

8 | Reprodução e variabilidade dos seres vivos

8.1 | Meiose e fecundação

Quando um organismo se reproduz origina descendentes com o mesmo número de cromossomas. Porém, se as células reprodutoras fossem formadas por mitose, a sua união originava descendentes com o dobro dos cromossomas dos progenitores.

Como se explica que durante a reprodução sexuada a união de gametas não altere o número de cromossomas de uma espécie?

Quais as características do processo de divisão celular que forma células reprodutoras?

A meiose é o processo de divisão celular que forma células com metade do número de cromossomas da célula original e explica a variabilidade dos seres que se reproduzem sexualmente.

Que semelhanças e diferenças existem entre a mitose e a meiose?

Conceitos-chave

- Meiose
 - Divisão I - reducional
 - Divisão II - equacional
- Cromossomas homólogos
- Pontos de quiasma
- Tétradas cromatídicas
- Crossing-over
- Haploide e Diploide
- Fecundação

Metas de Aprendizagem

Mobiliza conceitos básicos sobre núcleo, DNA e código genético e mitose, para interpretar processos de replicação de DNA e a divisão celular.

Distingue meiose de mitose.

Relaciona o grau de encurtamento do DNA com o aspeto do material nuclear nas imagens de meiose.

Distingue anafase I de anafase II, relacionando a disjunção do material nuclear com o papel do fuso acromático.

Interpreta e legenda esquemas ou microfotografias de células em meiose.

Identifica órgãos em que ocorre meiose, de animais e de plantas que se reproduzem de forma sexuada.

Relaciona a meiose e fecundação com a variabilidade genética dos indivíduos.

Durante a reprodução sexuada há união de células reprodutoras. Este processo de união celular chama-se **fecundação** e origina uma célula que se chama **ovo** ou **zigoto**.

O núcleo de um zigoto tem os cromossomas dos dois gametas. Através de muitas mitoses o zigoto vai originar um novo ser vivo, cujas células têm cromossomas dos dois progenitores.

Cada ser humano tem 46 cromossomas no núcleo das suas células: 23 foram dados pela célula reprodutora da mãe e 23 pela célula reprodutora do pai. Cada um desses 23 cromossomas tem forma e informação genética equivalente, por isso chamam-se **cromossomas homólogos**.

Assim, as células humanas têm $2n=46$ cromossomas, 23 pares (sendo n o número de cromossomas diferentes).

Tal como a espécie humana, muitas espécies de animais e plantas têm células com pares de cromossomas

homólogos ($2n$ cromossomas). Essas células chamam-se **células diploides** ($2n$) e as que não têm cromossomas homólogos chamam-se **células haploides** (n cromossomas).

Atividade Prática 8.1.1

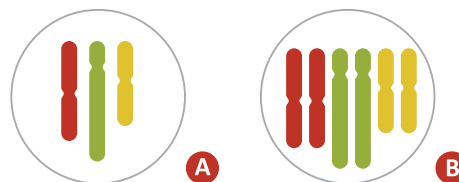
Observa a imagem que representa os núcleos de diferentes células com os seus cromossomas.

1 - Compara o número de cromossomas dos núcleos A e B.

2 - Faz corresponder as expressões corretas aos núcleos A e B:

a) $2n=3$ b) $n=3$ c) $2n=6$ d) $n=6$

3 - Identifica o núcleo haploide e o núcleo diploide. Justifica.



1 Meiose como processo de formação de células reprodutoras

A meiose é um processo de divisão celular a partir do qual uma célula diploide, com $2n$ cromossomas, origina células haploides, com n cromossomas. As células-filhas resultantes deste processo de divisão celular têm metade da informação genética da célula-mãe, ou seja metade do número de cromossomas da célula inicial.

Na meiose ocorrem duas divisões consecutivas, que são denominadas **divisão I** e **divisão II**. Cada uma dessas divisões segue o padrão de acontecimentos nucleares já estudados na mitose: profase, metafase, anafase e telofase.

1.1 Divisão I da meiose

Na divisão I da meiose, um núcleo com $2n$ cromossomas origina dois núcleos com n cromossomas cada. Esta divisão separa os cromossomas homólogos. Como reduz o número de cromossomas para metade designa-se **divisão reducional**.

