

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

BIOLOGIA

Módulo 1

Unidades 9 e 10

2

Unidade 9

<pág. 5>

Núcleo e tecido celular

Para início de conversa...

Você já reparou que para que todas as coisas funcionem corretamente é preciso que haja organização? É preciso que algumas pessoas comandem, enquanto outras obedecem, como em um centro de comando?

Pense, por exemplo, em uma fábrica de tênis, onde o diretor (o centro de comando) decide tudo o que é feito e determina quando e como

cada peça deve ser fabricada. Os seus funcionários recebem essas informações e executam exatamente como determinado.

As células em nosso corpo, assim como de todos os organismos eucariotos, seguem essa organização e possuem seu próprio centro de comando: o núcleo.

O núcleo é a organela responsável por guardar todas as informações essenciais à vida das células e é a partir dessas informações que se determina quais, quando e como serão executadas as funções celulares.



Figura 1: Em muitos casos, é importante que algo ou alguém esteja no comando, enviando ordens a serem executadas, ditando seus ritmos e a direções. Assim como o leme de navio e o chefe de uma fábrica de tênis, o núcleo celular coordena todas as atividades da célula.

<pág. 6>

Objetivos de aprendizagem:

- . Identificar os principais componentes do núcleo celular;**
- . Reconhecer a importância do núcleo para a célula;**
- . Descrever como as células dividem-se e identificar as principais etapas do ciclo de divisão celular.**

<pág. 7>

Seção 1

Viagem ao centro do meu ser

O núcleo é o centro de controle das atividades

6

celulares e o “arquivo” das informações hereditárias (aquelas passadas de pai para filho), que a célula transmite às suas filhas ao se multiplicar. O comando do funcionamento celular, desempenhado pelo núcleo, deve-se à presença de moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) em seu interior.

A função mais importante do DNA é guardar os genes. Neles estão as receitas para todas as proteínas que constituem um organismo, incluindo a informação sobre qual tipo de célula será produzido, e em que quantidade, e quando cada

proteína deverá ser produzida.

Nesta seção, portanto, você conhecerá os principais componentes do núcleo celular. E estudará como a informação genética organiza-se e é guardada no núcleo, assim como as células dividem-se e transmitem suas informações para os descendentes.

Carioteca

O núcleo, a maior organela das células animais, é envolto por duas membranas: uma externa, em contato com o citoplasma, e outra interna a esta. Cada uma delas, tal qual

8

a membrana plasmática (que vimos na unidade anterior), é constituída de uma bicamada de fosfolipídios e muitos tipos diferentes de proteínas. A esse envoltório (ou envelope) nuclear é dado o nome de carioteca. Apenas células eucariotas possuem carioteca!

A carioteca é perfurada por milhares de poros, através dos quais determinadas substâncias entram e saem do núcleo. Os poros nucleares são mais do que simples aberturas. Em cada poro, existe uma complexa estrutura proteica que funciona com o uma válvula, abrindo-se para dar passagem a determinadas moléculas,

fechando-se em seguida. Dessa forma, a carioteca, assim como a membrana plasmática para a célula, pode controlar a entrada e a saída de substâncias no núcleo (Figura 2).

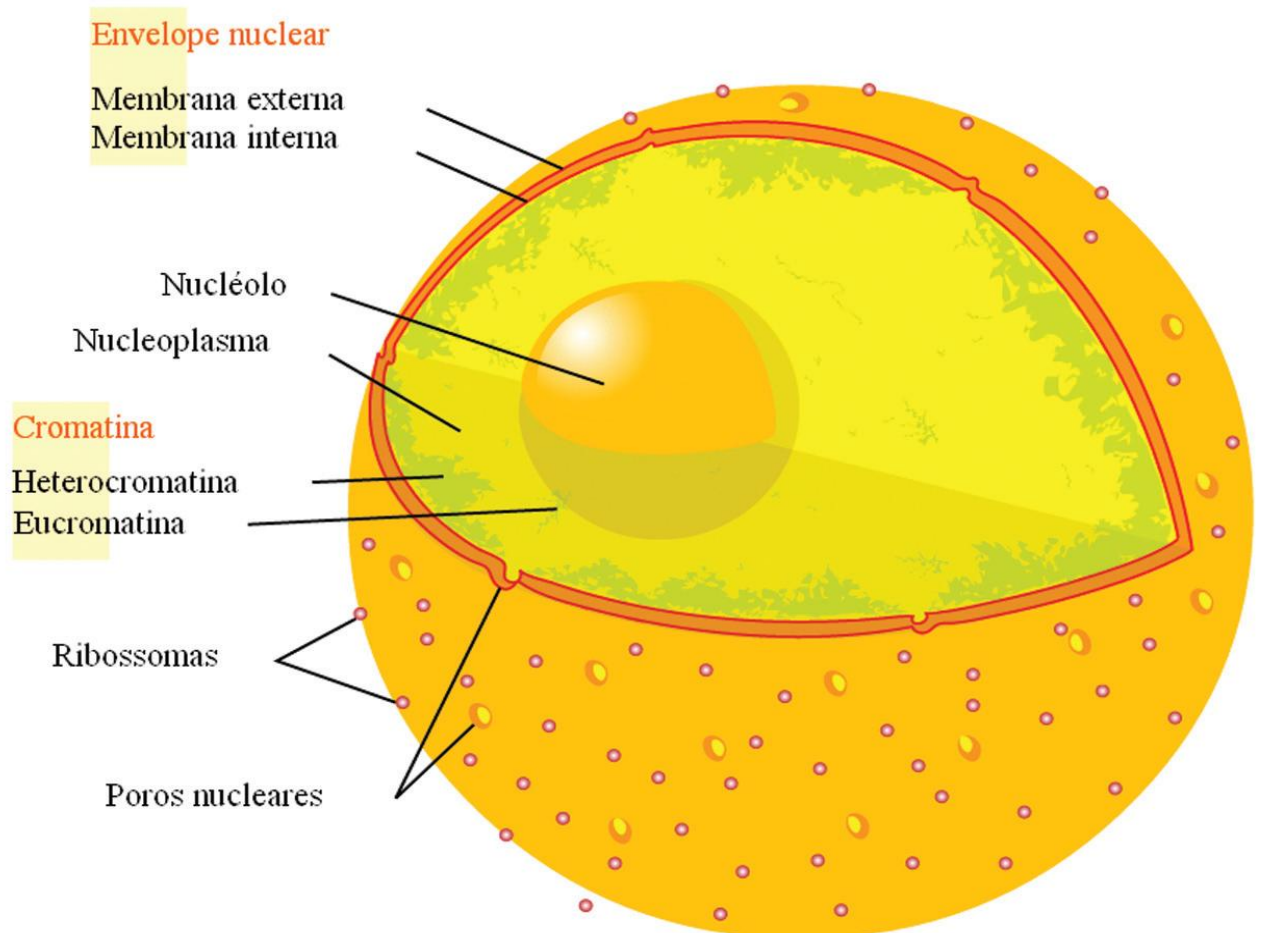


Figura 2: O núcleo celular possui um envoltório

10

membranoso, chamado carioteca, que separa o conteúdo do núcleo do restante da célula, além de controlar a passagem de substâncias do núcleo para o citoplasma e vice-versa.

<pág. 8>

Cromossomos e Cromatina
Cada célula humana contém aproximadamente dois metros de DNA de uma ponta à outra. No entanto, o núcleo celular, que abriga o DNA, tem somente cerca de seis micrometros! Considerando que um micrometro é um milhão (1.000.000) de vezes menor que um metro, você deve estar se perguntando:

como o DNA é guardado no núcleo da célula?

Bem, o empacotamento do DNA é possível graças à presença de proteínas nucleares que se ligam à molécula de DNA, fazendo com que esta se enrole ao seu redor, como uma linha em torno de um carretel. Estas estruturas, então, enrolam-se umas nas outras, compactando-se ainda mais. A essa conformação compactada do DNA é dado o nome de cromossomo. E ao complexo "DNA + proteínas" é dado o nome de cromatina (Figura 3).

12

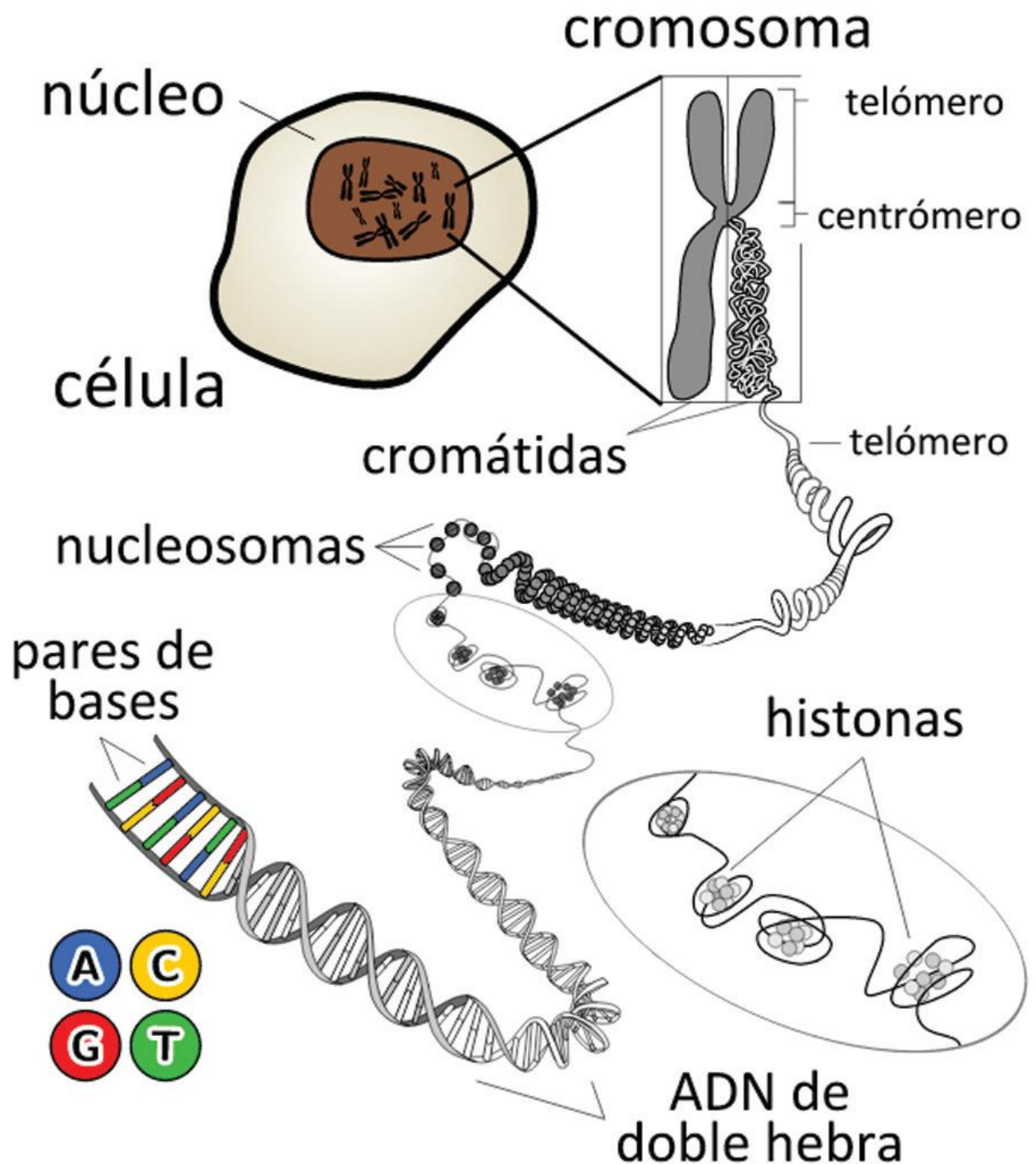


Figura 3: Compactação do DNA. À molécula de DNA associam-se proteínas nucleares que dirigem um processo de dobramento da

molécula de maneira organizada até a formação de uma estrutura compacta – o cromossomo.

Ao longo de sua estrutura, um cromossomo apresenta uma ou mais constrições. A constrição primária (ou centrômero) está presente em todos os cromossomos, representando um estrangulamento que origina os seus braços. Os cromossomos de uma célula que não está em divisão apresentam apenas dois braços, enquanto o cromossomo de uma célula que se prepara para se dividir apresenta quatro. Isso é o

14

resultado da duplicação do cromossomo (processo que você conhecerá mais adiante). Cada braço duplicado de um mesmo cromossomo recebe o nome de cromátide irmã (Figura 4).

Verbetes

Constrições

Pressão em torno de algo, que faz diminuir a amplitude ou o seu diâmetro. Sinônimos: aperto, estreitamento.

