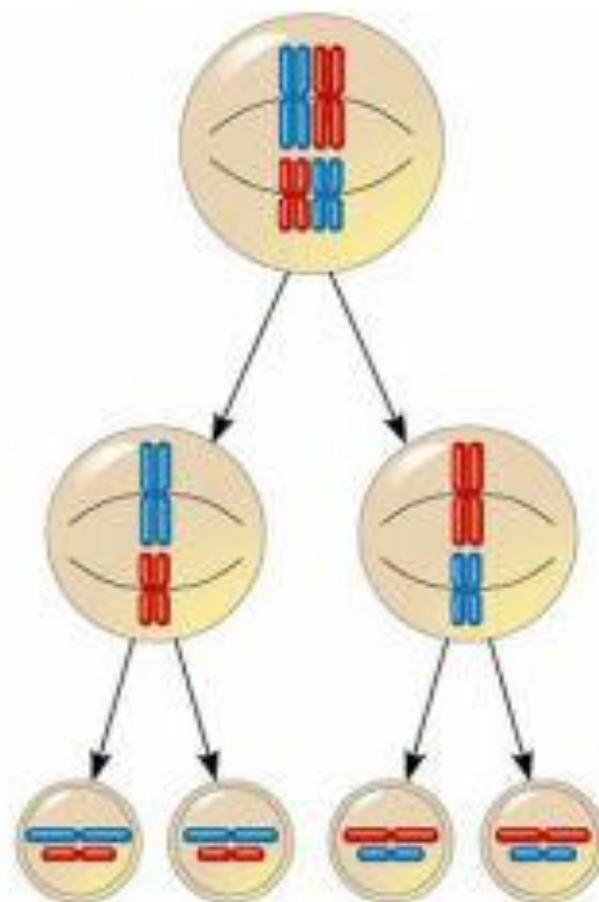
A meiose e a fecundação promovem a variabilidade genética

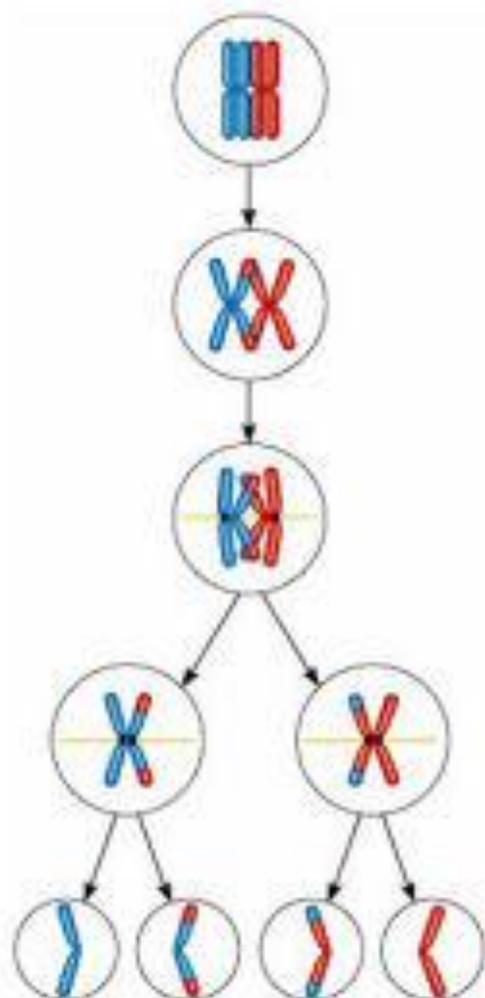
- Independentemente da forma ou do organismo em que ocorre, a meiose reveste-se da maior importância para os seres vivos que se reproduzem sexuadamente, uma vez que **contribui** para a **variabilidade genética das espécies**.
- Na etapa de **profase I**, os cromossomas homólogos estão próximos, unidos por pontos de quiasma, podendo ocorrer nestas zonas trocas de material genético.
- A troca de material genético entre cromossomas homólogos- **crossing-over**, promove a formação de **cromossomas recombinantes**.
- Este fenómeno é essencial para criar novas combinações de informação genética.

Possibilidade 1



Possibilidade 2





► Variabilidade genética

Os indivíduos formados por reprodução **sexuada** são únicos do ponto de vista genético – diferem entre si e dos seus progenitores.

