

## Bioquímica: Água e Sais Minerais

Dos mais de cem tipos diferentes de elementos químicos existentes, pouco mais de 20 são encontrados na formação da matéria viva, entre os quais há uma predominância de **carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio**. Esses quatro elementos são os mais abundantes no ser vivo, constituindo 95% ou mais de sua massa. Outros elementos, como fósforo, enxofre, cálcio, sódio, potássio, etc. completam o restante da massa.

Os átomos dos diferentes elementos químicos encontrados nos seres vivos podem associar-se uns aos outros, formando estruturas mais complexas, as moléculas, e também podem dissociar-se, formando os íons.

Moléculas e íons são encontrados formando as **substâncias** (compostos químicos), que podem ser subdivididas em dois grupos: substâncias inorgânicas e substâncias orgânicas.

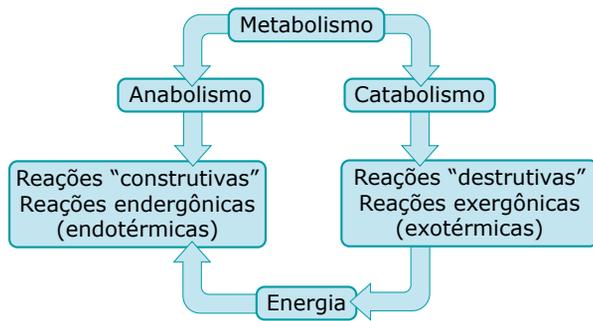
Composição dos seres vivos	
Substâncias inorgânicas	Substâncias orgânicas
Água	Aminoácidos
	Proteínas
Sais minerais	Carboidratos
	Lipídios
	Nucleotídeos
	Ácidos nucleicos
	Vitaminas

Nos seres vivos, os átomos, as moléculas e os íons das diferentes substâncias, além de fazerem parte das estruturas que compõem o organismo, também participam de diversas reações químicas que ocorrem no interior de suas células, tecidos e órgãos. Um organismo vivo é, na realidade, um verdadeiro "laboratório químico", em que, a todo momento, ocorrem inúmeras reações indispensáveis à manutenção da vida.

Muitas dessas reações têm como objetivo formar novos compostos e construir novas estruturas, enquanto outras visam liberar energia para possibilitar a realização de diversas atividades. Ao conjunto de todas essas reações que se passam numa estrutura viva, dá-se o nome de **metabolismo** (do grego *metabolé*, mudança, transformação).

O metabolismo é responsável pela utilização e transformação da matéria no organismo e pode ser subdividido em anabolismo e catabolismo.

- Anabolismo** (do grego *anabolé*, erguer, construir) – Compreende as reações metabólicas "construtivas", isto é, que fabricam novas moléculas, permitindo, dessa maneira, a formação de novas estruturas necessárias ao crescimento, ao desenvolvimento e à reparação de partes lesadas. Por isso, o anabolismo também é chamado de metabolismo plástico ou metabolismo de construção. Um bom exemplo de reação anabólica é a síntese de proteínas que ocorre no interior das células por meio da união de várias moléculas menores de aminoácidos. As reações do anabolismo são, em geral, endergônicas (endotérmicas), pois a quantidade de energia contida nos produtos finais é maior que a existente nos reagentes. Isso significa que, no decorrer da reação, houve absorção de energia do meio.
- Catabolismo** (do grego *katabolé*, destruir, eliminar) – Compreende as reações metabólicas "destrutivas", isto é, reações de análise que degradam ("quebram") moléculas, transformando-as em unidades menores. Tais reações têm como finalidade principal liberar energia para as atividades vitais. A reação da glicólise (lise ou quebra da glicose), que ocorre durante o processo da respiração celular, é um bom exemplo de reação catabólica. As reações do catabolismo são exergônicas (exotérmicas), uma vez que a quantidade de energia contida nos produtos finais é menor que a existente nos reagentes. Isso significa que, no decorrer da reação, houve liberação de energia para o meio.



As reações do anabolismo quase sempre estão acopladas às do catabolismo, uma vez que a energia utilizada pelo anabolismo normalmente é proveniente das reações do catabolismo.