Profase I

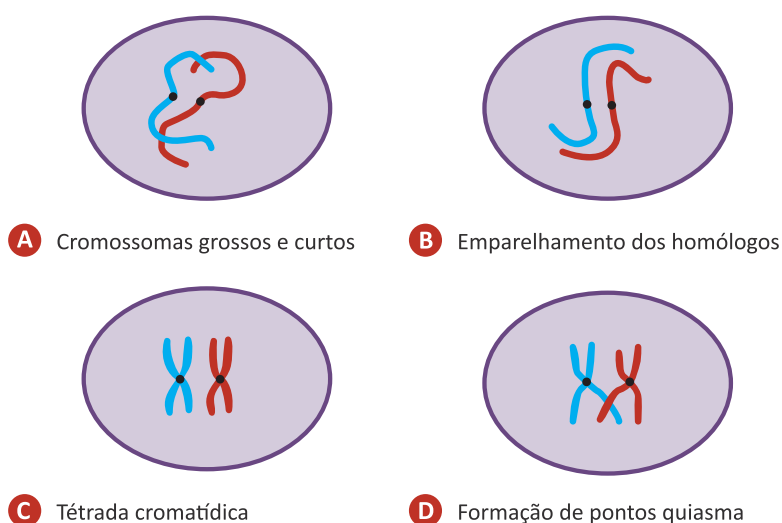


Figura 8.1.1 – Profase I: (A a D) esquemas; (E) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x)

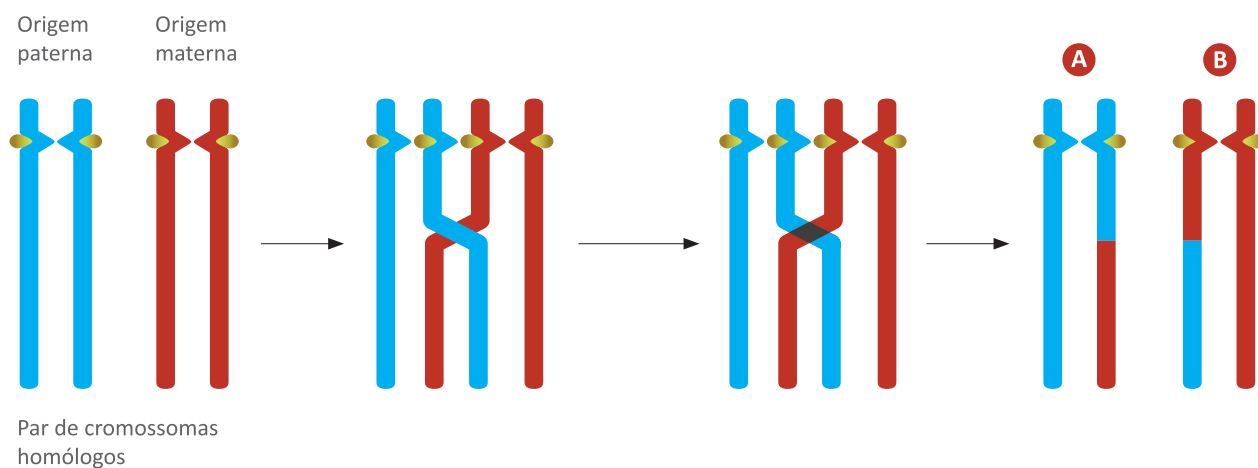
A profase I é a primeira etapa da meiose e também a mais longa. Há aumento do volume do núcleo e os cromossomas tornam-se mais curtos e mais grossos. Por isso ficam mais visíveis ao MOC [Figura 8.1.1 E]. Ocorre ainda a desorganização do invólucro nuclear e do nucléolo.

Os **cromossomas homólogos** emparelham gene a gene. Quando os cromossomas estão nessa posição podem ver-se os seus quatro cromatídios ao MOC. Esse conjunto pode designar-se **tétrada cromatídica**.

Nas células animais, os centríolos dividem-se e colocam-se em polos opostos, a partir dos quais se forma o fuso acromático. No final da profase I os pares de homólogos ficam colocados na zona equatorial do fuso acromático.

Atividade Prática 8.1.2

Durante a profase I os cromossomas homólogos emparelham gene a gene e podem ocorrer os fenómenos representados na figura. Observa-a atentamente.



- 1 - Descreve o que observas na imagem.
- 2 - Compara os cromossomas homólogos iniciais com os finais.
- 3 - Discute em que medida o processo provocou alterações ao nível do material genético.

Muitas vezes, quando os cromossomas homólogos (tétradas cromatídicas) estão emparelhados, há cruzamentos dos cromatídios que estão lado a lado.

Os pontos de cruzamento chamam-se **pontos de quiasma**. Nos pontos de quiasma podem ocorrer trocas de fragmentos entre cromatídios de cromossomas homólogos.

Este fenómeno designa-se por **crossing-over**. Note-se que os cromossomas mantêm a sua estrutura: dois cromatídios unidos pelo centrómero.