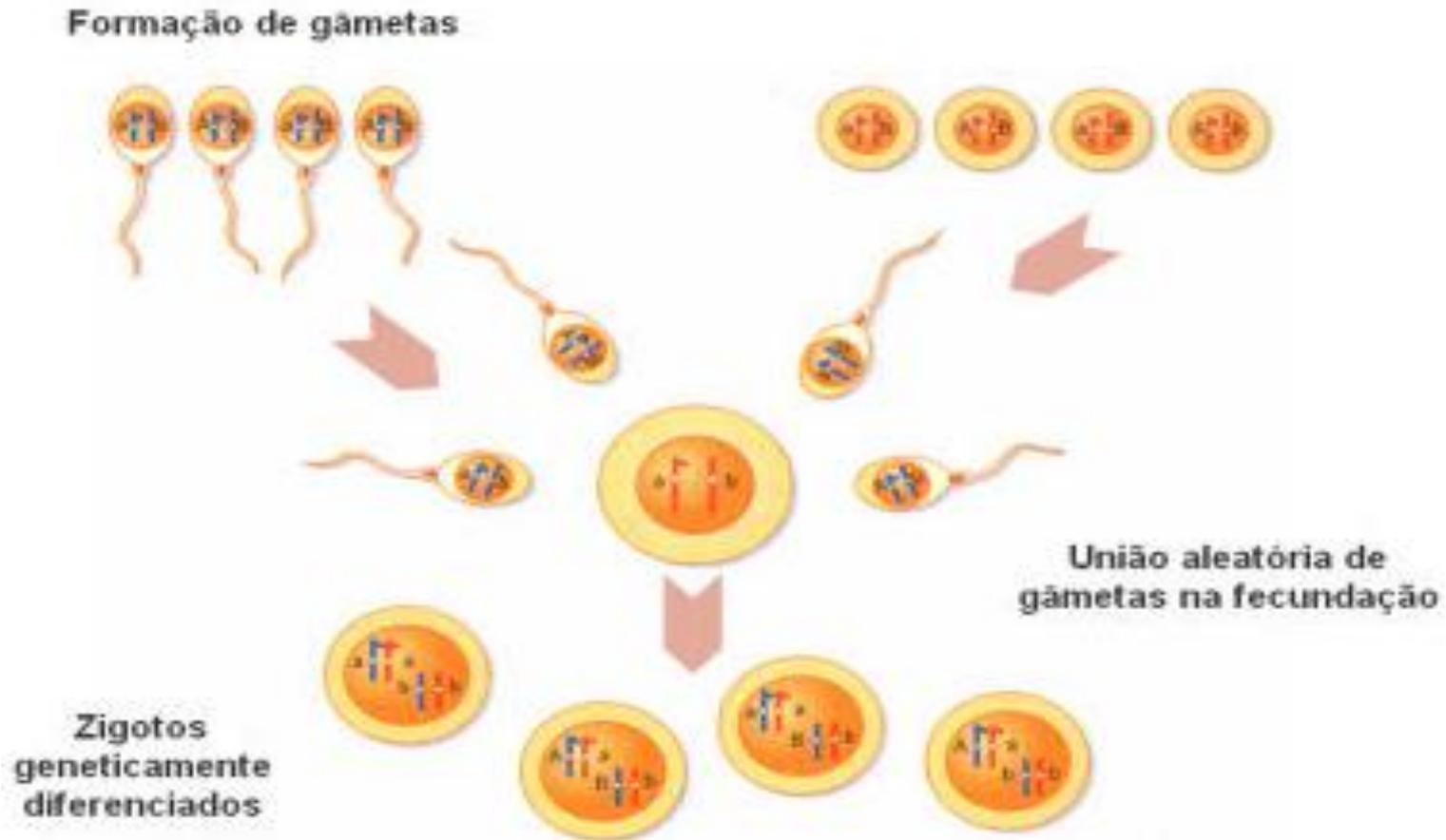
A **recombinação genética** decorre da **meiose** e da **fecundação**.

A variabilidade genética resulta da separação **aleatória** dos cromossomas homólogos e da recombinação de genes no **crossing-over**, durante a **meiose**, e da união **aleatória** dos gametas, aquando da **fecundação**.

Considerando:

- Disposição aleatória dos cromossomas homólogos na divisão I (afecta a migração para os pólos);

- Orientação ao acaso dos cromatídios do mesmo cromossoma, na placa equatorial durante a divisão II;



Permite que aumente exponencialmente o número de combinações possíveis do material genético nos gâmetas.

