

# **Citologia II e Genética**

*Ciclo celular, divisão celular e  
hereditariedade.*

Autor:  
**Daniel Reis**  
*Aula 01*

20 de dezembro, 2019

# Sumário

<b>1. Ciclo Celular .....</b>	<b>4</b>
<i>Fase G1 .....</i>	<i>5</i>
<i>Fase S.....</i>	<i>5</i>
<i>Fase G2.....</i>	<i>8</i>
<b>2. Divisão Celular: Mitose .....</b>	<b>8</b>
<i>Prófase.....</i>	<i>9</i>
<i>Metáfase .....</i>	<i>10</i>
<i>Anáfase.....</i>	<i>10</i>
<i>Telófase .....</i>	<i>11</i>
<i>Citocinese .....</i>	<i>12</i>
<b>3. Divisão Celular: Meiose.....</b>	<b>13</b>
<i>Ploidia das Células.....</i>	<i>13</i>
<i>Primeira Divisão Meiótica (Divisão Reducional) .....</i>	<i>14</i>
<i>Segunda Divisão Meiótica (Divisão Equacional) .....</i>	<i>17</i>
<b>4. Principais Tecidos Animais .....</b>	<b>19</b>
<i>Tecido Epitelial .....</i>	<i>20</i>
<i>Tecidos Conjuntivos.....</i>	<i>23</i>
<i>Tecido Muscular .....</i>	<i>24</i>
<i>Tecido Nervoso .....</i>	<i>26</i>
<b>5. Genética e Hereditariedade .....</b>	<b>27</b>
<i>A Primeira Lei de Mendel .....</i>	<i>27</i>
<i>Regra do “E” e Regra do “Ou” .....</i>	<i>33</i>
<i>Trabalhando com Heredogramas .....</i>	<i>34</i>
<i>Herança Sexual.....</i>	<i>35</i>
<b>6. Biotecnologia.....</b>	<b>38</b>
<i>Células-Tronco.....</i>	<i>38</i>



<i>Clonagem</i> .....	40
<i>DNA Recombinante e Transgênicos</i> .....	42
<i>Identificação por DNA</i> .....	44
<b>Questões Comentadas</b> .....	<b>46</b>
<b>Lista de Questões</b> .....	<b>66</b>
<b>Gabarito</b> .....	<b>80</b>



# 1. Ciclo Celular

As células apresentam, basicamente, duas situações durante suas vidas: ou elas estão se dividindo, ou estão se preparando para a divisão. O período em que a célula não está se dividindo é chamado **intérfase** e corresponde a cerca de 90% do tempo de vida celular. É durante a intérfase que a célula cresce, duplica seu material genético, multiplica suas organelas e realiza todas as atividades necessárias para que ela se mantenha viva. Os 10% restantes do tempo, as células usam para se dividir. Na maioria dos tipos celulares eucariontes, essa divisão é feita pelo processo chamado **mitose**. Nas células procariontes, como não há citoesqueleto, não é possível formar as **fibras do fuso mitótico** e, por isso, sua divisão é chamada de bipartição, sendo um processo mais rápido e simples. No entanto, podemos considerar o esquema abaixo representativo do **ciclo celular** normal.

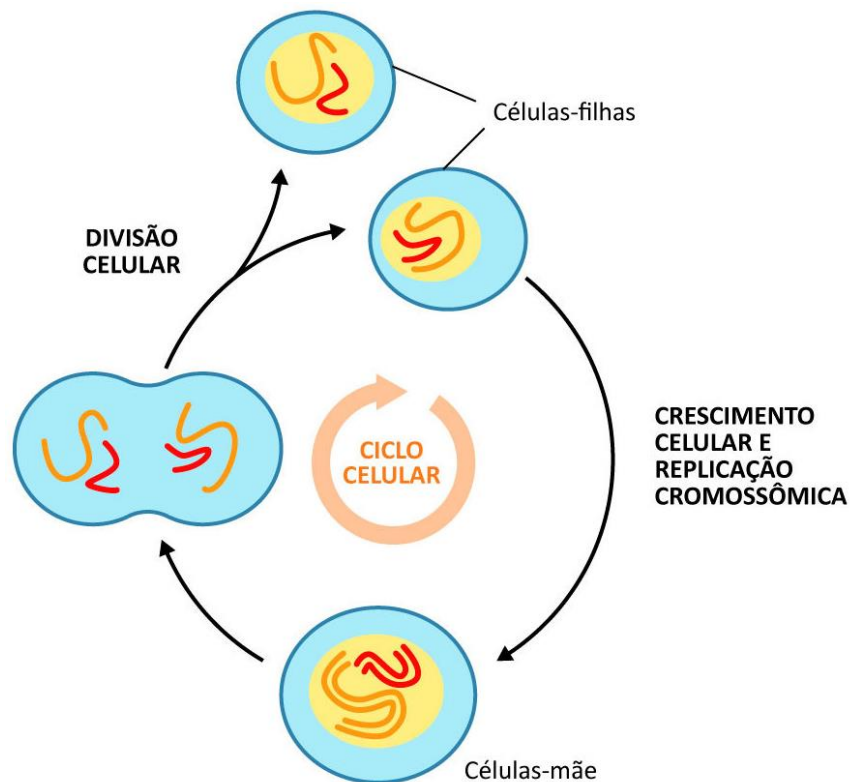


Fig. 01: O ciclo celular.

Podemos ver, na figura abaixo, que a intérfase é dividida em 3 fases: G1, S e G2. Já a divisão celular inclui a divisão nuclear (mitose propriamente dita) e a divisão do citoplasma (citocinese). Veremos a seguir, os principais eventos das etapas da intérfase e, posteriormente, trataremos da divisão celular.

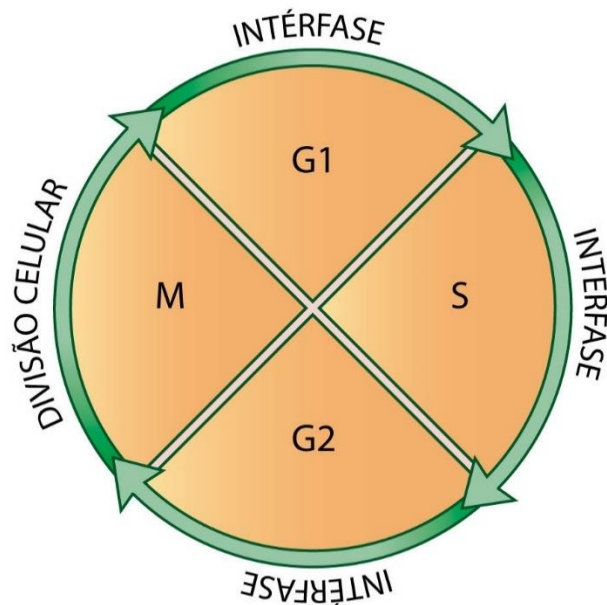


Fig. 02: Etapas do ciclo celular.

### Fase G1

A letra G dessa fase (e também da G2) vem da palavra inglesa *gap*, que significa intervalo. Assim, é como se as fases G1 e G2 fossem intervalos entre a fase S e a fase mitótica. Isso pode levar à impressão de que nada acontece durante esses períodos, mas é preciso lembrar que é justamente durante a intérfase que a célula vai realizar todas as suas atividades metabólicas, crescer e expressar seu material genético através da produção de RNA e proteínas. São exatamente essas as atividades desenvolvidas pelas células durante a fase G1 da intérfase.

### Fase S

A letra S significa síntese, pois é nessa fase que ocorrerá a duplicação dos cromossomos, a síntese de histonas (proteínas que atuam no enrolamento do DNA) e a duplicação dos centríolos nas células animais, organelas que vão orientar a formação do fuso mitótico. Antes de passarmos à fase G2, precisamos ver como ocorre a duplicação dos cromossomos.

### Duplicação do DNA

Para que uma célula possa se dividir sem que haja perda de informação genética, é preciso que antes ela duplique os seus cromossomos. Isso ocorre na fase S da intérfase. Cada cromossomo é composto por uma longa molécula de DNA associada a proteínas. Durante a intérfase, os cromossomos encontram-se pouco condensados (cromatina) e não é possível visualizá-los individualmente. As

células eucariontes possuem variados números cromossomiais, característico de cada espécie. O ser humano, por exemplo, apresenta 46 cromossomos dispostos em pares. Já as células procariontes, como a das bactérias, apresentam apenas um único cromossomo circular que também é duplicado antes que ocorra a divisão celular.

Para compreender o processo de duplicação do DNA, é preciso lembrar da estrutura dessa molécula. Você deve se lembrar, portanto, que o DNA é formado por uma dupla hélice composta por 2 fitas que são complementares e antiparalelas. Assim, enquanto uma se orienta no sentido 5' – 3', a outra está orientada no sentido 3' – 5'. O processo de duplicação do DNA depende de várias enzimas, sendo que a principal é a **DNA-polimerase**. É ela que vai efetivamente adicionar os nucleotídeos às novas fitas de DNA que serão sintetizadas. Um detalhe importante é que a DNA-polimerase só consegue adicionar nucleotídeos à ponta 3' livre de uma fita de DNA, o que faz com que apenas uma delas seja sintetizada de modo contínuo. A outra fita, que está orientada no sentido inverso, será sintetizada de modo descontínuo, ou seja, um fragmento de cada vez. Isso garante que o sentido da duplicação dos cromossomos seja sempre o 5' – 3' e que ambas as fitas sejam duplicadas ao mesmo tempo.

Cada fita do DNA servirá de molde para uma nova fita a ser sintetizada. Assim, após uma rodada de duplicação (ou replicação), a partir de uma molécula original, são formadas duas novas moléculas, contendo uma fita da molécula antiga e outra recém-sintetizada. Por isso a duplicação do DNA é chamada de **semiconservativa**, uma vez que conserva, em cada molécula filha, metade da molécula original.

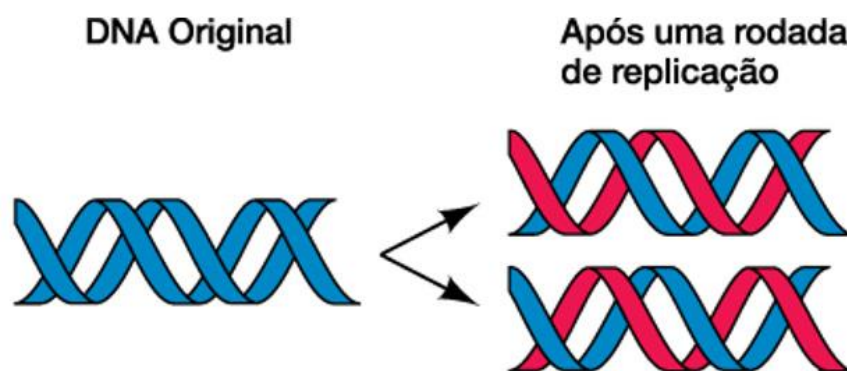


Fig. 03: A replicação do DNA é semiconservativa. Em azul, as fitas correspondentes à molécula original e em rosa as fitas recém-sintetizadas.

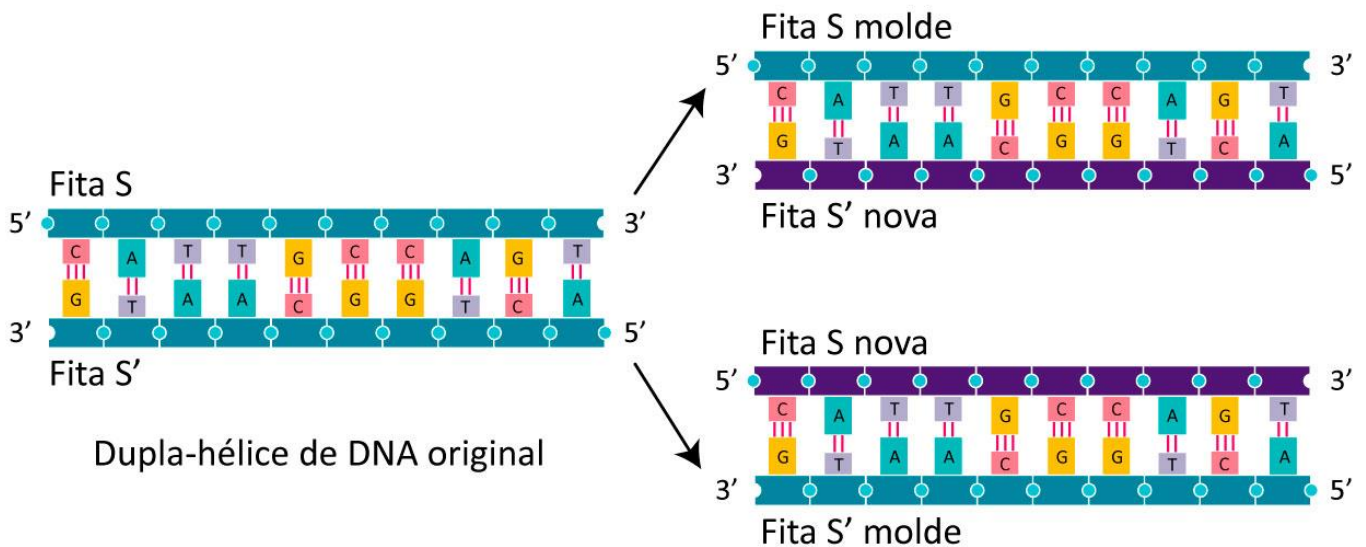


Fig. 04: Na duplicação do DNA, a enzima DNA-polimerase adiciona novos nucleotídeos, respeitando as regras de pareamento entre as bases nitrogenadas (C – G, T – A).

Após a duplicação do DNA, as duas novas moléculas ficam unidas e cada uma delas forma uma das **cromátides-irmãs** de um cromossomo. A separação dessas cromátides, durante a mitose, garante que as células filhas tenham o mesmo conjunto de cromossomos e, conseqüentemente, de genes, que a célula original possuía.

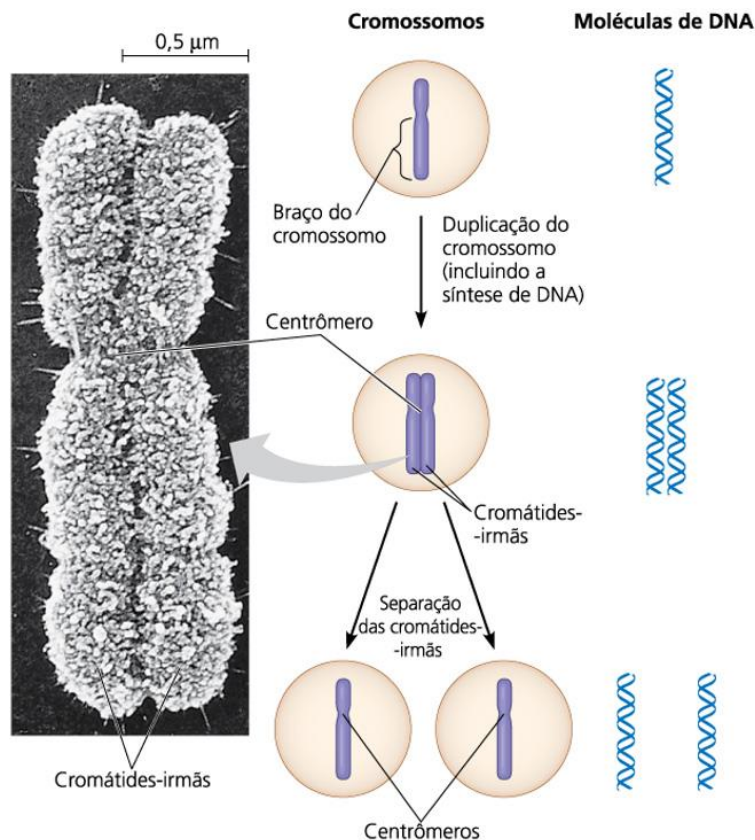


Fig. 05: Após a duplicação dos cromossomos, as cromátides-irmãs ficam unidas.

## Fase G2

Durante o segundo *gap*, a célula continua crescendo e expressando seu material genético, mas agora, pela proximidade da divisão celular, ela passa a adotar medidas preparatórias para a mitose, como a síntese dos microtúbulos que formarão o fuso mitótico. É esse fuso que vai orientar a separação dos cromossomos durante a mitose. Nessa etapa ainda não é possível visualizar os cromossomos individualmente, pois eles ainda estão pouco condensados na forma de cromatina.

Com a duplicação dos cromossomos na fase S da intérfase e a posterior divisão celular, há uma variação na quantidade de DNA presente nas células, dependendo da fase do ciclo celular em que ela se encontra. Se consideramos  $x$  como o valor para a quantidade de DNA antes da duplicação dos cromossomos, ao fim da fase S, essa quantidade terá sido duplicada se tornando  $2x$ . Ela permanecerá assim até o fim da mitose, quando as células filhas se separam e cada uma volta a apresentar a quantidade  $x$  de DNA. Observe a figura abaixo que representa essa variação ao longo do tempo.

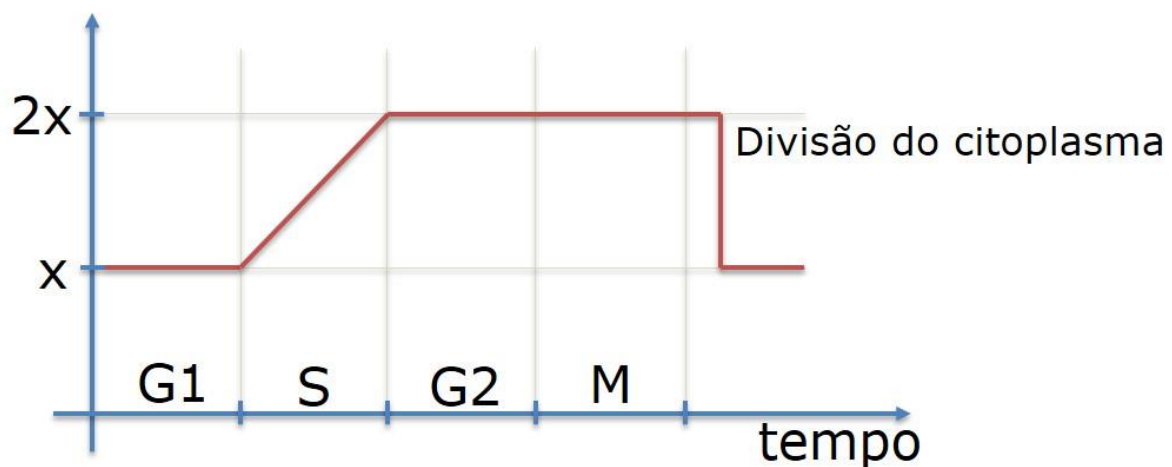


Fig. 06: Variação da quantidade de DNA em uma célula ao longo das fases do ciclo celular.

## 2. Divisão Celular: Mitose

A mitose é o processo pelo qual as células eucariotas se multiplicam. Nas células procariotas, devido à ausência de núcleo e de citoesqueleto, seu processo de divisão celular não é considerado mitose. É através da mitose que seres unicelulares (e também alguns pluricelulares) eucariontes se **reproduzem** assexuadamente (sem troca de material genético com outro indivíduo). Além disso, o **crescimento** de organismos pluricelulares, a **regeneração** de tecidos danificados e a **reposição** de



células mortas também são realizados através de divisões mitóticas. As células geradas por mitose são **geneticamente idênticas** à célula original. É por isso que a reprodução assexuada forma **clones**, ou seja, seres idênticos. Para cada célula que sofre mitose, são formadas duas novas células.

A mitose é dividida em 4 fases (**prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**), e é normalmente sucedida pela divisão do citoplasma, chamada **citocinese**. Vamos ver o que acontece em cada uma dessas fases.

## Prófase

Ao iniciar a divisão mitótica, os cromossomos já se encontram duplicados pois esse processo ocorre na fase S da intérfase. As cromátides-irmãs estão unidas por uma região do cromossomo chamada **centrômero**.

É na prófase que eles começam a se condensar e isso leva à interrupção dos processos de transcrição, já que as RNA-polimerases não são capazes de atuar no DNA condensado. Isso leva também ao desaparecimento dos nucléolos. Com essa compactação do material genético, os cromossomos passam a ser visíveis ao microscópio óptico. As fibras do fuso mitótico começam a surgir a partir dos centríolos e isso faz com que cada par dessas estruturas migre em direção a polos celulares opostos.

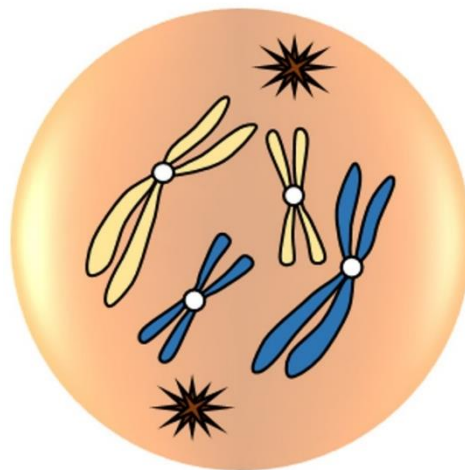


Fig. 07: Esquema representativo da célula em prófase.

No fim da prófase, a carioteca se fragmenta e isso possibilita que as fibras do fuso mitótico se liguem aos centrômeros dos cromossomos.

## Metáfase

É na metáfase que os cromossomos atingem o grau máximo de compactação, sendo mais visíveis. Essa é também a etapa mais demorada de mitose. Os centríolos já estão posicionados nos polos opostos da célula e a organização do fuso mitótico posiciona os cromossomos na região mediana do citoplasma que é chamada **placa metafásica** ou **placa equatorial**.

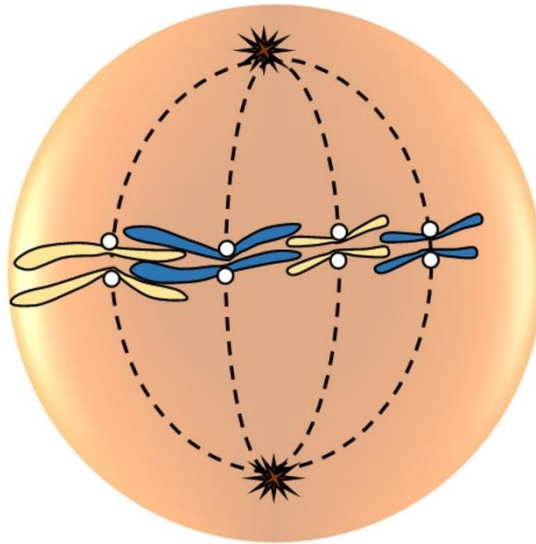


Fig. 08: Esquema representativo da célula em metáfase.

## Anáfase

Nessa fase, que é a mais rápida da mitose, o encurtamento das fibras do fuso mitótico leva à separação das cromátides-irmãs. Esse processo garante que as duas novas células geradas na mitose terão exatamente o mesmo número e o mesmo tipo de cromossomos da célula original.

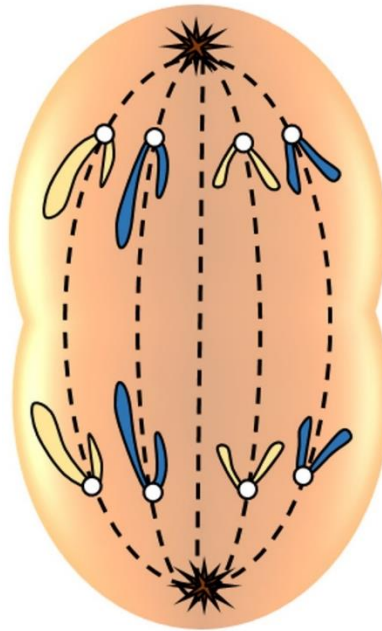


Fig. 09: Esquema representativo da célula em anáfase.

## Telófase

Nessa que é a última fase da mitose, os cromossomos voltam a ficar pouco condensados e a carioteca reaparece. Os nucléolos também voltam a aparecer devido ao retorno das atividades de transcrição do DNA para formar RNA ribossomal. Com a conclusão da divisão do núcleo, na maioria dos casos, as células realizam a divisão do citoplasma chamada citocinese.

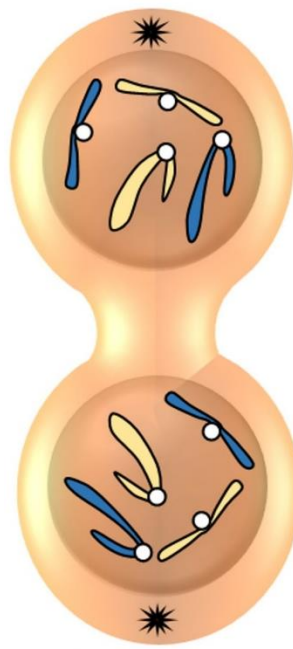


Fig. 10: Esquema representativo da célula em telófase.

## Citocinese

Normalmente a citocinese começa a ocorrer junto com a telófase. É esse o processo que vai separar os citoplasmas das novas células, fazendo com que elas se tornem individualizadas. Isso ocorre de maneira diferente em células animais e em células vegetais.

Nos animais o citoplasma é estrangulado de fora para dentro até que as duas novas células se separem. Por isso, dizemos que a citocinese nos animais é **centrípeta**.