<pág. 9>

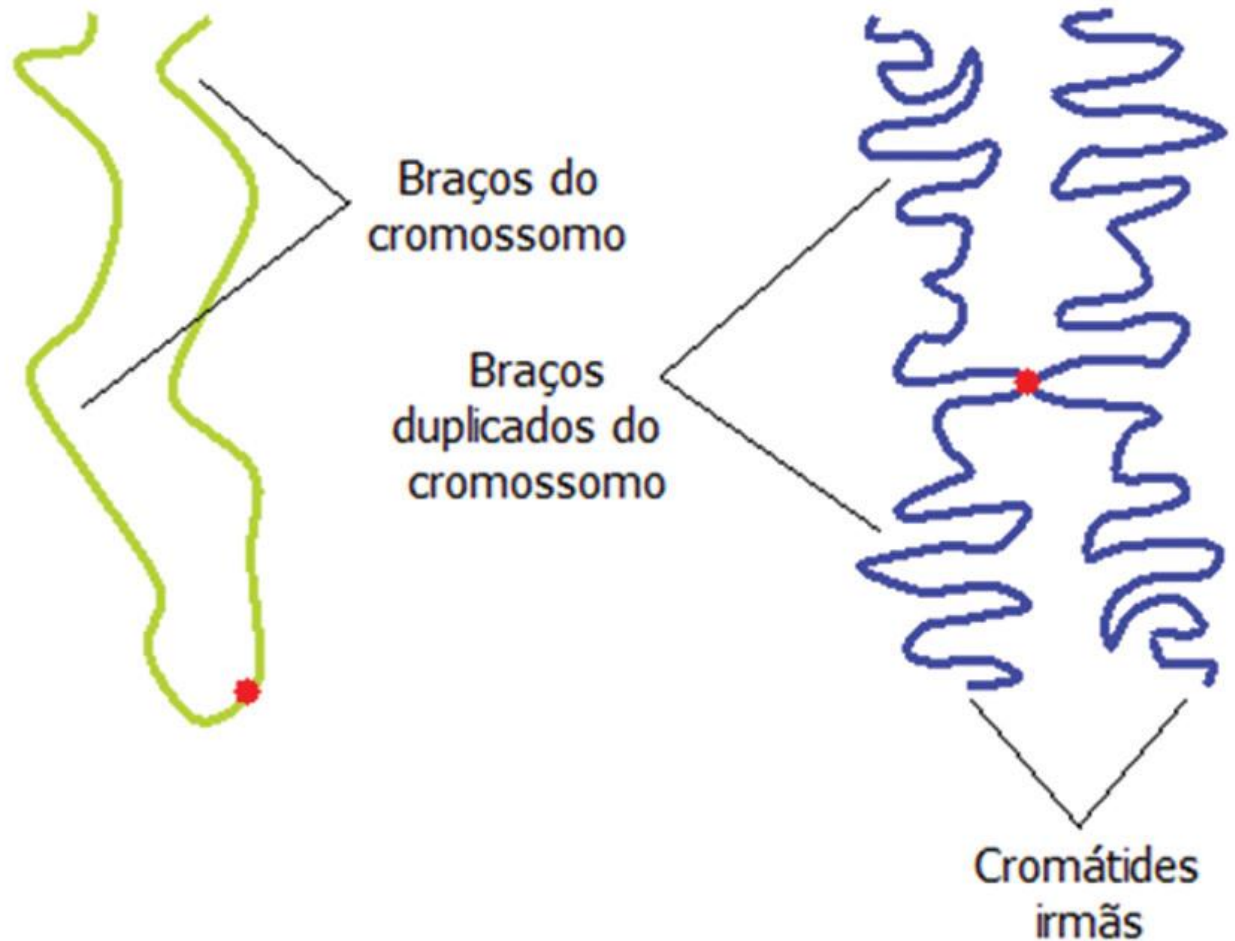


Figura 4: Cromossomos de células que não estão em processo de divisão celular apresentam somente dois braços (em verde), enquanto células que se preparam para entrar em divisão apresentam

16

quatro braços (em azul). Os braços duplicados são chamados de cromátides irmãs.

A posição ocupada pelo centrômero dá origem a quatro classes de cromossomos:

1. Cromossomo

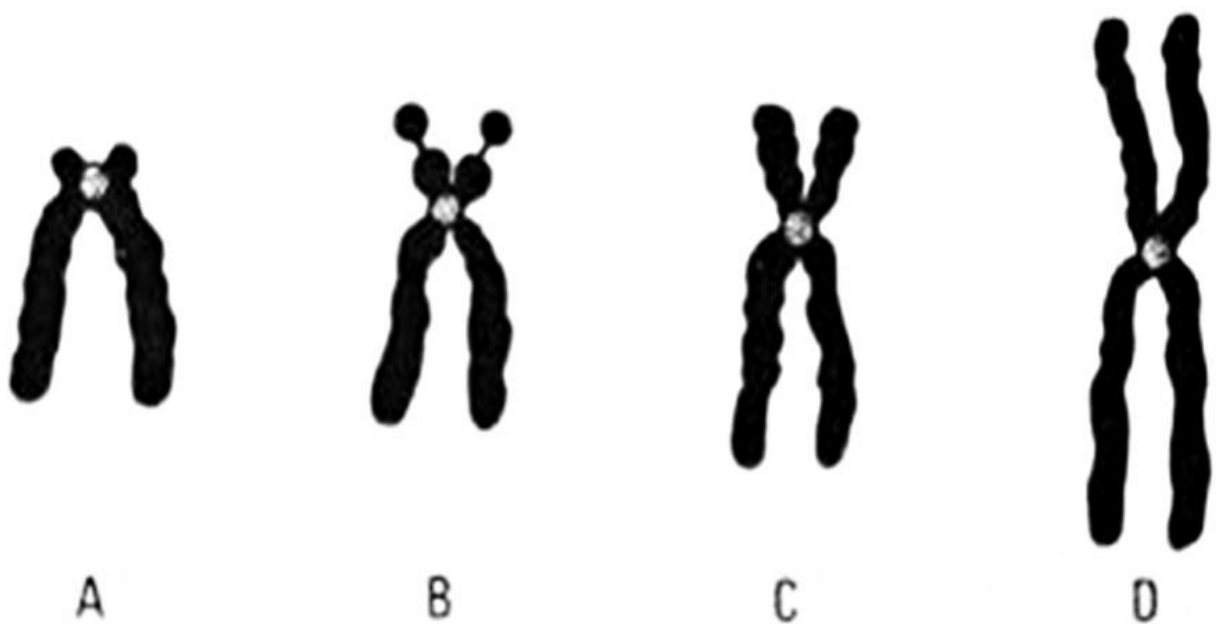
Telocêntrico - O centrômero é terminal e o cromossomo apresenta apenas um braço. É o único tipo que não ocorre na espécie humana (Figura 5A).

2. Cromossomo

Acrocêntrico - O cromossomo apresenta um braço bem maior que o outro (Figura 5B).

3. Cromossomo Submetacêntrico - O centrômero é quase mediano e o cromossomo apresenta dois braços desiguais de dimensões próximas (Figura 5C).

4. Cromossomo Metacêntrico - O centrômero é mediano e o cromossomo apresenta os dois braços do mesmo tamanho (Figura 5D).



18

Figura 5: Classificação dos cromossomos de acordo com a posição ocupada pelo centrômero. A) Cromossomo telocêntrico; B) Cromossomo acrocêntrico; C) Cromossomo submetacêntrico; D) Cromossomo metacêntrico.

<pág. 10>

Nos cromossomos, encontramos os genes. Cada gene corresponde a uma sequência da molécula de DNA que é responsável pela receita para a produção de uma proteína. Nesse ponto, é importante saber que as proteínas são moléculas que compõem praticamente todas

as estruturas celulares, desde organelas a membranas e até o próprio núcleo.

O número de cromossomos é constante em indivíduos de mesma espécie, mas varia de espécie para espécie. As células que formam o corpo (chamadas células somáticas) da espécie humana possuem 46 cromossomos em seus núcleos. Desses, 2 cromossomos são sexuais, XX para mulheres e XY para homens e 44 cromossomos são autossomos, ou seja, iguais para ambos os sexos.

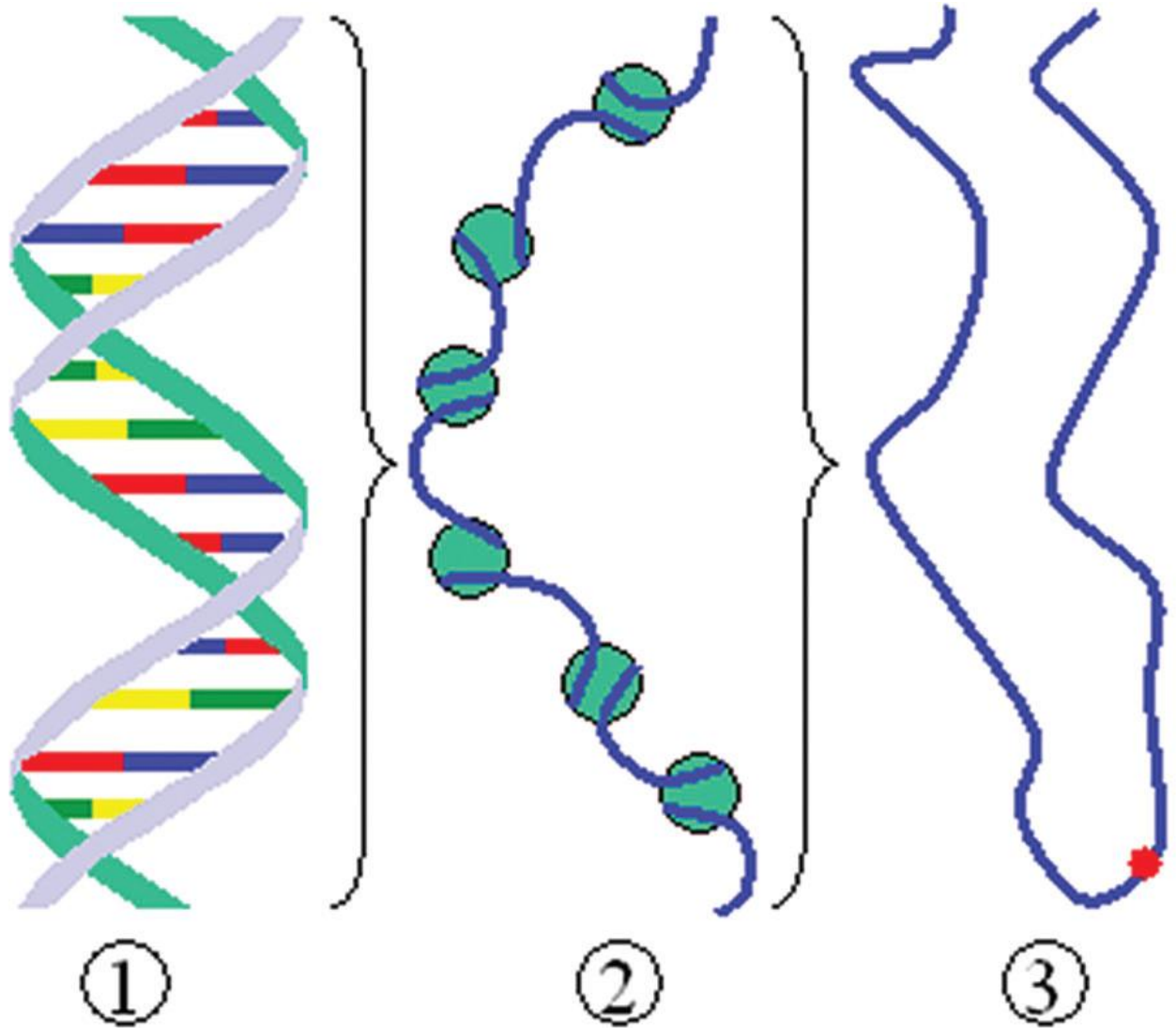
Mas como toda essa informação é transmitida aos descendentes? É o que vamos

20

descobrir na seção 2!

Atividade 1
Compactação!

Considerando o que você aprendeu sobre cromossomos e cromatina, identifique as estruturas indicadas pelos números 1, 2 e 3. Justifique a sua resposta.



<pág. 11>

Seção 2

O começo, o meio e o fim...

Mas como as células fazem para que suas informações não sejam perdidas, quando elas morrem? Bem, ao longo da vida de uma célula, ela gera novas células filhas, idênticas a ela, que carregam consigo todas as informações da célula mãe. Isso acontece através do processo de ciclo celular, o qual envolve a duplicação do material celular e a divisão da célula. Nesta seção, então, você vai aprender sobre os mecanismos através dos quais as células podem se dividir e vai entender a importância desses para a sobrevivência delas.

Mitose e meiose

A função básica do ciclo celular das células somáticas é duplicar todo o conteúdo de DNA nos cromossomos e, com precisão, separar essas cópias dentro de cada uma das duas células filhas idênticas.