Metafase I

Nesta etapa, os cromossomas homólogos de cada tétrada cromatídica dispõem-se na zona equatorial da célula. As fibras do fuso acromático ligam-se aos centrómeros dos cromossomas. Os cromossomas homólogos são separados em direção oposta.

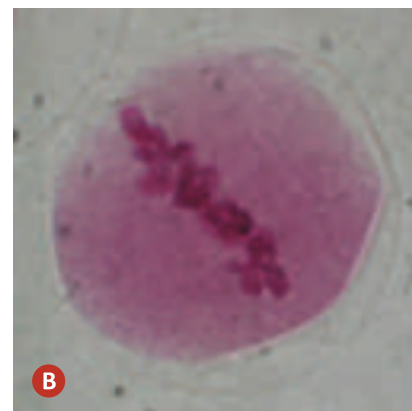
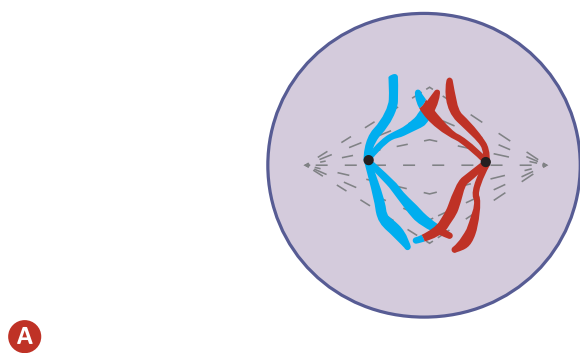


Figura 8.1.2 – Metáfase I: (A) esquema; (B) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x)

Anáfase I

Durante a anáfase I os cromossomas homólogos separam-se aleatoriamente afastando-se para polos opostos. Esta ascensão polar ocorre devido à retração das fibras do fuso acromático.

Cada um dos dois conjuntos cromossómicos que se separam e se dirigem para os polos diferentes da célula tem diferente informação genética.

Quando ocorre um crossing-over, os cromossomas homólogos trocam fragmentos entre si. Esta troca faz aumentar as diferenças na informação genética que existe em cada conjunto de cromossomas.

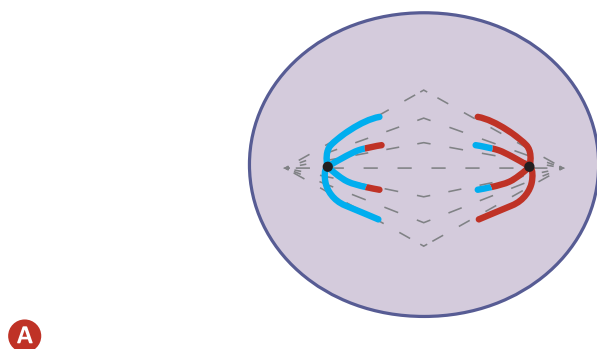


Figura 8.1.3 – Anáfase I: (A) esquema; (B) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x)

Telófase I

Após chegarem aos polos, os cromossomas alongam-se e ficam mais finos.

Desaparece o fuso acromático. Em algumas células reorganiza-se o nucléolo e envólucro nuclear. Aparecem dois núcleos com metade dos cromossomas da célula inicial.

Muitas vezes ocorre citocinese originando-se, assim, duas células, que podem iniciar a divisão II.