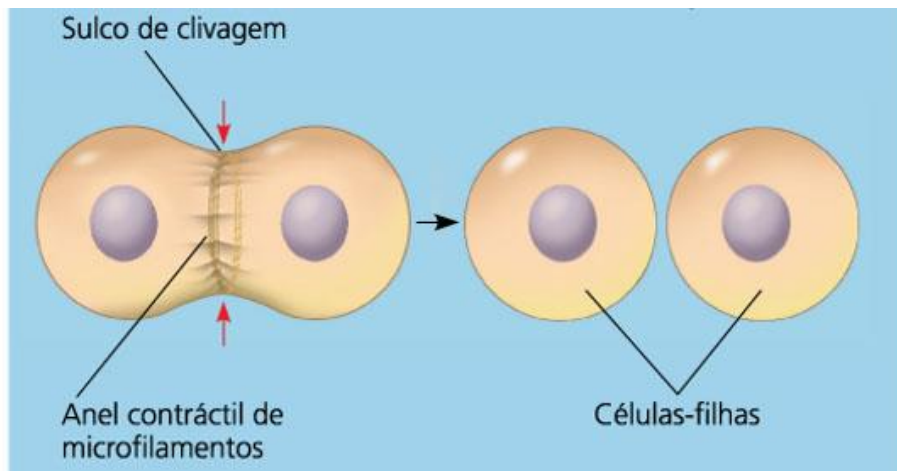


Fig. 11: Citocinese nas células animais.

Já nos vegetais, devido à presença da parede celular rígida, que impede o estrangulamento do citoplasma, a citocinese vai ocorrer de dentro para fora (**centrífuga**). A chamada placa celular em formação consiste no acúmulo de vesículas que vão formar a nova parede de celulose e as novas membranas plasmáticas, dividindo assim o citoplasma das novas células.

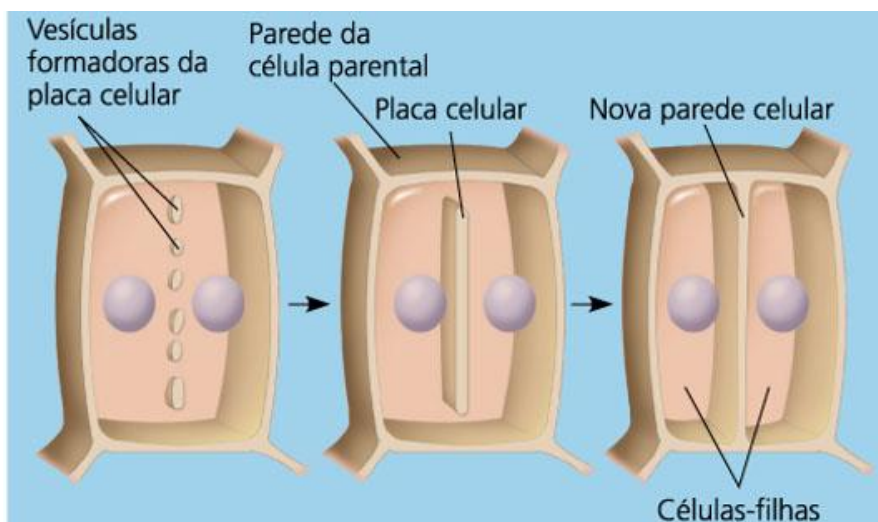


Fig. 12: Citocinese nas células vegetais.

### 3. Divisão Celular: Meiose

Enquanto a mitose está ligada ao processo de reprodução assexuada de muitos organismos, a meiose é o mecanismo pelo qual são formados gametas e esporos, células que atuam na reprodução sexuada. A grande vantagem da reprodução sexuada em relação à assexuada é que ela produz indivíduos geneticamente diferentes daqueles que os originaram. Isso gera a tão importante variabilidade necessária para os processos evolutivos.

Além disso, a meiose se diferencia da mitose pois ela produz quatro células a partir de uma única célula, ao invés das duas produzidas na mitose. Essas quatro células são todas diferentes entre si, devido à **permuta genética** e à **segregação independente** dos cromossomos homólogos. Outra característica da meiose é que ela gera células com a metade do número de cromossomos da célula original. Para entender isso, é preciso saber o que é a ploidia das células.

#### Ploidia das Células

A ploidia de uma célula refere-se ao número de cromossomos de um mesmo tipo que formam o seu material genético nuclear. Quando uma célula possui apenas um exemplar de cada cromossomo, ela é chamada de **haploide** ( $n$ ). Já uma célula **diploide** ( $2n$ ) possui dois cromossomos de cada tipo, que formam pares **homólogos**. Dizemos que esses pares são homólogos porque eles carregam os mesmos tipos de genes. No entanto, pode haver variações desses genes em cada um dos cromossomos que formam o par. Usando como exemplo o ser humano, para cada par de homólogos, recebemos um cromossomo do nosso pai e outro da nossa mãe.

Assim, durante a meiose, uma célula diploide tem sua quantidade de cromossomos dividida à metade e origina quatro células haploides. Para isso, a célula sofre duas divisões celulares seguidas. Na primeira divisão meiótica, ocorre a **separação dos cromossomos homólogos** e na segunda divisão meiótica, que é muito parecida com a mitose, ocorre a **separação das cromátides-irmãs**. Veremos a seguir os principais eventos das fases das duas divisões meióticas.

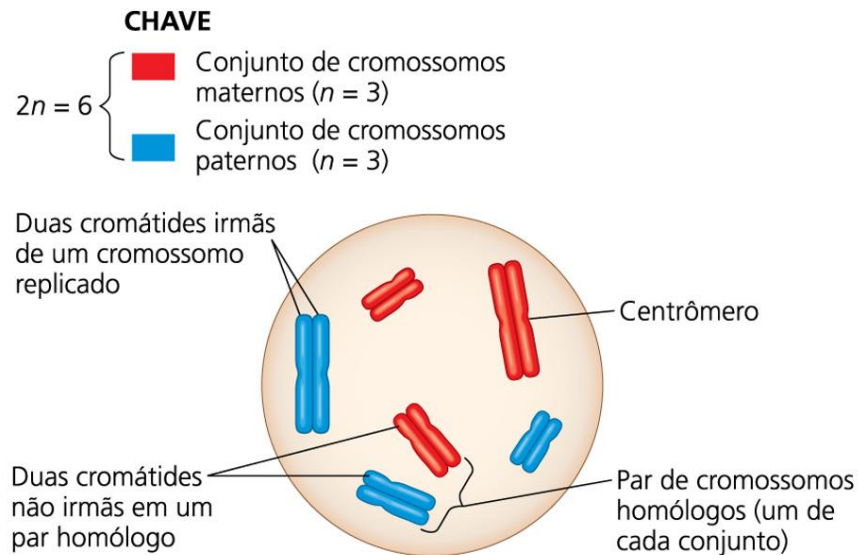


Fig. 13: Uma célula diploide hipotética composta por 3 pares de cromossomos homólogos.

## Primeira Divisão Meiótica (Divisão Reducional)

É constituída pela Prófase I, Metáfase I, Anáfase I e Telófase I. A redução do número de cromossomos acontece durante essa divisão e por isso ela é chamada de reducional.

### Prófase I

Nessa fase, assim como na prófase da mitose, os cromossomos começam a se condensar, os nucléolos desaparecem, os centríolos migram em direção aos polos celulares e a carioteca se quebra. No entanto, o evento mais significativo dessa fase é o **pareamento dos cromossomos homólogos**, que podem trocar fragmentos entre si no processo de **permutação** ou **Crossing-over**. Isso é responsável por um grande aumento na variabilidade genética apresentada pelos gametas e esporos produzidos, uma vez que mistura os cromossomos paternos com os maternos gerando novas combinações genéticas.

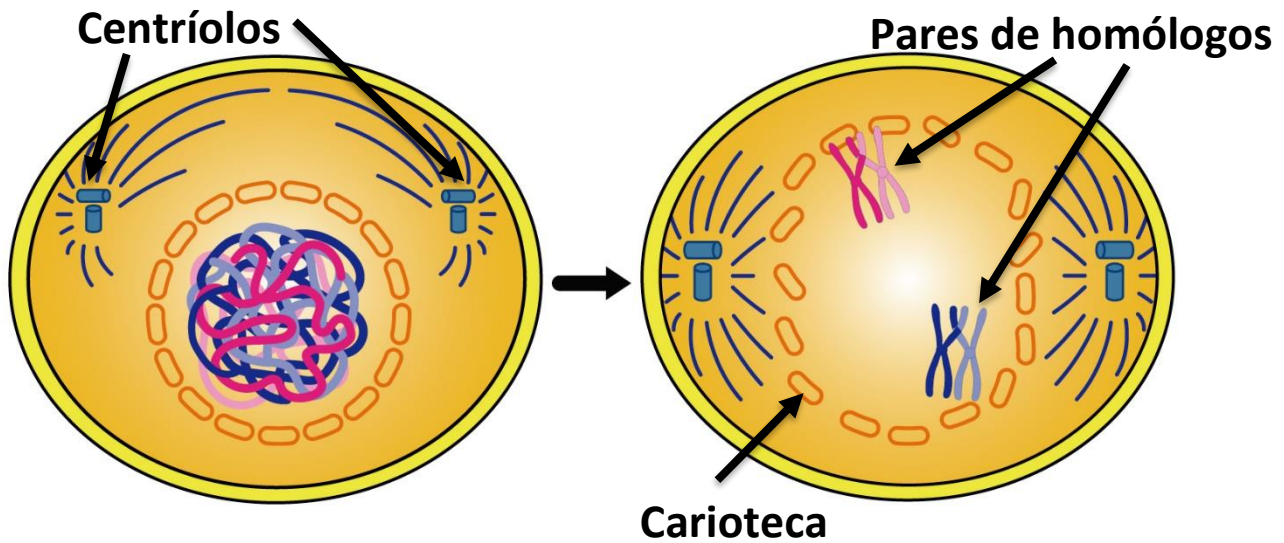


Fig. 14: Na prófase I da meiose ocorre o pareamento dos cromossomos homólogos e a troca de fragmentos entre eles.

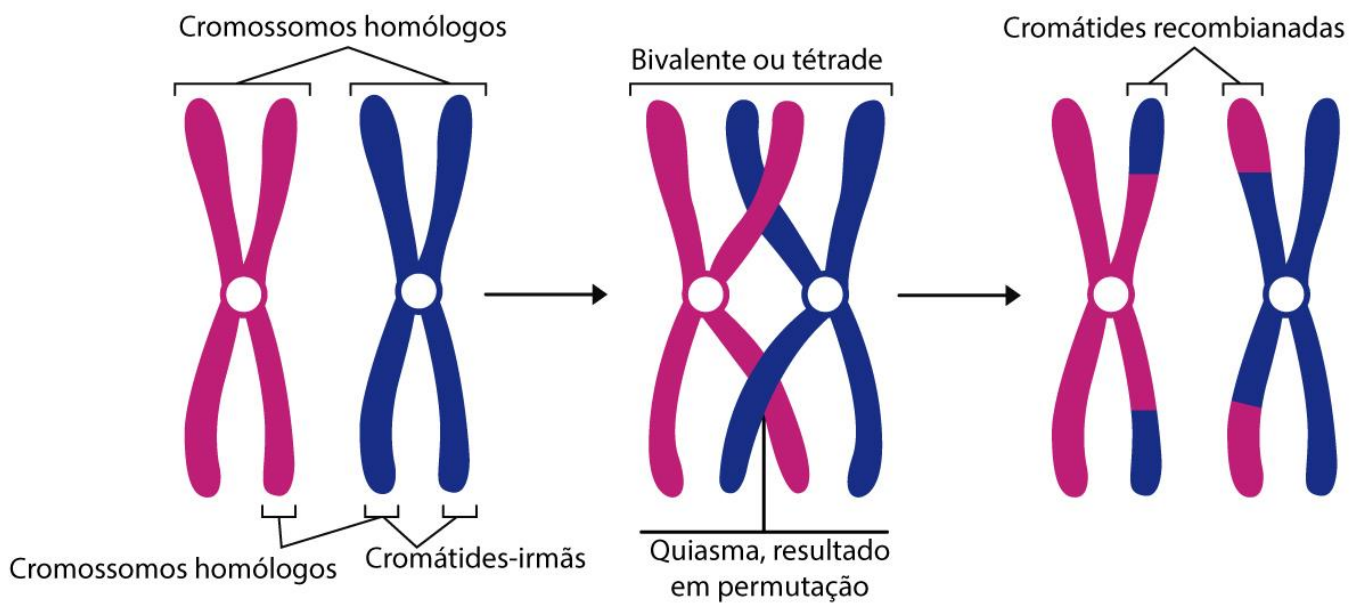


Fig. 15: Uma visão mais detalhada do processo de permutação ou crossing-over.

## Metáfase I

Os cromossomos atingem o grau máximo de espiralização e a organização do fuso mitótico posiciona os pares de homólogos ainda unidos na placa metafásica.

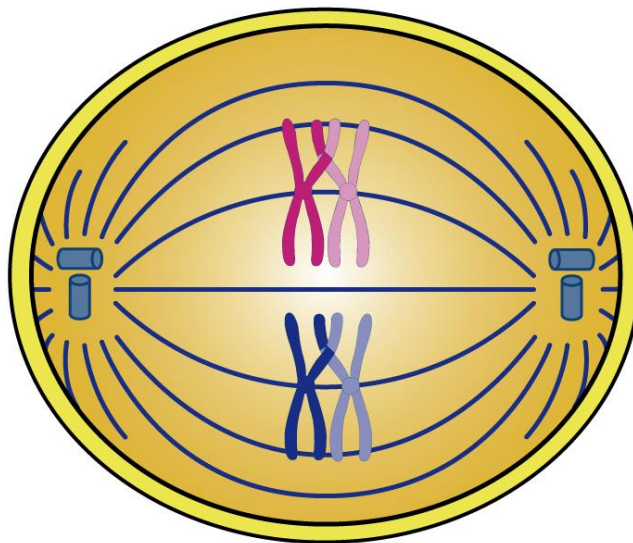


Fig. 16: Na metáfase I os pares de cromossomos homólogos se posicionam na região mediana da célula.

## Anáfase I

O encurtamento das fibras do fuso causa a segregação (separação) dos cromossomos homólogos. Essa **segregação é feita de forma independente**, ou seja, cada uma das células terá uma combinação diferente de cromossomos paternos e maternos. Isso ocorre de maneira aleatória e contribui para a variabilidade genética das células produzidas. Isso, somado à permutação, tem a capacidade de gerar um número quase infinito de diferentes gametas ou esporos.

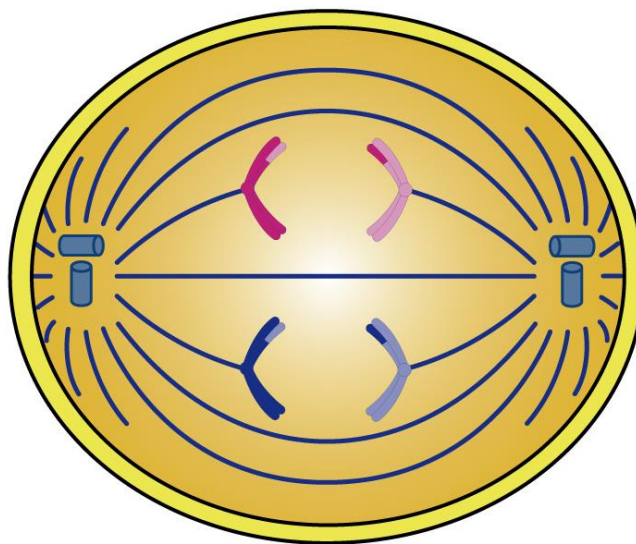


Fig. 17: Na anáfase I ocorre a segregação dos cromossomos homólogos.



## Telófase I

Nessa fase, ocorre o reaparecimento da carioteca e a os cromossomos se desespiralizam, mas não completamente. Ao mesmo tempo, as duas células formadas se separam na citocinese.

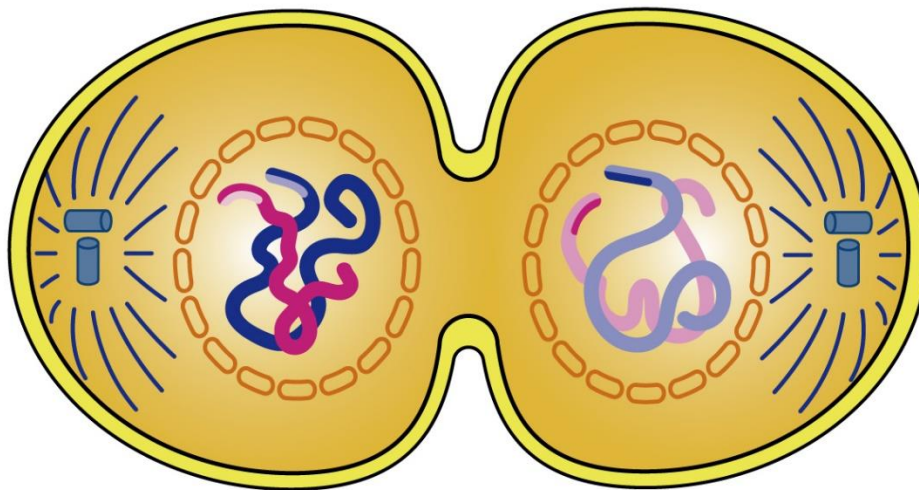


Fig. 18: Na telófase I, as novas cariotecas reaparecem e segue-se a citocinese.

Entre a primeira e a segunda divisão meióticas, há um intervalo chamado **intercinese** que é semelhante à intérfase. No entanto, não há nova duplicação dos cromossomos, uma vez que eles ainda se encontram duplicados e com suas cromátides unidas. É importante lembrar que, devido ao processo de permutação, as cromátides-irmãs podem não ser mais idênticas nesse momento.

### Segunda Divisão Meiótica (Divisão Equacional)

Essa divisão é muito semelhante à mitose, pois nela vai ocorrer a separação das cromátides-irmãs, durante a Anáfase II. Suas fases também são as mesmas, apenas acompanhadas pelo número II após seu nome: Prófase II, Metáfase II, Anáfase II e Telófase II.

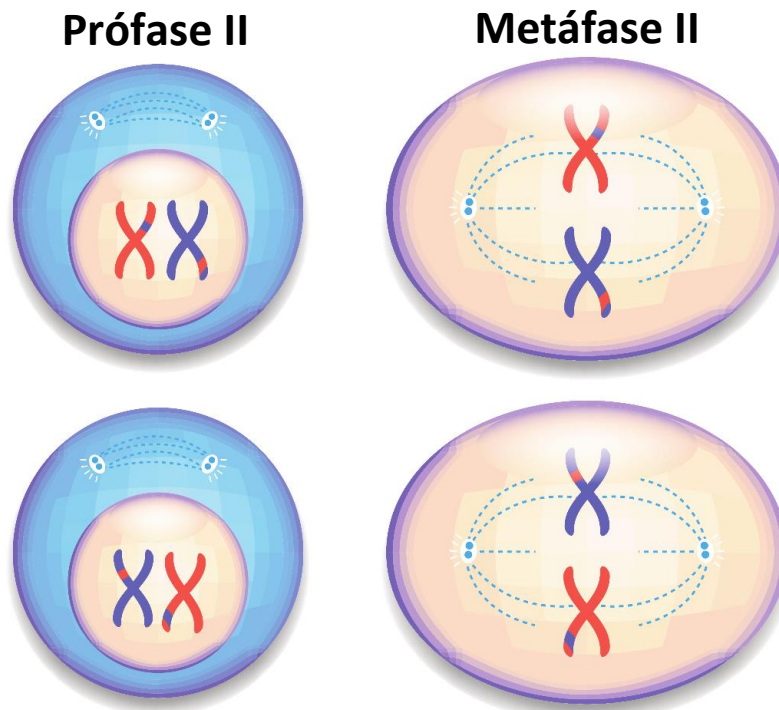


Fig. 19: Prófase II – cromossomos se condensam e carioteca se quebra; Metáfase II – cromossomos dispostos na placa metafásica ou equatorial.

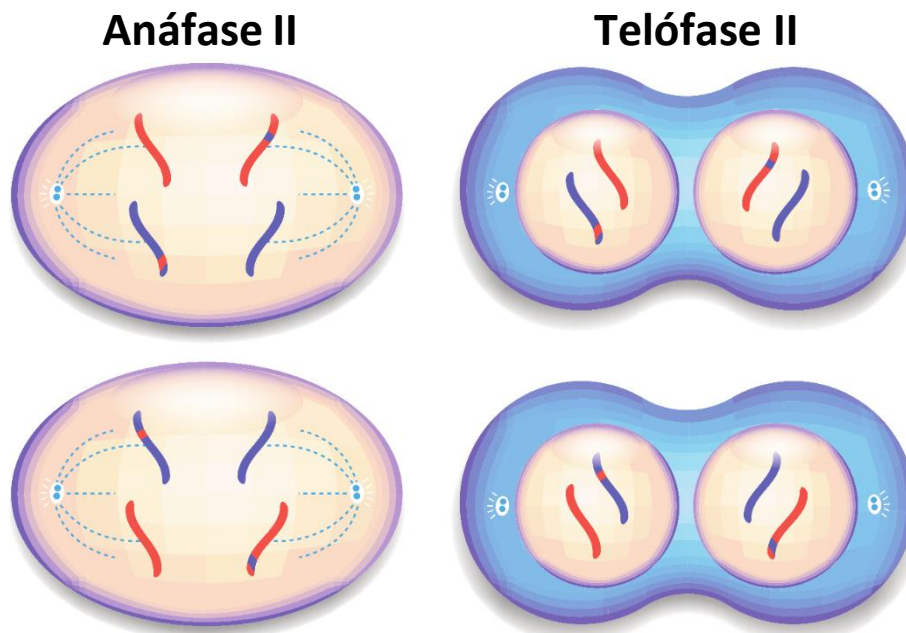


Fig. 20: Anáfase II – separação das cromátides-irmãs; Telófase II – reaparecimento das cariotecas e desempacotamento do DNA.

Assim, ao final das duas divisões meióticas, uma célula diploide terá dado origem a quatro células haploides, cada uma com metade do número de cromossomos da célula original.

O esquema abaixo resume e dá uma visão geral de todo o processo.

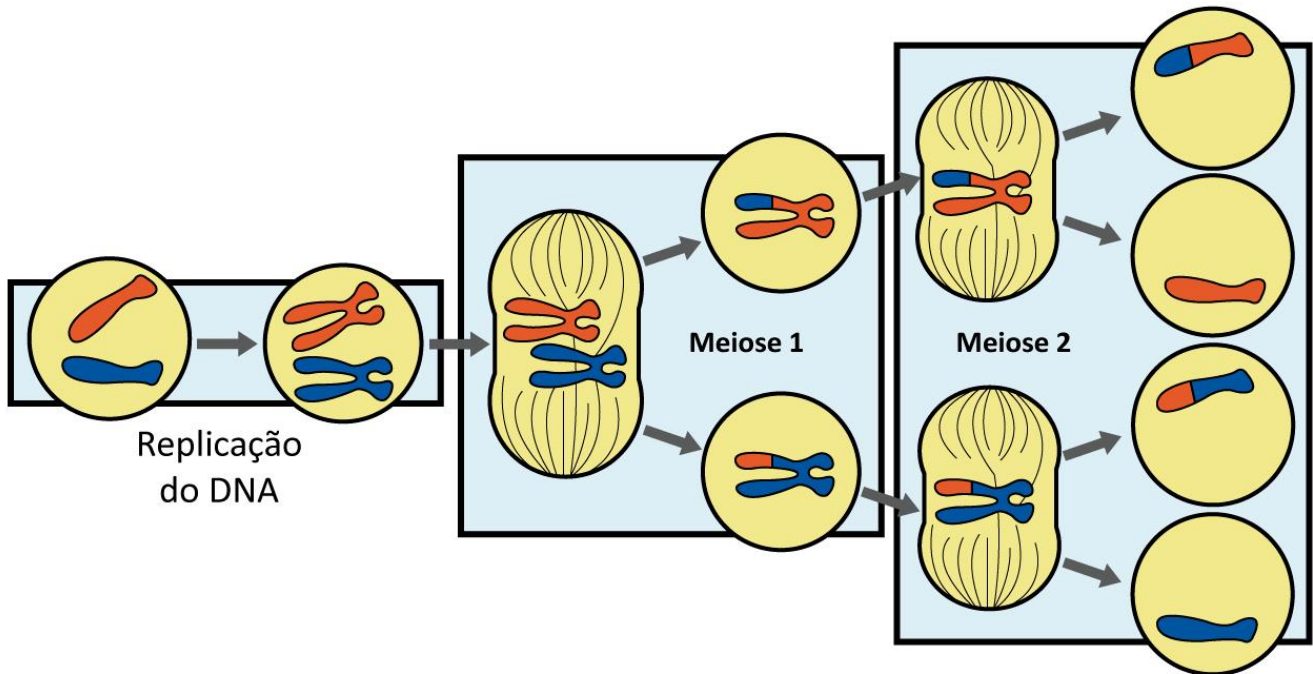


Fig. 21: Resumo da meiose.

É interessante comentar também que a duração da meiose é muito maior do que a da mitose. Enquanto a mitose dura cerca de uma a duas horas para ser concluída, a meiose leva cerca de um mês na formação dos espermatozoides humanos e muitas décadas na formação dos óvulos, de acordo com a liberação deles durante a ovulação mensal nas mulheres.

## 4. Principais Tecidos Animais

Na história evolutiva dos seres vivos, a multicelularidade surgiu como uma estratégia para permitir o aumento no tamanho dos organismos, pois houve um momento em que as células eucariontes não podiam crescer mais, já que a sua superfície de trocas com o ambiente não suportaria todo o volume metabólico da célula. Com isso, uma das soluções encontradas foi a formação de colônias. No entanto, a colônia, apesar de representar benefícios para todos os envolvidos, ainda não reflete o total grau de interdependência visto em um organismo pluricelular. De qualquer maneira, a organização colonial, provavelmente foi um estágio intermediário entre a unicelularidade e a multicelularidade.