Mas como a célula faz isso? Bem, o ciclo celular é dividido em quatro fases sequenciais: G1, S, G2 e M (Figura 6). As três primeiras fases, consideradas em conjunto, são chamadas de interfase. Elas são essenciais para permitir o crescimento celular, pois a interfase dura um período grande de tempo, no qual as células crescem,

24

duplicam a sua massa proteica e preparam-se para a divisão. Assim, a interfase pode ocupar 23 horas das 24 horas de um ciclo, enquanto a fase M dura uma hora restante.

Durante a fase S, a célula duplica todo o seu conteúdo celular, incluindo seu DNA. A fase G1 é muito importante para que a célula faça as verificações necessárias para decidir se deve ou não continuar o ciclo celular. A fase G2 também constitui uma fase de controle do ciclo celular, pois é nesta fase que a celular verifica se a replicação do DNA ocorreu corretamente e pode

26

quatro fases sequenciais: G1, S, G2 e M. Durante o ciclo celular, a célula duplica todo seu conteúdo para dar origem às duas células filhas idênticas.

<pág. 12>

A fase M envolve uma série de eventos que dão início a divisão nuclear (mitose) e terminam com a citocinese, um processo que implica na divisão do citoplasma, finalizando assim a divisão das duas células filhas.

A mitose é composta por cinco etapas:

1ª) Prófase: a cromatina condensa-se ainda mais, originando cromossomos mais compactos, o que favorecerá a separação das cromátides irmãs;

2ª) Pró-metáfase: o envoltório nuclear (carioteca) é rompido e os cromossomos vão fixar-se nos microtúbulos do fuso mitótico;

Verbete

Fuso mitótico

É uma estrutura do citoesqueleto das células eucariotas, envolvida na mitose e na meiose. A sua função é a de separar os

28

cromossomos, durante a divisão celular.

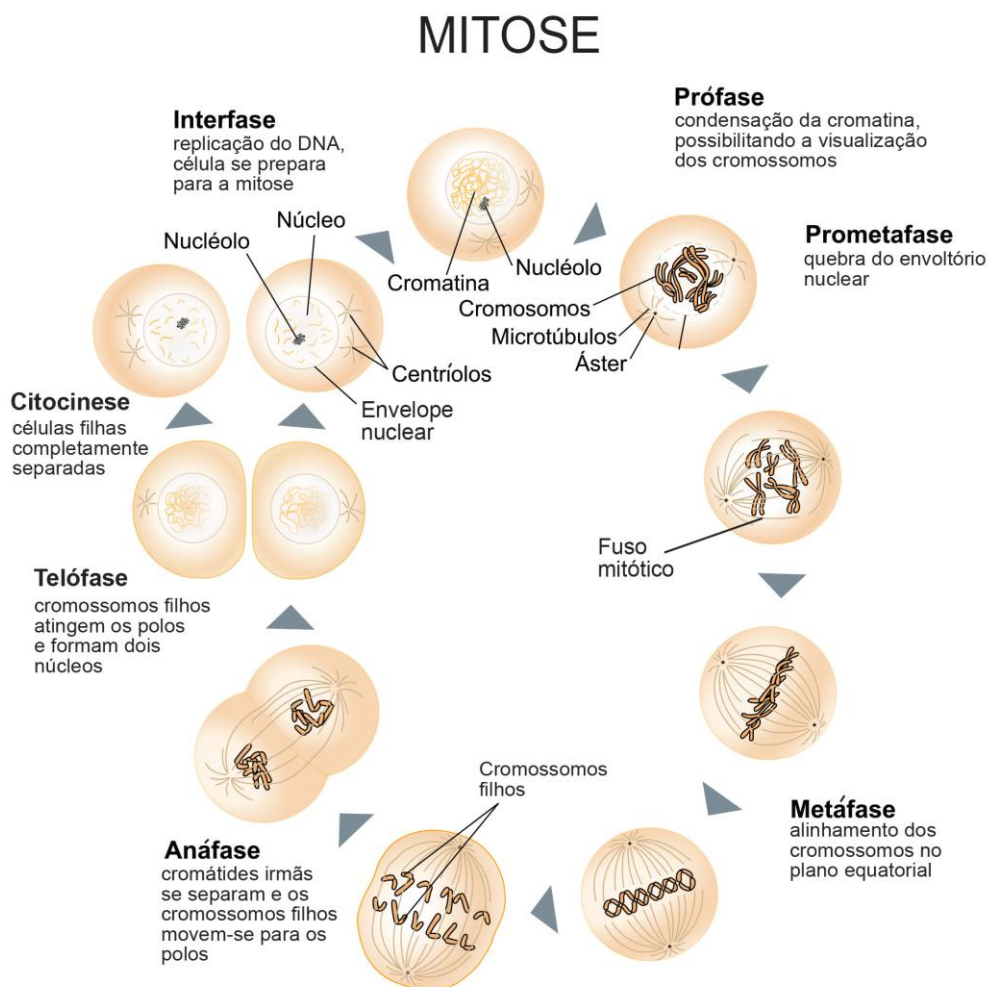
3ª) Metáfase: os cromossomos são alinhados na região equatorial da célula, posicionando-se para a separação;

4ª) Anáfase: ocorre a separação das cromátides irmãs e movimentação dos cromossomos para os pólos formados;

5ª) Telófase: os cromossomos sofrem uma descondensação e organizam-se em dois núcleos intactos.

Seguida da última etapa da mitose, ocorre a citocinese, com a divisão da célula em duas, completando a divisão celular (Figura 7).

<pág. 13>



30

Figura 7: Eventos da fase M. A fase M inicia-se com a mitose (divisão nuclear), que é dividida em cinco etapas, e termina com a citocinese e o “nascimento” de duas células filhas idênticas. As etapas da mitose são: prófase, pró-metáfase, metáfase, anáfase e telófase.

Ok, então todas as células se dividem por mitose? A resposta é não! Apenas as células somáticas dividem-se por mitose, pois as células reprodutoras – os óvulos e os espermatozoides – reproduzem-se por um tipo especial de divisão celular, chamado meiose.

Enquanto ao final da mitose são geradas duas células filhas idênticas à célula mãe, ao final da meiose são geradas quatro células filhas com a metade das informações contidas na célula mãe.

A meiose consta de duas divisões. No entanto, só vai haver duplicação dos cromossomos na primeira divisão, por isso ela é denominada divisão reducional. Nela, o número de cromossomos é reduzido à metade. A segunda divisão da meiose é denominada divisão equacional, já que é mantido o número de cromossomos.

Assim como na mitose, a interfase precede a meiose, promovendo a duplicação dos cromossomos. Terminada a interfase, inicia-se a meiose propriamente dita. Cada divisão da meiose é composta por quatro etapas sequenciais:

<pág. 14>

- prófase (I e II);**
- metáfase (I e II);**
- anáfase (I e II);**
- telófase (I e II), seguidas de citocinese.**

Na primeira divisão da meiose, a etapa de prófase I é a mais longa de todo o processo. Durante esta etapa,

ocorre a quebra do envoltório nuclear e o fenômeno de crossing over, o qual permite a troca de genes entre cromossomos homólogos. Este fenômeno é muito importante para a manutenção das espécies, uma vez que aumenta a variedade do conteúdo genético das células, sendo considerado um fator de variabilidade genética.

Verbetes

Cromossomos homólogos
São aqueles que possuem sequências de DNA muito

34

**semelhantes, mas não
idênticas.**

Na maioria dos eucariotos, uma célula carrega duas versões de cada gene, chamadas de alelos. Um descendente recebe cada um de seus alelos de cada um de seus pais. Você lembra que as células humanas possuem 46 cromossomos? Bem, esses cromossomos são organizados em pares. Cada cromossomo do par (cromossomo homólogo) foi dado por seu pai e por sua mãe. Assim, os cromossomos homólogos possuem os alelos de cada gene.

Durante o fenômeno de crossing over, os alelos de um mesmo gene trocam figurinhas entre si, ou seja, um alelo que originalmente veio do pai troca informações com um alelo que veio originalmente da mãe, gerando um gene recombinante em um mesmo cromossomo. O que significa que o indivíduo que herdar este cromossomo vai possuir um gene com informações misturadas do pai e da mãe, e assim vai possuir informação variada – diferente – dos indivíduos que receberem cromossomos, contendo o

36

mesmo gene, oriundo de apenas um dos pais.

Durante a metáfase I, há o pareamento dos cromossomos e na anáfase I, os cromossomos duplicados movem-se para os polos celulares. Diferente da mitose, na primeira anáfase da meiose não há separação dos cromossomos duplicados pelo centrômero. Na telófase I, então, os novos núcleos, contendo os cromossomos duplicados, são formados e ao final da citocinese duas células filhas são formadas.

A segunda divisão da meiose só ocorre após um período de repouso das

células, chamado de intercinese.

A prófase II da meiose é muito semelhante à prófase da mitose: quebra da carioteca e ligação dos centrômeros às fibras do fuso, o que favorecerá a separação. Durante a metáfase II, os cromossomos são alinhados na região equatorial da célula e agora sim ocorre a separação dos cromossomos duplicados pelo centrômero. Na anáfase II, os cromossomos separados migram para os polos da célula e descondensam. Na telófase II, então, são formados os novos núcleos

38

das células filhas e ao final da citocinese, quatro células filhas são originadas (Figura 8).