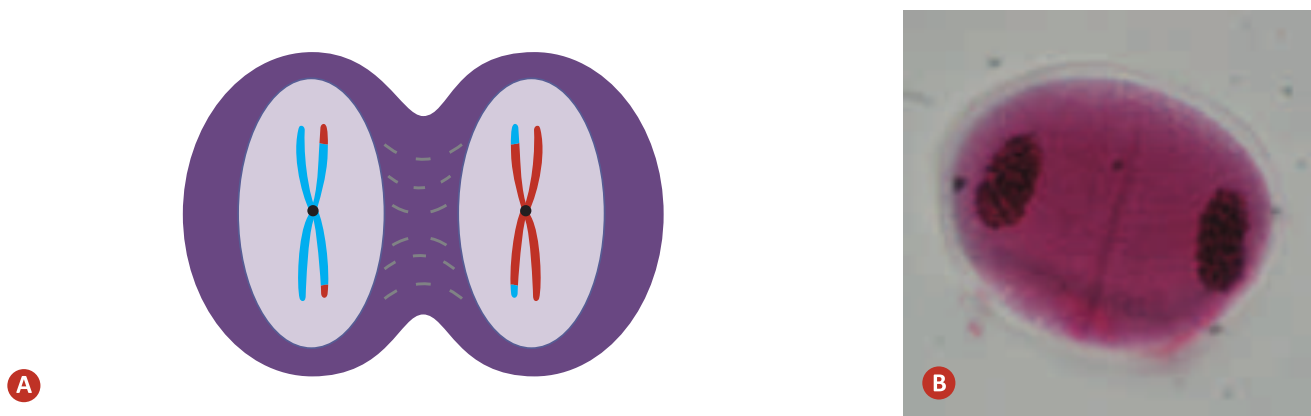
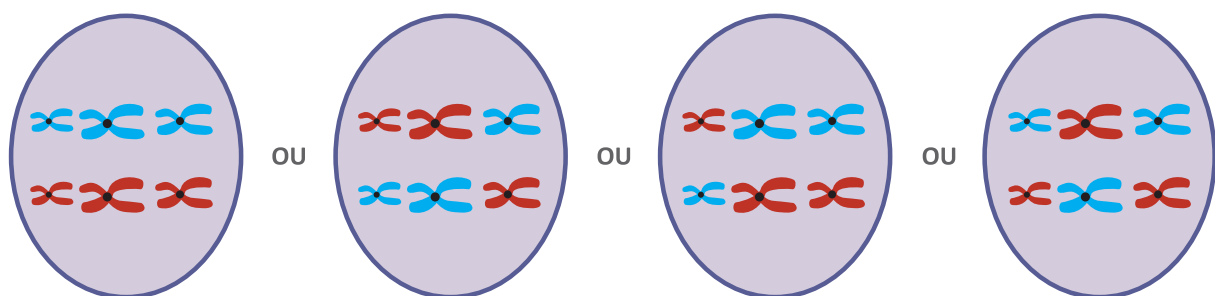


Figura 8.1.4 – Telofase I: (A) esquema; (B) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x)

Atividade Prática 8.1.3

Considera uma célula com três pares de cromossomas homólogos. Durante a metafase I estes podem colocar-se na zona equatorial da célula em várias posições, como se vê na figura.

Repara que cada esquema origina duas combinações possíveis (uma em cada polo da célula).



Com base na imagem podem formar-se 8 núcleos com diferentes combinações de cromossomas, ou seja, $2^3=8$. A fórmula matemática geral é 2^n , sendo o algarismo n o número de pares de cromossomas homólogos existentes na célula diploide.

1 - Sabendo que uma célula humana tem 23 pares de cromossomas homólogos, calcula o número de combinações que podem surgir no fim da Divisão I da meiose.

2 - O cálculo realizado não teve em conta a possibilidade de ocorrer crossing-over.

Discute em que medida este fenómeno pode alterar a variabilidade determinada em 1.

1.2 Divisão II da meiose

Na divisão II da meiose vai ocorrer a separação dos cromatídios. Formam-se quatro núcleos com metade dos cromossomas da célula original. Esta divisão da meiose não altera o número de cromossomas, por isso designa-se divisão equacional.

Profase II

Na profase II, os cromossomas com dois cromatídios tornam-se curtos e grossos.

O centróssoma divide-se e forma o fuso acromático. Os cromossomas dirigem-se para a placa equatorial ligados pelo centrómero às fibras do fuso acromático.

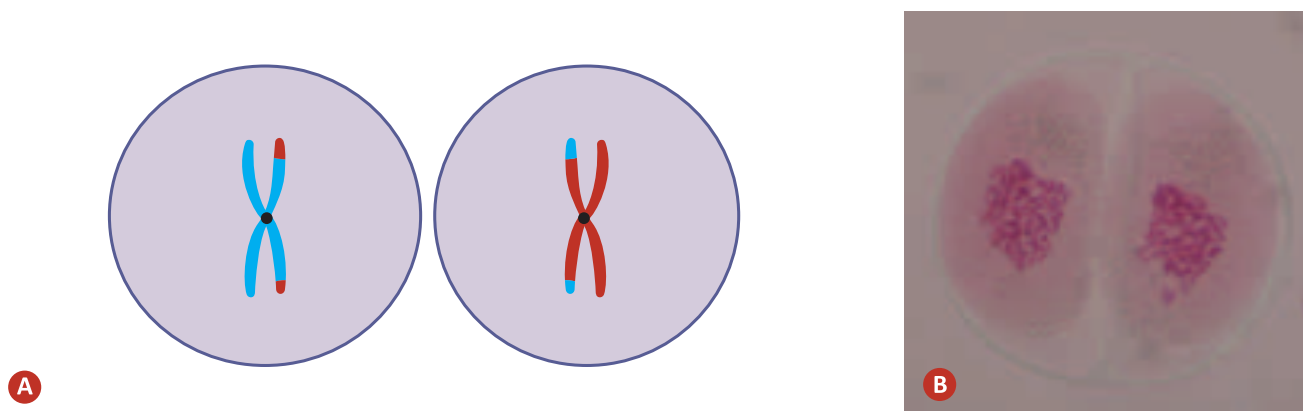


Figura 8.1.5 – Profase II: (A) esquema; (B) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x)

Metafase II

Nesta etapa, os cromossomas colocam-se na zona central da célula com os seus centrómeros ligados às fibras do fuso acromático.