Nos organismos multicelulares, as células podem se especializar em diferentes atividades, o que aumenta a eficiência do organismo em seus processos metabólicos. Células diferenciadas e de

mesma função formam os **tecidos** em vários organismos eucariontes, como praticamente todos os animais e todos os vegetais. A área da Biologia que estuda os tecidos é a Histologia. Veremos, a seguir, as características mais marcantes dos principais tecidos presentes nos animais.

Os principais tecidos animais são: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. Apesar de haver diferenças entre os tecidos dos diversos grupos de animais, normalmente os tecidos humanos são utilizados para fins didáticos. Os tecidos se diferenciam pelos tipos de células que os formam e também pelas substâncias que ficam entre as células compondo a **matriz extracelular** e também o **líquido intersticial**.

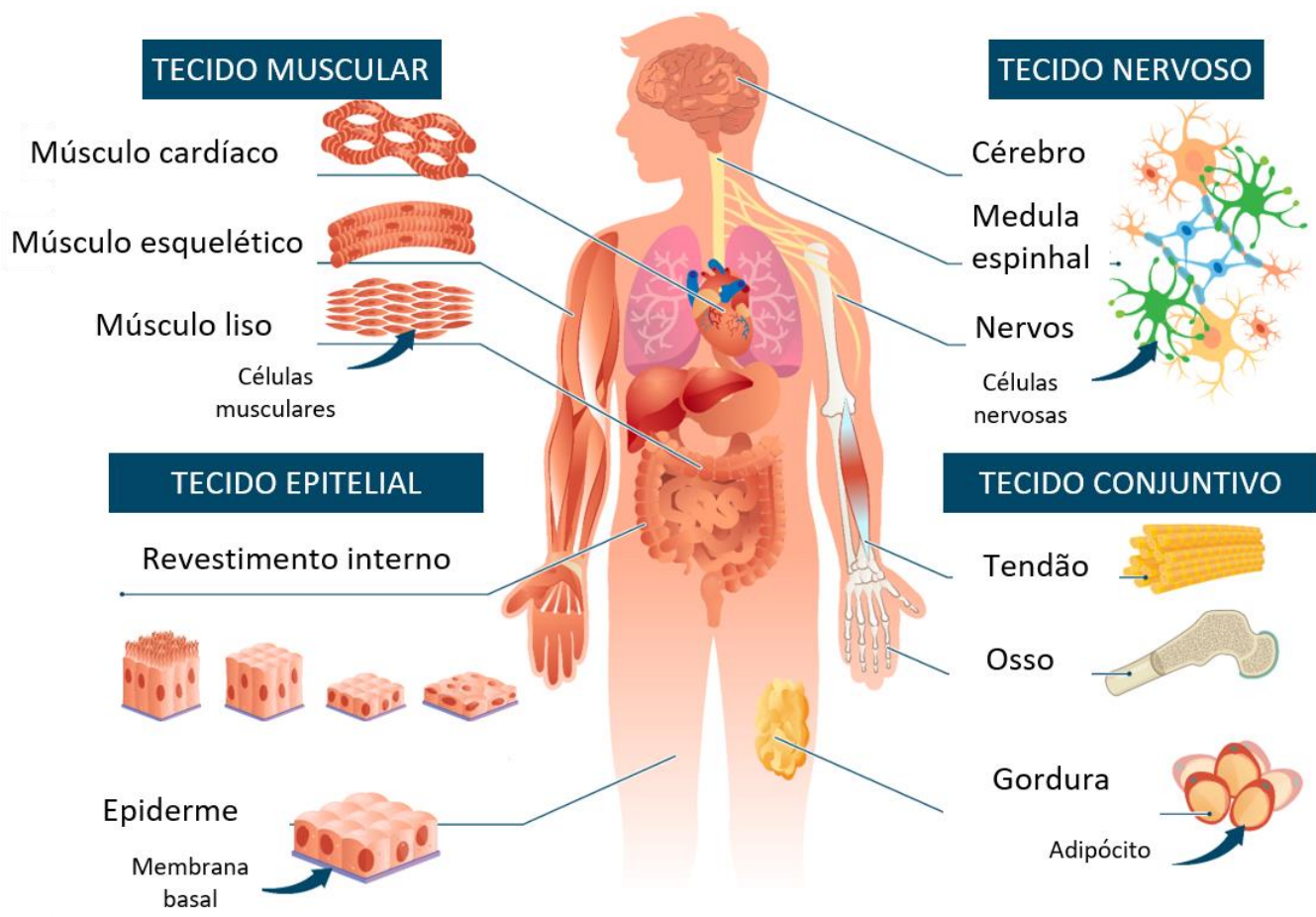


Fig. 22: Visão geral dos tecidos animais.

## Tecido Epitelial

Os epitélios revestem todo o corpo de um animal externamente e também as suas cavidades internas. Além disso também formam as diversas glândulas presentes no nosso corpo. Temos, assim, dois tipos de epitélios:

- De revestimento

- Glandular ou de secreção

De maneira geral, os epitélios se caracterizam por terem pouca substância intercelular. Assim, suas células estão muito próximas e unidas, o que é importante para manter a coesão desses tecidos. Os epitélios também não apresentam vasos sanguíneos e, devido a isso, sempre aparecem associados a tecidos conjuntivos, que vão suprir suas necessidades de nutrientes e gases e também captar os seus produtos de excreção. É por isso, que se você cortar apenas as camadas mais superficiais da sua pele, esse corte não sangrará. No entanto, se a lesão atingir o tecido conjuntivo abaixo do epitelial, aí sim haverá sangramento. Isso também explica por que a pele não é considerada um tecido e sim um órgão. Na verdade, ela é composta por mais de um tecido, entre os quais se inclui o epitelial.

Os epitélios de revestimento estão presentes não só na pele, mas também formando as chamadas **mucosas**, como a que reveste o tubo digestivo, o sistema respiratório, o sistema excretor e também os vasos sanguíneos. Suas células podem apresentar especializações nas membranas como **microvilosidades** que aumentam a superfície de trocas de substâncias com o meio extracelular, e também como os **cílios**, que possuem papel importante na remoção de partículas nocivas às células. As microvilosidades aparecem, por exemplo, nas células do intestino delgado e os cílios aparecem nas células da traqueia. De acordo com a organização em camadas e também o formato das células, os epitélios de revestimento são classificados em diversos tipos, conforme a imagem abaixo.



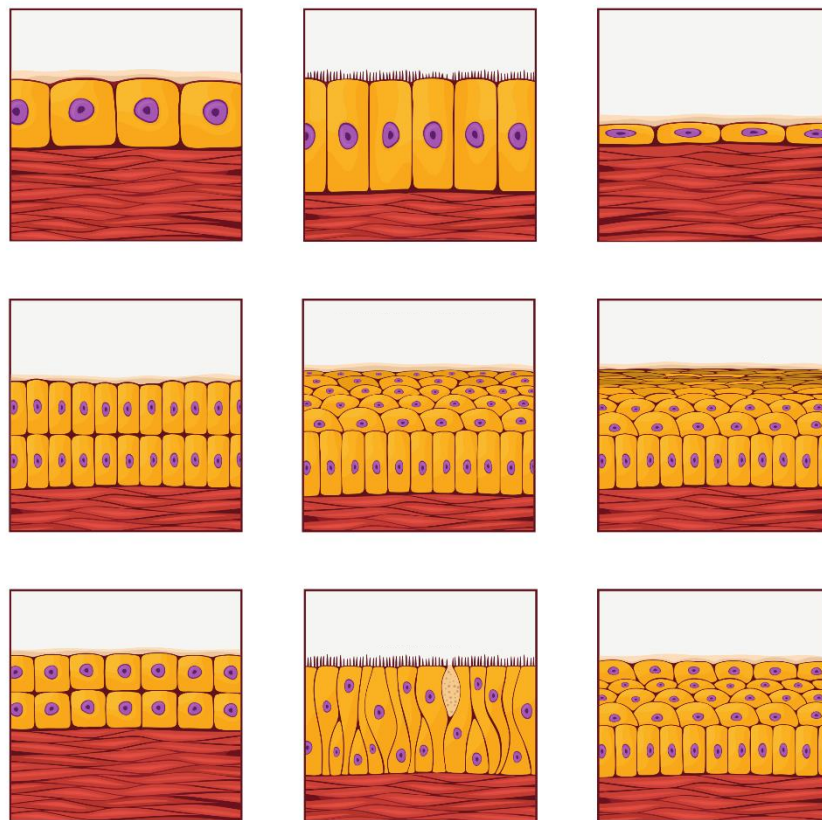


Fig. 23: Tipos de epitélios de revestimento

Os epitélios glandulares formam as glândulas, que são estruturas de função secretora. Elas produzem substâncias que serão liberadas e utilizadas fora das células que as produziram. Existem 3 tipos de glândulas:

- **Exócrinas:** liberam suas secreções para fora do corpo ou no interior de cavidades como a digestiva. Exemplos: glândulas sudoríparas, sebáceas, salivares, lacrimais e mamárias.
- **Endócrinas:** liberam suas secreções (hormônios) na corrente sanguínea. Exemplos: testículos, ovários, tireoide, adrenais e hipófise.
- **Mistas:** liberam secreções no sangue e também nas cavidades abertas. Exemplo: pâncreas, pois libera o suco pancreático no duodeno e libera os hormônios insulina e glucagon na corrente sanguínea.

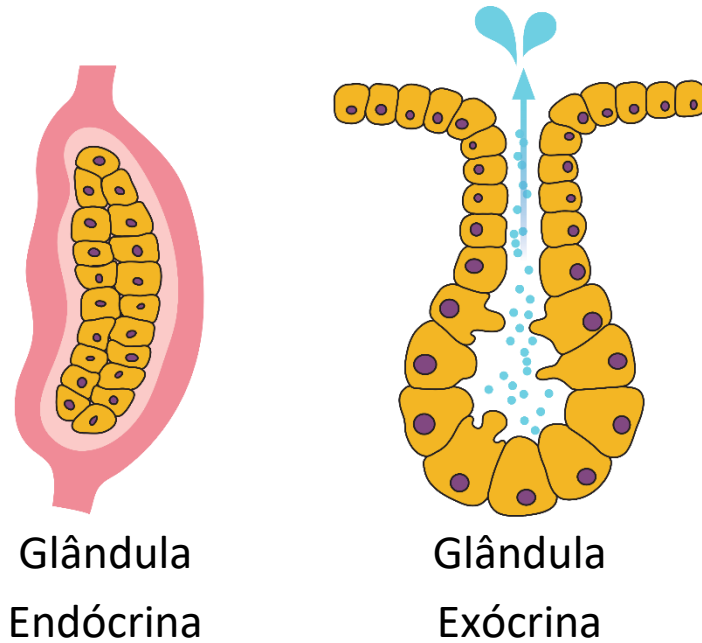


Fig. 24: Tipos de glândulas.

## Tecidos Conjuntivos

De forma geral, os tecidos conjuntivos se diferenciam dos epitélios por possuírem muita substância intercelular, rica em fibras. Eles se dividem em vários tipos e cada um deles tem suas funções específicas principalmente ligadas ao preenchimento, sustentação e nutrição de outros tecidos. Entre eles incluem-se:

- **Tecido conjuntivo propriamente dito:** sustenta e nutre tecidos sem vascularização, como os epitélios. Apresenta ampla variedade de fibras que ajudam a dar resistência e forma à sua estrutura. Forma também os ligamentos e os tendões.
- **Tecido adiposo:** As células adiposas acumulam gotículas de gorduras que servem como reserva energética nos animais. Além disso, atuam como isolante térmico e protegem diversos órgãos contra choques mecânicos.
- **Tecido cartilaginoso:** a natureza das fibras e outras substâncias que compõem a matriz extracelular fornece firmeza e, ao mesmo tempo, flexibilidade a esse tecido. Está presente no nariz, nas orelhas, nas articulações e entre as vértebras, diminuindo o atrito entre elas. Também é o componente principal dos esqueletos de animais como os tubarões e raias.

- **Tecido ósseo:** forma a estrutura dos ossos, que têm como funções sustentar o corpo, apoiar os músculos possibilitando os movimentos e proteger órgãos importantes como o cérebro, os pulmões e o coração. Sua matriz extracelular é caracterizada pela presença de sais, principalmente o fosfato de cálcio, que fornece a rigidez marcante desse tecido. Alguns ossos possuem, no seu interior, a chamada **medula óssea** (tutano), onde ocorre a produção das células do sangue.
- **Tecido hematopoiético:** inclui a medula óssea, responsável pela produção das células do sangue e o tecido linfático, que compõe diversos órgãos com funções no sistema imunológico, como o baço, o timo e os linfonodos. Falaremos melhor sobre o sangue quando estudarmos o sistema circulatório humano.

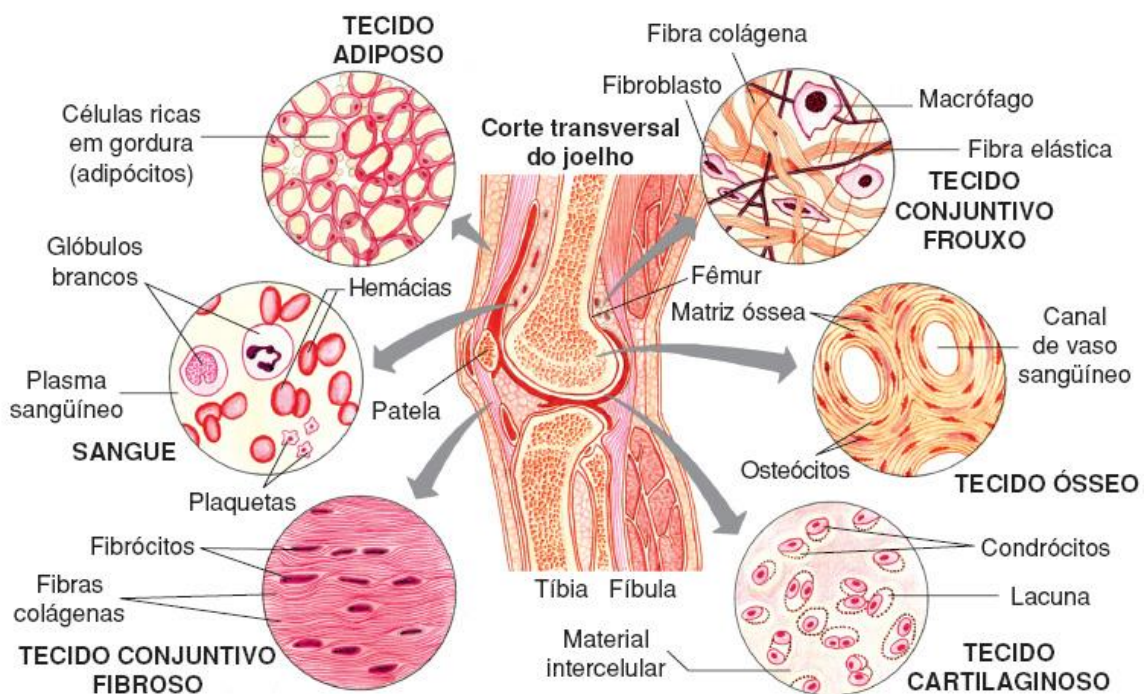


Fig. 25: Diversos tipos de tecidos conjuntivos. O tecido frouxo e o fibroso são variações do tecido conjuntivo propriamente dito.

## Tecido Muscular

Apresenta células capazes de se contraírem, provocando movimentos, chamadas **fibras musculares** ou **miócitos**. Essa contração acontece devido a movimentos de proteínas chamadas miofibrilas localizadas no citoplasma dessas células. Existem três tipos de tecidos musculares:



- **Tecido muscular estriado esquelético:** compõem a musculatura sobre a qual temos controle, ou seja, sua contração é voluntária. A maioria aparece ligada aos ossos e está ligada à movimentação corporal. Suas células são multinucleadas e a organização das fibrilas faz com que apareçam faixas escuras e claras intercaladas. Por isso o nome de músculo estriado. Esse tecido é capaz de sofrer contrações rápidas e fortes.
- **Tecido muscular estriado cardíaco:** como o nome já diz, esse tecido forma a musculatura do coração. Suas contrações são involuntárias, rápidas e ritmadas. Suas células são mononucleadas e também apresentam estrias devido à disposição das miofibrilas.
- **Tecido muscular liso (não estriado):** suas contrações são involuntárias e lentas. É responsável pela movimentação dos alimentos no interior do tubo digestivo (peristaltismo), movimentos respiratórios, regular o calibre dos vasos sanguíneos e controlar a liberação de diversas substâncias. Também é responsável pelas contrações uterinas e pelo controle do diâmetro da pupila. Suas células são mononucleadas e sem estrias.

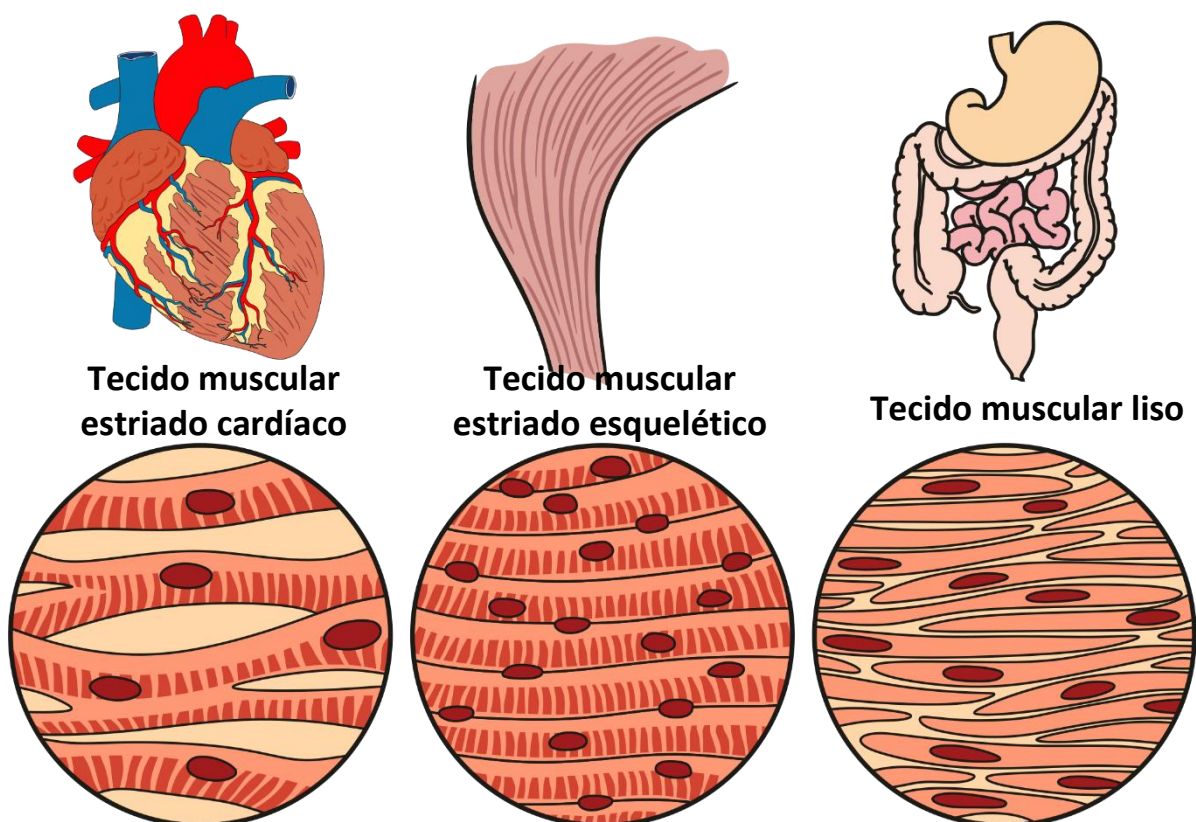


Fig. 26: Os três tipos de tecidos musculares.

A contração muscular depende principalmente de duas miofibrilas chamadas **actina** e **miosina**. É o movimento relativo entre essas duas proteínas que faz com que ocorra o encurtamento das fibras musculares durante a contração. Quanto mais uma pessoa utiliza determinados grupos musculares, maior é a quantidade dessas miofibrilas nas células, o que aumenta o diâmetro muscular e a sua capacidade de realizar trabalho.

## Tecido Nervoso

O tecido nervoso tem a capacidade de receber, armazenar, traduzir e transmitir informações das mais diversas origens e para os mais diversos destinos nos organismos dos animais. Suas células são os **neurônios** e as **células da glia**. Neurônios são células extremamente especializadas compostas por um corpo celular, onde está a maior parte do citoplasma e o núcleo; os dendritos, que são ramificações ligadas ao corpo celular através das quais os impulsos nervosos chegam vindos de outros neurônios; o axônio, que é um grande prolongamento da célula, onde se localiza o telodendro, formado por ramificações através das quais os impulsos nervosos são passados para outros neurônios, músculos ou glândulas.

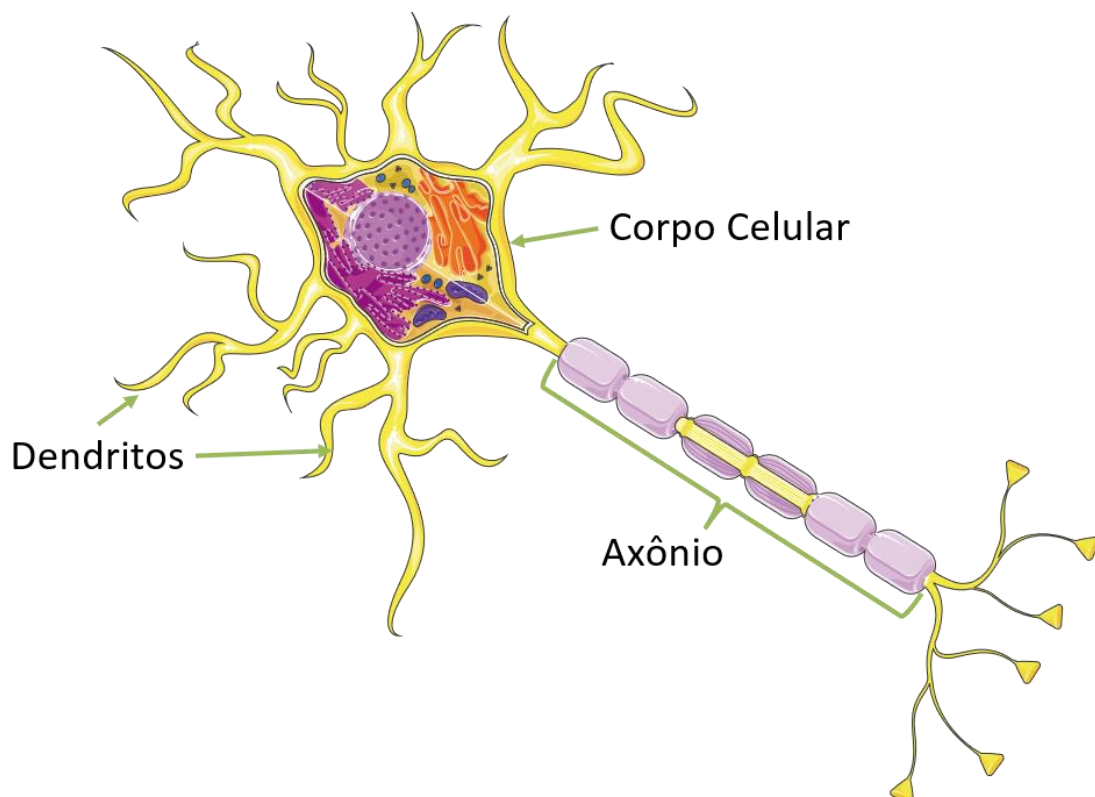


Fig. 27: Estrutura do neurônio.

As células da glia não são capazes de transmitir impulsos nervosos, mas são fundamentais para a nutrição e para a defesa dos neurônios. São elas que sintetizam a chamada **bainha de mielina**, que envolve os axônios de neurônios nos vertebrados, fazendo com que o impulso nervoso viaje muito mais rapidamente.

Esses quatro tipos principais de tecidos animais se combinam para formar os vários órgãos que compõem esses organismos, conforme podemos ver na imagem abaixo.