<pág. 15>

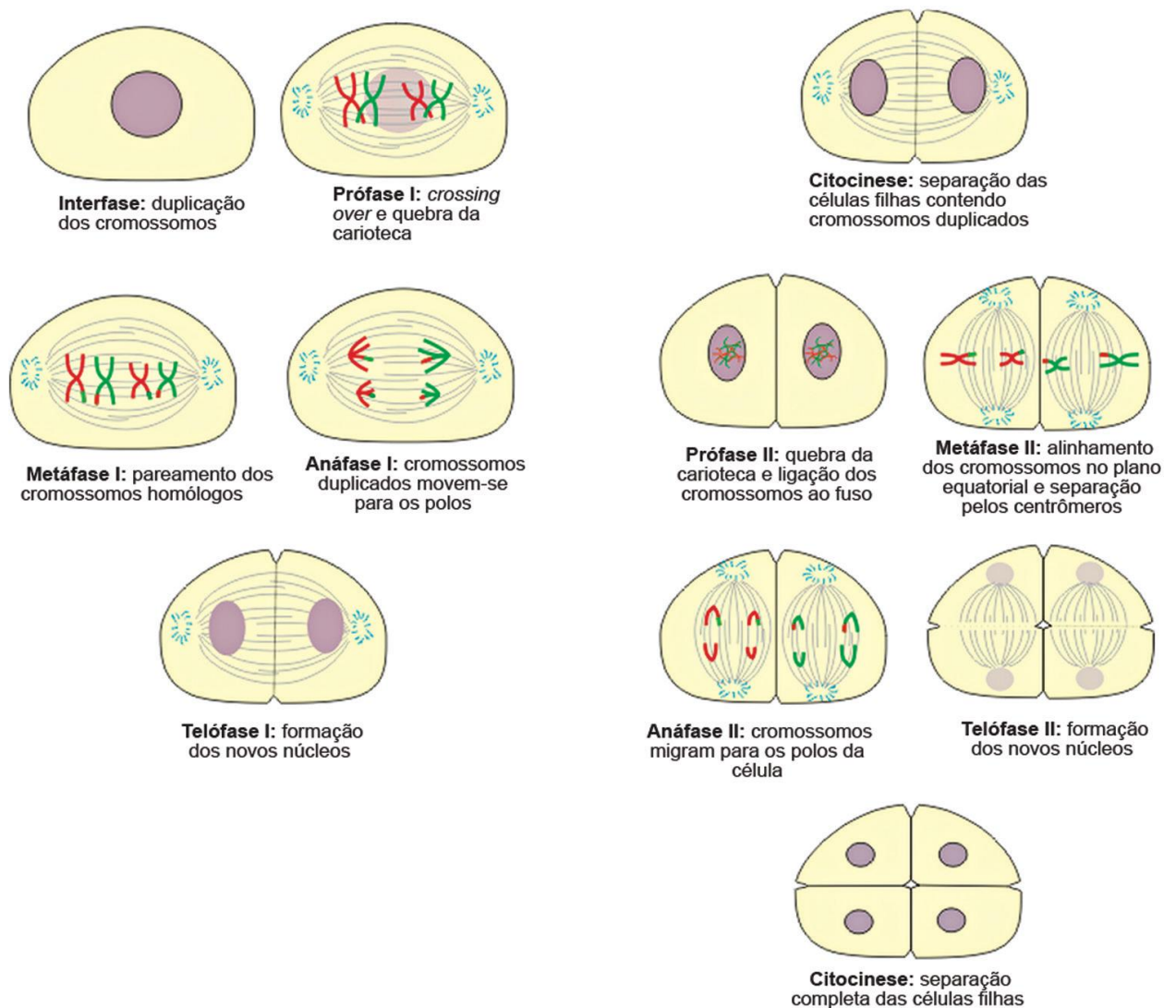


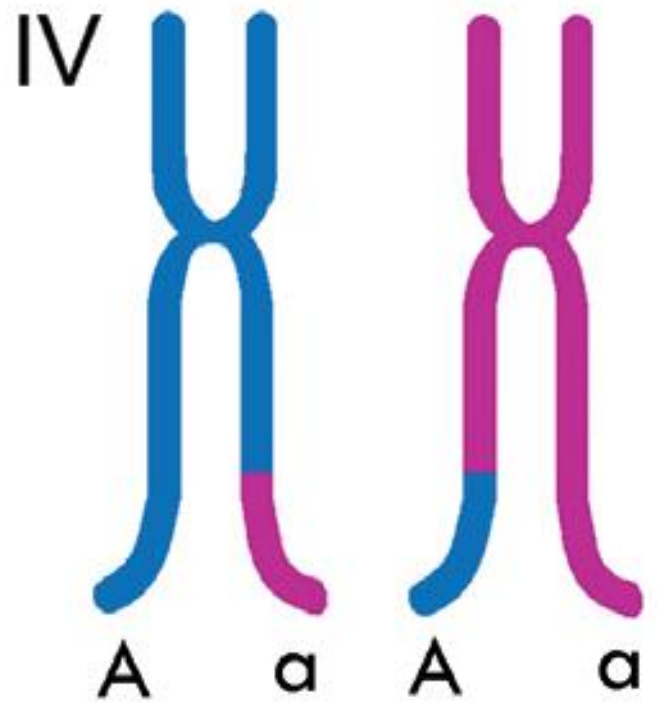
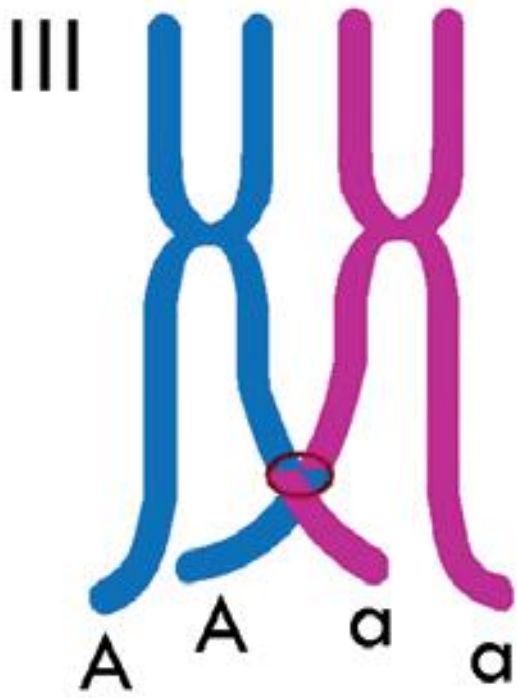
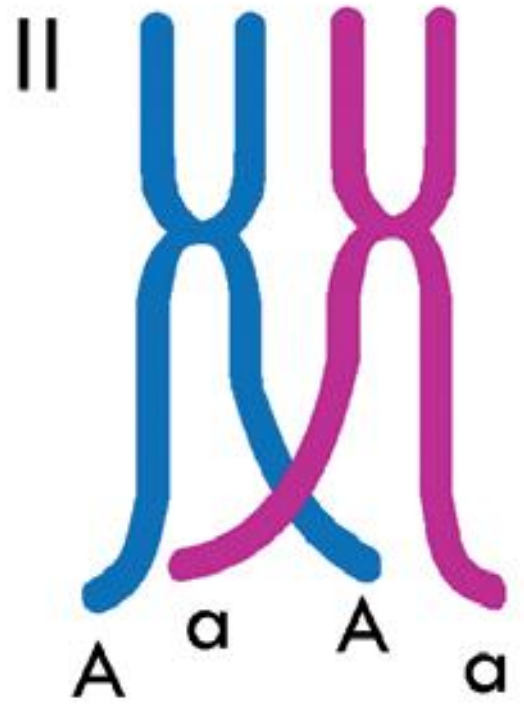
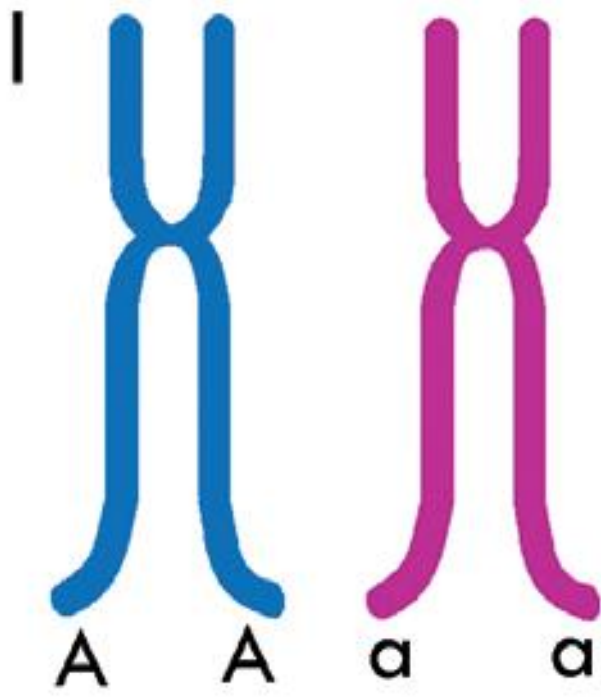
Figura 8: As etapas das divisões meióticas

Atividade 2

Trocando figurinhas...

A figura abaixo representa um fenômeno muito importante para a manutenção das espécies que ocorre durante a divisão celular. Que fenômeno é esse? Por que ele é tão importante? E em qual tipo de divisão celular ele ocorre?

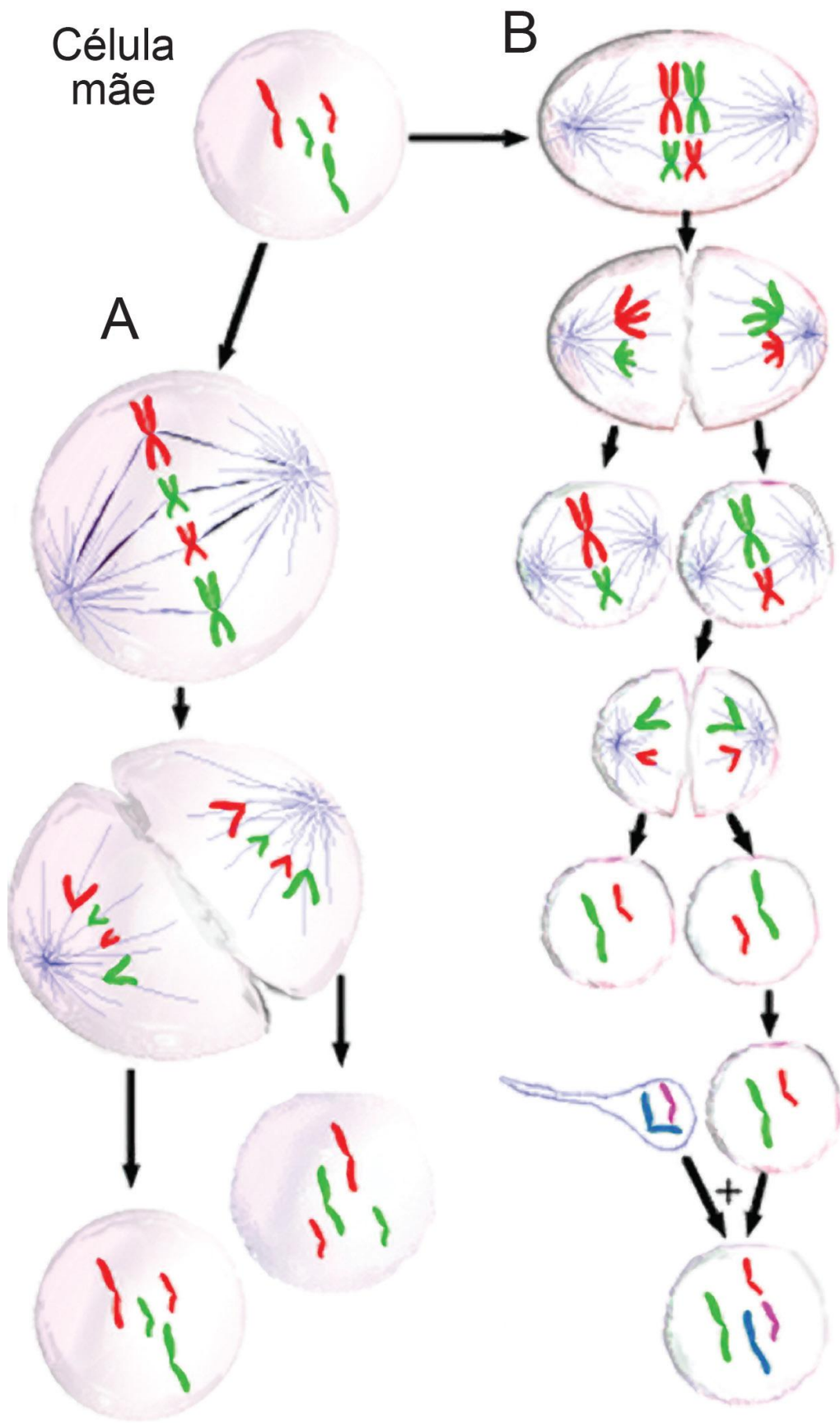
40



<pág. 16>

Atividade 3

Dividir é preciso! Para que as células não percam suas informações ao morrerem, ao longo de sua vida elas se dividem, transmitindo essas informações às suas células filhas. Como você aprendeu nesta seção, existem dois tipos de divisão celular. Analisando a figura a seguir, identifique quem é A e quem é B, justificando sua resposta.



Você acabou de estudar, então, que o núcleo é considerado o centro de comando de uma célula por conter todas as informações necessárias para o correto funcionamento da mesma. É através do ciclo celular, mais precisamente da divisão celular (mitose ou meiose), que as células passam todas essas informações – contidas em seus genes – para seus descendentes.

Resumo

. O conteúdo do núcleo celular é separado do restante da célula por duas membranas semelhantes à

**membrana plasmática,
chama de envoltório nuclear
ou carioteca;**

**. No núcleo estão guardadas
todas as informações
essenciais para a
manutenção e geração dos
organismos. Essas
informações são os
chamados genes e
encontram-se nos
cromossomos – conformação
compactada da molécula de
DNA;**

**. As células somáticas (que
compõem todo o corpo)
transmitem suas informações
pela divisão celular mitótica,
gerando duas células filhas
idênticas;**

. Células reprodutoras, como os ovócitos e os espermatozoides, dividem-se por meiose, gerando quatro células filhas que possuem a metade da informação genética das células mães;

. A meiose é muito importante para a variabilidade genética das células, pois durante seu processo ocorre o fenômeno de crossing over, no qual cromossomos homólogos trocam genes entre si.

Veja ainda:

.http://www.youtube.com/watch?v=nYr_LzCuHNg □ Uma revisão bastante completa

46

sobre cromossomos. Possui conteúdo extra interessante sobre aberrações cromossomais.

.http://www.youtube.com/watch?feature=fvwr&v=F3mjDCCW_cU&NR=1 □ Vídeo animado mostrando como ocorrem a mitose e a meiose.

<pág. 18>

Bibliografia Consultada

Livro

. Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. Molecular Biology of the Cell. 4th edition. New York: Garland Science, 2002. 1400p.

<pág. 19>

Respostas das atividades

Atividade 1

**1 = Molécula de DNA;
2 = cromatina, pois
representa a molécula de DNA
associada à proteínas
nucleares;**

**3 = cromossomo, que é a
conformação compactada da
molécula de DNA realizada
pela ação das proteínas
nucleares.**

Atividade 2

**O fenômeno representado
pela figura é o crossing over e
ele é muito importante para a**

48

manutenção das espécies por conferir maior variabilidade genética, ou seja, uma variedade maior de informações do que as células mães possuíam. Este fenômeno ocorre durante a primeira divisão da meiose, mais especificamente durante a etapa de prófase I.

Atividade 3

A = mitose, pois ao final da divisão celular foram geradas duas células filhas idênticas à célula mãe.

B = meiose, pois ocorreram duas divisões ao longo do processo e no final da segunda divisão foram geradas quatro células filhas

contendo a metade das informações da célula mãe.

<pág. 21>

O que perguntam por aí?

Questão 1

1) (UFRN-90) A carioteca é formada por:

a) duas membranas proteicas com poros.

b) uma membrana proteica sem poros.

c) uma membrana lipoproteica com poros.

d) duas membranas lipoproteicas com poros.

e) duas membranas lipoproteicas sem poros.