Muitas das reações metabólicas ocorrem em cadeia, ou seja, uma reação depende previamente da realização de outra(s) conforme mostra o esquema a seguir:



Observe que, para ocorrer a reação 3, é preciso que, anteriormente, tenha ocorrido a reação 2, visto que um dos reagentes da reação 3 é um dos produtos da reação 2. Por sua vez, para ocorrer a reação 2, é preciso que, primeiramente, ocorra a reação 1, já que um dos reagentes da reação 2 é o produto da reação 1. Assim, se por algum motivo não ocorrer a reação 1, deixam de ocorrer também as reações 2 e 3.

## ÁGUA

Entre todas as substâncias que compõem a massa de uma estrutura viva, a água é, com raras exceções, a mais abundante. Entretanto, sua taxa ou percentual na matéria viva não é a mesma em todos os organismos, variando de acordo com a espécie, a atividade metabólica e a idade. Num indivíduo adulto da espécie humana, por exemplo, a água corresponde a cerca de 65% da massa corporal; em determinadas espécies de fungos, também na fase adulta, a água representa cerca de 85% da massa; já nas medusas ("águas-vivas"), o teor de água pode chegar a 98%. A maior parte dessa água encontra-se no meio intracelular.

A água é indispensável para que ocorra o metabolismo, pois a grande maioria das reações metabólicas só ocorre em meio aquoso devido à propriedade da água de dissolver muitos dos reagentes, o que facilita a ocorrência das reações. Além disso, a própria água participa como reagente de importantes reações metabólicas. A taxa de água varia de maneira direta em relação à atividade metabólica, ou seja, quanto maior a atividade metabólica de uma célula, um tecido ou um órgão, maior deverá ser a taxa de água nessas estruturas.

De um modo geral, a taxa de água em um mesmo organismo varia de maneira inversa em relação à idade, ou seja, quanto maior a idade, menor será a taxa de água. Na espécie humana,

por exemplo, a massa corporal de um feto de três meses é constituída por, aproximadamente, 94% de água; num recém-nascido, a taxa de água é de, aproximadamente, 70%, e, em um indivíduo adulto, corresponde a cerca de 65%.

Além de ser um meio indispensável para a ocorrência do metabolismo, a água também ajuda no transporte de substâncias feito no interior do organismo e no transporte de catabólitos (produtos de excreção) do meio interno para o externo. Em nosso organismo, por exemplo, muitos dos nutrientes absorvidos no tubo digestório entram na corrente sanguínea e são transportados para diversas outras partes do nosso corpo dissolvidos na água do plasma sanguíneo.

Muitos dos resíduos do nosso metabolismo celular também são excretados (eliminados para o meio externo), dissolvidos na água. Isso acontece, por exemplo, com a ureia (resíduo do metabolismo proteico), que é eliminada dissolvida na água existente em nossa urina. Podemos dizer, então, que a água também atua como veículo de excreção.

Muitas vezes, a água também tem um papel de lubrificante, ajudando a diminuir o atrito entre diversas estruturas do organismo. Em nossas articulações móveis, por exemplo, no cotovelo, existe um líquido chamado de sinovial, que é constituído basicamente de água e cuja função é a de diminuir o atrito nessas regiões, facilitando, assim, o deslizamento de uma superfície óssea sobre a outra.

A água também ajuda na termorregulação (regulação térmica). O elevado calor de vaporização e o elevado calor específico da água são propriedades que fazem com que ela exerça importante papel de moderador de temperatura nos seres vivos. Um exemplo é a evaporação da água por meio de superfícies (pele, folhas, etc.) de organismos terrestres, que ajuda a manter a temperatura corporal dentro de uma faixa de normalidade compatível com a vida. Como tem alto calor de vaporização, a água, quando evapora, absorve ou retira grande quantidade de calor dessas superfícies, resfriando-as. Essa situação normalmente acontece em nosso organismo quando a água contida no suor sofre evaporação.

Assim, quando a temperatura do ambiente ultrapassa determinados valores ou quando o corpo esquenta (devido a exercícios físicos mais intensos, por exemplo), as nossas glândulas sudoríparas são estimuladas a produzir e eliminar mais suor. A água contida no suor evapora, roubando calor da nossa pele e contribuindo, dessa maneira, para abaixar a nossa temperatura corporal. Isso evita que temperaturas internas mais altas comprometam nossas atividades metabólicas normais. A água é a principal substância que atua na manutenção da nossa temperatura corporal.