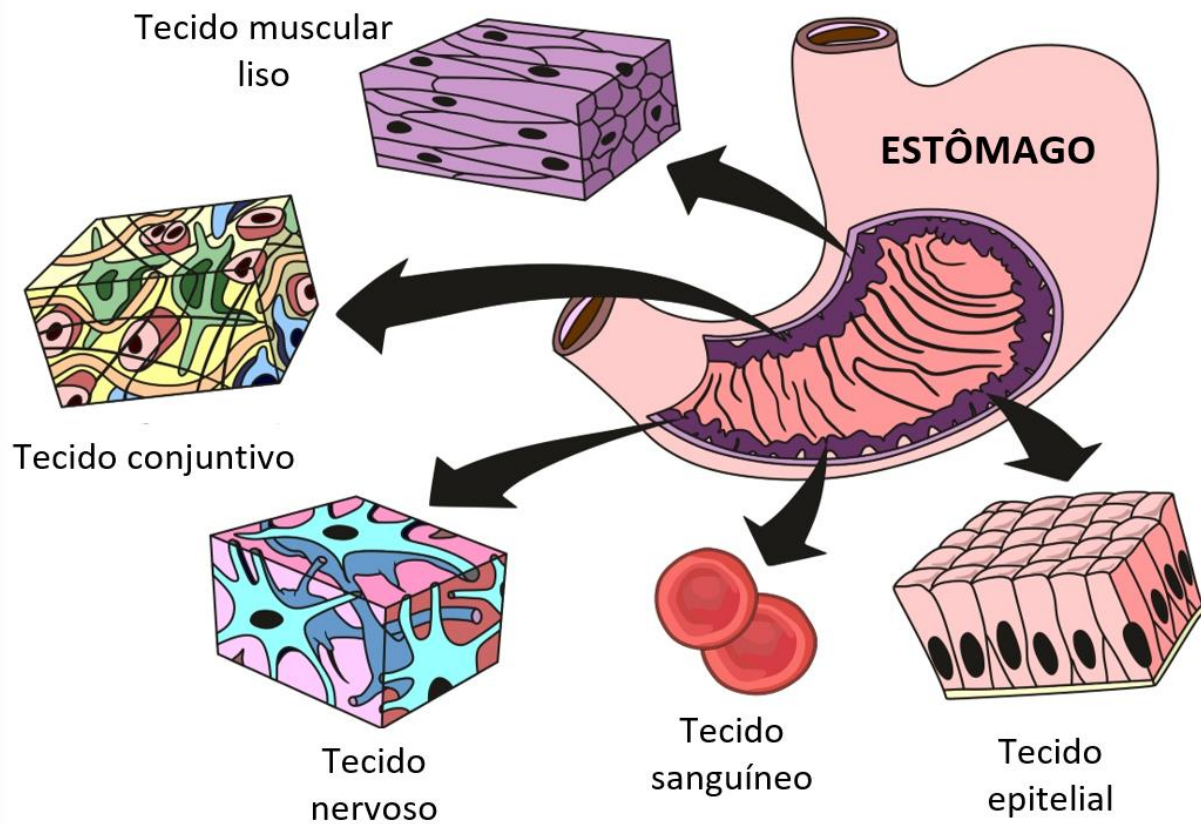


Fig. 28: Tecidos formam órgãos, como o estômago.

## 5. Genética e Hereditariedade

### A Primeira Lei de Mendel

As primeiras reflexões sobre a hereditariedade remontam à Grécia antiga, com Hipócrates e Aristóteles, entre outros, buscando explicar como os descendentes de um indivíduo apresentavam características semelhantes às dos seus progenitores. Na idade moderna, vários cientistas desenvolveram suas teorias para explicar esse fenômeno. Uma delas era a teoria da pré-formação, que dizia que o ovo fecundado continha um ser pré-formado em seu interior. No século XIX cientistas

como Charles Darwin acreditavam na teoria da pangênese, na qual os elementos sexuais possuíam estruturas oriundas de todas as partes do corpo – as gêmulas – que seriam então passadas para os descendentes. Havia ainda outra corrente que dizia que as características hereditárias eram passadas por fluidos corporais, como o sangue. É daí que vêm as expressões “puro sangue” ou “sangue azul” ou ainda quando um pai diz que o filho tem o seu sangue.

Em meio a essas incertezas e antes ainda de Charles Darwin publicar sua teoria da evolução das espécies, um monge austríaco chamado Gregor Mendel realizava seus estudos sobre a herança dos caracteres que seriam a base da genética até os dias de hoje. Mendel realizou vários experimentos com ervilhas e foi o primeiro a obter resultados conclusivos sobre os mecanismos de transmissão de características. Apesar de ter publicado sua obra em 1866, seu trabalho ficou esquecido até o início do século XX, quando outros pesquisadores chegaram às mesmas conclusões que Mendel e reencontraram seus trabalhos realizados mais de 30 anos antes.

Mendel cultivou e reproduziu grande quantidade de plantas de ervilhas até obter linhagens puras, que só geravam descendentes com as mesmas características das plantas progenitoras. Ele conseguiu isso através da autofecundação desses indivíduos. As ervilhas foram escolhidas porque além de apresentarem fácil cultivo, produzem muitas sementes e possuem várias características facilmente observáveis como a cor da semente, a cor da vagem, a cor da flor, entre outras. Mendel obteve sucesso em seus experimentos pois resolveu estudar uma característica de cada vez. Para isso ele pegava duas linhagens puras para uma determinada característica. Por exemplo: plantas de flor púrpura e plantas de flor branca. Essa seria chamada posteriormente de **Geração Parental** ou **P**. Ao cruzar esses dois grupos, Mendel obteve somente plantas de flor púrpura, na chamada **primeira geração** ou **F1**. Feito isso, Mendel inter cruzava indivíduos da geração F1 e os resultados da geração **F2 (segunda geração)** eram: 75% de flores púrpuras e 25% de flores brancas. O aparecimento de flores brancas na geração F2 mas não na F1 fez com que Mendel concluísse que o elemento para a cor branca não havia desaparecido. Na verdade, ele seria inibido pela presença do elemento para a cor púrpura. Assim, a flor púrpura seria a característica **dominante** e a flor branca a característica **recessiva**.



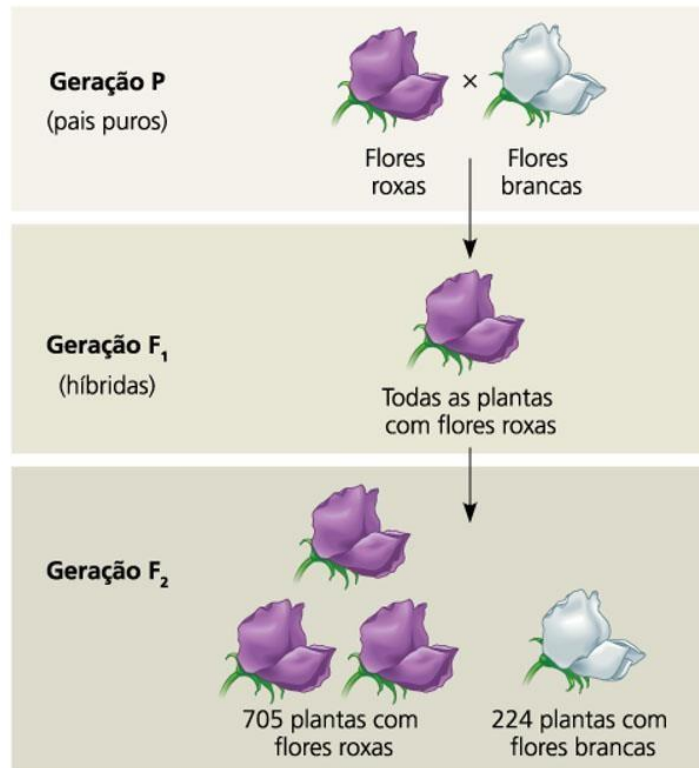


Fig. 29: O cruzamento de plantas da geração F1 gerou flores púrpura e brancas na proporção de 3:1, respectivamente.

Mendel repetiu esse experimento para várias outras características, definindo quais eram dominantes e quais recessivas. Os resultados dos cruzamentos entre a geração F2 eram sempre os mesmos: uma proporção de 3 indivíduos contendo a característica dominante para 1 contendo a característica recessiva. Isso deu origem à Primeira Lei de Mendel que pode ser enunciada como: “Cada caráter é condicionado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, nos quais ocorrem em dose simples”. Portanto, para que a herança de determinada característica seja enquadrada na Primeira Lei, essa característica deve ser determinada por um par de fatores que são recebidos um de cada progenitor e que, caso um indivíduo possua dois fatores diferentes, um pode ser dominante sobre o outro. Além disso, esses fatores não se misturam e, durante a formação dos gametas, se separam, indo apenas um para cada gameta produzido.

Atualmente, podemos explicar as conclusões de Mendel com os conhecimentos de Biologia Celular e Molecular. Sabemos que as informações genéticas (hereditárias) estão contidas no DNA que, por sua vez, está organizado em cromossomos no interior das células. Além disso, sabemos que a maioria dos organismos possui um par cromossomos de cada tipo (cromossomos homólogos) e que um foi herdado do pai e outro da mãe. Cada gene ocupa seu local específico (lócus) em um

cromossomo, e esse locus é o mesmo nos dois cromossomos homólogos. Os genes podem apresentar-se em diferentes versões chamadas **alelos**, que se situam cada um em um cromossomo de um mesmo par. Quando um indivíduo possui os dois alelos iguais, dizemos que ele é **homozigoto** para aquela característica. Caso ele tenha herdado alelos diferentes de seus progenitores, dizemos que ele é **heterozigoto**. Nos cruzamentos de Mendel, as linhagens puras eram de homozigotos, enquanto a geração F1 era de heterozigotos. Nós representamos os alelos dominantes por letras maiúsculas e os recessivos por letras minúsculas. Normalmente se usa a letra correspondente à característica recessiva. Por exemplo: alelo para a flor branca: “b”; alelo para a cor púrpura: “B”. Sendo assim, indivíduos que possuam um par de alelos BB (homozigoto dominante) ou Bb (heterozigoto) terão flores de cor púrpura, uma vez que essa característica é dominante. Para que as flores tenham cor branca, o indivíduo deve possuir um par de alelos bb (homozigoto recessivo), uma vez que essa característica é recessiva e só será manifestada na ausência do alelo dominante. Nesse tipo de herança, existem, portanto, três **genótipos** (BB, Bb e bb) e dois **fenótipos** (flor branca e flor púrpura). O fenótipo corresponde à expressão do genótipo e pode também sofrer a influência do ambiente.

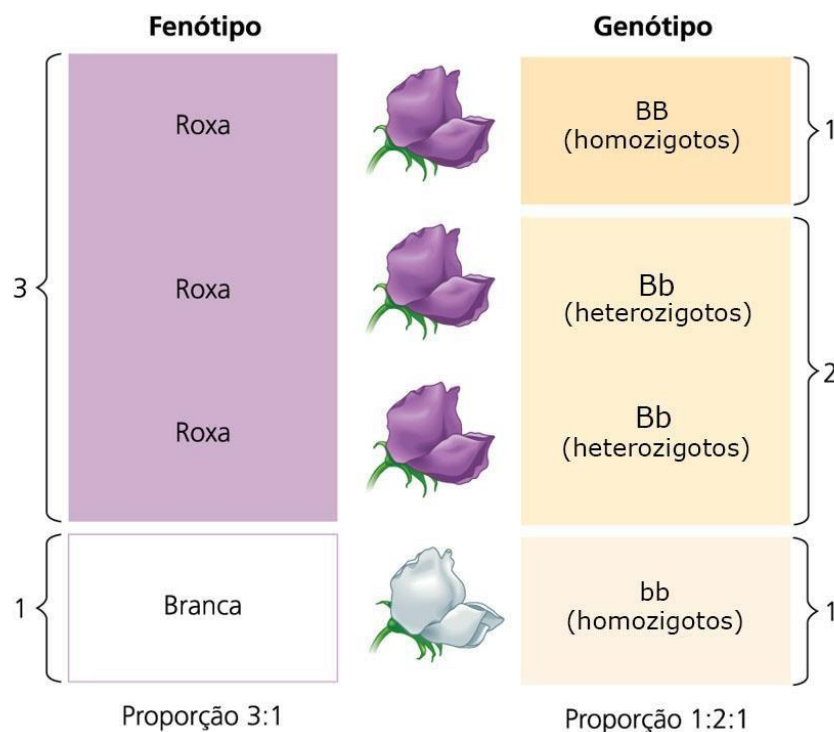


Fig. 30: Proporção fenotípica e genotípica na herança dominante da cor da flor de ervilha.

A maior parte dos seres vivos realiza reprodução sexuada com a produção de gametas. Nos animais, os gametas são produzidos através da divisão celular por meiose. Você deve se lembrar que, na primeira divisão meiótica, ocorre o pareamento dos cromossomos homólogos e sua consequente separação na anáfase I. Com isso, os gametas carregam apenas um cromossomo de cada tipo (células haploides) e, por isso, também carregam apenas um alelo para cada gene. Sendo assim, ainda utilizando o exemplo da cor da flor na ervilha, indivíduos de genótipo BB podem produzir gametas contendo apenas o alelo B. Indivíduos de genótipo Bb terão 50% de gametas portando o alelo B e 50% de gametas portando o alelo b. Já os indivíduos de genótipo bb formarão 100% dos gametas contendo o alelo b. Com a fecundação, forma-se um zigoto diploide que recebe um alelo de cada gameta. Assim, os cruzamentos entre dois indivíduos podem ser representados através do chamado quadro de Punnett. Abaixo um exemplo de cruzamento entre um macho e uma fêmea, ambos heterozigotos para a cor da flor.

		Gametas femininos	
		B	b
Gametas masculinos	B	BB	Bb
	b	Bb	bb

Como os dois indivíduos no exemplo acima são heterozigotos, ambos podem gerar gametas com um ou outro alelo. Assim, os possíveis resultados de cruzamentos serão:  $\frac{1}{4}$  BB,  $\frac{2}{4}$  Bb e  $\frac{1}{4}$  bb. Sabendo que o alelo B é dominante, temos  $\frac{3}{4}$  de descendentes de flor púrpura e  $\frac{1}{4}$  de cor branca. Isso equivale exatamente às proporções encontradas por Mendel de 75% e 25% respectivamente.

O tipo de herança visto acima é o que chamamos de **dominância completa**, pois a presença de apenas um alelo B é suficiente para que somente a característica “flor púrpura” seja expressa nos seus portadores. Existem casos, porém, em que os heterozigotos vão apresentar uma característica intermediária. Um exemplo disso é a cor da flor maravilha (*Mirabilis sp*) em que os homozigotos são vermelhos ou brancos e os heterozigotos são cor de rosa, ou seja, uma forma intermediária. Essa é a chamada **dominância incompleta**. Nesse caso, quando cruzamos dois indivíduos heterozigotos, os resultados serão conforme o quadro de Punnett abaixo:

		Gametas femininos	
		V	B
Gametas masculinos	V	VV	VB
	B	VB	BB

O alelo V determina a cor vermelha e o alelo B determina a cor branca. Quando ambos os alelos estão presentes, o fenótipo é rosa. Assim, temos uma proporção de 25% de flores vermelhas, 50% de flores rosa e 25% de flores brancas (1:2:1).

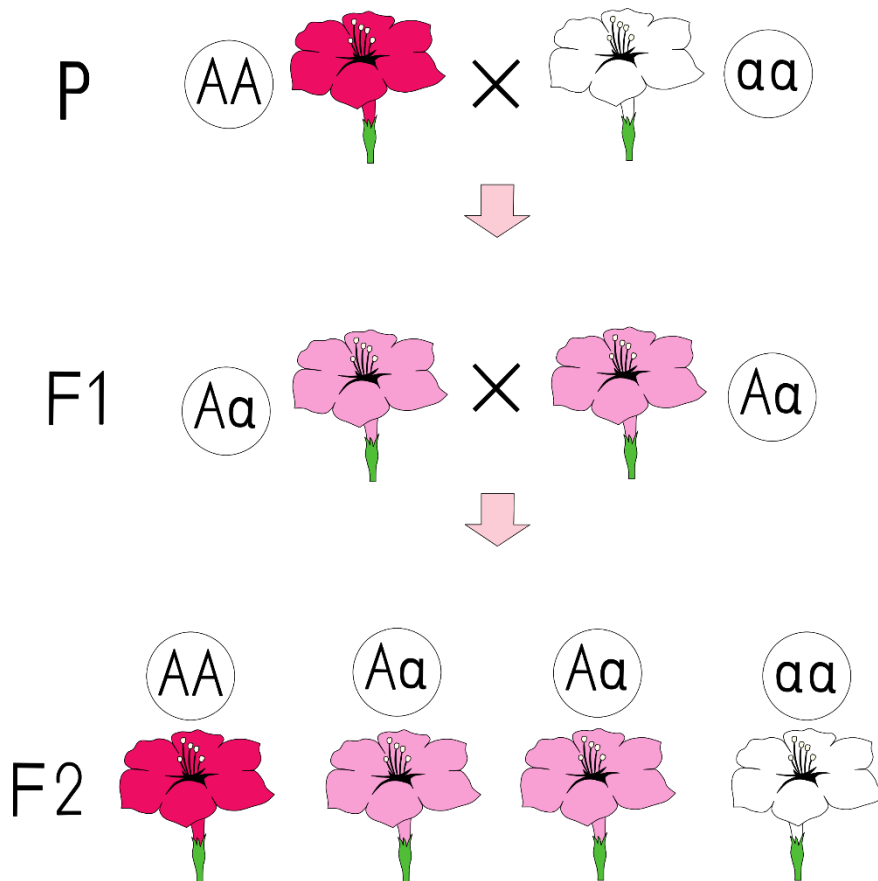


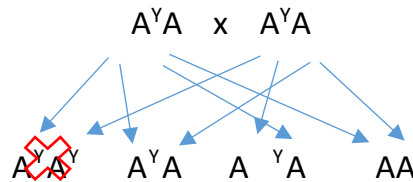
Fig. 31: Exemplo de dominância incompleta. Os indivíduos heterozigotos apresentam um fenótipo intermediário.

Existe ainda uma terceira situação chamada **codominância** em que cada alelo produzirá uma característica diferente. É o caso do nosso sistema de herança de grupos sanguíneos. Caso uma pessoa possua os alelos para o sangue tipo A e para o sangue tipo B, ela terá sangue tipo AB, ou seja, as duas características serão expressas. Falaremos melhor sobre grupos sanguíneos mais à frente.

Alguns alelos podem causar a morte do embrião interferindo diretamente nos resultados obtidos na prole. São os chamados **alelos letais** e podem ser dominantes, quando a presença de apenas um



alelo é suficiente para matar seu portador, ou recessivos, quando a presença de dois alelos letais é necessária para matar o portador. Quando um gene possui um alelo letal, os resultados dos cruzamentos apresentam proporções diferentes. Por exemplo: a cor da pelagem de camundongos é determinada por um par de alelos. A cor amarela é dominante e a marrom acinzentada é recessiva. No entanto, indivíduos homocigotos dominantes morrem durante o desenvolvimento embrionário. Observe o cruzamento abaixo entre dois indivíduos heterocigotos. O alelo  $A^Y$  é dominante e o alelo  $A$  é recessivo.



Esse resultado nos daria as mesmas proporções genotípicas e fenotípicas de uma herança com dominância completa, mas o que acontece é que indivíduos de genótipo  $A^Y A^Y$  não chegam a nascer. Dessa forma, temos 2/3 dos descendentes de cor amarela ( $A^Y A$ ) e 1/3 dos descendentes de cor marrom-acinzentada ( $AA$ ).

### Regra do “E” e Regra do “Ou”

Como você já deve ter percebido, a Genética é a parte da Biologia que mais usa cálculos matemáticos, pois trabalha com probabilidades. Assim, existem duas regras de probabilidades que facilitam nossa vida na hora de prever os resultados de cruzamentos genéticos. Uma é a **regra do “E”** e a outra é a **regra do “OU”**.

A regra do “E” é usada quando queremos saber a probabilidade de dois eventos independentes ocorrerem em conjunto. Por exemplo: Qual é a probabilidade de um casal ter três filhos, sendo os dois primeiros meninos e o terceiro uma menina? Primeiro vamos analisar as probabilidades individuais. Sabemos que o sexo no ser humano é determinado pela presença do cromossomo Y ou do cromossomo X no espermatozoide que fecunda o óvulo. A mulher possui genótipo XX para os cromossomos sexuais, então ela só pode produzir óvulos portando o cromossomo X. Como o homem possui um genótipo XY, durante a meiose, metade dos espermatozoides gerados terá o cromossomo X e a outra metade terá o cromossomo Y. Isso gera uma probabilidade de  $\frac{1}{2}$  ou 50% de se formar um zigoto masculino e também  $\frac{1}{2}$  ou 50% de se formar um zigoto feminino.

Voltemos ao nosso problema:

1º filho: Menino – probabilidade  $\frac{1}{2}$

2º filho: Menino – probabilidade  $\frac{1}{2}$

3º filho: Menina – probabilidade  $\frac{1}{2}$

Já sabemos as probabilidades de cada evento individual, mas agora queremos saber sua probabilidade em conjunto, ou seja, a probabilidade do primeiro filho ser menino “E” do segundo filho ser menino “E” do terceiro filho ser uma menina. Nessa situação basta multiplicarmos as probabilidades individuais:  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$

Na regra do “OU” o raciocínio já é diferente. Vimos anteriormente que as flores maravilha possuem dominância incompleta na sua coloração. Assim, quando flores heterozigotas (cor de rosa) são cruzadas, surge uma prole com resultados 25% vermelhas, 50% cor de rosa e 25% brancas. Se quisermos saber qual é a probabilidade desse cruzamento gerar flores que não sejam brancas, ou seja, vermelhas “OU” rosa, teremos que somar as probabilidades individuais:  $25\% + 50\% = 75\%$  (ou em frações  $\frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4}$ ).

### Trabalhando com Heredogramas

Uma maneira muito útil de representar relações de herança genética em indivíduos é elaborar **heredogramas** ou árvores genealógicas. Muitas questões sobre genética já fornecem um heredograma que deve ser interpretado ou fornecem informações para que você monte um heredograma que o auxilie a encontrar a resposta. Abaixo um exemplo de heredograma que representa do chamado bico de viúva em uma família. O bico de viúva é um contorno pontiagudo da linha do cabelo no meio da testa. Mesmo se o heredograma não fornecesse os genótipos dos indivíduos, poderíamos deduzir que o bico de viúva é determinado por um alelo dominante. É só observar o casal da segunda geração (ambos com bico de viúva) e uma de suas filhas sem essa característica. Para que isso aconteça, a única possibilidade é que os pais sejam heterozigotos (Ww) e a filha não afetada seja homozigota recessiva (ww). Caso essa característica fosse determinada por um alelo recessivo, todos os filhos do casal seriam iguais aos pais tanto em genótipo quanto em fenótipo.



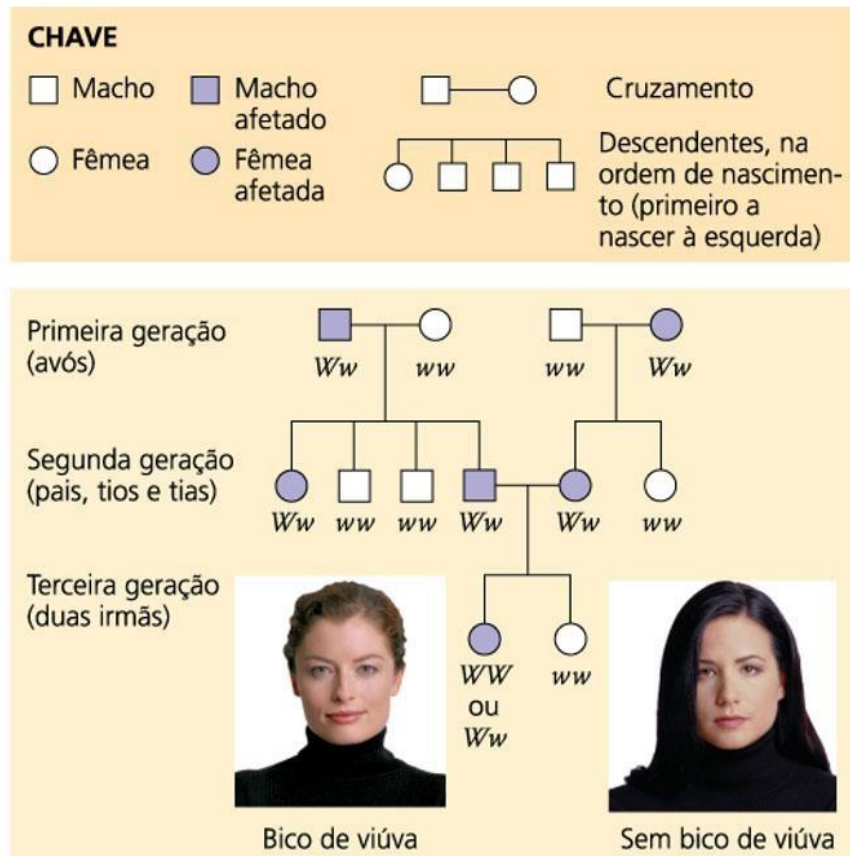


Fig. 32: Heredograma representando a herança de uma característica dominante. Observe a simbologia utilizada nesse tipo de diagramas.

## Herança Sexual

Sabemos que, na espécie humana, nosso material genético está dividido em 46 cromossomos ( $2n = 46$ ). Desses, 44 são chamados de **autossomos** e os 2 restantes são os cromossomos **sexuais**. Existem dois tipos de cromossomos sexuais: o cromossomo X e o cromossomo Y que possuem apenas uma parte homóloga. A determinação do sexo é feita pela presença do cromossomo Y, que contém um gene responsável pelo desenvolvimento das características masculinas no indivíduo. Logo, um homem terá cariótipo (conjunto de cromossomos)  $44 + XY$ . Já uma mulher terá cariótipo  $44 + XX$ . Dessa forma, quando as células germinativas de um homem sofrem meiose para gerar espermatozoides, existem duas possibilidades, cada uma com 50% de chances de ocorrer. Podem ser formados espermatozoides com cariótipo  $22 + X$  ou com cariótipo  $22 + Y$ .

Por outro lado, as mulheres só podem gerar óvulos carregando o cromossomo X, já que elas não possuem o cromossomo Y. Assim, é o espermatozoide que define o sexo do zigoto no momento da fecundação.