Gabarito: Letra D.

Comentário: A carioteca ou envoltório nuclear é formado por duas membranas semelhantes à membrana plasmática, sendo compostas principalmente por proteínas e lipídios.

Questão 2

6) (CESGRANRIO-RJ) Dos constituintes celulares abaixo relacionados, qual está presente somente nos eucariontes e representa um dos critérios utilizados para distingui-los dos procariontes?

a) DNA.

b) Membrana celular.

- c) Ribossomo.
- d) Envoltório nuclear.
- e) RNA.

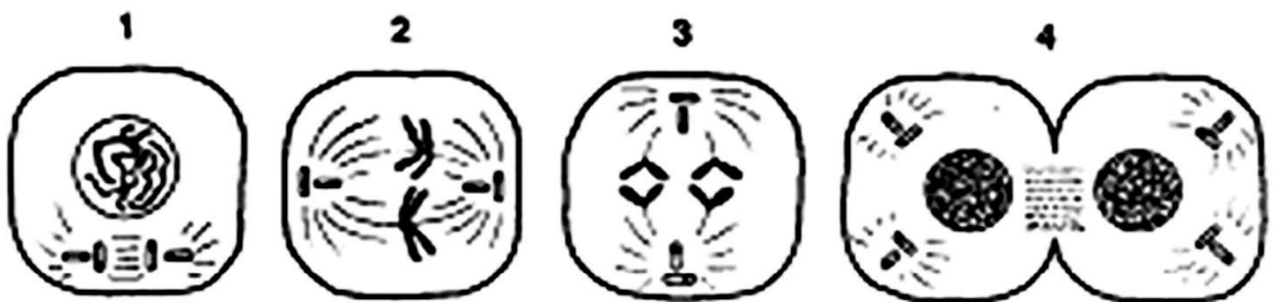
Gabarito: Letra D.

Comentário: Apenas células eucarióticas possuem carioteca.

<pág. 22>

Questão 3

1) (UF-GO)



Relacione as fases da mitose: anáfase, telófase, metáfase e prófase, com os

52

**respectivos números das
figuras acima:**

a) 4-3-2-1

b) 3-4-2-1

c) 1-2-3-4

d) 2-3-4-1

e) 3-1-2-4

Gabarito: Letra B.

Comentário: Durante a anáfase, as cromátides irmãs migram para os polos celulares; durante a telófase os novos núcleos celulares são completamente formados; durante a metáfase os cromossomos são alinhados na região equatorial da célula; durante a prófase há a condensação dos

cromossomos e a quebra do envoltório nuclear.

Questão 4

3) (UF-RN) A consequência mais importante da mitose é:

a) determinar a diferenciação celular.

b) a produção de gametas e esporos haplóides.

c) a produção de células iguais à célula mãe.

d) aumentar a variabilidade genética dos seres vivos.

e) aumentar a taxa de mutação.

Gabarito: Letra C.

54

Comentário: Ao final da mitose são geradas duas células filhas idênticas à célula mãe, pois apresentam o mesmo conteúdo genético, proteico e de organelas.

<pág. 23>

Questão 5

13)(CESGRANRIO) Durante a prófase da primeira divisão meiótica, ocorre a troca de fragmentos entre cromossomos homólogos, possibilitando uma maior variabilidade genética. A esse evento dá-se o nome de:

- a) formação de bivalentes.**
- b) formação de tétrades.**

- c) citocinese.**
- d) interecinese.**
- e) "crossing-over"**

Gabarito: Letra E.

Comentário: O crossing over é o fenômeno no qual os cromossomos homólogos trocam de figurinhas entre si e assim, permite que as informações originalmente vindas do pai e as originalmente vindas da mãe estejam presentes no mesmo cromossomo. Aumentando a informação contida no mesmo, aumentando a variabilidade genética dos

56

indivíduos que possuem esse cromossomo.

Questão 6

22) (FATEC-SP) Das afirmativas abaixo:

I- O *crossing-over* permite a recombinação dos genes localizados em cromossomos homólogos.

II- Meiose é um tipo de divisão celular na qual uma célula diplóide dá origem a quatro células haplóides.

III- A intérfase é um período de grande atividade metabólica no núcleo. É nessa fase que o DNA se duplica e o RNA é sintetizado.

- a) apenas a afirmativa I é correta.**
- b) apenas a afirmativa II é correta.**
- c) apenas a afirmativa III é correta.**
- d) apenas duas afirmativas são corretas.**
- e) todas as afirmativas são corretas.**

Gabarito: Letra E.

Comentário: Por meio do crossing over, cromossomos homólogos trocam genes entre si, processo chamado de recombinação gênica.

58

Ao final da segunda divisão meiótica, são geradas quatro células filhas, contendo a metade do conteúdo da célula mãe.

A interfase compreende as fases G1, S e G2 consideradas em conjunto. Durante a fase S, ocorre a duplicação de todo o material da célula, incluindo seu DNA e sua massa de proteínas e organelas.

<pág. 25>

Caia na rede!

Mais sobre o núcleo?

No site

<http://www.planetabio.com/nucleo.html>, você vai

encontrar um conteúdo bastante dinâmico sobre o núcleo celular, sua estrutura e funções, como vai poder visualizar ainda melhor os processos de divisão celular e um conteúdo extra sobre biotecnologia bastante interessante. Não deixe de acessar!

60

Unidade 10

<pág. 27>

Expressão gênica e diferenciação celular

Para início de conversa...

Quando você olha as pessoas ao seu redor ou para você mesmo em frente ao espelho, é capaz de perceber como as pessoas são diferentes umas das outras e como no seu próprio rosto existem tantos detalhes.

São diferentes cores de olhos, cabelos e pele, e em tantos diferentes tons e tudo isso se deve a expressão de

nossos genes – as unidades de informação dos organismos. Mas sabendo-se que todas as células de um mesmo organismo possuem os mesmos genes, por que as células do olho são diferentes das células da boca?

Bem, isso acontece, porque existe um controle sobre a expressão dos genes. Mesmo que todas as células de um mesmo organismo possuam todos os genes iguais, alguns grupos celulares irão formar tecidos e órgãos diferentes, pois terão certos genes expressos, enquanto outros não terão expressão. A esse

processo dá-se o nome de diferenciação celular.

Como veremos, a diferenciação celular é um processo fundamental para a formação dos seres humanos e ocorre nos estágios iniciais da vida.

<pág. 28 >



Figura 1: A diversidade de características observada em uma população é devido à diferente expressão dos genes presentes em cada indivíduo. O controle sobre essa expressão em diferentes conjuntos de células dá origem aos diferentes tecidos e órgão presentes no corpo humano.

Objetivos de aprendizagem:

- . Lembrar o conceito e a importância da expressão gênica;**
- . Relacionar o processo de expressão gênica à formação dos diferentes tipos celulares**

64

existentes em um organismo multicelular;

. Conceituar células-tronco humanas e reconhecer a sua importância para a cura de muitas doenças degenerativas.

<pág. 29>

Seção 1

Por que a gente é assim?!

Você alguma vez se perguntou por que seu cabelo é cacheado, por que o olho do seu vizinho é azul, ou por que a conhecida de uma amiga sua tem o cabelo ruivo? Ou já se perguntou por que seu braço tem pelos, mas as

palmas das mãos não?

A resposta para todas essas perguntas é a mesma e está em nossos genes. Os genes são as unidades de informação dos organismos que determinam as características de uma espécie como um todo, bem como as de um mesmo indivíduo. Os genes são segmentos das moléculas de DNA, a qual abriga milhares deles. Tal molécula, quando condensada, é organizada na forma de cromossomos, os quais são encontrados, por sua vez, nos núcleos das células.

Nesta seção, então, você vai lembrar como as informações contidas nos genes são transformadas nas características que vemos nos indivíduos. Vamos, portanto, trabalhar um pouquinho mais sobre a importância da expressão gênica, ou seja, da manifestação das informações contidas nos genes?

Decifrando o código da vida
No Módulo 1, você conheceu a estrutura do DNA e do RNA e descobriu como as sequências de bases transformam-se na cor do olho do seu vizinho, no seu cabelo cacheado ou no cabelo ruivo da conhecida da sua amiga. Vamos lembrar? Bem, a transformação das

informações ocorre em duas etapas: a primeira consiste na produção de moléculas de RNA a partir do DNA; e a segunda etapa consiste na produção de proteínas a partir desse RNA. As proteínas são as responsáveis de fato pela cor dos olhos, da pele, pelo formato do cabelo, pela presença ou ausência de pelos numa dada região do corpo.

O processo no qual a molécula de RNA é produzida a partir da molécula de DNA é chamado de transcrição. A transcrição ocorre no núcleo da célula pela ação de uma enzima específica para esta tarefa: a RNA polimerase.

68

Utilizando uma das fitas de DNA como molde, a RNA polimerase constrói a fita simples de RNA, que é complementar à fita molde de DNA.

<pág. 30>

Importante

Cada molécula de RNA produzida equivale a um gene transcrito, ou seja, à informação contida em uma sequência específica do DNA.

A segunda etapa que decifra o código da vida consiste na síntese de proteínas, que são os

produtos finais e os objetivos reais da expressão gênica. A síntese de proteínas ocorre no citoplasma das células e é feita a partir das moléculas de RNA mensageiros (mRNA).

Importante

Cada molécula de RNA contém a informação de um gene e assim cada proteína sintetizada a partir dele é produto deste gene!

Ao processo de síntese de proteínas a partir de moléculas de mRNA, é dado o nome de tradução. Ao final dele, os mRNAs que já foram lidos algumas vezes são

70

degradados. Caso seja necessária a síntese dessas proteínas novamente, novos mRNAs serão transcritos.

Assim, a célula pode controlar a quantidade de proteínas que são sintetizadas (Figura 2).

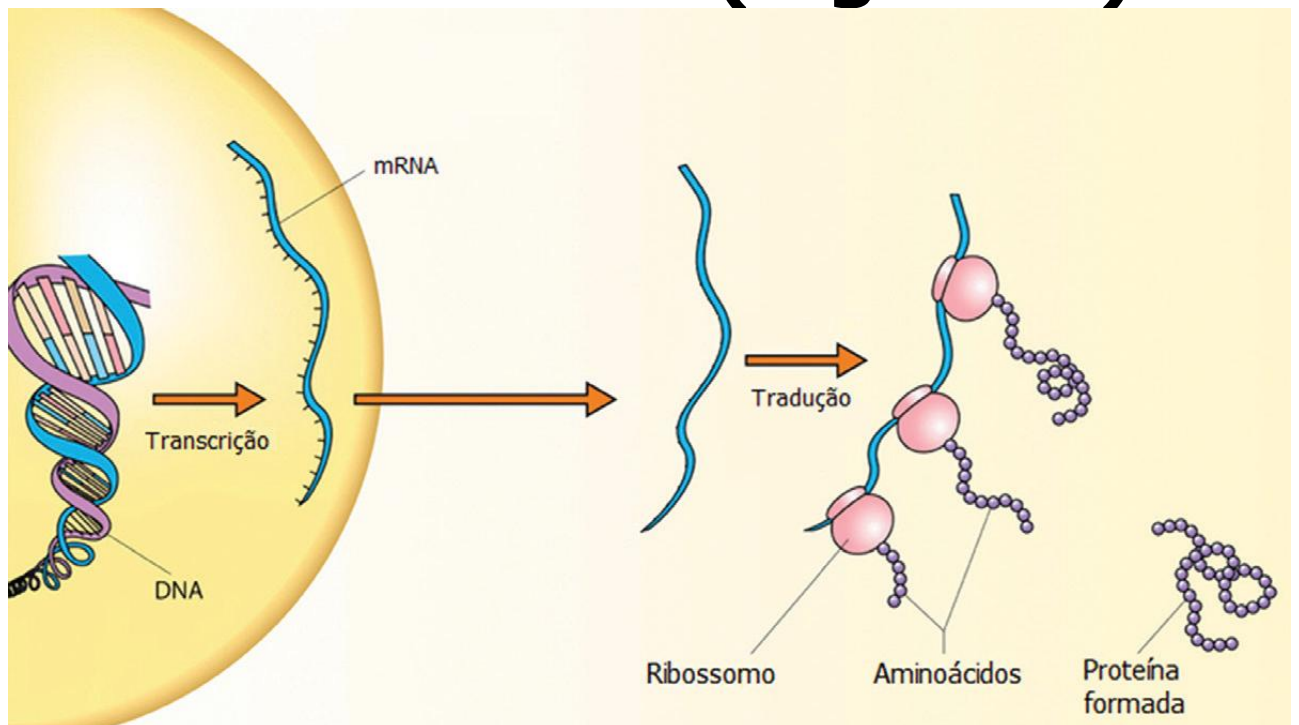


Figura 2: Decifrando o código da vida. Moléculas de DNA são transcritas em RNA mensageiros (mRNA) no núcleo celular. Eles, então, são transportados para o

citoplasma, onde juntamente aos ribossomos, participam do processo de síntese das proteínas.