Como desempenha importantes funções no organismo, é fácil compreender por que os seres vivos precisam manter um equilíbrio hídrico no meio interno, isto é, manter a taxa de água estável no interior de suas células, tecidos e órgãos. Para manter esse equilíbrio, a água perdida ou eliminada para o meio externo através da urina, das fezes, da transpiração, da respiração e de outros processos fisiológicos precisa ser reposta para proteger o organismo de uma desidratação excessiva (perda excessiva de água).

A elevada taxa de água existente nos seres vivos e a dependência metabólica para com ela podem ser uma consequência da própria origem da vida em nosso planeta. Uma das hipóteses mais aceitas atualmente pela comunidade científica admite que as primeiras formas de vida surgiram nos oceanos primitivos há cerca de 3,5 bilhões de anos. Portanto, de acordo com essa hipótese, foi no meio aquoso que ocorreram certas reações químicas que culminaram com o surgimento dos primeiros seres vivos. Assim, a dependência da água para que ocorressem essas reações teria persistido com o decorrer da evolução (transformação e formação de novas espécies) nas unidades fundamentais dos seres vivos, isto é, nas suas células. Como se trata de uma hipótese, podemos aceitá-la ou não. Entretanto, não podemos negar o fato de que a vida, tal como a conhecemos em nosso planeta, não pode existir sem água. A vida depende das reações metabólicas, e tais reações dependem da água.

## SAIS MINERAIS

Representando em média de 3 a 5% da massa dos seres vivos, os minerais podem ser encontrados na matéria viva sob a forma insolúvel, imobilizados em estruturas esqueléticas, como também sob a forma solúvel, dissolvidos na água e dissociados em íons.

Os animais normalmente os obtêm por meio da ingestão de alimentos e de água (que também apresenta certa taxa de minerais dissolvidos). Os vegetais normalmente os obtêm absorvendo-os do meio, juntamente com a água.

Dentre os diversos minerais encontrados nos seres vivos, destacam-se:

### Cálcio (Ca)

Sob a forma de sal insolúvel, é encontrado dando rigidez às estruturas esqueléticas (ossos, dentes, conchas de moluscos, casca de ovos, etc.). No corpo humano, o cálcio é o mineral mais abundante, constituindo cerca de 1,5% do total da nossa massa corporal, e a maior parte dele é encontrada nos ossos sob a forma de fosfato de cálcio. Por isso, a carência desse elemento na infância pode comprometer a formação normal dos ossos, caracterizando um quadro conhecido por **raquitismo** (ossos tortuosos e fracos). Nos adultos, a sua carência pode causar **osteoporose** (ossos fracos).

Sob a forma iônica ( $\text{Ca}^{2+}$ ), o cálcio participa de importantes reações do metabolismo, como as da coagulação sanguínea e da contração muscular. Taxas reduzidas desse íon no plasma sanguíneo (hipocalcemia) podem trazer como consequência um retardamento da coagulação do sangue e um mau funcionamento dos músculos. Os íons  $\text{Ca}^{2+}$  também são necessários para a transmissão de impulsos nervosos.

Leite e derivados (queijo, iogurte, etc.), grãos de cereais, legumes, nozes e sardinha são exemplos de alimentos ricos em cálcio.

### Fósforo (P)

Juntamente com o cálcio, sob a forma de fosfato de cálcio,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , participa da formação de estruturas esqueléticas. Na forma de íon fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) participa da formação das moléculas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e do ATP.

Leite e derivados, carnes, peixes e cereais são alimentos ricos em fósforo.

### Ferro (Fe)

Os sais de ferro são importantes porque fornecem o íon  $\text{Fe}^{2+}$ , que entra na constituição de importantes moléculas proteicas, como os citocromos e a hemoglobina. Os citocromos atuam como transportadores de elétrons nas reações da cadeia respiratória da respiração celular aeróbia e nas reações de fotofosforilações da fotossíntese. A hemoglobina, existente no sangue de muitos animais, tem como principal função transportar o oxigênio ( $\text{O}_2$ ) no organismo. A carência de ferro acarreta uma diminuição da taxa normal de hemoglobina, sendo uma das causas da anemia ferropriva.

Carnes, vísceras (fígado, rim, coração, etc.), espinafre, couve, brócolis, feijão e ervilha são exemplos de alimentos ricos em sais de ferro.

### Magnésio (Mg)

Sob a forma iônica ( $\text{Mg}^{2+}$ ), participa das reações de fosforilação que sintetizam o ATP e da formação de algumas enzimas. Nas plantas, entra na constituição das moléculas de clorofila, substância responsável pela absorção da luz necessária à realização da fotossíntese.