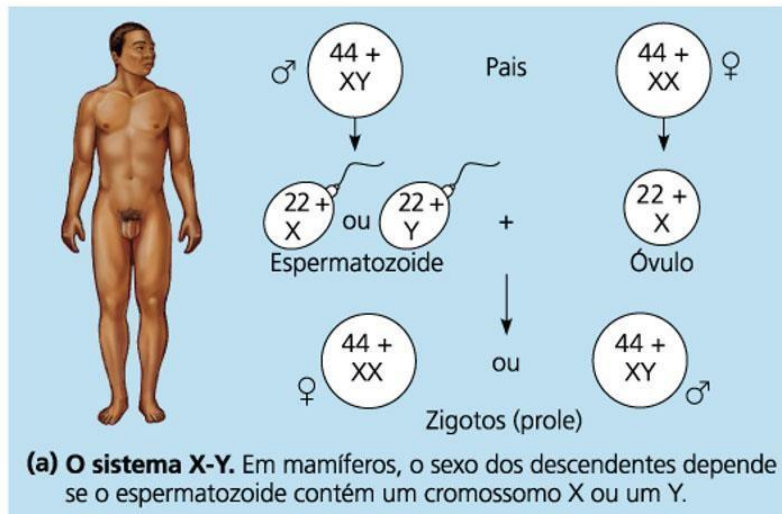


Fig. 33: Sistema XY de determinação sexual.

Estudamos, anteriormente, diversos aspectos na transmissão de caracteres genéticos presentes em cromossomos autossômicos, ou seja, que não são ligados à determinação sexual do indivíduo. Porém, como também existem genes presentes nos cromossomos sexuais que controlam características não relacionadas à determinação sexual, sua herança acaba sendo influenciada pelo sexo, como veremos a seguir.

### Herança Restrita ao Sexo

Genes localizados na porção do cromossomo Y que não possui homologia no cromossomo X só estarão presentes em homens. Eles são chamados de genes holândricos e, por só aparecerem em homens, constituem um tipo de herança restrita ao sexo masculino. Um exemplo é o gene SRY que determina a formação dos testículos no desenvolvimento embrionário.

### Herança Ligada ao Sexo

A herança ligada ao sexo envolve genes situados na porção do cromossomo X que não possui homologia no cromossomo Y. Com isso, mulheres terão 2 cópias desse gene por terem 2 cromossomos X, enquanto homens terão apenas uma cópia. A herança ligada ao sexo pode ser recessiva ou dominante.

Supondo que uma doença seja determinada por um alelo recessivo ligado ao cromossomo X, teríamos as seguintes possibilidades de genótipos e fenótipos:

$X^A X^A$  – mulher normal

$X^A X^a$  – mulher normal portadora

$X^a X^a$  – mulher afetada

$X^A Y$  – homem normal

$X^a Y$  – homem afetado

Repare que, para que uma mulher apresente a doença, ela precisa de dois alelos recessivos, enquanto o homem precisa de apenas um. Assim, as doenças com esse tipo de herança são mais comuns em homens do que em mulheres, como é o caso do **daltonismo**, que provoca dificuldade na distinção de cores, e da **hemofilia**, que leva à deficiência na coagulação sanguínea.

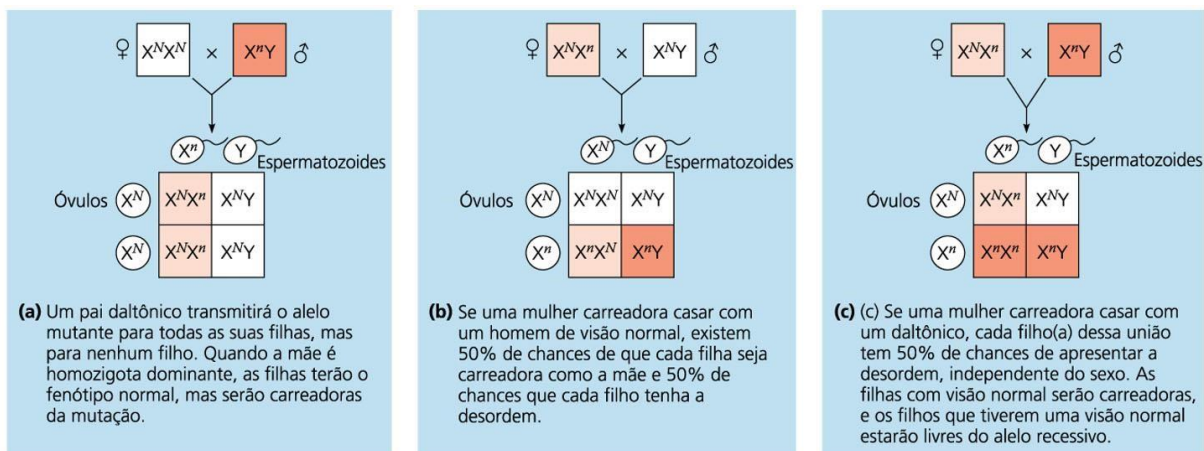


Fig. 34: O daltonismo é uma doença causada por um alelo recessivo ligado ao cromossomo X. No esquema acima ele é representado pela letra n.

Para distinguir a herança autossômica de uma herança ligada ao sexo, é interessante analisar se, em um heredograma, existe uma discrepância significativa no número de homens e mulheres afetados. Caso isso ocorra, pode haver um indício de que seja uma herança ligada ao sexo que deve ser confirmado através da identificação dos genótipos dos indivíduos.

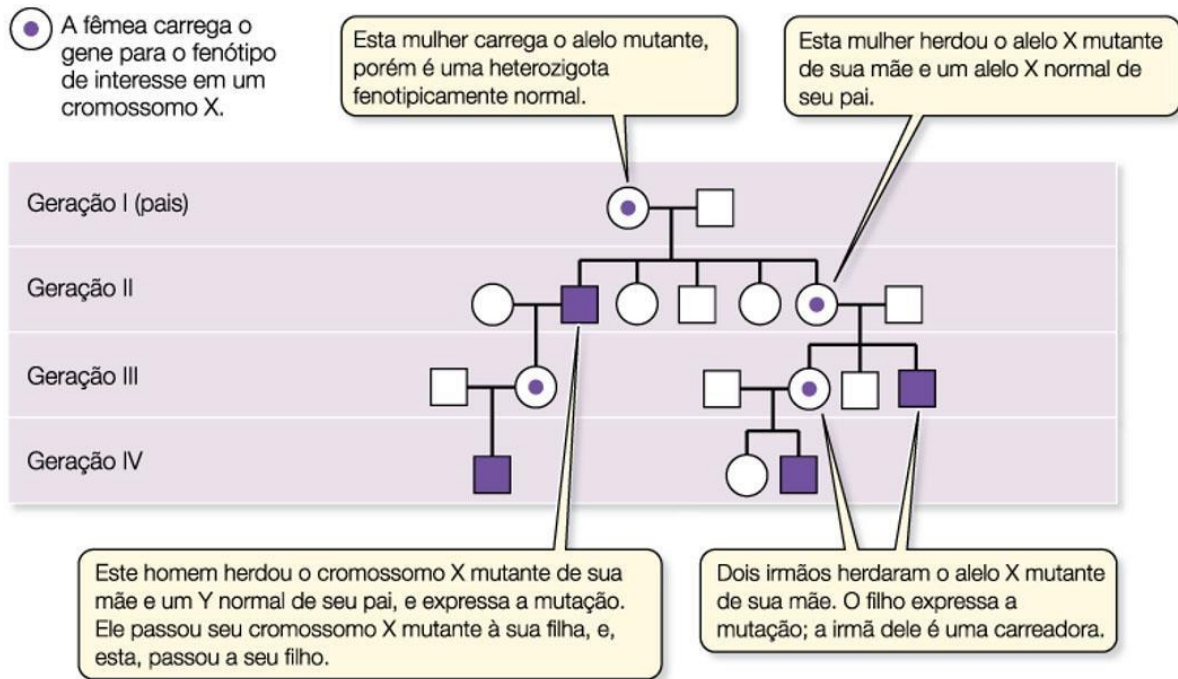


Fig. 35: O heredograma acima mostra a herança do daltonismo em uma família. Note como a proporção entre homens e mulheres afetados é completamente discrepante.

## 6. Biotecnologia

### Células-Tronco

A maioria das células dos organismos pluricelulares adultos são diferenciadas e especializadas para desempenhar seus respectivos papéis nos tecidos onde se encontram. No entanto, durante o desenvolvimento embrionário, algumas poucas células deram origem a toda a variedade de células que compõem um ser vivo adulto. Essas células pouco diferenciadas do embrião são as chamadas **células-tronco embrionárias**. Até o terceiro ou quarto dia de gestação, essas células podem dar origem a todos os tecidos do organismo, inclusive os anexos embrionários. São, por isso, chamadas de células-tronco totipotentes. A partir daí, as células-tronco embrionárias tornam-se pluripotentes pois podem dar origem a todos os tecidos do corpo menos os anexos embrionários.

Em indivíduos adultos, existem vários tecidos que possuem suas células-tronco mas, nesse caso, elas só podem originar as células do seu respectivo tecido e por isso são chamadas multipotentes. O cordão umbilical também possui células-tronco e isso tem motivado muitas famílias a conservarem

os cordões umbilicais de seus filhos na expectativa de algum dia, em caso de necessidade, poderem utilizar essas células para curar doenças.

Várias pesquisas no sentido de desdiferenciar células adultas para transformá-las em células-tronco podem representar um grande potencial na produção dessas células, que podem ter diversas aplicações na medicina.

Essas células, por terem o potencial de gerar diversos outros tipos celulares, podem ser utilizadas para substituir tecidos danificados, como por exemplo lesões na medula de pessoas que ficaram paraplégicas.

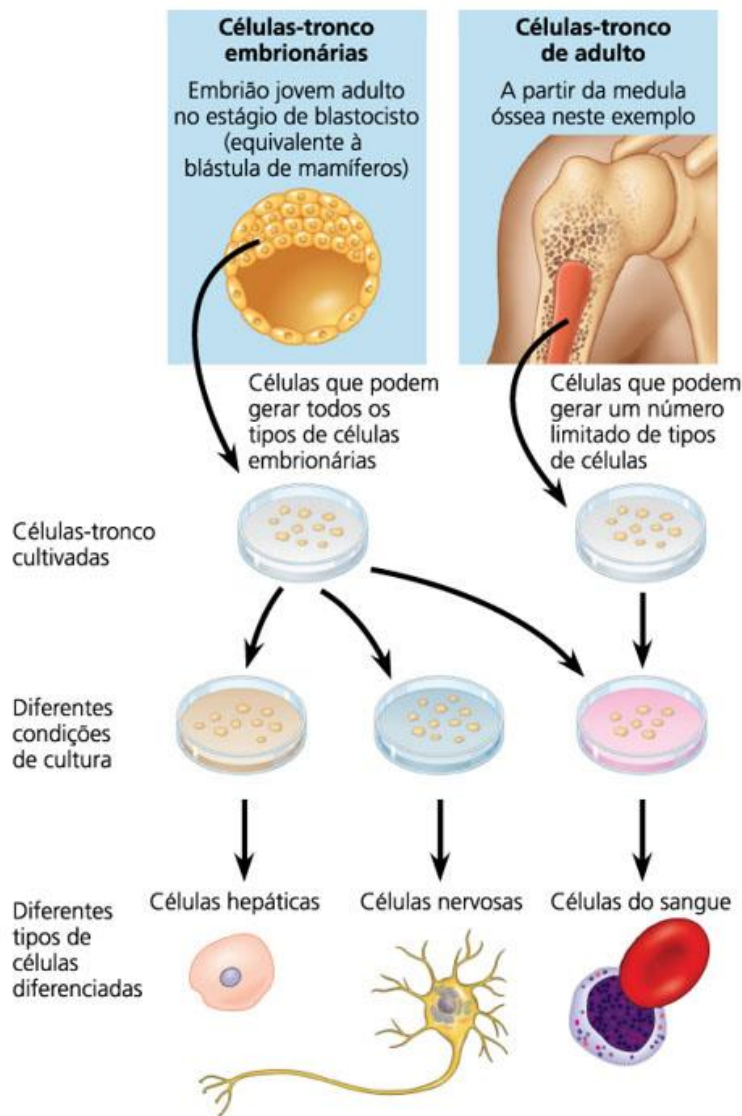


Fig. 36: Células-tronco embrionárias são menos diferenciadas do que as células-tronco adultas.

A utilização de células-tronco embrionárias é, no entanto, cercada de discussões éticas, uma vez que existem pessoas que consideram o embrião como um indivíduo portador de direitos e que merece viver. Por outro lado, grande parte dos embriões utilizados na extração de células-tronco são aqueles que já seriam descartados em clínicas de fertilização *in vitro*.

Para evitar a rejeição de um tecido produzido a partir de células-tronco, uma alternativa é substituir seu material genético pelo da pessoa que receberá o implante dessas células. Isso caracteriza um tipo de clonagem chamado clonagem terapêutica, que veremos a seguir.

## Clonagem

A clonagem é um processo que ocorre naturalmente em organismos que realizam reprodução assexuada, como bactérias e várias espécies de plantas. Ela se caracteriza pela produção de organismos geneticamente idênticos ao original, ou seja, pela produção de **clones**. A clonagem pode, por outro lado, ser realizada artificialmente pelo ser humano, de modo a multiplicar células ou organismos inteiros que possuam características de algum interesse que pode ser terapêutico, industrial ou relacionado à produção de alimentos. Clones de plantas são facilmente obtidos a partir de mudas, por exemplo. Já clones de animais necessitam de um processo mais complexo.

O clone animal mais famoso foi a ovelha Dolly, produzida em 1996. Basicamente o processo consiste em transplantar o núcleo de uma célula do animal a ser clonado para o lugar do núcleo de um óvulo que é implantado no útero de uma mãe de aluguel. O clone, portanto, possui as características do indivíduo que forneceu o núcleo, e não daquele que forneceu o óvulo e muito menos da mãe de aluguel.





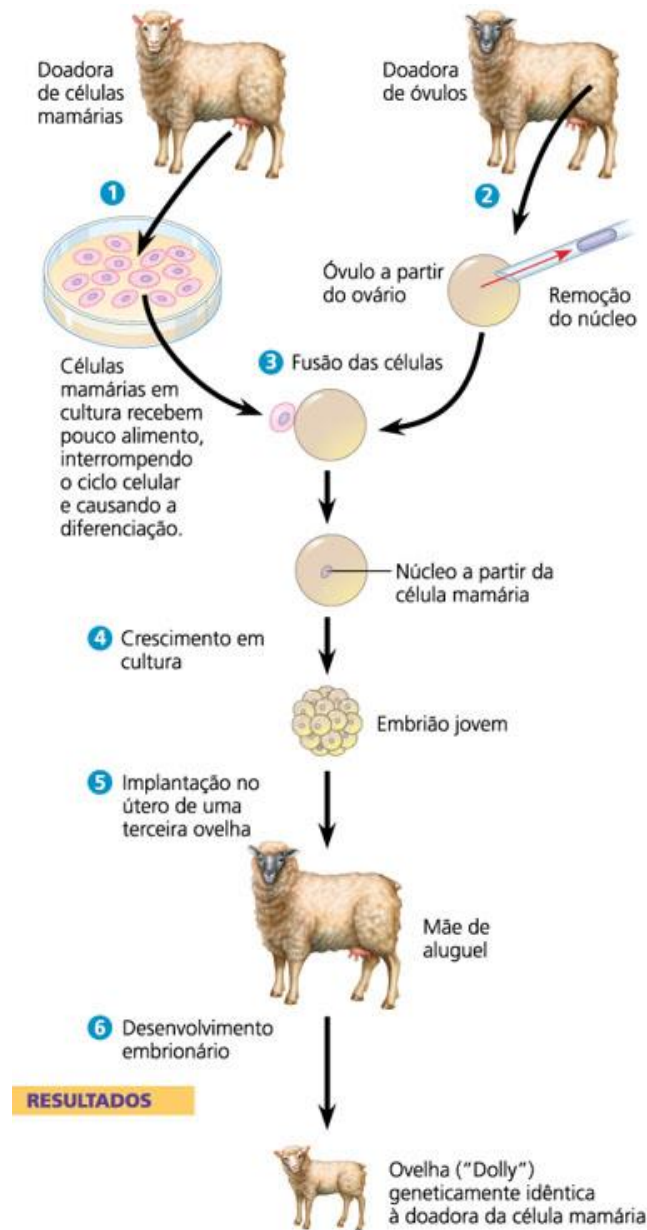


Fig. 37: Processo pelo qual a ovelha Dolly foi produzida.

A clonagem realizada para fins de reprodução é a chamada clonagem reprodutiva e pode ser usada, por exemplo, para multiplicar animais que são bons produtores de leite. Já a clonagem terapêutica consiste na produção de tecidos e órgãos para transplante. Isso pode ser realizado pela utilização de células-tronco e a sua multiplicação para formar os tecidos necessários.

Há ainda a possibilidade de unir a clonagem à produção de organismos geneticamente modificados – os transgênicos, sobre os quais falaremos a seguir.

## DNA Recombinante e Transgênicos

A partir de processos laboratoriais, é possível misturar o DNA de organismos diferentes, produzindo novas moléculas que passam a ser chamadas de **DNA recombinante**. Com isso, os cientistas podem introduzir genes capazes de produzir substâncias para diversos fins em organismos de fácil reprodução como as bactérias e obter essas substâncias em escala comercial. É o caso, por exemplo, da insulina.

A insulina é um hormônio produzido no pâncreas e fundamental para que a glicose entre nas células do corpo humano. A ausência desse hormônio provoca a doença chamada diabetes e as pessoas portadoras precisam injetar doses regulares desse hormônio. A introdução do gene que codifica a insulina em bactérias, através da tecnologia do DNA recombinante, faz com que esses organismos passem a produzir insulina que pode então ser utilizada no tratamento dos diabéticos. Outros medicamentos também podem ser produzidos dessa forma, assim como determinadas vacinas como a da hepatite B.



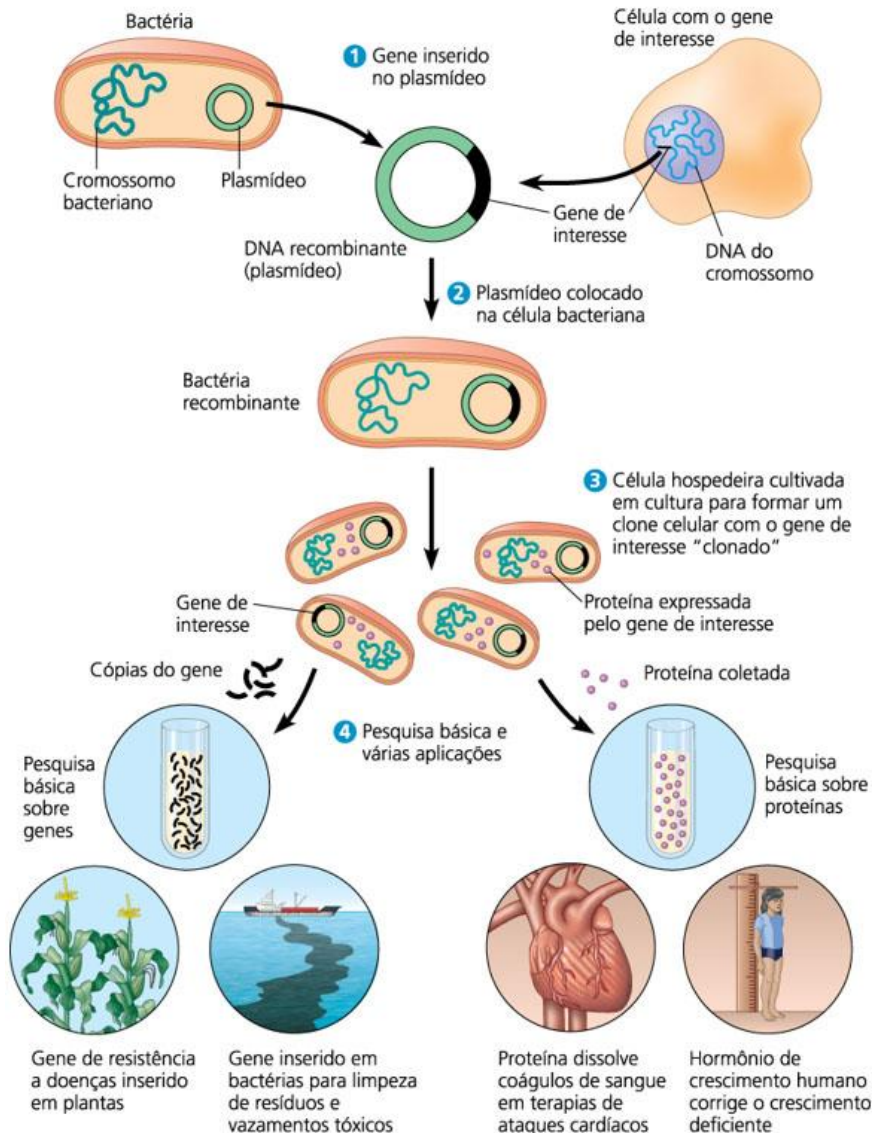


Fig. 38: Exemplos de utilização da tecnologia do DNA recombinante.

Esses organismos portadores de moléculas de DNA recombinante são chamados de **organismos geneticamente modificados**, também conhecidos como **transgênicos**. As plantas transgênicas são especialmente famosas devido às discussões geradas sobre o seu uso. A tecnologia do DNA recombinante para produção de transgênicos possibilita a obtenção de organismos com características que, caso fossem geradas por mutações aleatórias no material genético, demorariam muito tempo para surgirem. As plantas transgênicas podem ter sido modificadas para que sejam resistentes a determinados herbicidas ou ainda para que cresçam mais rápido, produzam frutos e sementes maiores, floresçam mais vezes ao ano etc. Essa manipulação genética, por si só, não é capaz de causar nenhum dano à saúde dos seres humanos, apesar de muitas pessoas evitarem o consumo desses produtos.

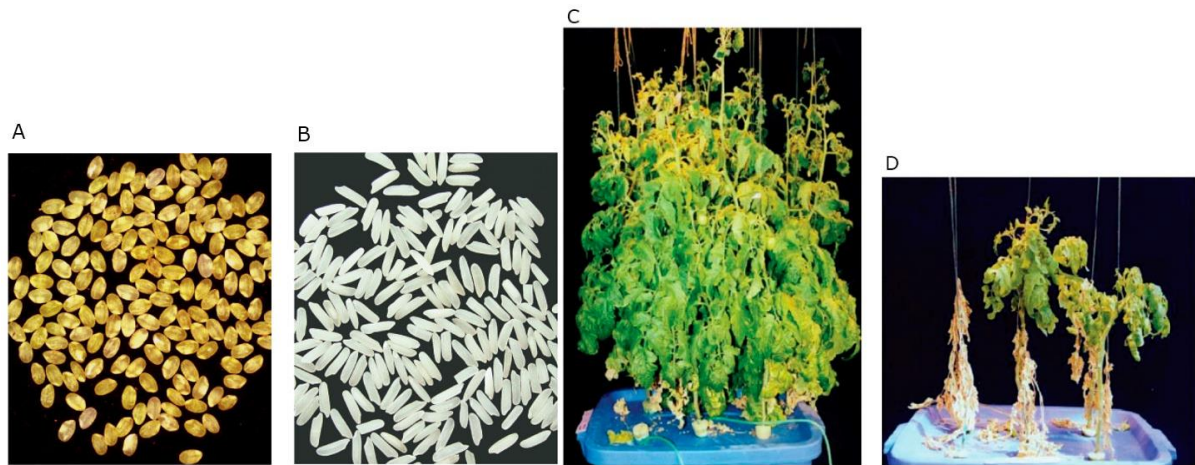


Fig. 39: Exemplos de plantas transgênicas. A: arroz transgênico com pigmento  $\beta$ -caroteno, convertido em vitamina A pelos seres humanos; B: arroz sem o transgene; C: tomate transgênico tolerante a sal colocado em solo salino; D: tomate sem o transgene em solo salino.

## Identificação por DNA

Cada ser humano é portador de um conjunto de genes únicos, a não ser que possua um (ou mais) gêmeos monozigóticos (idênticos). Assim, é possível utilizar o DNA para a identificação de um indivíduo em diversas situações como testes de paternidade, investigações criminais e na identificação de restos mortais.

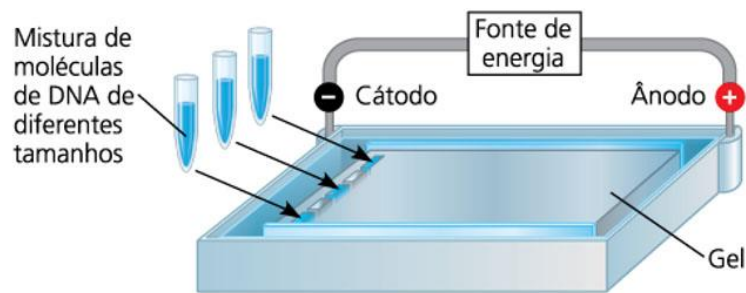
As regiões do DNA utilizadas para a identificação de indivíduos são, normalmente, extremamente variáveis (regiões polimórficas). Isso tem lógica, afinal se as regiões tivessem a mesma sequência de nucleotídeos na maioria da população, não seria possível diferenciar um indivíduo do outro. Essas regiões podem ser extraídas de cromossomos nucleares ou também do DNA mitocondrial. É importante lembrar que as mitocôndrias são herdadas através da linhagem materna, então o seu DNA mitocondrial é o mesmo da sua mãe, da sua avó materna, da sua bisavó materna e assim sucessivamente (descartando as mutações obviamente).

Na cena de um crime, é possível extrair o DNA dos glóbulos brancos de uma mancha de sangue por exemplo (hemácias são anucleadas e por isso não possuem DNA). Esperma, saliva e células da pele também podem ser usados para a identificação de uma pessoa.