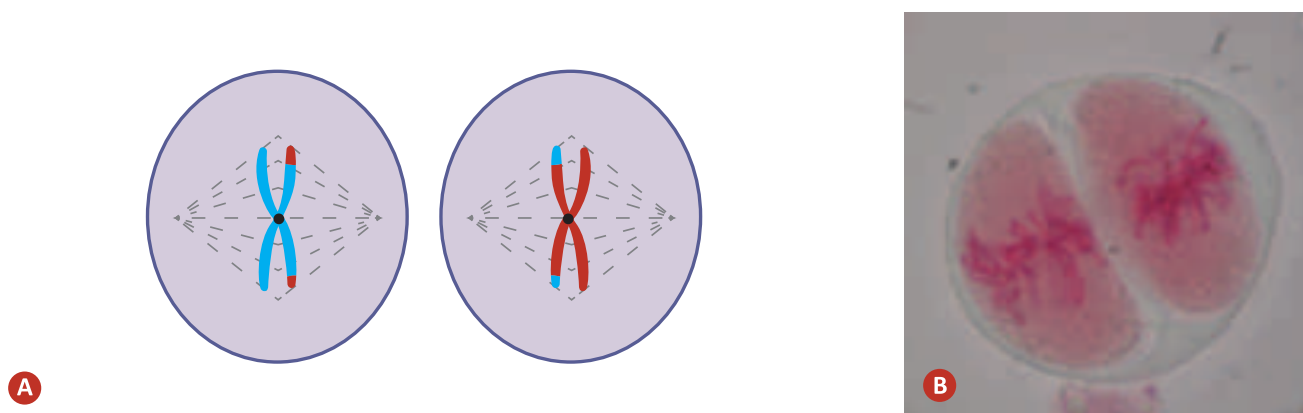


Figura 8.1.6 – Metafase II: (A) esquema; (B) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x)

Anafase II

Durante a anafase II há a divisão do centrómero. Os cromatídios iguais que constituem cada cromossoma dirigem-se para cada um dos polos da célula.

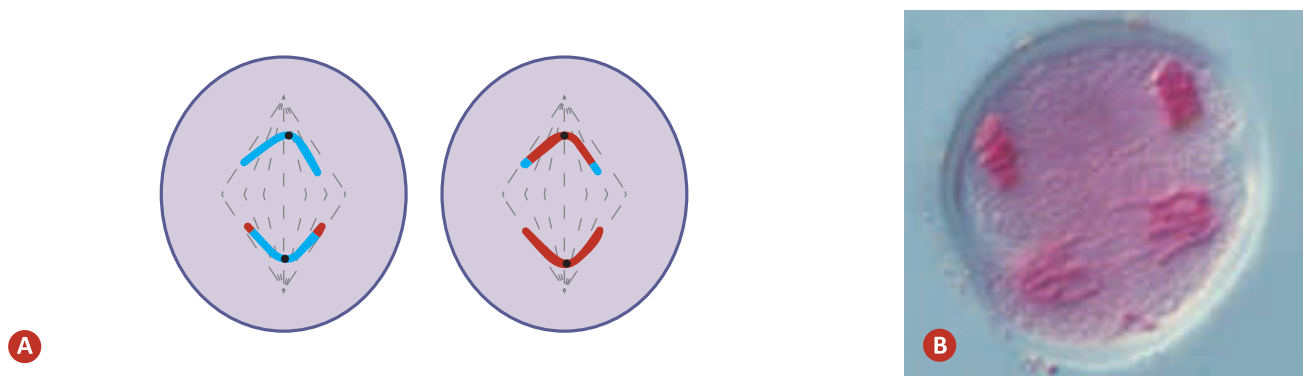


Figura 8.1.7 – Anafase II: (A) esquema; (B) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x) Foto: J Rino

Telofase II

Na telofase II, os cromossomas tornam-se finos e longos e invisíveis ao microscópio. Há desorganização do fuso acromático. Forma-se o nucléolo e o invólucro nuclear. Formam-se quatro núcleos haploides, com metade do número de cromossomas da célula inicial. No fim da telofase II ocorre a citocinese, formando-se quatro células individualizadas.