Carnes, cereais e vegetais verdes, em geral, são importantes fontes de magnésio.

### Sódio (Na)

Sob a forma de  $\text{Na}^+$ , é essencial para a condução dos impulsos nervosos. Também exerce papel importante na manutenção do equilíbrio hídrico ou osmótico das células. O cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), também conhecido por sal de cozinha e muito utilizado como tempero em nossa culinária, é uma das principais fontes desse elemento para o nosso organismo.

### Potássio (K)

Assim como o sódio, os íons  $\text{K}^+$  têm importante papel na condução dos impulsos nervosos e na manutenção do equilíbrio hídrico. Ao contrário dos íons  $\text{Na}^+$ , a concentração dos íons  $\text{K}^+$  é maior no meio intracelular.

Carnes, leite e muitos tipos de frutas (banana, por exemplo) são importantes fontes de potássio.

### Cloro (Cl)

O  $\text{Cl}^-$  é outro íon que desempenha importante papel no equilíbrio hídrico. Além disso, no estômago de muitos animais, participa da formação do  $\text{HCl}$  (ácido clorídrico). O  $\text{HCl}$  é um dos componentes do suco gástrico, secreção que atua na digestão de determinados tipos de alimentos, em especial aqueles que são ricos em proteínas.

O sal de cozinha é uma importante fonte de cloro para o nosso organismo.

## Iodo (I)

Entra na constituição de hormônios tireoidianos (produzidos pela glândula tireoide). Essa glândula localiza-se na base do pescoço (na frente da traqueia) e produz os hormônios  $T_3$  (tri-iodotironina) e  $T_4$  (tetraiodotironina ou tiroxina), que estimulam as reações do metabolismo em todo o corpo (metabolismo geral). Para produzir esses hormônios, a tireoide necessita de iodo, o que torna imprescindível a utilização de sais de iodo na nossa alimentação.

Os alimentos mais ricos em sais de iodo são aqueles vindos do mar (peixes, crustáceos, moluscos ou algas), como também os vegetais terrestres, uma vez que eles absorvem sais de iodo do solo junto da água. Os solos mais ricos em iodo são os que estão localizados mais próximos do litoral. Solos mais afastados do litoral e os de regiões montanhosas são mais pobres em sais de iodo e, conseqüentemente, os vegetais que aí crescem também são pobres em iodo.

A falta de sais de iodo em nosso organismo ocasiona o mau funcionamento da tireoide, que passa, então, a produzir taxas menores de hormônios, caracterizando um quadro conhecido por hipotireoidismo. No hipotireoidismo, além de ocorrer uma redução das atividades metabólicas do organismo, pode ocorrer a formação do bócio ("papeira", "papo"), que consiste no aumento exagerado do volume da tireoide. Para evitar o bócio, que ocorria de forma endêmica (constante) em algumas áreas do nosso país, tornou-se obrigatório, por lei, que as indústrias de sal de cozinha acrescentassem ao seu produto certo percentual de iodo.

## Cobre (Cu)

Na sua principal forma iônica ( $Cu^{2+}$ ), faz parte da molécula de hemocianina, pigmento respiratório de cor azul encontrado no sangue de alguns animais (crustáceos e moluscos, por exemplo), cuja função é fazer o transporte de oxigênio no organismo.

## Flúor (F)

Importante para a formação dos ossos e do esmalte dos dentes. É encontrado na água e em alguns alimentos (peixes ou chás). Em regiões onde o teor de flúor na água destinada ao consumo da população é baixo, deve-se adicioná-lo à água potável nas estações de tratamento (fluoretação) para reduzir a incidência da cárie dental. O excesso de flúor, entretanto, acarreta a fluorose, doença que provoca lesões ósseas e manchas nos dentes.



### Sais minerais

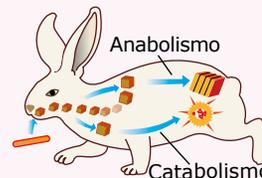
O que são sais minerais e qual a função deles? Nessa videoaula, você saberá mais sobre os principais sais minerais presentes nos seres vivos, como eles são obtidos e o que a carência deles pode causar.

NGND

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UEG-GO) O esquema a seguir ilustra algumas etapas do metabolismo animal.