A amostra de material biológico é então tratada para que as membranas celulares sejam quebradas e o DNA possa ser isolado. Esse material genético é, normalmente, copiado diversas vezes por um processo chamado PCR (reação em cadeia da polimerase) em que basicamente ocorre um processo

muito acelerado de replicação do DNA em laboratório. Isso facilita a detecção e a visualização desse material genético em outros testes como na eletroforese em gel.

A eletroforese consiste em colocar as amostras de DNA em um gel ligado a uma corrente elétrica. As amostras são colocadas próximas ao polo negativo e são atraídas pelo polo oposto, fazendo com que elas “corram” no gel. Fragmentos menores correm mais do que os maiores e isso gera um padrão de bandas de diferentes tamanhos que podem ser comparados com um padrão para identificação.



Quando a corrente é ligada, as moléculas de DNA carregadas negativamente se movem em direção ao eletrodo positivo, com as moléculas menores se movendo mais rapidamente do que as maiores. Aqui as bandas são mostradas em azul, mas no gel verdadeiro, as bandas ainda não seriam visíveis neste ponto.

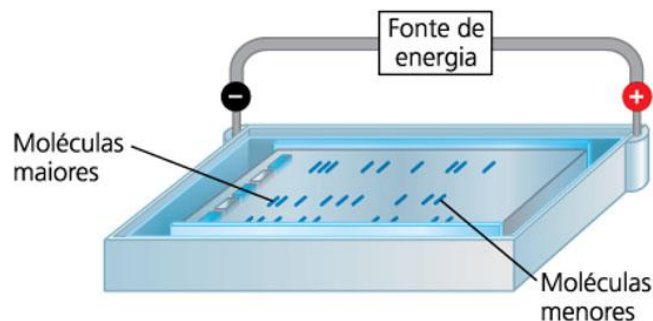


Fig. 40: Funcionamento da eletroforese em gel.

Na identificação de paternidade são colocadas amostras de DNA nuclear do filho e dos pais e, após a eletroforese é possível comparar seus padrões de bandas. A presença de uma banda escura na amostra do bebê tem que ser verificada também na mãe ou no pai, uma vez que a criança pode herdá-la de um ou de outro. Por outro lado, a presença de uma banda escura na amostra do filho e a ausência dessa banda na mãe e no pai podem indicar que não há relação de parentesco entre os indivíduos em questão.

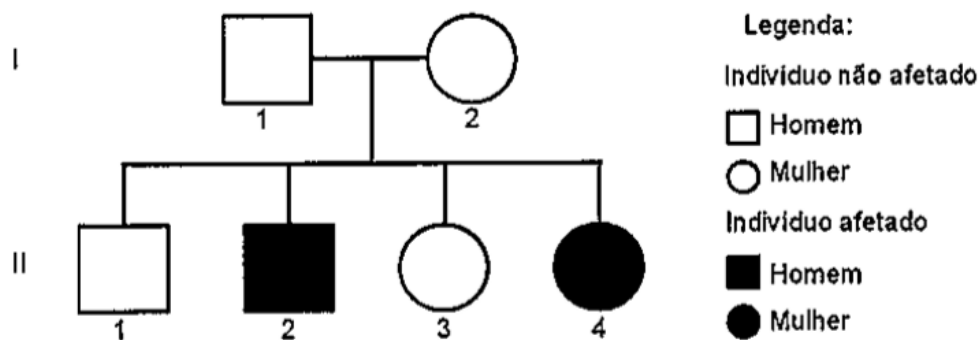
Os testes de identificação por DNA, apesar de muito eficazes, não são 100% garantidos. É possível que, dependendo das regiões analisadas do DNA, o resultado não represente a realidade. Por isso,

em investigações criminais, esses testes não são usados sozinhos como material para incriminar alguém.

## Questões Comentadas

### 1. (Colégio Naval - 2019)

A fibrose cística é uma doença autossômica recessiva que afeta as glândulas exócrinas causando problemas para o trato digestivo e para os pulmões. Sendo assim, analise o heredograma abaixo, que representa um casal não afetado pela doença e seus filhos.



Com a análise desse heredograma, é correto afirmar que:

- (A) todas as filhas do indivíduo II.2 serão afetadas pela doença e o genótipo desse indivíduo é aa.
- (B) o indivíduo II.1 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.
- (C) todos os filhos do indivíduo II.3 terão pelo menos um gene para doença e o genótipo desse indivíduo é aa.
- (D) todos os descendentes do indivíduo II.4 receberão o gene para doença e o genótipo dele é aa.
- (E) o indivíduo I.2 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.

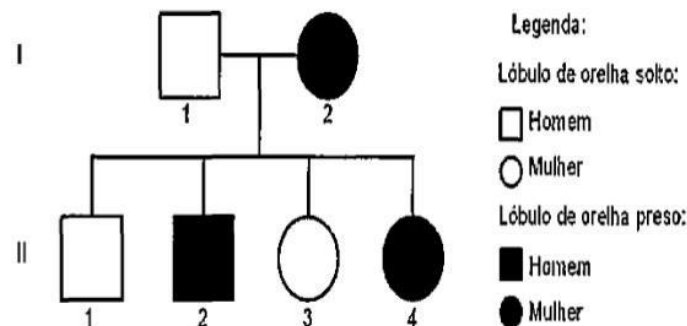
### Comentários

Podemos, inicialmente, identificar os genótipos dos indivíduos. Como já sabemos que a doença é autossômica recessiva, os indivíduos afetados (II.2 e II.4) serão aa. Consequentemente, seus pais (I.1 e I.2) serão ambos Aa, afinal, cada um precisou passar o alelo recessivo para seus filhos afetados. Os indivíduos II.1 e II.3 podem ter genótipos AA ou Aa. Analisando as alternativas teremos: a letra A está errada pois caso o indivíduo II.2 tenha filhas com uma mulher não afetada, existe a possibilidade de que as crianças não sejam afetadas também. A letra B está errada pois o indivíduo II.1 tem que ser heterozigoto (Aa) para ter passado seu alelo recessivo aos filhos afetados (II.2 e II.4). A letra C está errada pois seu genótipo não é aa, afinal ela não é afetada pela doença. A letra D está correta

pois o indivíduo II.4 tem genótipo aa e, por isso, todos os seus descendentes receberão o gene para a fibrose cística. A letra E está errada pelo mesmo motivo da letra B. **Alternativa D.**

## 2. (Colégio Naval - 2017)

O lóbulo da orelha é uma pequena proeminência que se situa na região inferior da orelha dos seres humanos. O lóbulo solto das orelhas é uma característica condicionada por um alelo dominante. O homocigoto recessivo, por sua vez, tem os lóbulos presos. Sendo assim, considere que um homem heterocigoto se case com uma mulher com lóbulos presos e tenha quatro filhos, conforme o heredograma abaixo.



Com a análise do heredograma acima, é correto afirmar que

- (A) Todos os filhos do indivíduo II 2 terão lóbulos presos e o genótipo desse indivíduo é AA.
- (B) O indivíduo II 1 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.
- (C) Todos os filhos do indivíduo II 3 terão, pelo menos, um gene para lóbulo preso e o genótipo desse indivíduo é aa.
- (D) Qualquer descendente do indivíduo II 4 receberá o gene para lóbulo preso e seu genótipo é aa.
- (E) O indivíduo I 2 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.

## Comentários

Vamos começar identificando o genótipo de cada indivíduo do heredograma. O enunciado diz que o homem (indivíduo I 1) é heterocigoto, logo, seu genótipo será Aa. Já a mulher (indivíduo I 2) tem lóbulos presos, sendo, portanto, aa.

Os indivíduos II 1 e II 3 só podem ser Aa, uma vez que estão representados pela cor branca (lóbulo solto) e, para isso, tiveram que herdar o A do pai e um a da mãe.

Os indivíduos II 2 e II 4 só podem ser aa, uma vez que estão representados pela cor preta (lóbulo preso).

Resumindo: I 1, II 1 e II 3 são Aa. I 2, II 2 e II 4 são aa.

Agora vamos analisar as alternativas.

A letra A está errada pois caso o indivíduo II 2 tenha filhos com uma mulher de lóbulos soltos, ele poderá ter filhos também com essa característica. Além disso, seu genótipo é aa como já vimos mais acima. - A letra B está errada pois o indivíduo II 1 tem genótipo Aa, como já vimos. - A letra C está errada pois nem todos os seus filhos terão um gene para alelo preso, uma vez que ele é Aa e pode passar o A para os filhos. - A letra D está correta, uma vez que o indivíduo II 4, por ser aa, só poderá passar o alelo "a" aos seus descendentes.

A letra E está errada pois o indivíduo I 2 tem genótipo aa.

#### Alternativa D.

---

### 3. (Colégio Naval - 2017)

A divisão celular é o processo que ocorre nos seres vivos por meio do qual uma célula, chamada célula-mãe, divide-se em células-filhas, com informações genéticas relativas à espécie. Dependendo do tipo de célula, esta se dividirá por mitose ou por meiose, eventos complexos que fazem parte do ciclo celular. A mitose é importante por diversos motivos, EXCETO porque

- (A) Substitui as células mortas por outras novas.
- (B) Regenera as partes lesadas do organismo.
- (C) As células-filhas são geneticamente diferentes da célula-mãe.
- (D) São as células somáticas que fazem esse tipo de divisão celular.
- (E) Ocorre tanto com células haploides quanto com células diploides.

#### Comentários

Vamos analisar as alternativas: a letra A está correta, pois substituir as células mortas é um papel da mitose; a letra B também está correta, pois tecidos lesados são substituídos por mitose; a letra C está errada pois as células-filhas originadas por mitose são idênticas às células-mãe; a letra D está correta pois as células somáticas fazem mitose enquanto as células germinativas realizam meiose; a letra E também está correta pois ambos os tipos celulares podem realizar mitose, mas apenas células diploides podem fazer meiose. **Alternativa C.**

---

### 4. (Colégio Naval - 2016)

Segundo Gregor Mendel, em determinada raça de ratos, a pelagem preta uniforme está associada a um gene dominante A, enquanto a pelagem branca uniforme, a seu alelo recessivo a. Se houver o cruzamento de um casal de ratos pretos, ambos heterozigotos, que característica terá a pelagem de seus descendentes?

- (A) 100% terão de pelagem preta.
- (B) 100% terão de pelagem branca.
- (C) 100% terão de pelagem malhada.





- (D) 25% terão de pelagem preta, 50% terão de pelagem malhada e os outros 25% terão de pelagem branca.
- (E) 75% terão de pelagem preta e 25% terão de pelagem branca.

### Comentários

O enunciado nos apresenta um caso de dominância completa do alelo A em relação ao alelo a. Assim, não há uma característica intermediária e sim apenas 2 fenótipos: preto e branco. Dessa forma, é só efetuar o cruzamento  $Aa \times Aa$ , o que gera:

25% AA (pretos)

50% Aa (pretos)

25% aa (brancos)

Somando a porcentagem de AA com Aa temos a totalidade de indivíduos com pelagem preta, ou seja, 75%. Assim, a opção correta é a **alternativa E**.

---

### 5. (Colégio Naval - 2016)

A hereditariedade é compreendida como um conjunto de processos biológicos que asseguram a transmissão das características genéticas dos pais, aos seus descendentes. Sendo assim, os genes podem ser definidos como unidades

- (A) Fundamentais que constituem os tecidos de um ser vivo.
- (B) Proteicas encontradas nos núcleos celulares.
- (C) Fundamentais da hereditariedade.
- (D) Que caracterizam os componentes sanguíneos.
- (E) Moleculares, encontradas nos citoplasmas das células, responsáveis pelo processo de hereditariedade.

### Comentários

Vamos analisar as alternativas. A letra A está errada pois as unidades fundamentais que constituem os tecidos são as células. A letra B está errada pois genes não são unidades de proteína e sim de DNA. A letra D está errada pois os componentes sanguíneos podem ser células, fragmentos de células ou substâncias diversas dissolvidas no plasma. A letra E está errada pois nas células eucariontes os genes não ficam no citoplasma e sim no interior do núcleo. **Alternativa C**.

---

### 6. (Colégio Naval - 2015)

Leia o texto a seguir.



Dentre as características transmitidas de pais para filhos, algumas dependem da presença ou ausência de um tipo específico de cromossomo. Assim é a determinação do sexo de uma criança. No homem, o par de cromossomos sexuais é formado por cromossomos de tamanhos diferentes e, na mulher os cromossomos do par sexual são de tamanho semelhante. Para compreender a determinação genética do sexo, é importante considerar que o par de cromossomos sexuais existe em todas as células do corpo dos indivíduos, entretanto um espermatozoide conterá apenas um dos dois cromossomos possíveis.

Com base no texto acima, assinale a opção que apresenta a probabilidade de um casal ter um menino como primeiro filho e o par de cromossomos sexuais do menino.

- (A)  $\frac{1}{4}$  e XX.
- (B) 25% e XX.
- (C) 75% e XX.
- (D)  $\frac{3}{4}$  e XY.
- (E) 50% e XY.

### Comentários

Sabemos que o par de cromossomos sexuais em um indivíduo do sexo masculino é sempre XY, o que já elimina as alternativas A, B e C. Como o sexo é determinado pelo cromossomo que o espermatozoide carrega e ele tem a mesma probabilidade de carregar um cromossomo Y ou um X, teremos 50% de chances de que o casal tenha um menino como primeiro filho e, do mesmo modo, 50% de chances que o casal tenha uma menina como primeiro filho. **Alternativa E.**

### 7. (Colégio Naval - 2015)

No nosso corpo ocorrem dois tipos de divisão celular: a mitose, nas células do corpo em geral, e a meiose, nas células germinativas. Com relação à mitose e à meiose no corpo humano, é correto afirmar que

- (A) Na mitose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com a metade do número de cromossomos.
- (B) A mitose é a divisão celular que forma os espermatozoides e o óvulo.
- (C) Na meiose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com 23 cromossomos.
- (D) A meiose é a divisão celular que permite o crescimento dos organismos e a substituição das células que envelhecem e morrem.
- (E) Tanto na mitose quanto na meiose ocorre perda de cromossomos durante a divisão celular.

### Comentários



Vamos analisar as alternativas: a letra A está errada pois a mitose gera células com o mesmo número de cromossomos das células-mãe; a letra B está errada pois os gametas são formados por meiose; a letra C está correta pois a meiose reduz o número de cromossomos à metade; a letra D está errada pois está se referindo a características da mitose; a letra E está errada pois os cromossomos não são perdidos na divisão celular. **Alternativa C.**

---

### 8. (Colégio Naval - 2014)

O albinismo é um distúrbio genético humano causado por um gene autossômico recessivo. Indivíduos albinos são caracterizados pela ausência parcial ou total de pigmento na pele, no cabelo e nos olhos. Essas características seguem os padrões de herança decorrentes da 1ª Lei de Mendel. Os símbolos "A" e "a" representam os alelos dominante e recessivo, respectivamente. Assinale a opção que apresenta a probabilidade de nascimento de uma criança de pele com pigmentação normal, descendente de uma mulher Albina e um homem heterozigoto de pele com pigmentação normal. Considere que o casal já tem um filho albino.

- (A) 0%.
- (B) 25%.
- (C) 50%.
- (D) 75%.
- (E) 100%.

### Comentários

O cruzamento seria Aa (homem heterozigoto) X aa (mulher albina). Os resultados seriam: 50% Aa (pigmentação normal) 50% aa (albino). **Alternativa C.**

---

### 9. (Colégio Naval - 2013)

Para uma determinada característica, um casal com fenótipo igual originou um filho com fenótipo diferente do deles. Essa característica segue os padrões de herança decorrentes da 1ª lei de Mendel. Com base nessas informações, pode-se deduzir, exclusivamente, que:

- (A) Os pais são obrigatoriamente homozigotos dominantes para essa característica e o filho heterozigoto recessivo.
- (B) Os pais são obrigatoriamente heterozigotos recessivos para essa característica e o filho homozigoto dominante.
- (C) Os pais são obrigatoriamente heterozigotos dominantes para essa característica e o filho homozigoto recessivo.
- (D) Os pais são obrigatoriamente homozigotos recessivos para essa característica e o filho heterozigoto dominante.
- (E) Os pais e o filho são obrigatoriamente heterozigotos recessivos para essa característica.



## Comentários

Vamos analisar as alternativas. A letra A está errada pois pais homocigotos dominantes só podem gerar filhos também homocigotos dominantes, ou seja, iguais aos pais. Além disso, não existem heterocigotos recessivos. A letra B está errada pois não existem heterocigotos recessivos. A letra C está correta pois os pais heterocigotos (Aa X Aa) têm 25% de chances de gerar filhos homocigotos recessivos (aa) e essa é a única possibilidade de isso acontecer. A letra D está errada pois pais homocigotos recessivos só podem gerar filhos iguais a eles. A letra E está errada pois não existem heterocigotos recessivos. **Alternativa C.**

---

### 10. (Colégio Naval - 2013)

Observe as informações.

A galactosemia é uma doença genética humana causada por um gene autossômico recessivo. Sabendo que essa característica segue os padrões de herança decorrentes da 1ª lei de Mendel, assinale a opção que apresenta, em suas devidas proporções, os genótipos e os fenótipos dos descendentes do cruzamento de dois indivíduos normais (não galactosêmicos) heterocigotos, nesta ordem.

- (A) 2 GG, 2 gg, 50% de não galactosêmicos e 50% de galactosêmicos.
- (B) 75% de não galactosêmicos, 25% de galactosêmicos, 2 GG, 1 Gg e 2 gg.
- (C) 50% de galactosêmicos, 50% de não galactosêmicos, 2 Gg e 2 GG.
- (D) 1 GG, 2 Gg, 1 gg, 75% de não galactosêmicos e 25% de galactosêmicos.
- (E) 1 GG, 1 Gg, 2 gg, 50% de não galactosêmicos e 50% de galactosêmicos.

## Comentários

Vamos fazer o cruzamento proposto: Gg X Gg. Teremos então:

25% GG (não galactosêmicos)

50% Gg (não galactosêmicos)

25% gg (galactosêmicos)

Podemos dizer que os resultados estão na proporção 1:2:1, conforme esperado para um cruzamento entre indivíduos heterocigotos. Assim, a opção correta é a **alternativa D.**

---

### 11. (Colégio Naval – 2013)

A tabela a seguir apresenta o conteúdo total médio de DNA, em  $10^{-12}$ g núcleo, encontrado nos núcleos de vários tipos de células de diversos animais.

Animais	Células				
	A	B	C	D	E
Boi	6,80	3,42	7,05	6,63	6,62



Galinha	2,58	2,65	1,26	2,28	2,29
Sapo	7,33	7,45	7,50	3,70	7,54
Carpa	1,64	3,49	3,33	3,30	3,33
Sardinha	3,48	3,35	3,33	3,34	1,66

Assinale a opção que caracteriza corretamente a célula quanto à função, se é um gameta ou não (célula somática) e quantidade de genes (DNA).

- (A) A célula A da galinha é um gameta, pois é diploide.
- (B) A célula B do boi é um gameta, pois é haploide.
- (C) A célula C da carpa é somática, pois é haploide.
- (D) A célula D do sapo é somática, pois é poliploide.
- (E) A célula E da sardinha é somática, pois é diploide.

### Comentários

A letra A está errada pois gametas são haploides; a letra B está correta pois a célula B do boi apresenta cerca de metade da quantidade de DNA das outras células (haploide), o que significa que é um gameta; a letra C está errada pois células somáticas de carpas (peixes) são diploides e a quantidade de DNA apresentada na célula C é o dobro daquela presente na célula A da carpa; a letra D está errada pois as células somáticas do sapo são diploides e a quantidade de DNA apresentada na célula D é metade daquela apresentada nas demais células do sapo; a letra E está errada pois a célula E da sardinha apresenta metade do DNA apresentado nas demais células, indicando que ela é haploide. **Alternativa B.**

### 12. (Colégio Naval - 2012) Leia o texto abaixo.

As características transmitidas de pais para filhos são denominadas hereditárias. Para cada característica hereditária existe, nos indivíduos, pelo menos um par de genes alelos – um de origem paterna e outro de origem materna. Um exemplo de característica hereditária, portanto, determinada por um par de genes alelos, é o albinismo.

Com relação ao albinismo, existem pessoas que não possuem a pele pigmentada e são chamadas de albinas e, pessoas que têm pigmentação normal na pele.

O aspecto pigmentação normal na pele é condicionado por um gene representado pela letra “A” e o aspecto albino é condicionado pelo alelo representado pela letra “a”.

Para a compreensão da herança dessa característica, é importante considerar, que o alelo dominante é o gene “A”, que determina a pigmentação normal e se expressa mesmo na presença do alelo recessivo “a”. Já o gene alelo recessivo “a” só expressa o albinismo na ausência do gene dominante. Adicionalmente, a herança do albinismo é semelhante à herança proposta por Mendel para um par de fatores.

Considerando a herança do albinismo, assinale a opção que apresenta, em suas devidas porcentagens, os genótipos e os fenótipos dos descendentes de um homem “AA” com uma mulher “aa” para a pigmentação da pele, nesta ordem.

- (A) 50% têm a pigmentação normal, 50% são albinos, 25% têm AA, 25% têm Aa e 50% têm aa.
- (B) 75% são albinos, 25% têm a pigmentação normal, 25% têm AA, 50% têm Aa e 25% têm aa.
- (C) 25% têm AA, 50% têm Aa, 25% têm aa, 75% têm a pigmentação normal e 25% são albinos.
- (D) 100% têm Aa e 100% dos descendentes têm a pigmentação normal na pele.
- (E) 50% têm AA, 50% têm aa, 50% têm a pigmentação normal e 50% são albinos.

### Comentários

O cruzamento entre AA e aa gera todos os descendentes com o mesmo genótipo (Aa) e, conseqüentemente, o mesmo fenótipo (pele com pigmentação normal). **Alternativa D.**

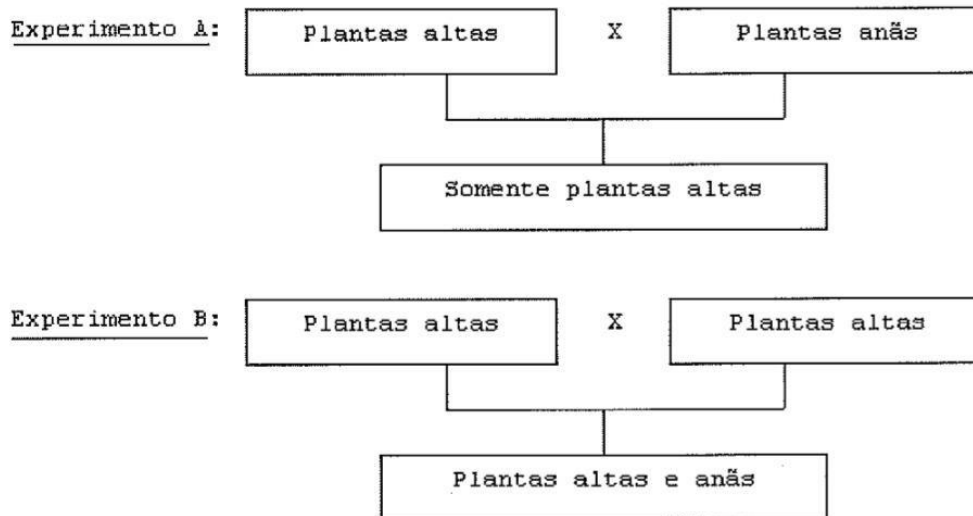
---

### 13. (Colégio Naval – 2011)

Gregor Johann Mendel (1822-1884), considerado o pai da genética moderna, realizou experimentos com ervilhas-de-cheiro (*Pisum sativa*) por cerca de oito anos. Mendel, em um primeiro experimento, cruzou ervilhas puras para a variedade alta com plantas de variedade anã, também puras. Como resultado obteve somente plantas altas. Então, Mendel realizou um segundo experimento no qual permitiu a autofecundação das plantas altas obtidas no primeiro experimento. Dessa vez, observou que se originavam plantas altas e anãs em proporções desiguais.

Os dois experimentos foram sumarizados em um esquema. O primeiro foi representado pela letra “A” e o segundo pela letra “B”.





Assinale a opção que apresenta, respectivamente, em suas devidas proporções, os genótipos e os fenótipos dos descendentes do experimento "B".

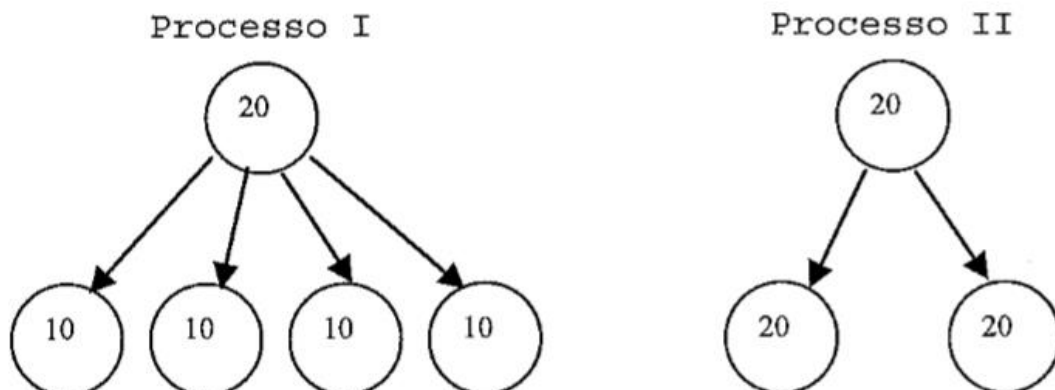
- (A) 2AA, 2aa, 50% de plantas altas e 50% de plantas anãs.
- (B) 75% de plantas altas, 25% de plantas anãs, 2AA, 1Aa e 2aa.
- (C) 50% de plantas anãs, 50% de plantas altas, 2Aa e 2AA.
- (D) 1AA, 2Aa, 1aa, 75% de plantas altas e 25% de plantas anãs.
- (E) 1AA, 1Aa, 2aa, 50% de plantas altas e 50% de plantas anãs.