A aleatoriedade da união dos gâmetas durante a **fecundação também contribui para a **variabilidade**.**

Todos estes factores contribuem para que a reprodução sexuada, ao contrário da reprodução assexuada, permita o aparecimento de uma grande variedade de seres dentro da mesma espécie.

Este facto é fundamental para a sobrevivência e evolução das espécies.

Fecundação

Consiste na **fusão** de um gameta feminino com um gameta masculino e na reposição da **diploidia**.

Finaliza-se com a **cariogamia** - fusão dos núcleos dos dois gametas.

Da fusão dos gametas resulta o **zigoto** que por mitoses sucessivas, originará outras células que permitirão o crescimento, a diferenciação e a regeneração do organismo multicelular.

De acordo com as espécies, a fecundação pode ser:

- **Externa;**
- **Interna.**



► Encontro de gâmetas

Os **gâmetas** são produzidos em estruturas especializadas – os **gametângios**, nas plantas, e as **gónadas**, nos animais.

Os seres vivos com reprodução sexuada desenvolvem **estratégias** facilitadoras do encontro de gâmetas masculinos e femininos da mesma espécie de modo a ocorrer a fecundação.

Nos seres hermafroditas suficientes ocorre **autofecundação** e nos restantes organismos ocorre **fecundação cruzada**. Esta pode ser **externa** (por norma, no meio aquático) ou **interna** (por norma, no meio terrestre).

Fecundação Externa

- A fecundação ocorre no exterior do corpo do ser vivo.
- Este processo exige águas calmas e uma sincronia e a expulsão em grande nº dos gametas masculinos e femininos.
- É um processo típico de organismos aquáticos, que usam este meio para se reproduzirem.

Ex: peixes, anfíbios

Diversidade de estratégias



Unissexualismo



Fecundação externa

Fecundação Interna

- Os gametas masculinos são depositados no interior do corpo da fêmea, evitando a dessecação.
- Processo não dependente da água, pelo que pode ocorrer em ambiente terrestre.
- São exemplos as plantas, os mamíferos, as aves e os répteis.