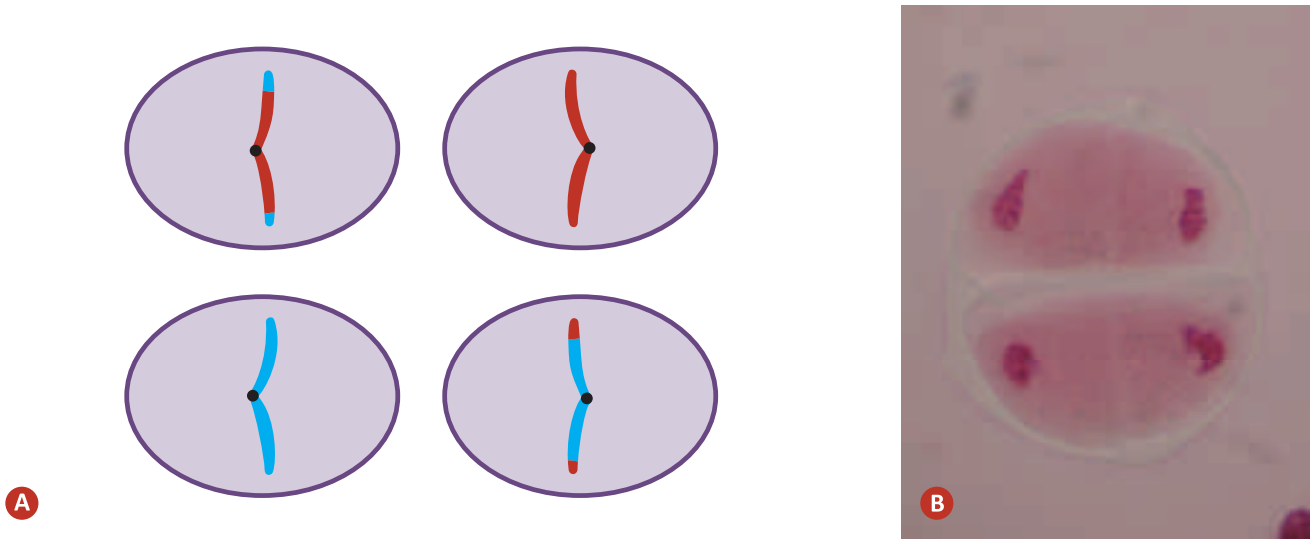


Figura 8.1.8 – Telofase II: (A) esquema; (B) microfotografia de célula de antera de planta ao MOC (1000x)

2 Comparação entre mitose e meiose

A mitose e a meiose são processos de divisão celular que ocorrem no ciclo de vida dos organismos. Antes da mitose ou da meiose, a célula duplica o seu DNA e formam-se dois cromatídios geneticamente idênticos em cada cromossoma.