### Comentários

O experimento A utilizou linhagens puras, ou seja, indivíduos homocigotos para sua característica (AA X aa). Esse cruzamento gerou somente indivíduos de genótipo Aa que cruzaram entre si. Sabemos que cruzamentos entre heterocigotos geram descendentes na proporção genotípica de 1:2:1, ou seja, 1AA, 2Aa, 1aa. Isso resulta em 75% de indivíduos de fenótipo dominante (alto) e 25% de indivíduos de fenótipo recessivo (anão). **Alternativa D.**

### 14. (Colégio Naval – 2008)

Observe os esquemas abaixo



De acordo com os esquemas apresentados, assinale a opção correta.

- (A) O processo II possibilita o crescimento do organismo, a regeneração de partes perdidas e formação das células reprodutivas.
- (B) A realização do processo II é fundamental na reprodução sexuada, pois garante a manutenção do número de cromossomos da espécie.
- (C) O processo II origina células-filhas com um conjunto completo de cromossomos, mas, geneticamente diferentes.
- (D) O processo I é realizado durante o desenvolvimento embrionário, na cicatrização de ferimentos e crescimento de pelos.
- (E) O processo I é fundamental na produção de células reprodutivas, tanto em plantas como animais, originando células-filhas haploides.

### Comentários

Primeiramente vamos identificar os processos. O Processo I é a meiose, pois uma célula diploide gera quatro células haploides, ou seja, com a metade do número de cromossomos da célula-mãe. O Processo II é a mitose, pois uma célula diploide gera duas células diploides também. Analisando as alternativas, temos: a letra A está errada pois formar células reprodutivas não é função da mitose; a letra B também está errada pois está citando características da meiose; a letra C está errada pois as células originadas são geneticamente iguais; a letra D está errada pois está citando características da mitose; a letra E está correta pois a meiose é responsável pela formação de gametas haploides em plantas e em animais. **Alternativa E.**

### 15. (Colégio Naval – 2007)

Analise o quadrinho abaixo.



Em relação aos microrganismos representados no quadrinho acima, pode-se afirmar que

- (A) O evento ocorrido, no segundo quadro, resulta em indivíduos diferentes entre si.
- (B) O mecanismo ocorrido, no segundo quadro, é um processo de reprodução sexuada.
- (C) O evento ocorrido, no segundo quadro, se dá não somente em amebas mas também em outros eucariontes, como as bactérias e os fungos.



- (D) As amebas representam o Reino dos Protistas, caracterizado por seres eucariontes unicelulares de reprodução assexuada.
- (E) As amebas surgem, no segundo quadro, através do processo reprodutivo assexuado, que é caracterizado por produzir clones.

### Comentários

O evento ocorrido no segundo quadro consiste no processo de reprodução assexuada realizada pelas amebas (Reino Protoctista) e que se assemelha ao processo de mitose de organismos pluricelulares. Assim, a letra A está errada pois a mitose origina células semelhantes; a letra B está errada pois é um processo de reprodução assexuada; a letra C está errada pois as bactérias são procariontes; a letra D está errada pois os Protistas (Protoctista) também incluem seres pluricelulares como as algas e que realizam reprodução sexuada. A letra E está correta, pois a reprodução assexuada realizada pelas amebas produz seres geneticamente idênticos, ou seja, clones. **Alternativa E.**

---

### 16. (Colégio Naval – 2005)

O cruzamento entre duas variedades de cachorros, todos com o mesmo genótipo, originou 41 descendentes pretos e 13 descendentes brancos. Assinale a opção que apresenta o cruzamento que originará maior proporção de descendentes brancos.

- (A) Bb X Bb
- (B) Bb X bb
- (C) BB X Bb
- (D) BB X BB
- (E) BB x bb

### Comentários

Como o fenótipo branco aparece em menor quantidade no cruzamento citado no enunciado, podemos identificá-lo como recessivo em relação ao fenótipo preto. Assim, o cruzamento que originará a maior proporção de descendentes brancos será aquele em que os indivíduos apresentam a maior quantidade de alelos recessivos (b). Isso ocorre na **alternativa B**, cujo cruzamento gera 50% de indivíduos brancos. A alternativa A gera 25% de brancos, as alternativas C, D e E geram 0% de indivíduos brancos.

---

### 17. (Colégio Naval – 2004)

A engenharia genética permitiu a introdução, em porcos, de genes humanos visando a produção de órgãos para transplantes em seres humanos. Estes porcos são considerados

- (A) Transgênicos.
- (B) Isogênicos.



- (C) Infectados.
- (D) Diploides.
- (E) Clones.

### Comentários

A introdução de genes humanos em porcos faz com que os últimos passem a manifestar ou produzir características que são originais de outra espécie. Entre as opções apenas 2 estão relacionadas à palavra gene: transgênicos e isogênicos. O prefixo “iso” significa “igual” enquanto o prefixo “trans” significa “em troca de” ou “ao invés de”, o que representa o processo descrito no enunciado.

#### Alternativa A.

---

### 18. (Colégio Naval – 2004)

Algumas vezes a capacidade de manifestação de um gene nos permite classificá-lo como dominante ou recessivo. Diz-se que um determinado gene é recessivo quando sua expressão (fenótipo)

- (A) Só acontece em heterozigose.
- (B) Só ocorre quando em dose dupla.
- (C) Independe da presença de seu alelo.
- (D) Depende de características herdadas da mãe.
- (E) Reproduz uma característica provocada pelo ambiente.

### Comentários

Sabemos que um gene dominante tem sua característica expressada quando pelo menos uma cópia sua está presente no genótipo do indivíduo. Já os genes recessivos, para terem seu fenótipo manifestado, precisam aparecer duplamente no genótipo. **Alternativa B.**

---

### 19. (Estratégia Militares – 2019)

Associe os tecidos animais com suas respectivas funções. Em seguida, marque a alternativa com a sequência correta.

- |                       |                                      |
|-----------------------|--------------------------------------|
| I. Tecido epitelial   | (    ) Recepção, armazenamento,      |
| II. Tecido conjuntivo | tradução e transmissão de            |
| III. Tecido muscular  | informações nos organismos.          |
| IV. Tecido nervoso    | (    ) Movimentação e sustentação do |
|                       | corpo.                               |
|                       | (    ) Revestimento e secreção de    |
|                       | substâncias.                         |



( ) Sustentação e nutrição de outros tecidos.

- (A) II, III, IV, I
- (B) III, IV, I, II
- (C) I, II, III, IV
- (D) IV, III, II, I
- (E) IV, III, I, II

### Comentários

O tecido epitelial tem função de revestimento e secreção de substâncias. O tecido conjuntivo tem função de sustentação e nutrição de outros tecidos. O tecido muscular tem função de movimentação e sustentação do corpo. O tecido nervoso tem função de recepção, armazenamento, tradução e transmissão de informações nos organismos. Assim, a sequência correta é IV, III, I, II. **Letra E.**

---

### 20. (Estratégia Militares – 2019)

A reprodução assexuada, realizada por muitos organismos unicelulares, gera indivíduos geneticamente iguais. Por isso, eles são considerados:

- (A) Transgênicos.
- (B) Isogênicos.
- (C) Infectados.
- (D) Diploides.
- (E) Clones.

### Comentários

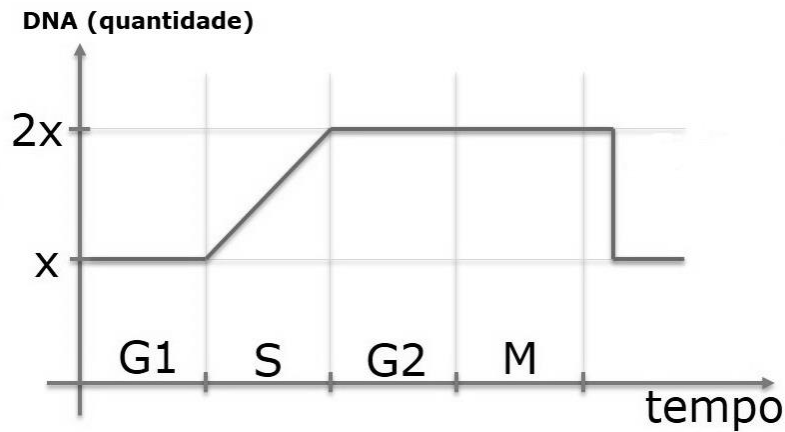
A letra A está errada pois transgênicos são organismos geneticamente modificados que receberam material genético oriundo de outra espécie. A letra B está errada pois linhagens isogênicas resultam de cruzamentos entre irmãos por pelo menos 20 gerações consecutivas, gerando indivíduos com grande semelhança fenotípica. A letra C está errada pois indivíduos infectados são aqueles com a presença de algum agente patogênico. A letra D está errada pois indivíduos diploides são aqueles que possuem seus cromossomos organizados em pares homólogos. A letra E está correta, visto que o termo clone é usado para definir indivíduos geneticamente iguais, como aqueles produzidos pela reprodução assexuada. **Letra E.**

---

### 21. (Estratégia Militares – 2019)

Observe o gráfico abaixo e marque a alternativa que completa a frase abaixo.





O gráfico representa a divisão celular por \_\_\_\_\_, onde uma célula diploide se divide e gera \_\_\_\_\_ células \_\_\_\_\_.

- (A) mitose; quatro; haploides
- (B) meiose; quatro; haploides
- (C) mitose; duas; haploides
- (D) meiose; duas; diploides
- (E) mitose; duas; diploides

### Comentários

Pelo gráfico e pelas informações fornecidas no enunciado, verifica-se que estamos falando da divisão de uma célula diploide que, ao fim do processo, gera células com a mesma quantidade de DNA que a célula original possuía (representada por X). Assim, como não há redução na quantidade de DNA final, temos a divisão por mitose, onde uma célula diploide se divide e gera duas células diploides.

**Letra E.**

### 22. (Estratégia Militares – 2019)

Em um casal hipotético, tanto o homem quanto a mulher apresentam uma doença autossômica recessiva. Caso tenham um bebê, qual é a probabilidade de o mesmo apresentar essa doença?

- (A) 100%
- (B) 75%
- (C) 50%
- (D) 25%
- (E) 0%



## Comentários

Se tanto o homem quanto a mulher apresentam uma doença autossômica recessiva, isso significa que ambos apresentam genótipo homocigoto recessivo (aa). Logo, ao realizarmos o cruzamento aa X aa, verificamos que 100% dos descendentes também terão genótipo aa. Ou seja, a probabilidade de um bebê apresentar a doença é de 100%. **Letra A.**

### 23. (Estratégia Militares – 2019)

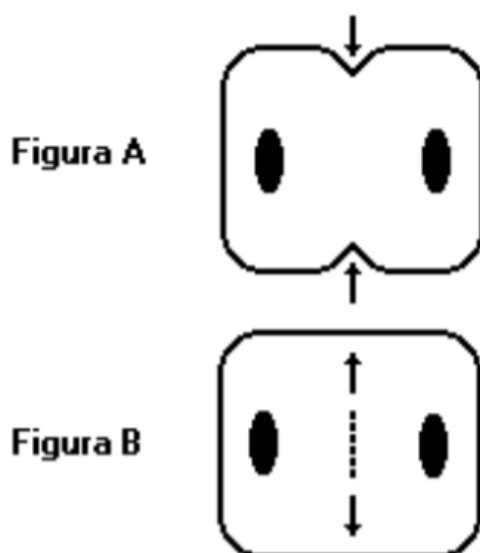
Em uma aula de laboratório, um professor deseja que seus alunos consigam observar, da melhor maneira possível, os cromossomos de uma célula em divisão. Assim, qual seria a melhor etapa para a observação dos cromossomos?

- (A) Intérfase
- (B) Prófase
- (C) Metáfase
- (D) Anáfase
- (E) Telófase

Durante a intérfase, o DNA está pouco condensado, fazendo com que seja inviável observar os cromossomos. Durante a prófase, o DNA começa a se condensar, mas só vai atingir o máximo de espiralização na metáfase, quando os cromossomos ficam mais visíveis, sendo essa a resposta correta. **Letra C.**

### 24. (Estratégia Militares – 2019)

Observe as figuras abaixo.



Elas poderiam representar a citocinese de células de quais organismos, respectivamente?

- (A) Figura A: leão. Figura B: peixe.
- (B) Figura A: alface. Figura B: musgo.

- (C) Figura A: capim. Figura B: macaco.
- (D) Figura A: cachorro. Figura B: samambaia.
- (E) Figura A: ser humano. Figura B: minhoca.

### Comentários

A figura A exemplifica a citocinese centrípeta, ou seja, de fora para dentro, característica da célula animal. A figura B representa a citocinese centrífuga, ou seja, de dentro para fora, característica da célula vegetal. Assim, a letra A está errada pois o peixe não é um vegetal. A letra B está errada pois a alface não é um animal. A letra C está errada pois o capim não é um animal e o macaco não é um vegetal. A letra D está certa pois o cachorro é um animal e a samambaia é um vegetal. A letra E está errada pois a minhoca não é um vegetal. **Letra D.**

---

### 25. (Estratégia Militares – 2019)

Um aluno do Colégio Naval necessita melhorar seu condicionamento físico e, para isso, começa a praticar musculação com acompanhamento profissional. Essa atividade fortalecerá, principalmente, que tecido de seu corpo?

- (A) Tecido muscular estriado cardíaco.
- (B) Tecido muscular liso.
- (C) Tecido muscular estriado esquelético.
- (D) Tecido nervoso.
- (E) Tecido epitelial.

### Comentários

A letra A está errada pois o músculo estriado cardíaco seria beneficiado por exercícios aeróbicos, como corrida e natação. A questão fala de musculação, que é uma atividade considerada anaeróbica. A letra B está errada pois o músculo liso está associado às vísceras, não sendo possível exercitá-lo. A letra C está correta pois é o músculo esquelético que será estimulado na musculação. A letra D está errada pois o tecido nervoso tem baixa capacidade de proliferação celular. A letra E está errada pois o tecido epitelial não é exercitado na musculação. **Letra C.**

---

### 26. (Estratégia Militares – 2019)

O daltonismo é uma doença de herança recessiva ligada ao sexo que causa dificuldades na distinção de cores pelo indivíduo afetado. Sobre essa doença, marque a alternativa INCORRETA.

- (A) Devido ao seu tipo de herança, é uma doença mais comum em homens do que em mulheres.
- (B) Todas as filhas mulheres de um pai daltônico portarão o alelo para o daltonismo.
- (C) Todos os filhos homens de uma mulher daltônica também serão daltônicos.



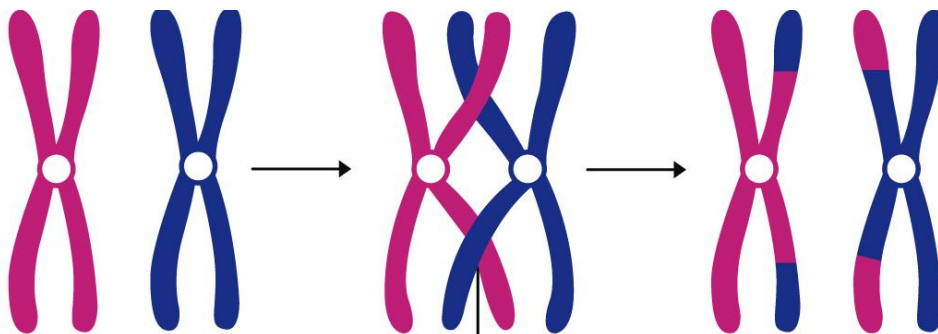
- (D) Se uma mulher apresentar um alelo para daltonismo e um alelo normal, ela não será daltônica.
- (E) Todos os filhos homens de um pai normal serão normais, independentemente do genótipo da mãe.

### Comentários

A letra A está correta, pois como homens possuem apenas um cromossomo X, e mulheres possuem dois, homens necessitam herdar apenas uma cópia do alelo recessivo para manifestarem a doença. Com isso, esse tipo de herança é mais comum em homens do que em mulheres. A letra B está correta, pois todas as filhas mulheres herdarão o cromossomo X com o alelo recessivo do pai. No entanto, para manifestarem a doença, precisarão herdar outro alelo recessivo da mãe. A letra C está correta, pois uma mulher daltônica terá o alelo recessivo em ambos os seus cromossomos X. Assim, todos os seus filhos homens herdarão o alelo recessivo e serão daltônicos. A letra D está correta, pois se a mulher for heterozigota para o gene do daltonismo, ela não será daltônica. A letra E está incorreta, visto que o pai passará o cromossomo Y para seus filhos homens. Logo, seus filhos poderão ser daltônicos, caso a mãe passe um cromossomo X com o alelo recessivo para daltonismo. **Letra E.**

### 27. (Estratégia Militares – 2019)

Observe a figura abaixo.



Que fenômeno está representado na figura e qual é a sua implicação para os seres vivos?

- (A) Permutação, que gera grande variabilidade genética na reprodução sexuada.
- (B) Mutação, que gera grande variabilidade genética na reprodução assexuada.
- (C) Aneuploidia, responsável pelo surgimento de anomalias como a Síndrome de Klinefelter.
- (D) Anáfase, responsável pela separação das cromátides-irmãs.
- (E) Duplicação do DNA, que gera grande variabilidade genética na reprodução sexuada.

### Comentários

A letra A está correta pois a figura representa a permutação ou crossing over, caracterizada pela troca de fragmentos entre os cromossomos homólogos na prófase I da meiose. A letra B está errada pois as mutações são alterações no material genético mas sem envolver a troca de fragmentos entre

cromossomos homólogos. A letra C está errada pois as aneuploidias referem-se ao acréscimo ou diminuição de cromossomos inteiros. A letra D está errada pois a anáfase é a fase da mitose na qual as cromátides-irmãs se separam. A letra E está errada pois a duplicação do DNA ocorre na fase S da intérfase. **Letra A.**

---

### 28. (Estratégia Militares – 2019)

Associe as fases da mitose com os principais eventos ocorridos nela. Em seguida, marque a alternativa com a sequência correta.

- I. Prófase
- II. Metáfase
- III. Anáfase
- IV. Telófase

- ( ) Alinhamento dos cromossomos na região mediana do citoplasma.
- ( ) Reaparecimento da carioteca.
- ( ) Início da compactação do material genético.
- ( ) Separação das cromátides-irmãs.

- (A) I, IV, II, III
- (B) II, IV, I, III
- (C) III, I, II, IV
- (D) IV, II, I, III
- (E) II, I, IV, III

### Comentários

Na prófase ocorre o início da compactação do material genético. Na metáfase ocorre o alinhamento dos cromossomos na região mediana do citoplasma. Na anáfase ocorre a separação das cromátides-irmãs. Na telófase ocorre o reaparecimento da carioteca. Assim, a sequência correta é II, IV, I, III. **Letra B.**

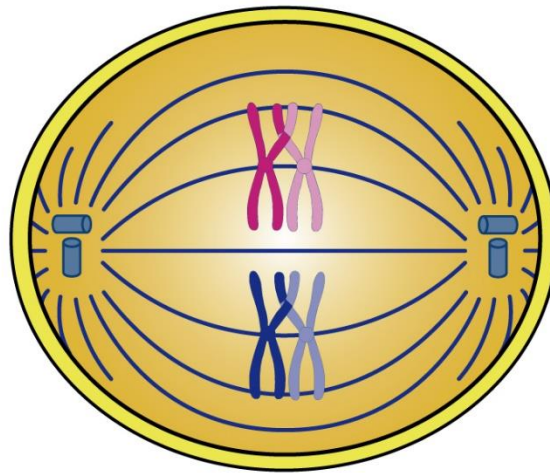
---

### 29. (Estratégia Militares – 2019)

Observe a figura abaixo.







Que etapa da divisão celular está representada?

- (A) Prófase da mitose
- (B) Metáfase da mitose
- (C) Metáfase I da meiose
- (D) Metáfase II da meiose
- (E) Prófase I da meiose.

### Comentários

A figura representa o pareamento de cromossomos homólogos. Sabemos que isso ocorre apenas na meiose I. Além disso, podemos ver o posicionamento de cromossomos na região mediana da célula. Sabemos que isso ocorre na metáfase. Dessa forma, podemos identificar a figura como correspondente à Metáfase I da meiose. **Letra D.**

### 30. (Estratégia Militares – 2019)

Determinada substância tem a capacidade de impedir a atividade da enzima DNA-polimerase. Caso ela fosse aplicada em uma cultura de células, em qual etapa do ciclo celular sua ação seria evidente?

- (A) Na fase S da intérfase, pois é nessa fase que o material genético é duplicado.
- (B) Na prófase, pois é nessa fase que o fuso mitótico começa a ser produzido.
- (C) Na metáfase, pois é nessa fase que os cromossomos precisam ser duplicados.
- (D) Na anáfase, pois é nessa fase que ocorre a separação das cromátides-irmãs.
- (E) Na telófase, pois é nessa fase que a carioteca reaparece.

### Comentários

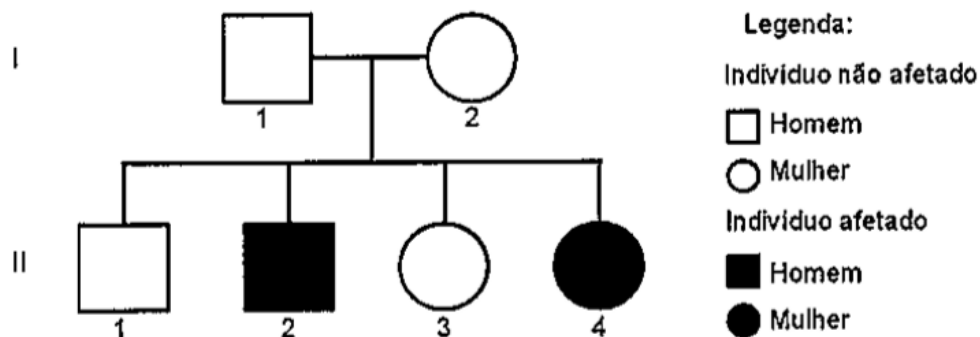


A letra A está correta pois a DNA-polimerase atua na duplicação do DNA e esse processo ocorre na fase S da intérfase. A letra B está errada pois a DNA-polimerase não está envolvida na produção das fibras do fuso mitótico. A letra C está errada pois os cromossomos não são duplicados na metáfase. A letra D está errada pois a separação das cromátides não envolve a polimerização de novas moléculas de DNA. A letra E está errada pois o reaparecimento da carioteca não envolve a polimerização de novas moléculas de DNA. **Letra A.**

## Lista de Questões

### 1. (Colégio Naval - 2019)

A fibrose cística é uma doença autossômica recessiva que afeta as glândulas exócrinas causando problemas para o trato digestivo e para os pulmões. Sendo assim, analise o heredograma abaixo, que representa um casal não afetado pela doença e seus filhos.

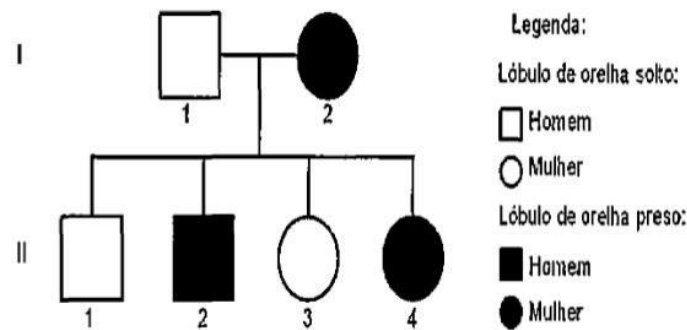


Com a análise desse heredograma, é correto afirmar que:

- (A) todas as filhas do indivíduo II.2 serão afetadas pela doença e o genótipo desse indivíduo é aa.
- (B) o indivíduo II.1 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.
- (C) todos os filhos do indivíduo II.3 terão pelo menos um gene para doença e o genótipo desse indivíduo é aa.
- (D) todos os descendentes do indivíduo II.4 receberão o gene para doença e o genótipo dele é aa.
- (E) o indivíduo I.2 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.

### 2. (Colégio Naval - 2017)

O lóbulo da orelha é uma pequena proeminência que se situa na região inferior da orelha dos seres humanos. O lóbulo solto das orelhas é uma característica condicionada por um alelo dominante. O homocigoto recessivo, por sua vez, tem os lóbulos presos. Sendo assim, considere que um homem heterocigoto se case com uma mulher com lóbulos presos e tenha quatro filhos, conforme o heredograma abaixo.



Com a análise do heredograma acima, é correto afirmar que

- (A) Todos os filhos do indivíduo II 2 terão lóbulos presos e o genótipo desse indivíduo é AA.
- (B) O indivíduo II 1 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.
- (C) Todos os filhos do indivíduo II 3 terão, pelo menos, um gene para lóbulo preso e o genótipo desse indivíduo é aa.
- (D) Qualquer descendente do indivíduo II 4 receberá o gene para lóbulo preso e seu genótipo é aa.
- (E) O indivíduo I 2 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.