Tendo em vista as características do metabolismo, analise as afirmativas:

- I. O catabolismo se caracteriza como metabolismo construtivo, no qual o conjunto de reações de síntese será necessário para o crescimento de novas células e a manutenção de todos os tecidos, ao contrário do anabolismo.
- II. Uma parte do alimento ingerido é levada para a célula, onde é quebrada e oxidada, transformando-se em moléculas menores, processo chamado de respiração celular, no qual é produzida a energia necessária às diversas transformações que ocorrem no organismo.
- III. Os seres vivos retiram constantemente matéria e energia do ambiente, adquirindo novas moléculas que serão utilizadas na reconstrução do corpo, permitindo o crescimento e desenvolvimento do organismo.

Marque a alternativa correta.

- A) Apenas as proposições I e III são verdadeiras.
- B) Apenas a proposição II é verdadeira.
- C) Apenas as proposições II e III são verdadeiras.
- D) Apenas a proposição III é verdadeira.

- 02.** (Unit-SE-2019) O consumo de açaí em Belém exemplifica a importância da alimentação regional. A fruta rica em **ferro** faz parte da dieta nessa cidade e representa 40 a 50% da necessidade diária do mineral para todas as classes sociais.

Por conta do elemento em negrito no texto, o açaí tem uma grande importância

- A) no fortalecimento dos músculos, por fazer parte da mioglobina, que é responsável pelo transporte do oxigênio.
- B) por proporcionar o desenvolvimento de células transportadoras de gases.
- C) por ser fonte de energia para o funcionamento dos músculos.
- D) como fonte de reserva energética para os músculos.
- E) por proporcionar a informação para o desenvolvimento genético dos músculos.

03. (UECE–2022) São consideradas substâncias inorgânicas da célula:

- A) sais minerais e água.
- B) enzimas e ácidos nucleicos.
- C) lipídeos e proteínas.
- D) carboidratos e vitaminas.

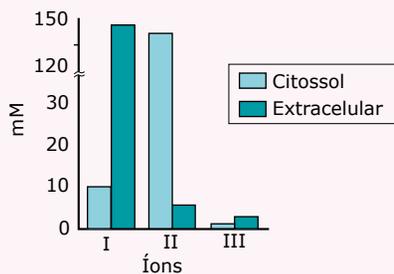
04. (UFU-MG) Na composição celular, são encontrados vários elementos, entre os quais, os sais minerais. Por serem fundamentais ao adequado funcionamento de diversas células e órgãos, esses sais aparecem em diferentes regiões do corpo humano e em diversos alimentos. Faça a correlação entre os sais minerais apresentados na coluna A e as informações descritas na coluna B.

Coluna A	Coluna B
1. Ferro	a. Sua maior reserva está nos ossos; é importante na contração muscular e na cascata de coagulação sanguínea; é encontrado em folhas verdes e na casca do ovo.
2. Potássio	b. É um dos componentes da hemoglobina; é encontrado no fígado e nas carnes.
3. Iodo	c. Faz parte do esqueleto de vários animais, do processo de transferência de energia no interior da célula e da molécula de ácidos nucleicos; é encontrado em carnes, feijão, ervilha e peixes.
4. Cálcio	d. Atua na transmissão de impulsos nervosos; é encontrado em frutas, verduras e cereais.
5. Fósforo	e. É um importante componente de um hormônio, cuja carência pode levar à obesidade; é encontrado em frutos do mar e peixes.

Assinale a alternativa que apresenta a correlação correta.

- A) 1-b; 2-d; 3-e; 4-a; 5-c.
- B) 1-b; 2-d; 3-e; 4-c; 5-a.
- C) 1-d; 2-b; 3-e; 4-c; 5-a.
- D) 1-a; 2-d; 3-c; 4-b; 5-e.

05. (UFF-RJ) Os sais minerais são de importância vital para o bom funcionamento de diversos processos fisiológicos, sendo necessária a reposição da concentração de cada íon para que seja mantida a homeostasia do organismo. O gráfico e a tabela a seguir mostram a concentração e algumas atividades biológicas de três íons em seres humanos.