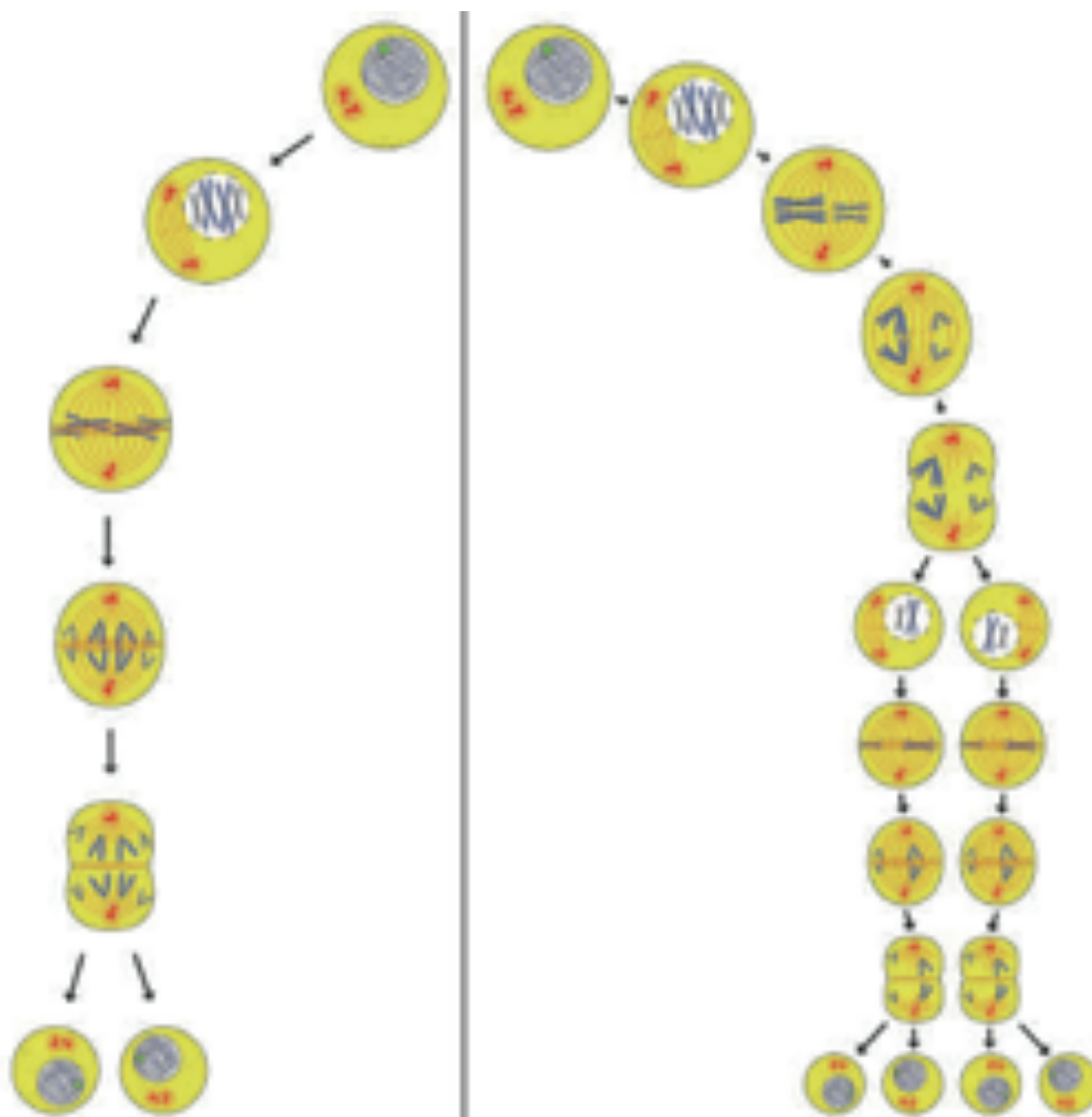
Vamos aqui comparar a mitose e a meiose de organismos diploides.

MITOSE	MEIOSE
<ul style="list-style-type: none">• Permite crescer e reparar os tecidos. Pode ocorrer na maior parte das células dos organismos.• Origina duas células, com quantidade de DNA e número de cromossomas iguais aos da célula original.• Não há emparelhamento de cromossomas homólogos nem possibilidade de crossing-over.• A informação genética das células finais é igual à da célula inicial.• O centrómero divide-se na anafase.• Só ocorre uma divisão.	<ul style="list-style-type: none">• Ocorre em órgãos reprodutores. Permite formar células haploides (gâmetas ou esporos).• Origina quatro células com quantidade de DNA e número de cromossomas metade dos da célula original.• Há emparelhamento de cromossomas homólogos com possibilidade de crossing-over.• A informação genética das células finais é diferente entre si e diferente da célula inicial, devido à separação aleatória dos homólogos e à ocorrência de crossing-over.• O centrómero divide-se apenas na anafase II.• Ocorrem duas divisões sucessivas. A divisão II é semelhante à Mitose.

Atividade Prática 8.1.4

1 - Observa a figura que representa do lado esquerdo a mitose e do lado direito a meiose:

- 1.1 Refere as etapas do ciclo celular que são comuns às duas divisões celulares.
- 1.2 Apresenta as semelhanças e diferenças existentes entre as divisões I e II da meiose e a mitose.
- 1.3 Caracteriza as células resultantes das duas divisões celulares se comparadas com a célula inicial.
- 1.4 Indica células do corpo humano nas quais pode ocorrer mitose e meiose.