<pág. 31>

Seção 2

Eu tenho, você não tem...

Você já se perguntou por que as células no seu olho fazem você ver, enquanto as células do seu coração fazem-no bater? Considerando que todas elas são células do mesmo organismo e, portanto possuem os mesmos genes, por que elas são tão diferentes?

As células de um mesmo organismo tornam-se diferentes umas das outras porque sintetizam e acumulam moléculas de RNA e, conseqüentemente, de proteínas diferentes. É por isso que elas diferem tanto em suas estruturas e em suas funções.

Ao fenômeno que permite a variedade de tipos celulares em um mesmo organismo chamamos diferenciação celular. A diferenciação celular geralmente depende de mudanças na expressão gênica.

Nesta seção, você vai conhecer os possíveis mecanismos que as células

utilizam para controlar a expressão de seus genes e vai aprender um pouquinho sobre o desenvolvimento de um indivíduo multicelular complexo: o homem.

Controle da expressão gênica

Uma célula pode controlar as proteínas que produz por diferentes mecanismos:

1. controlando quando e como um determinado gene é transcrito;

2. controlando o processamento de seus RNAs já transcritos;

3. controlando a saída dos RNAs do núcleo para o citoplasma;

4. controlando quais mRNAs, presentes no citoplasma, serão traduzidos;

5. controlando a degradação dos mRNAs;

6. controlando a atividade, a estrutura e a degradação de proteínas formadas ou em formação.

<pág. 32>

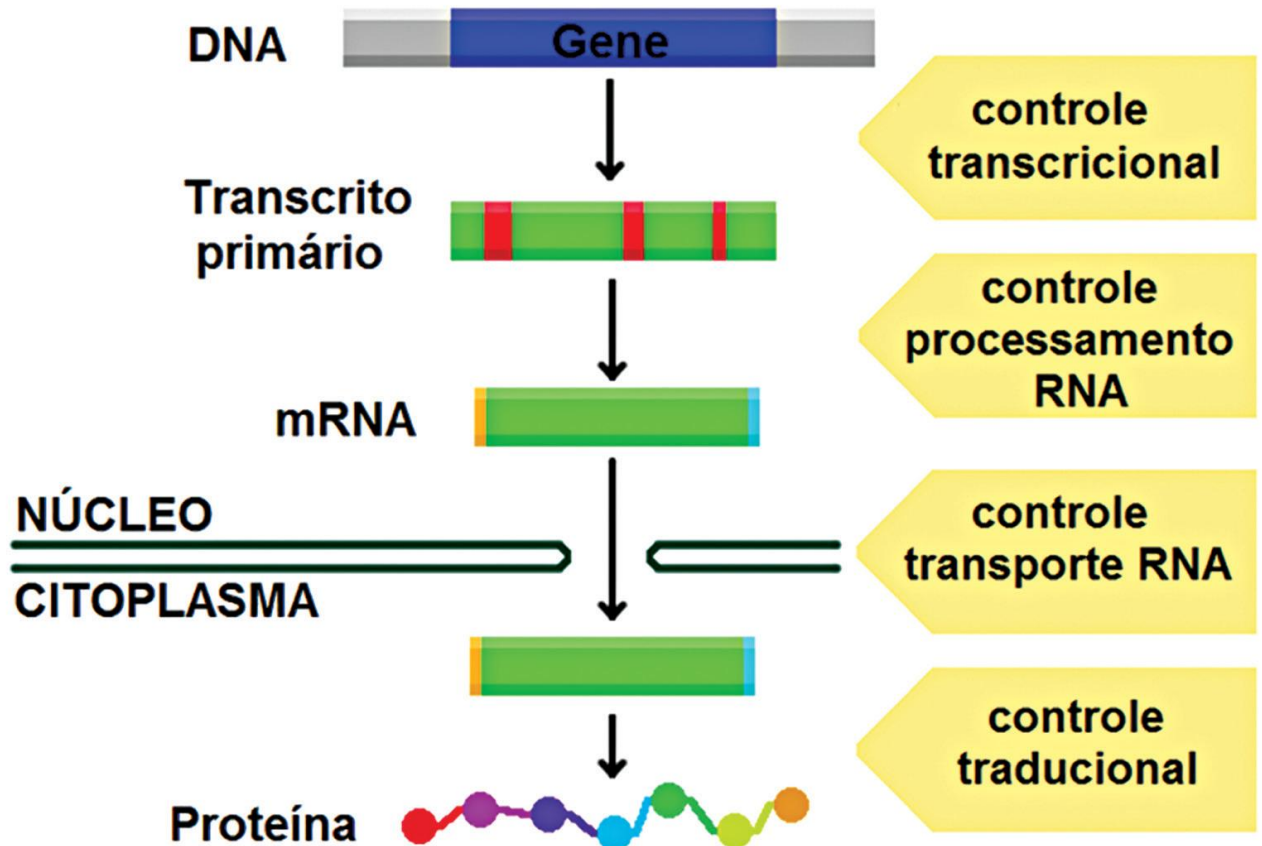


Figura 3: Diferentes níveis de controle da expressão gênica. Diferentes mecanismos podem controlar quais proteínas serão produzidas por uma célula. O controle transcricional implica na decisão de quando e como um gene será transcrito. Tendo

Logo que transcrita um mRNA, existem mecanismos que controlam tanto a forma final deste, como sua saída do núcleo para o citoplasma, sendo chamados de controle de processamento e de transporte, respectivamente. Uma vez que este mRNA tenha chegado ao citoplasma, a síntese da proteína pode ainda ser controlada de diversas maneiras: degradação do RNA, inibição da tradução, entre outros.

Todos esses mecanismos controlam a expressão gênica e, assim, permitem que as células possam ser diferenciadas em todos os tipos celulares que existem em um

organismo multicelular: desde as células que formam seus olhos, até as que fazem o seu coração bater.

A origem do todo

Iniciamos nossa vida como uma célula única: um óvulo fertilizado, também chamado de zigoto. Durante o desenvolvimento, esta célula divide-se repetidamente, produzindo muitas outras células, diferentes entre si, que se organizam de forma complexa e espetacular até formar o corpo do ser humano.

O corpo humano possui mais de 200 tipos celulares

78

diferentes, com funções e formas diversas. Sabendo que todas elas se originaram de uma única célula inicial e, portanto, possuem o mesmo genoma, você pode se perguntar: como elas se tornaram tão diferentes?

Bem, as células diferem não porque contenham informações genéticas diferentes, mas porque expressam conjuntos diferentes de genes.

Esta expressão gênica diferenciada controla os quatro processos essenciais para que aquela célula inicial origine um embrião perfeito. São eles:

<pág. 33>

- 1. proliferação celular, ou seja, a produção de muitas células a partir de uma;**
- 2. especialização celular, gerando células com características diversas (pois expressam diferentes conjuntos de genes), em diferentes posições do corpo;**
- 3. interações entre células, o que permite a coordenação do comportamento de uma célula em relação ao de suas vizinhas;**
- 4. movimentos celulares, possibilitando a organização próxima das células com**

características comuns ou afins para formar tecidos e órgãos.

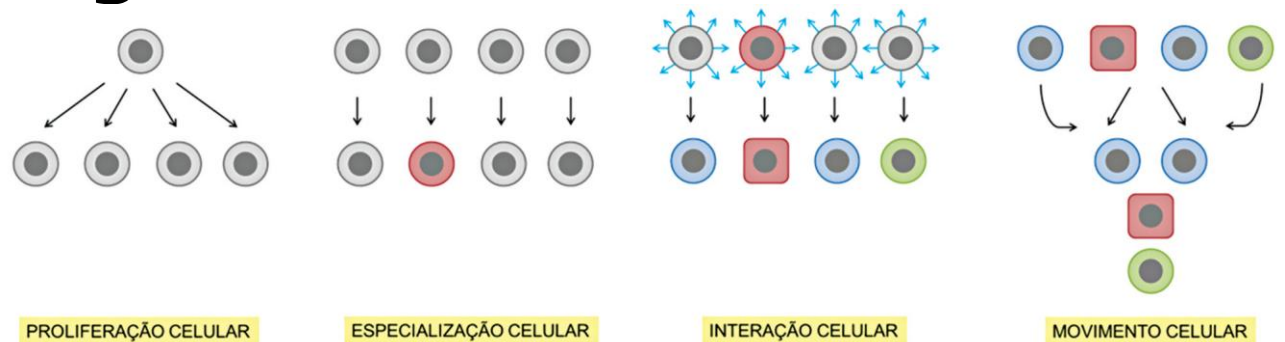


Figura 4: Os quatro processos essenciais para a formação de um embrião. Durante a proliferação celular, uma mesma célula é capaz de se dividir várias vezes, originando células-filhas idênticas a ela. Essas células-filhas vão controlar de maneira diferente a expressão de seus genes, originando células mais especializadas – como a célula ilustrada em vermelho. Além disso, as cé-

lulas interagem entre si, ou seja, conversam umas com as outras, e esse processo induzem a diferenciação das células vizinhas a ela – ilustradas pelas células em azul e verde e mudança de forma da célula vermelha. Após essas modificações, as células movem-se, agrupando-se de acordo com suas características (cor e forma), originando as estruturas teciduais do futuro bebê.

Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello

As células originadas pelas primeiras divisões do zigoto são classificadas como

células-tronco totipotentes, pois podem dar origem a todos os diferentes tecidos e órgãos que compõem um ser humano. Elas também dão origem ao cordão umbilical, à placenta e ao saco amniótico – os chamados anexos embrionários – estruturas que possibilitam a nutrição e o desenvolvimento do futuro bebê dentro da barriga da mãe.

Cerca de cinco dias após a formação do zigoto, as células em divisão apresentam a primeira diferenciação, então chamado de estágio de blastocisto (Figura 5). Nesse estágio, as células externas vão dar origem aos anexos

embrionários enquanto as células da massa interna podem dar origem a todos os tecidos e órgãos de um ser humano. Às células da massa interna é dado o nome de células-tronco embrionárias, e elas são classificadas como pluripotentes.

Conforme as células do embrião vão se especializando e se organizando, surgem as primeiras células compro-

<pág. 54>

metidas com um destino celular. Essas são as células-tronco tecido específicas, que podem dar origem apenas aos

84

diferentes tipos de células de um mesmo tecido. Por isso, elas são classificadas como células-tronco multipotentes.

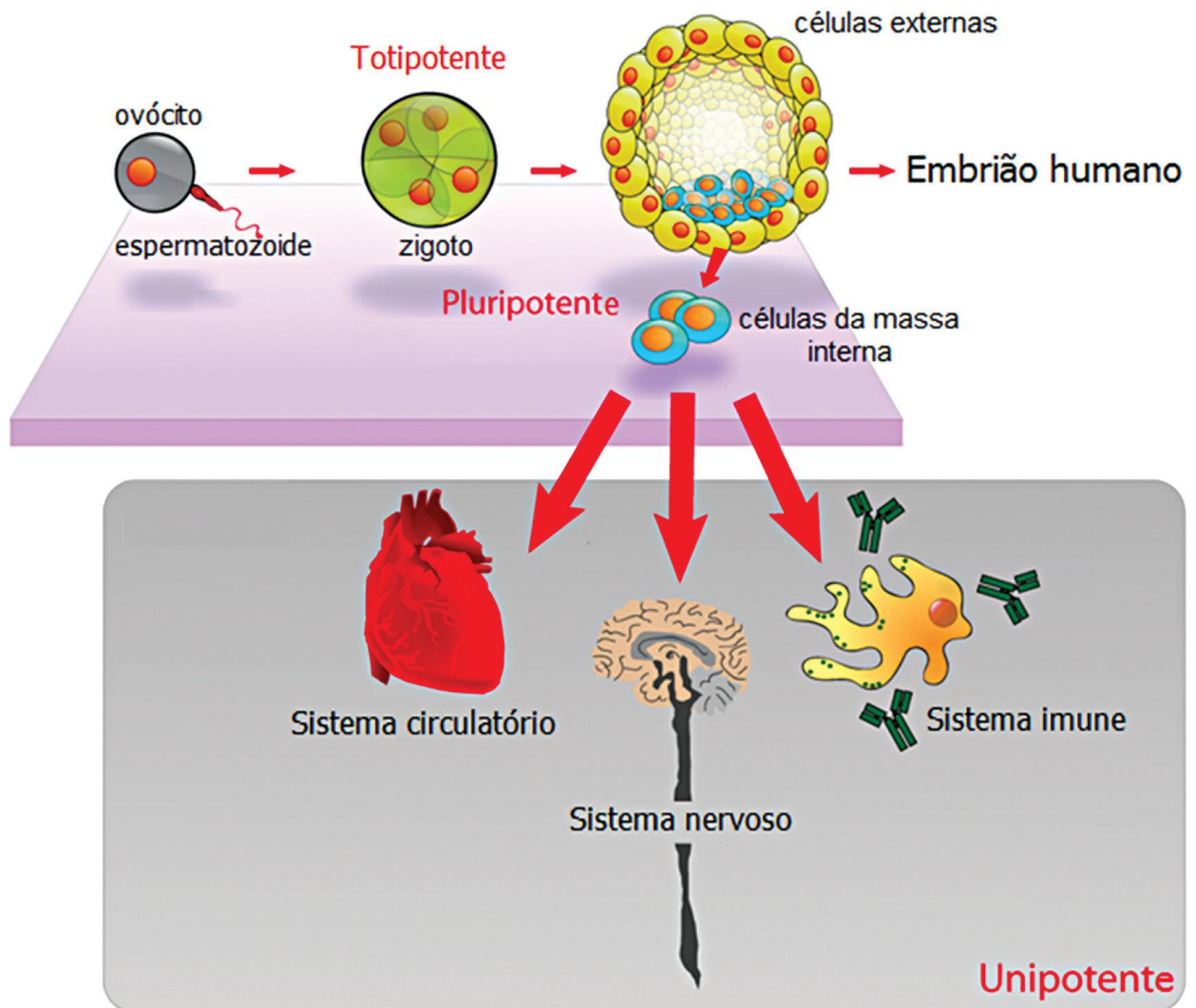


Figura 5: Os diferentes tipos de células-tronco presentes no desenvolvimento do embrião. Durante as primeiras