### 3. (Colégio Naval - 2017)

A divisão celular é o processo que ocorre nos seres vivos por meio do qual uma célula, chamada célula-mãe, divide-se em células-filhas, com informações genéticas relativas à espécie. Dependendo do tipo de célula, esta se dividirá por mitose ou por meiose, eventos complexos que fazem parte do ciclo celular. A mitose é importante por diversos motivos, EXCETO porque

- (A) Substitui as células mortas por outras novas.
- (B) Regenera as partes lesadas do organismo.
- (C) As células-filhas são geneticamente diferentes da célula-mãe.
- (D) São as células somáticas que fazem esse tipo de divisão celular.
- (E) Ocorre tanto com células haploides quanto com células diploides.

### 4. (Colégio Naval - 2016)

Segundo Gregor Mendel, em determinada raça de ratos, a pelagem preta uniforme está associada a um gene dominante A, enquanto a pelagem branca uniforme, a seu alelo recessivo a. Se houver o cruzamento de um casal de ratos pretos, ambos heterozigotos, que característica terá a pelagem de seus descendentes?

- (A) 100% terão de pelagem preta.
- (B) 100% terão de pelagem branca.
- (C) 100% terão de pelagem malhada.



- (D) 25% terão de pelagem preta, 50% terão de pelagem malhada e os outros 25% terão de pelagem branca.
- (E) 75% terão de pelagem preta e 25% terão de pelagem branca.

### 5. (Colégio Naval - 2016)

A hereditariedade é compreendida como um conjunto de processos biológicos que asseguram a transmissão das características genéticas dos pais, aos seus descendentes. Sendo assim, os genes podem ser definidos como unidades

- (A) Fundamentais que constituem os tecidos de um ser vivo.
- (B) Proteicas encontradas nos núcleos celulares.
- (C) Fundamentais da hereditariedade.
- (D) Que caracterizam os componentes sanguíneos.
- (E) Moleculares, encontradas nos citoplasmas das células, responsáveis pelo processo de hereditariedade.

### 6. (Colégio Naval - 2015)

Leia o texto a seguir.

Dentre as características transmitidas de pais para filhos, algumas dependem da presença ou ausência de um tipo específico de cromossomo. Assim é a determinação do sexo de uma criança. No homem, o par de cromossomos sexuais é formado por cromossomos de tamanhos diferentes e, na mulher os cromossomos do par sexual são de tamanho semelhante. Para compreender a determinação genética do sexo, é importante considerar que o par de cromossomos sexuais existe em todas as células do corpo dos indivíduos, entretanto um espermatozoide conterá apenas um dos dois cromossomos possíveis.

Com base no texto acima, assinale a opção que apresenta a probabilidade de um casal ter um menino como primeiro filho e o par de cromossomos sexuais do menino.

- (A)  $\frac{1}{4}$  e XX.
- (B) 25% e XX.
- (C) 75% e XX.
- (D)  $\frac{3}{4}$  e XY.
- (E) 50% e XY.

### 7. (Colégio Naval - 2015)

No nosso corpo ocorrem dois tipos de divisão celular: a mitose, nas células do corpo em geral, e a meiose, nas células germinativas. Com relação à mitose e à meiose no corpo humano, é correto afirmar que



- (A) Na mitose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com a metade do número de cromossomos.
- (B) A mitose é a divisão celular que forma os espermatozoides e o óvulo.
- (C) Na meiose, a partir de células iniciais com 46 cromossomos, formam-se células com 23 cromossomos.
- (D) A meiose é a divisão celular que permite o crescimento dos organismos e a substituição das células que envelhecem e morrem.
- (E) Tanto na mitose quanto na meiose ocorre perda de cromossomos durante a divisão celular.

### 8. (Colégio Naval - 2014)

O albinismo é um distúrbio genético humano causado por um gene autossômico recessivo. Indivíduos albinos são caracterizados pela ausência parcial ou total de pigmento na pele, no cabelo e nos olhos. Essas características seguem os padrões de herança decorrentes da 1ª Lei de Mendel. Os símbolos "A" e "a" representam os alelos dominante e recessivo, respectivamente. Assinale a opção que apresenta a probabilidade de nascimento de uma criança de pele com pigmentação normal, descendente de uma mulher Albina e um homem heterozigoto de pele com pigmentação normal. Considere que o casal já tem um filho albino.

- (A) 0%.
- (B) 25%.
- (C) 50%.
- (D) 75%.
- (E) 100%.

### 9. (Colégio Naval - 2013)

Para uma determinada característica, um casal com fenótipo igual originou um filho com fenótipo diferente do deles. Essa característica segue os padrões de herança decorrentes da 1ª lei de Mendel. Com base nessas informações, pode-se deduzir, exclusivamente, que:

- (A) Os pais são obrigatoriamente homozigotos dominantes para essa característica e o filho heterozigoto recessivo.
- (B) Os pais são obrigatoriamente heterozigotos recessivos para essa característica e o filho homozigoto dominante.
- (C) Os pais são obrigatoriamente heterozigotos dominantes para essa característica e o filho homozigoto recessivo.
- (D) Os pais são obrigatoriamente homozigotos recessivos para essa característica e o filho heterozigoto dominante.
- (E) Os pais e o filho são obrigatoriamente heterozigotos recessivos para essa característica.



### 10. (Colégio Naval - 2013)

Observe as informações.

A galactosemia é uma doença genética humana causada por um gene autossômico recessivo. Sabendo que essa característica segue os padrões de herança decorrentes da 1ª lei de Mendel, assinale a opção que apresenta, em suas devidas proporções, os genótipos e os fenótipos dos descendentes do cruzamento de dois indivíduos normais (não galactosêmicos) heterozigotos, nesta ordem.

- (A) 2 GG, 2 gg, 50% de não galactosêmicos e 50% de galactosêmicos.
- (B) 75% de não galactosêmicos, 25% de galactosêmicos, 2 GG, 1 Gg e 2 gg.
- (C) 50% de galactosêmicos, 50% de não galactosêmicos, 2 Gg e 2 GG.
- (D) 1 GG, 2 Gg, 1 gg, 75% de não galactosêmicos e 25% de galactosêmicos.
- (E) 1 GG, 1 Gg, 2 gg, 50% de não galactosêmicos e 50% de galactosêmicos.

### 11. (Colégio Naval – 2013)

A tabela a seguir apresenta o conteúdo total médio de DNA, em  $10^{-12}$ g núcleo, encontrado nos núcleos de vários tipos de células de diversos animais.

Animais	Células				
	A	B	C	D	E
Boi	6,80	3,42	7,05	6,63	6,62
Galinha	2,58	2,65	1,26	2,28	2,29
Sapo	7,33	7,45	7,50	3,70	7,54
Carpa	1,64	3,49	3,33	3,30	3,33
Sardinha	3,48	3,35	3,33	3,34	1,66

Assinale a opção que caracteriza corretamente a célula quanto à função, se é um gameta ou não (célula somática) e quantidade de genes (DNA).

- (A) A célula A da galinha é um gameta, pois é diploide.
- (B) A célula B do boi é um gameta, pois é haploide.
- (C) A célula C da carpa é somática, pois é haploide.
- (D) A célula D do sapo é somática, pois é poliploide.
- (E) A célula E da sardinha é somática, pois é diploide.

### 12. (Colégio Naval - 2012) Leia o texto abaixo.

As características transmitidas de pais para filhos são denominadas hereditárias. Para cada característica hereditária existe, nos indivíduos, pelo menos um par de genes alelos – um de



origem paterna e outro de origem materna. Um exemplo de característica hereditária, portanto, determinada por um par de genes alelos, é o albinismo.

Com relação ao albinismo, existem pessoas que não possuem a pele pigmentada e são chamadas de albinas e, pessoas que têm pigmentação normal na pele.

O aspecto pigmentação normal na pele é condicionado por um gene representado pela letra "A" e o aspecto albino é condicionado pelo alelo representado pela letra "a".

Para a compreensão da herança dessa característica, é importante considerar, que o alelo dominante é o gene "A", que determina a pigmentação normal e se expressa mesmo na presença do alelo recessivo "a". Já o gene alelo recessivo "a" só expressa o albinismo na ausência do gene dominante. Adicionalmente, a herança do albinismo é semelhante à herança proposta por Mendel para um par de fatores.

Considerando a herança do albinismo, assinale a opção que apresenta, em suas devidas porcentagens, os genótipos e os fenótipos dos descendentes de um homem "AA" com uma mulher "aa" para a pigmentação da pele, nesta ordem.

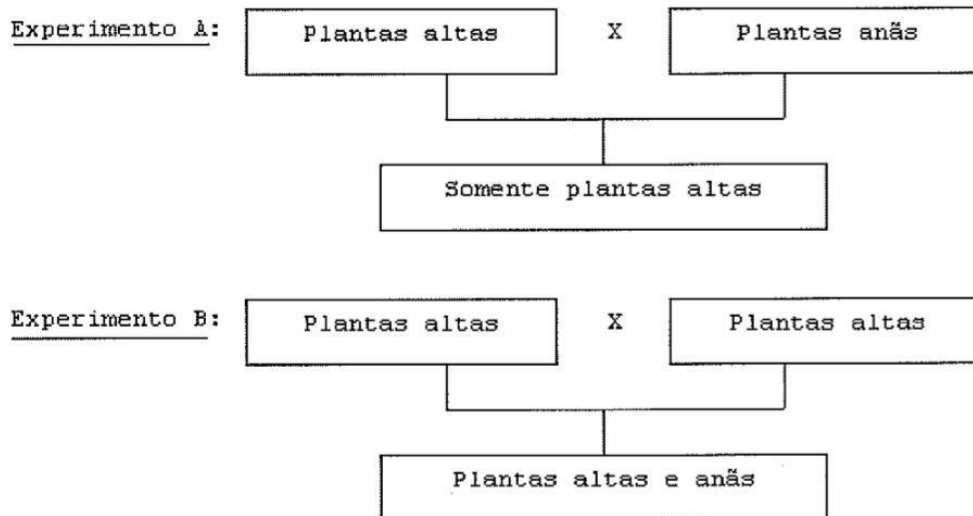
- (A) 50% têm a pigmentação normal, 50% são albinos, 25% têm AA, 25% têm Aa e 50% têm aa.
- (B) 75% são albinos, 25% têm a pigmentação normal, 25% têm AA, 50% têm Aa e 25% têm aa.
- (C) 25% têm AA, 50% têm Aa, 25% têm aa, 75% têm a pigmentação normal e 25% são albinos.
- (D) 100% têm Aa e 100% dos descendentes têm a pigmentação normal na pele.
- (E) 50% têm AA, 50% têm aa, 50% têm a pigmentação normal e 50% são albinos.

### 13. (Colégio Naval – 2011)

Gregor Johann Mendel (1822-1884), considerado o pai da genética moderna, realizou experimentos com ervilhas-de-cheiro (*Pisum sativa*) por cerca de oito anos. Mendel, em um primeiro experimento, cruzou ervilhas puras para a variedade alta com plantas de variedade anã, também puras. Como resultado obteve somente plantas altas. Então, Mendel realizou um segundo experimento no qual permitiu a autofecundação das plantas altas obtidas no primeiro experimento. Dessa vez, observou que se originavam plantas altas e anãs em proporções desiguais.

Os dois experimentos foram sumarizados em um esquema. O primeiro foi representado pela letra "A" e o segundo pela letra "B".



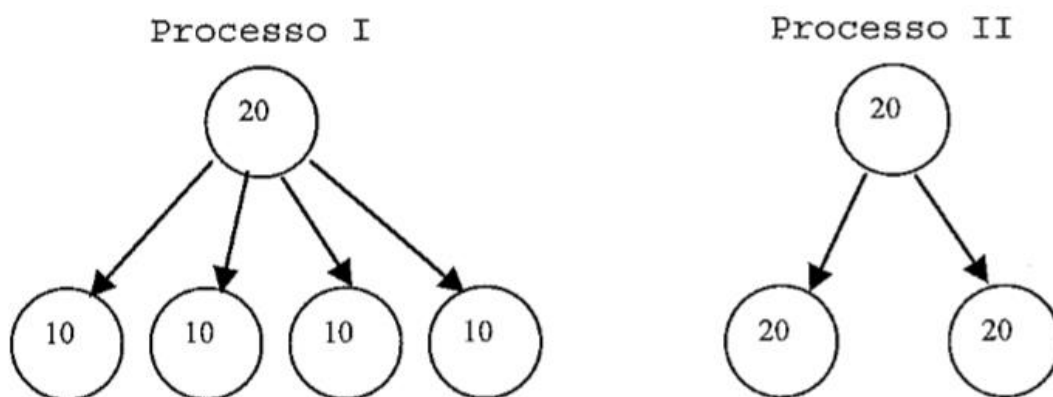


Assinale a opção que apresenta, respectivamente, em suas devidas proporções, os genótipos e os fenótipos dos descendentes do experimento "B".

- (A) 2AA, 2aa, 50% de plantas altas e 50% de plantas anãs.
- (B) 75% de plantas altas, 25% de plantas anãs, 2AA, 1Aa e 2aa.
- (C) 50% de plantas anãs, 50% de plantas altas, 2Aa e 2AA.
- (D) 1AA, 2Aa, 1aa, 75% de plantas altas e 25% de plantas anãs.
- (E) 1AA, 1Aa, 2aa, 50% de plantas altas e 50% de plantas anãs.

#### 14. (Colégio Naval – 2008)

Observe os esquemas abaixo



De acordo com os esquemas apresentados, assinale a opção correta.

- (A) O processo II possibilita o crescimento do organismo, a regeneração de partes perdidas e formação das células reprodutivas.
- (B) A realização do processo II é fundamental na reprodução sexuada, pois garante a manutenção do número de cromossomos da espécie.





- (C) O processo II origina células-filhas com um conjunto completo de cromossomos, mas, geneticamente diferentes.
- (D) O processo I é realizado durante o desenvolvimento embrionário, na cicatrização de ferimentos e crescimento de pelos.
- (E) O processo I é fundamental na produção de células reprodutivas, tanto em plantas como animais, originando células-filhas haploides.

### 15. (Colégio Naval – 2007)

Analise o quadrinho abaixo.



Em relação aos microrganismos representados no quadrinho acima, pode-se afirmar que

- (A) O evento ocorrido, no segundo quadro, resulta em indivíduos diferentes entre si.
- (B) O mecanismo ocorrido, no segundo quadro, é um processo de reprodução sexuada.
- (C) O evento ocorrido, no segundo quadro, se dá não somente em amebas mas também em outros eucariontes, como as bactérias e os fungos.
- (D) As amebas representam o Reino dos Protistas, caracterizado por seres eucariontes unicelulares de reprodução assexuada.
- (E) As amebas surgem, no segundo quadro, através do processo reprodutivo assexuado, que é caracterizado por produzir clones.

### 16. (Colégio Naval – 2005)

O cruzamento entre duas variedades de cachorros, todos com o mesmo genótipo, originou 41 descendentes pretos e 13 descendentes brancos. Assinale a opção que apresenta o cruzamento que originará maior proporção de descendentes brancos.

- (A) Bb X Bb
- (B) Bb X bb
- (C) BB X Bb
- (D) BB X BB
- (E) BB x bb

### 17. (Colégio Naval – 2004)

A engenharia genética permitiu a introdução, em porcos, de genes humanos visando a produção de órgãos para transplantes em seres humanos. Estes porcos são considerados

- (A) Transgênicos.
- (B) Isogênicos.
- (C) Infectados.
- (D) Diploides.
- (E) Clones.

### 18. (Colégio Naval – 2004)

Algumas vezes a capacidade de manifestação de um gene nos permite classificá-lo como dominante ou recessivo. Diz-se que um determinado gene é recessivo quando sua expressão (fenótipo)

- (A) Só acontece em heterozigose.
- (B) Só ocorre quando em dose dupla.
- (C) Independe da presença de seu alelo.
- (D) Depende de características herdadas da mãe.
- (E) Reproduz uma característica provocada pelo ambiente.

### 19. (Estratégia Militares – 2019)

Associe os tecidos animais com suas respectivas funções. Em seguida, marque a alternativa com a sequência correta.

- I. Tecido epitelial
- II. Tecido conjuntivo
- III. Tecido muscular
- IV. Tecido nervoso

( ) Recepção, armazenamento, tradução e transmissão de informações nos organismos.

( ) Movimentação e sustentação do corpo.

( ) Revestimento e secreção de substâncias.

( ) Sustentação e nutrição de outros tecidos.

(A) II, III, IV, I

(B) III, IV, I, II



- (C) I, II, III, IV
- (D) IV, III, II, I
- (E) IV, III, I, II

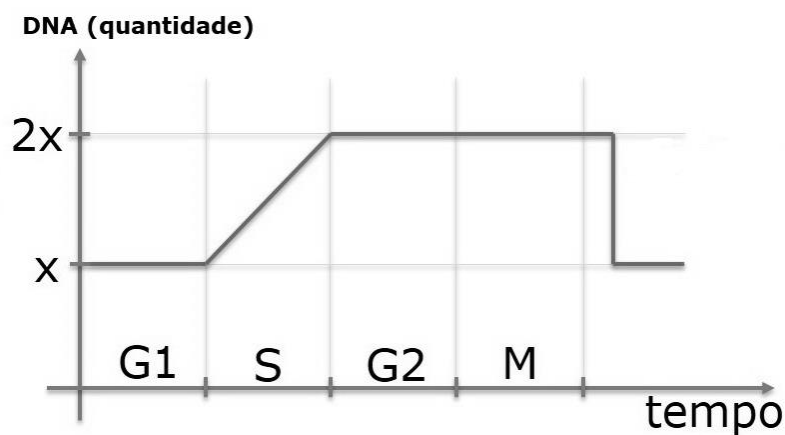
## 20. (Estratégia Militares – 2019)

A reprodução assexuada, realizada por muitos organismos unicelulares, gera indivíduos geneticamente iguais. Por isso, eles são considerados:

- (A) Transgênicos.
- (B) Isogênicos.
- (C) Infectados.
- (D) Diploides.
- (E) Clones.

## 21. (Estratégia Militares – 2019)

Observe o gráfico abaixo e marque a alternativa que completa a frase abaixo.



O gráfico representa a divisão celular por \_\_\_\_\_, onde uma célula diploide se divide e gera \_\_\_\_\_ células \_\_\_\_\_.

- (A) mitose; quatro; haploides
- (B) meiose; quatro; haploides
- (C) mitose; duas; haploides
- (D) meiose; duas; diploides
- (E) mitose; duas; diploides



## 22. (Estratégia Militares – 2019)

Em um casal hipotético, tanto o homem quanto a mulher apresentam uma doença autossômica recessiva. Caso tenham um bebê, qual é a probabilidade de o mesmo apresentar essa doença?

- (A) 100%
- (B) 75%
- (C) 50%
- (D) 25%
- (E) 0%

## 23. (Estratégia Militares – 2019)

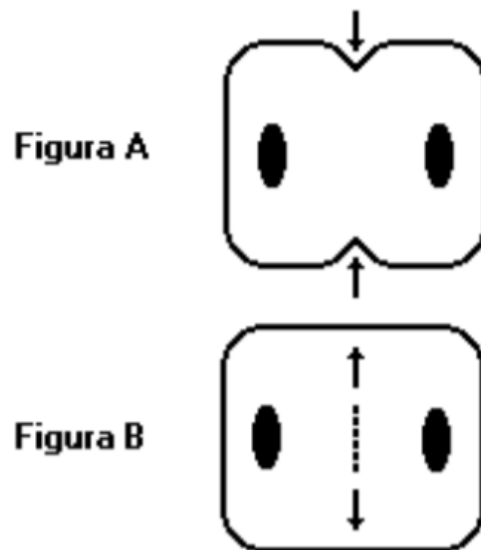
Em uma aula de laboratório, um professor deseja que seus alunos consigam observar, da melhor maneira possível, os cromossomos de uma célula em divisão. Assim, qual seria a melhor etapa para a observação dos cromossomos?

- (A) Intérfase
- (B) Prófase
- (C) Metáfase
- (D) Anáfase
- (E) Telófase

## 24. (Estratégia Militares – 2019)

Observe as figuras abaixo.





Elas poderiam representar a citocinese de células de quais organismos, respectivamente?

- (A) Figura A: leão. Figura B: peixe.
- (B) Figura A: alface. Figura B: musgo.
- (C) Figura A: capim. Figura B: macaco.
- (D) Figura A: cachorro. Figura B: samambaia.
- (E) Figura A: ser humano. Figura B: minhoca.

### 25. (Estratégia Militares – 2019)

Um aluno do Colégio Naval necessita melhorar seu condicionamento físico e, para isso, começa a praticar musculação com acompanhamento profissional. Essa atividade fortalecerá, principalmente, que tecido de seu corpo?

- (A) Tecido muscular estriado cardíaco.
- (B) Tecido muscular liso.
- (C) Tecido muscular estriado esquelético.
- (D) Tecido nervoso.
- (E) Tecido epitelial.

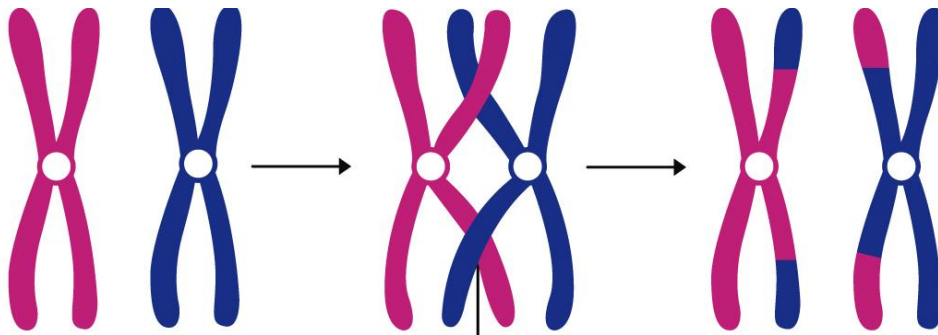
### 26. (Estratégia Militares – 2019)

O daltonismo é uma doença de herança recessiva ligada ao sexo que causa dificuldades na distinção de cores pelo indivíduo afetado. Sobre essa doença, marque a alternativa INCORRETA.

- (A) Devido ao seu tipo de herança, é uma doença mais comum em homens do que em mulheres.
- (B) Todas as filhas mulheres de um pai daltônico portarão o alelo para o daltonismo.
- (C) Todos os filhos homens de uma mulher daltônica também serão daltônicos.
- (D) Se uma mulher apresentar um alelo para daltonismo e um alelo normal, ela não será daltônica.
- (E) Todos os filhos homens de um pai normal serão normais, independentemente do genótipo da mãe.

### 27. (Estratégia Militares – 2019)

Observe a figura abaixo.



Que fenômeno está representado na figura e qual é a sua implicação para os seres vivos?

- (A) Permutação, que gera grande variabilidade genética na reprodução sexuada.
- (B) Mutação, que gera grande variabilidade genética na reprodução assexuada.
- (C) Aneuploidia, responsável pelo surgimento de anomalias como a Síndrome de Klinefelter.
- (D) Anáfase, responsável pela separação das cromátides-irmãs.
- (E) Duplicação do DNA, que gera grande variabilidade genética na reprodução sexuada.

### 28. (Estratégia Militares – 2019)

Associe as fases da mitose com os principais eventos ocorridos nela. Em seguida, marque a alternativa com a sequência correta.

- I. Prófase
- II. Metáfase
- III. Anáfase
- IV. Telófase

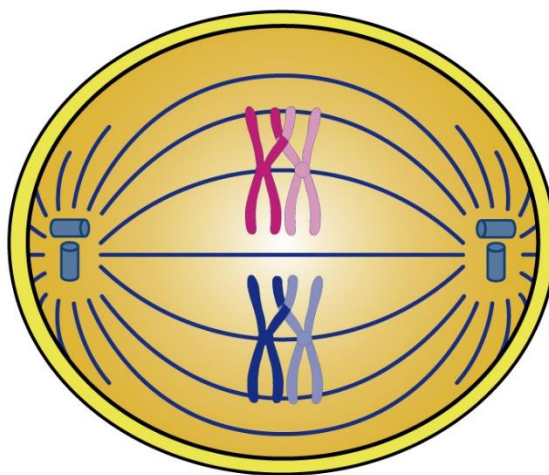
- ( ) Alinhamento dos cromossomos na região mediana do citoplasma.
- ( ) Reaparecimento da carioteca.
- ( ) Início da compactação do material genético.
- ( ) Separação das cromátides-irmãs.



- (A) I, IV, II, III
- (B) II, IV, I, III
- (C) III, I, II, IV
- (D) IV, II, I, III
- (E) II, I, IV, III

### 29. (Estratégia Militares – 2019)

Observe a figura abaixo.



Que etapa da divisão celular está representada?

- (A) Prófase da mitose
- (B) Metáfase da mitose
- (C) Metáfase I da meiose
- (D) Metáfase II da meiose
- (E) Prófase I da meiose.

### 30. (Estratégia Militares – 2019)

Determinada substância tem a capacidade de impedir a atividade da enzima DNA-polimerase. Caso ela fosse aplicada em uma cultura de células, em qual etapa do ciclo celular, sua ação seria evidente?

- (A) Na fase S da intérfase, pois é nessa fase que o material genético é duplicado.



- (B) Na prófase, pois é nessa fase que o fuso mitótico começa a ser produzido.
- (C) Na metáfase, pois é nessa fase que os cromossomos precisam ser duplicados.
- (D) Na anáfase, pois é nessa fase que ocorre a separação das cromátides-irmãs.
- (E) Na telófase, pois é nessa fase que a carioteca reaparece.

## Gabarito

1. D
2. D
3. C
4. E
5. C
6. E
7. C
8. C
9. C
10. D
11. B
12. D
13. D
14. E
15. E
16. B
17. A
18. B
19. E
20. E
21. E
22. A
23. C
24. D
25. C
26. E
27. A
28. B
29. D
30. A