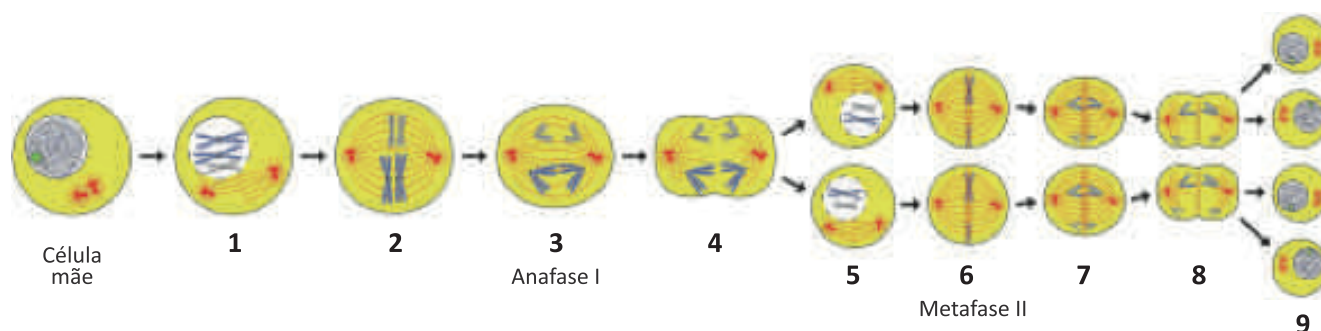


Ideias-chave 8.1

- A meiose é um tipo de divisão celular em que a partir de uma célula se formam células com metade dos cromossomas. Por exemplo uma célula diploide ($2n$ cromossomas) origina quatro células haploides (n cromossomas).
- A meiose processa-se em duas etapas: a divisão I e a divisão II.
- A divisão I da meiose é uma divisão reducional, pois ocorre a redução do número de cromossomas; a divisão II é uma divisão equacional pois não há alteração do número de cromossomas.
- A profase I é a etapa mais longa da meiose. O volume do núcleo aumenta, desaparecendo nucléolos e envólucro nuclear. Os cromossomas ficam curtos e grossos, e emparelham-se os homólogos.
- Os cromossomas homólogos possuem idênticos genes em posição semelhante; como cada cromossoma tem dois cromatídios, quando emparelham formam-se tétradas cromatídicas.
- Na profase I pode haver cruzamentos de cromatídios homólogos chamados pontos de quiasma.
- Os pontos de quiasma podem permitir a troca de parte dos cromatídios de cromossomas homólogos. Este processo de troca de informação entre cromatídios é designado crossing-over.
- Na metafase I os cromossomas homólogos das tétradas cromatídicas colocam-se na zona central, da célula com os centrómeros ligados às fibras do fuso acromático, formando a placa equatorial.
- Na anafase I os cromossomas homólogos separam-se e um cromossoma de cada par de homólogos ascende aos diferentes polos da célula.
- Os conjuntos de cromossomas que se dirigem para cada um dos polos da célula possuem genes com diferente informação genética; o crossing-over faz aumentar ainda mais essas diferenças.
- Durante a telofase I os cromossomas ficam mais finos e há desorganização do fuso acromático. Formam-se os nucléolos e as membranas nucleares.
- Na divisão II da meiose há a separação dos cromatídios de cada cromossoma. Esta divisão pode ser comparada com a mitose.
- Na profase II os cromossomas engrossam e encurtam e começam a dirigir-se para a zona equatorial da célula ligados pelo centrómero às fibras do fuso acromático.
- Na metafase II os cromossomas estão dispostos a igual distância dos dois polos da célula constituindo a placa equatorial.
- Durante a anafase II o centrómero rompe e os cromatídios idênticos de cada cromossoma separam-se e dirigem-se para os polos opostos da célula.
- Na telofase II os cromossomas ficam mais finos e longos, há desorganização do fuso acromático e a formação dos nucléolos e das membranas nucleares.
- Após a telofase II da meiose ocorre a citocinese.
- No fim da meiose há quatro células diferentes entre si e diferentes da célula inicial: têm metade do número de cromossomas cuja informação se foi alterando durante o crossing over e separação de homólogos.
- A fecundação consiste na união de células especiais haploides, chamadas gâmetas.

Exercícios de Aplicação 8.1

1 - Observa com atenção a figura, que representa várias fases da meiose.



1.1 Completa a legenda da figura fazendo corresponder a cada número a designação correta.

1.2 Indica os números que correspondem à divisão I da meiose.

1.3 Refere a constituição dos cromossomas nos esquemas números 1, 5 e 7.

1.4 Descreve os processos que ocorrem em 6.

1.5 Refere a importância dos fenómenos observados em 3.

2 - Explica em que consiste o processo de crossing-over.

3 - Recordando a meiose, classifica as frases seguintes como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- Durante a profase II os cromossomas com dois cromatídios encurtam e engrossam.
- Na anáfase II dá-se a ascensão polar dos cromatídios unidos pelo centrómero e constituindo o mesmo cromossoma.
- Durante a metáfase II os cromossomas atingem os polos e ficam mais finos e longos.
- A divisão I da meiose é semelhante à mitose.
- A profase I é a fase mais longa da meiose.
- Os processos de crossing-over ocorrem durante a profase I.
- Na metáfase I os cromossomas homólogos de cada tétrada cromatídica dispõem-se aleatoriamente na placa equatorial.
- A citocinese ocorre imediatamente a seguir à anáfase I.

Não escrevas neste livro.

Completa a atividade
no teu caderno

i