divisões do zigoto, as células-tronco são extremamente capazes de se proliferar, sendo consideradas totipotentes; em estágio de blastocisto, são capazes de produzir os anexos embrionários e as diferentes células do futuro bebê, por isso são consideradas pluripotentes. E quando já se diferenciaram, elas não mais podem gerar outros tipos celulares se não o seu próprio, por isso são chamadas unipotentes.

Mas o que é um tecido? Um tecido corresponde a um conjunto de células que desempenham determinadas

funções no corpo. Como por exemplo, as células do coração, que são responsáveis por ele bater em seu peito; as células da sua pele, que cobrem seu corpo; as células dos seus olhos, que permitem que você veja as coisas.

Uma vez que uma célula passa a expressar determinados genes e outros não, ela se compromete com um tipo celular ou um tipo de tecido (células-tronco multipotentes). Alguns exemplos desse tipo celular são as células-tronco hematopoiéticas. Elas são encontradas na medula óssea e podem dar origem a todos os tipos celulares presentes

<pág. 35>

no sangue (como as células vermelhas e brancas). Existem também as células-tronco neurais, encontradas, por exemplo, na retina. Elas podem dar origem às células ganglionares (neurônios da retina) e aos fotorreceptores. Ainda, podemos citar as células-tronco encontradas no coração humano, que podem dar origem musculatura dos vasos sanguíneos e aos cardiomiócitos (as células musculares do coração) (Figura 6).

As células-tronco multipotentes são responsáveis principalmente pela renovação e manutenção dos tecidos, pois promovem a substituição de células que morrem, permitindo que a estrutura e função tecidual não sejam perdidas.

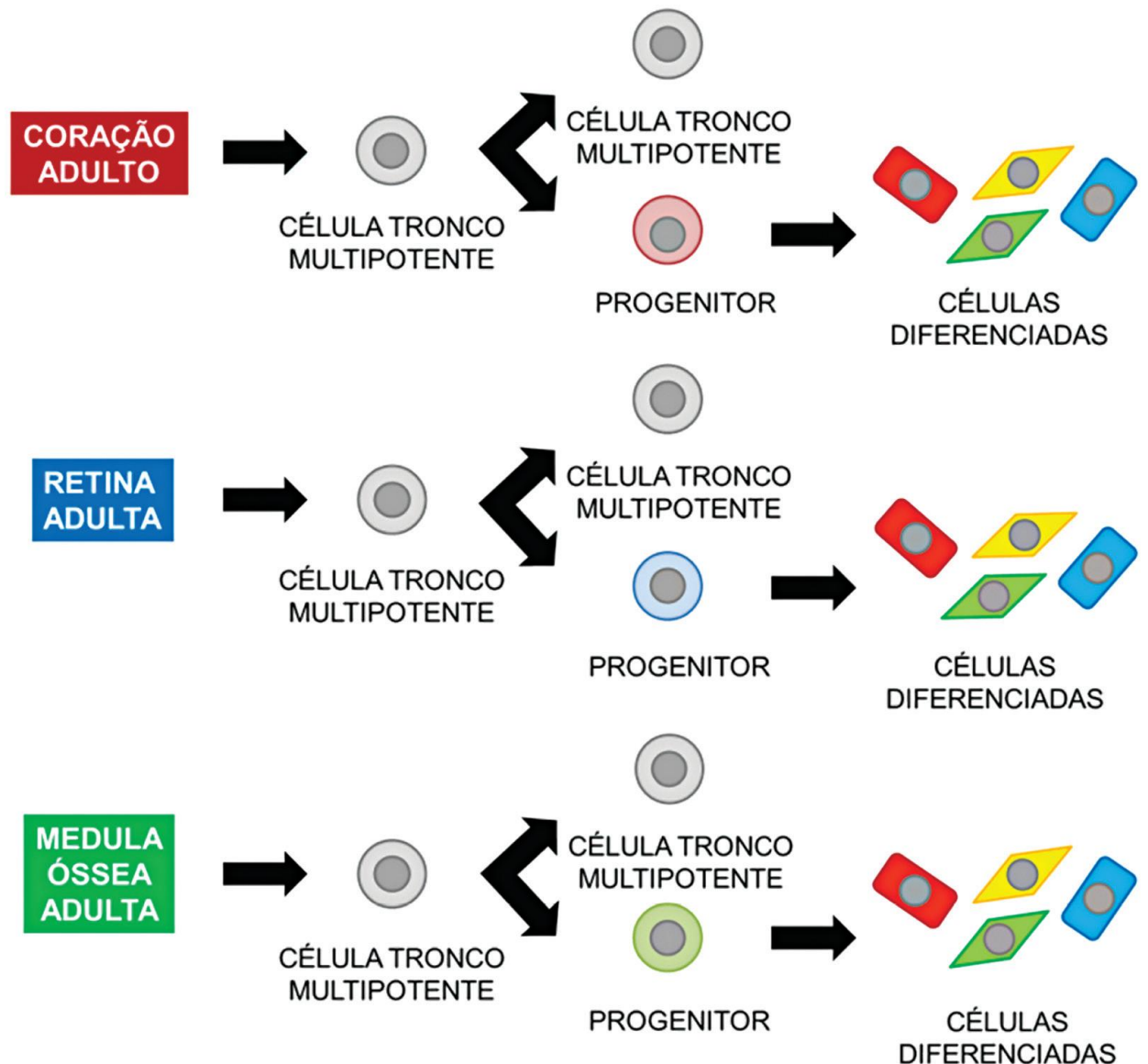


Figura 6: As células-tronco multipotentes estão presentes em diferentes órgãos e são importantes para a renovação e manutenção dos tecidos. No coração, encontramos as

90

células-tronco multipotentes que podem gerar outras células-tronco multipotentes e também os progenitores dos diferentes tipos celulares encontrados nesse tecido: células da musculatura de vasos e os cardiomiócitos (células já diferenciadas). Existem também as células-tronco hematopoiéticas presentes na medula óssea e que vão originar todas as células do sangue e as células-tronco neurais retinianas, que vão originar todos os diferentes tipos celulares presentes na retina.
Fonte: Clarissa Leal de Oliveira Mello

Verbetes

Hematopoiética

Que dá origem às células do sangue.

Medula óssea

Tecido encontrado no interior de ossos, onde são encontradas as células hematopoiéticas

Retina

Tecido localizado no interior do olho responsável pela visão.

No organismo adulto, encontramos apenas as células-tronco multipotentes e

as células-tronco unipotentes. Essas últimas são aquelas que já sofreram diferenciação quase completa e não dão origem a nenhum outro tipo celular a não ser o seu próprio, quando se dividem. Muitas dessas células têm capacidade muito pequena para se dividir,

<pág. 36>

como é o caso dos neurônios e das células musculares. Assim, uma vez que grandes quantidades dessas células morram, como acontece graças a algumas doenças, o indivíduo perde a função do tecido. Mas o que pode ser

feito para mudar isso? É o que vamos descobrir a seguir!

Atividade 1

Relacione os itens da primeira coluna com os da segunda.

(1) Células-tronco totipotentes

(2) Células-tronco pluripotentes

(3) Células-tronco multipotentes

() São capazes de originar todos os tecidos e órgãos do corpo humano.

() São capazes de originar apenas os diferentes tipos

94

celulares de um mesmo tecido.

() São capazes de originar todos os tecidos e órgãos do corpo humano, e mais os anexos embrionários.

Seção 3

A luz no começo do túnel

A capacidade das células em se dividir para substituir células que morreram ou ficaram muito velhas, a fim de manter a estrutura e função de um tecido em perfeito estado, é chamado de renovação tecidual ou autorreparo.

A incapacidade de alguns tipos celulares em proliferar e, assim, realizar o autorreparo é o grande obstáculo enfrentado por médicos e cientistas diante de muitas doenças degenerativas. Como por exemplo, a doença de Alzheimer,

<pág. 37>

que é uma doença degenerativa do cérebro, caracterizada por morte em grandes quantidades dos neurônios. Uma vez que as células desse tecido têm pouquíssima capacidade de

renovação, a pessoa portadora dessa doença perde, dia a dia, as funções desse órgão. Ela perde primeiro a memória, a capacidade de aprender novas tarefas, depois a capacidade de entender as coisas e a de falar, por exemplo. Assim, a geração de células que possam substituir as que foram perdidas (que possam exercer as mesmas funções) é de extrema importância para a cura dessas doenças.

Por terem a capacidade de se autorrenovar infinitamente e diferenciarem-se em todos os tipos celulares, as células-tronco tornaram-se o

personagem principal de pesquisas no mundo todo como a luz para a cura dessas doenças. A terapia com células-tronco, que envolve o transplante dessas células no órgão doente, oferece esperança para o tratamento de milhares de pessoas pelo mundo.

As células-tronco embrionárias são as mais adequadas para a geração de qualquer tipo de célula, por serem capazes de se diferenciar em todos os tecidos e órgãos do corpo humano. Mas seu uso levanta questões éticas e religiosas, uma vez que essas células são

98

obtidas da massa celular interna do embrião em formação, levantando a questão de quando começa a vida.

Como essas células têm a capacidade de se dividir infinitamente, há grande risco de formação de tumores, por falta de mecanismos de controle do ciclo celular no ambiente onde foram injetadas. Além disso, sabendo que essas células são originadas durante a formação de embriões, e que este embrião originaria outro ser vivo, pode ocorrer a rejeição dessas células após o transplante.

Verbetes

Tumor

É o aumento exagerado de uma parte ou todo um tecido devido à proliferação não controlada das células ali presentes.

Rejeição

Ocorre quando o organismo receptor não reconhece o material transplantado como próprio a si e ataca o mesmo na tentativa de destruí-lo.

Devido a esses problemas, médicos e pesquisadores voltaram sua atenção para as células-tronco adultas (multipotentes). Mas devido à

dificuldade em achar essas células no corpo e à pouca quantidade de células obtidas, os problemas ainda estavam longe de serem resolvidos.

Em 2006, a luz finalmente brilhou com o desenvolvimento da técnica de reprogramação gênica. A partir da manipulação da expressão de genes específicos, células adultas da pele foram transformadas em células-tronco pluripotentes. Essas células receberam o nome de "células-tronco de pluripotência induzida" ou iPS.

Estas células exibem propriedades de células-tronco embrionárias, tais

como a pluripotência e a capacidade de proliferação ilimitada. Elas não apresentam problemas de rejeição, uma vez que as células são retiradas do próprio paciente.

<pág. 39>

Diversas doenças já começaram a ser tratadas pela terapia com as células-tronco e, em muitos casos, alguns avanços têm sido observados. Como no caso de lesões na medula espinhal, causadas por acidentes de carro ou moto, por exemplo. O paciente perde os

movimentos das pernas e/ou braços devido à destruição de células presentes na medula espinhal. O transplante de células-tronco no local da lesão foi capaz de reparar o tecido, induzindo a proliferação de novas células que substituíram as perdidas pelo acidente, e assim, o tratamento permitiu a volta de movimentos em alguns pacientes. Muitas outras doenças tem sido alvo de estudos com células-tronco (Figura 7).