Unissexualismo



Fecundação interna

Hermafroditismo

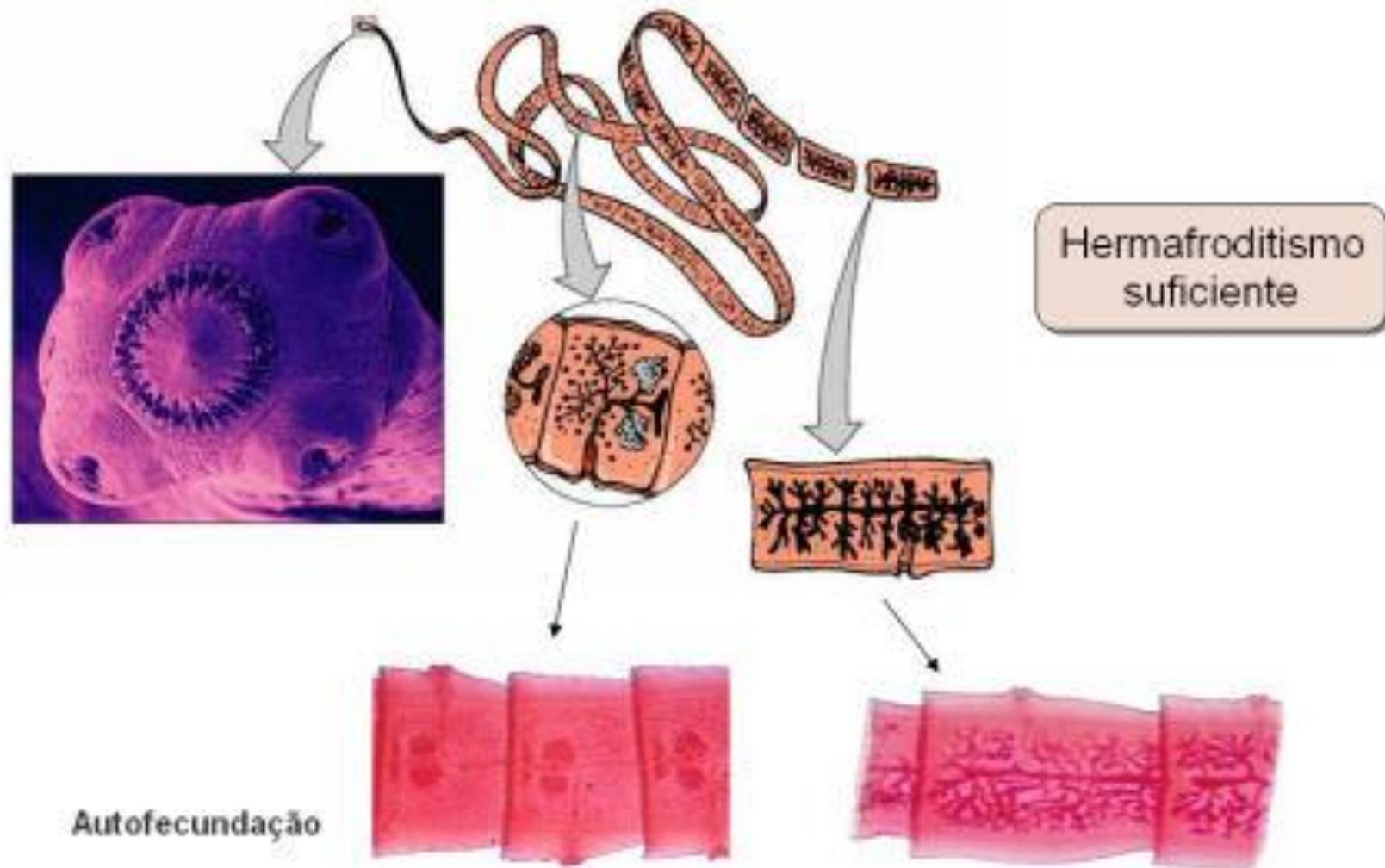
- Em muitas espécies, quer de animais quer de vegetais, um único indivíduo produz os dois tipos de gâmetas, sendo, por isso, chamado **hermafrodita**.
- Apesar de produzirem os dois tipos de gâmetas, a maioria dos organismos hermafroditas não tem capacidade de se **autofecundar**, acasalando com outros indivíduos da mesma espécie, por fecundação cruzada.
- Nestes casos pode haver fecundação dupla, sendo fecundados os gâmetas de cada um dos indivíduos.



Fecundação cruzada

Hermafroditismo
insuficiente

Diversidade de estratégias



Autofecundação

Hermafroditismo
suficiente

- A maioria dos organismos, apesar de poderem apresentar estratégias reprodutoras muito diferentes, apenas se podem reproduzir de uma das formas:
 - **Assexuadamente**;
 - **Sexuadamente**.
- Algumas espécies podem optar pelas duas estratégias de reprodução.
- A opção é feita em função, das condições ambientais ou do nº reduzido de indivíduos do sexo oposto para acasalamento.
- **A reprodução assexuada** :
 - permite um rápido crescimento e colonização de ambientes favoráveis.
 - face a alterações ambientais, as espécies poderão ser extintas, uma vez que a sua variabilidade genética é muito reduzida e não permite a sua adaptação.

Vantagens e desvantagens da reprodução sexuada

- variabilidade genética elevada devido aos processos de meiose e fecundação;
- tornando as espécies mais aptas a sobreviverem em situações de alteração ambiental;
- exige um maior dispêndio de energia;
- necessidade de haver pelo menos dois exemplares da mesma espécie e de sexos diferentes.

O Homem desenvolveu técnicas que lhe permitem manipular a reprodução humana e de outros seres vivos.

Vantagens e desvantagens

Vantagens	Desvantagens
REPRODUÇÃO ASSEXUADA	
<ul style="list-style-type: none">▪ Formação de clones;▪ Todos podem originar descendentes;▪ Rápida produção de descendentes com baixo dispêndio de energia;▪ Colonização de habitats a partir de um só indivíduo.	<ul style="list-style-type: none">▪ Diversidade de indivíduos praticamente nula;▪ Difícil adaptação a alterações ambientais;▪ Não favorece a evolução das espécies.
REPRODUÇÃO SEXUADA	
<ul style="list-style-type: none">▪ Descendentes com grande variabilidade de características;▪ Maior capacidade de sobrevivência face a mudanças ambientais;▪ Favorece a evolução para novas formas.	<ul style="list-style-type: none">▪ Processo lento;▪ Grande dispêndio de energia na formação de gâmetas e nos processos que culminam na fecundação.