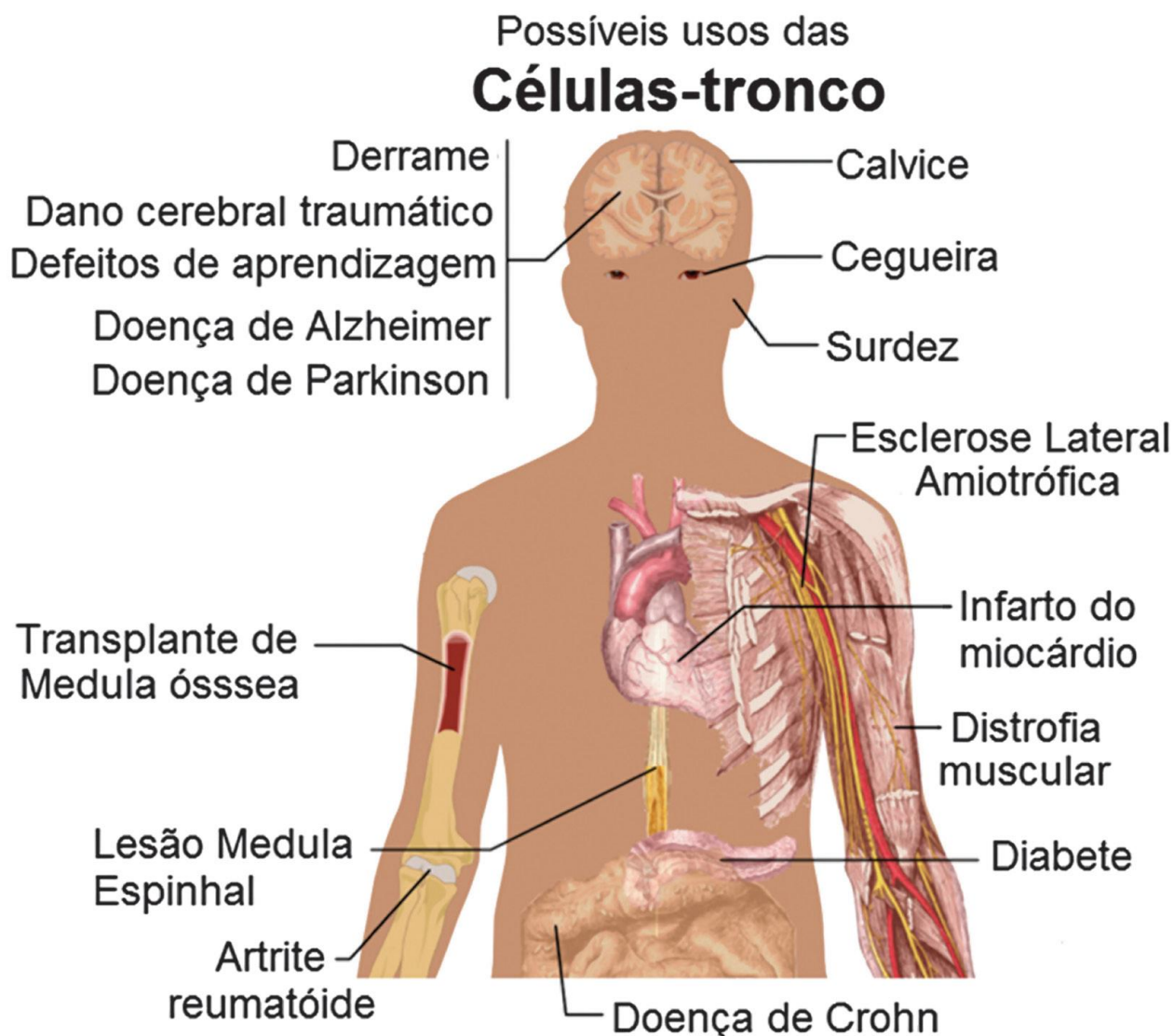


Figura 7: Possíveis usos terapêuticos das células-tronco. Atualmente, diversas doenças têm sido alvo de testes com terapia com células-tronco multipotentes

104

e células-tronco de pluripotência induzida.

<pág. 40>

Atividade 2

Qual a relação entre as células-tronco e a cura de doenças?

As células-tronco embrionárias trouxeram esperança para a cura de muitas doenças causadas pela perda excessiva de células em diversos tecidos. Tendo por base a afirmativa acima e o que você aprendeu nesta unidade, responda:

a. Quais as principais características das células-

tronco embrionárias que as tornam tão interessantes para o tratamento de doenças degenerativas?

b. Quais as principais barreiras enfrentadas no uso das células-tronco embrionárias?

Atividade 3

Verdadeiro ou falso?

Marque verdadeiro (V) ou falso (F) nas afirmativas abaixo, justificando sua resposta.

() As células-tronco adultas ou multipotentes podem dar origem a todos os

tecidos e órgãos do corpo humano.

() As células-tronco de pluripotência induzida (iPS) são originadas da massa celular interna do embrião e por isso quando transplantadas em um paciente podem sofrer rejeição.

() As células-tronco embrionárias podem causar tumores quando transplantadas em um paciente, devido sua característica de pluripotentes.

<pág. 41>

Atividade 4

Células-tronco induzidas

Células-tronco de pluripotência induzida (iPS) são obtidas do próprio paciente. Com base nesta afirmação e no que você aprendeu nesta seção, responda:

a. Como são obtidas as células-tronco de pluripotência induzida?

b. Considerando que as iPS possuem as mesmas características das células-tronco embrionárias, como a pluripotência e a capacidade de proliferar infinitamente,

qual a(s) vantagem(s) de sua utilização?

Resumo

- . A expressão gênica pode ser controlada em diferentes níveis e esses mecanismos garantem que tipos celulares diferentes possuam morfologia e funções diferentes;**
- . As células-tronco embrionárias são o melhor exemplo do controle sobre a expressão gênica e diferenciação celular, pois elas podem se tornar qualquer célula do organismo;**
- . As células-tronco podem ser classificadas de acordo com sua capacidade de geração de**

outros tipos celulares: células-tronco embrionárias são consideradas pluripotentes, pois podem dar origem a todos os tipos celulares do corpo humano; as células-tronco multipotentes podem dar origem a todos os tipos celulares de um único tipo de tecido; e as células do zigoto são células-tronco totipotentes, pois podem dar origem a todas as células, tecido e órgãos do corpo, além dos anexos embrionários;

. As células-tronco tornaram-se alvo de pesquisas por seu potencial terapêutico na cura de diversas doenças. Mas as

110

células-tronco embrionárias levantam questões éticas e religiosas, enquanto células-tronco multipotentes apresentam fonte difícil, quantidade reduzida e limitação nos tipos celulares gerados;

. As iPS mostraram-se como a melhor solução para combater esses problemas, sendo originadas a partir de células já diferenciadas do próprio paciente.

<pág. 41>

Veja ainda

.<http://www.biologia.bio.br/> site que apresenta diversas provas de biologia de

vestibular com seus respectivos gabaritos, além de exercícios para você exercitar seus conhecimentos. [.http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u11307.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u11307.shtml). Reportagem da Folha de S. Paulo sobre a importância das células-tronco.

Bibliografia

. Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. Molecular Biology of the Cell. 4th edition. New York: Garland Science, 2002. 1400p.

112

. G.U. Gurudutta, Neeraj Kumar Satija, Vimal Kishor Singh, Yogesh Kumar Verma, Pallavi Gupta, and R.P. Tripathi. Stem cell therapy: A novel & futuristic treatment modality for disaster injuries. Indian J Med Res. 2012 January; 135(1): 15–25.

<pág. 42>

Respostas das atividades
Atividade 1

**Ordem da numeração: 3;
2; 1.**

Atividade 2

a. As células-tronco embrionárias são pluripotentes, ou seja, podem

dar origem a todos os órgãos e tecidos que formam o corpo humano, e possuem a capacidade de se dividir infinitamente, o que garante a autorrenovação tecidual.

b. As principais barreiras enfrentadas no uso das células-tronco embrionárias são: questões éticas e religiosas, uma vez que essas células dariam origem a outro ser humano se permitido seu desenvolvimento, além dessas células poderem levar a formação de tumores, uma vez que não existem mecanismos de controle do ciclo celular adequados no local de transplante e

podem sofrer rejeição após o transplante, uma vez que essas células não são do próprio paciente e sim de um outro indivíduo.

Atividade 3

(F) As células-tronco adultas ou multipotentes podem dar origem APENAS a tipos celulares de um tecido específico.

(F) As células-tronco de pluripotência induzida (iPS) são originadas por reprogramação gênica de células adultas, como as da pele, do próprio paciente e portanto não causam rejeição quando transplantadas.

(F) As células-tronco embrionárias podem causar tumores quando transplantadas em um paciente devido a sua capacidade de proliferação ilimitada e a falta de mecanismos de controle do ciclo celular no local da transplante.

<pág. 43>

a) As células-tronco de pluripotência induzida são obtidas a partir da reprogramação gênica de células adultas do próprio paciente, como por exemplo, células presentes na pele.

b) As principais vantagens do uso das iPS ao invés das células-tronco embrionárias consistem no fato de que as iPS não causam rejeição, uma vez que são do próprio paciente, e no fato de que utilizando essas células, não levantamos questões éticas e religiosas sobre quando começa a vida.

<pág. 45>

Questão 1 (FUVEST)

Células-tronco são células indiferenciadas que têm a capacidade de se diferenciar em diversos tipos celulares. Para que ocorra tal diferenciação, as células-

tronco terão necessariamente que alterar

a) o número de cromossomos.

b) a quantidade de genes nucleares.

c) a quantidade de genes mitocondriais.

d) o padrão de atividades dos genes.

e) a estrutura de genes específicos por mutações.

Gabarito: letra D.

Comentário: O padrão de atividades dos genes nada mais é do que a expressão dos mesmos Assim, como as células-tronco indiferenciadas

118

não se comprometeram com nenhum tipo celular podem se tornar qualquer célula de qualquer tecido do corpo humano.

<pág. 46>

Questão 2 (PUCMG)

UMA CÉLULA QUE MUDOU DE TIME

O biólogo Jerry Borges relata um surpreendente resultado obtido por cientistas da Universidade de Guelph, no Canadá: eles mostraram que gametas femininos podem ser formados a partir de células da pele. Publicado na "Nature Cell Biology", o estudo desafia

um pilar da biologia do desenvolvimento.

(Fonte: "Ciência Hoje online", 21 de abril de 2006.)

Sobre esse assunto, assinale a afirmativa INCORRETA:

a) A técnica descrita poderia ser útil para a produção de gametas em mulheres que não possuem ovários.

b) Os gametas femininos originados de células da pele de um mesmo indivíduo devem apresentar um mesmo patrimônio genético.

c) O sucesso do processo descrito dependeu da indução

120

de meiose em uma célula somática.

d) Em condições normais, as crianças do sexo feminino apresentam, em seus ovários, ovócitos no início da primeira divisão meiótica.

Gabarito: letra B.

Comentário: Todas as células de um mesmo indivíduo APRESENTAM o mesmo patrimônio genético, ou seja, a mesma coleção de genes. O que permite que células de tecidos diferentes sejam diferentes é o controle sobre a expressão desses genes.

<pág. 47>

(ENEM 2010 – Prova Reaplicada) A utilização de células-tronco do próprio indivíduo (autotransplante) tem apresentado sucesso como terapia medicinal para a regeneração de tecidos e órgãos cujas células perdidas não têm capacidade de reprodução,, principalmente em substituição aos transplantes, que causam muitos problemas devidos à rejeição pelos receptores. O autotransplante pode causar menos problemas de rejeição quando comparado aos

transplantes tradicionais, realizados entre diferentes indivíduos. Isso porque as células-tronco se mantêm indiferenciadas após sua introdução no organismo do receptor.

a) células-tronco se mantêm indiferenciadas após sua introdução no organismo do receptor.

b) células provenientes de transplantes entre diferentes indivíduos envelhecem e morrem rapidamente.

c) células-tronco, por serem doadas pelo próprio indivíduo receptor, apresentam material genético semelhante.

d) células transplantadas entre diferentes indivíduos se diferenciam em tecidos tumorais no receptor.

e) células provenientes de transplantes convencionais não se reproduzem dentro do corpo do receptor.

Gabarito: letra C.

Comentário: Uma vez que todas as células de um mesmo organismo possuem os mesmos genes, isso significa que elas podem produzir as mesmas proteínas. Assim, células do próprio paciente transplantadas nele não vão apresentar proteínas

124

diferentes e assim não serão reconhecidas como estranhas.

<pág. 49>

Caia na rede!

No site

<http://www.celulastroncobrasil.com.br/>, você vai poder aprender muito mais sobre as células-tronco e suas aplicações, além de poder assistir a vídeos superinteressantes de casos reais de pessoas que passaram pela terapia com essas células. Conecte-se e fique ligado!