Atividade biológica	Íon envolvido
Condução nervosa	I, II
Contração muscular	III
Coagulação	III

Analisando o gráfico e a tabela, pode-se afirmar que os íons representados por I, II e III são, respectivamente,

- A)  $Ca^{+2}$ ,  $Na^+$  e  $K^+$ .
- B)  $Na^+$ ,  $K^+$  e  $Ca^{2+}$ .
- C)  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Na^+$ .
- D)  $K^+$ ,  $Na^+$  e  $Ca^{2+}$ .
- E)  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $K^+$ .

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (PUC RS) Para responder à questão, leia as informações e as afirmativas que seguem.

QUJCJ

A água é o componente mais abundante do corpo humano, sendo responsável por aproximadamente 70% do peso total do corpo. Durante o exercício físico, o calor gerado pelo metabolismo aumenta a temperatura do corpo. O sistema nervoso detecta esse aumento de temperatura e desencadeia a liberação de suor, constituído principalmente de água. A água presente no suor carrega eletrólitos dissolvidos e esfria o corpo ao evaporar, por isso deve ser reposta para a manutenção da homeostase do organismo e para o funcionamento normal dos órgãos, dos tecidos e das células.

Sobre o metabolismo da água no corpo humano, considere as afirmativas:

- I. O corpo, durante o exercício físico, perde água proveniente de fluidos extra e intracelulares.
- II. A hiper-hidratação pode ser danosa para o corpo, já que pode ocorrer uma diluição excessiva dos eletrólitos se o rim não excretar o excesso de fluidos.
- III. A ingestão de bebidas isotônicas tem como finalidade reduzir a queima de substâncias energéticas no organismo, provocando a diminuição da temperatura corporal.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

- A) I.
- B) III.
- C) I e II.
- D) I e III.
- E) II e III.

- 02.** (UEPB) A água é a substância mais abundante nos seres vivos, constituindo cerca de 75% a 85% da massa corporal de um organismo. A molécula de água ( $H_2O$ ) é constituída por um átomo de oxigênio unido por meio de ligações covalentes a dois átomos de hidrogênio, formando um ângulo de  $104,5^\circ$ , o que a torna polarizada. Esta polarização confere à água propriedades físico-químicas essenciais à vida.

PXPC

Sobre a água e sua importância para a manutenção da vida na Terra, são apresentadas as seguintes proposições:

- I. Nas plantas, o deslocamento da seiva mineral, desde as raízes, onde ela é absorvida do solo, até as folhas, onde ocorre a transpiração, está relacionada às propriedades de adesão e coesão da água.
- II. A maioria dos seres vivos só pode viver em uma estreita faixa de temperatura, fora da qual ocorrem problemas metabólicos e até a morte. Podemos citar o alto calor específico, o elevado calor latente de vaporização e o elevado calor latente de fusão da água como alguns dos fatores importantes para a estabilidade da temperatura dos seres vivos.
- III. A água participa das reações químicas no organismo vivo, sendo que em algumas delas entra como reagente na síntese por desidratação e, em outras, como produto reações de hidrólise.

Está(ão) correta(s) a(s) proposição(ões):

- A) III, apenas.
- B) I e III, apenas.
- C) II e III, apenas.
- D) I e II, apenas.
- E) I, II e III.

- 03.** (CMMG–2022) Antigamente era comum visualizarmos, em regiões distantes da área litorânea, pessoas com bócio, denominadas popularmente de papudas. Devido a esse fato, o sal passou obrigatoriamente a ser iodado. É CORRETO afirmar que o indivíduo com deficiência ou aumento do hormônio que possui o iodo em sua composição deve apresentar disfunções principalmente:

- A) no metabolismo geral do corpo.
- B) na captação de glicose no sangue.
- C) nas funções involuntárias do corpo.
- D) no controle das excretas nitrogenadas.

04. (UFSJ-MG) Uma indicação médica para um paciente que apresenta anemia ferropriva, ou seja, deficiência de ferro, é o consumo diário de carnes e verduras verde-escuras na alimentação. Sobre a função dos macronutrientes, é correto afirmar que
- o ferro é essencial para o correto funcionamento do transporte de  $\text{CO}_2$  em organismos humanos por fazer parte da molécula de hemoglobina.
  - o ferro é um macronutriente essencial ao desenvolvimento das plantas por fazer parte da molécula de clorofila.
  - há presença de ferro na carne branca; portanto, a carne de frango também é indicada para suprir necessidades de ferro.
  - o ferro é o responsável pela coloração vermelho-escuro da carne bovina, sendo esta a única carne capaz de suprir as necessidades de ferro.

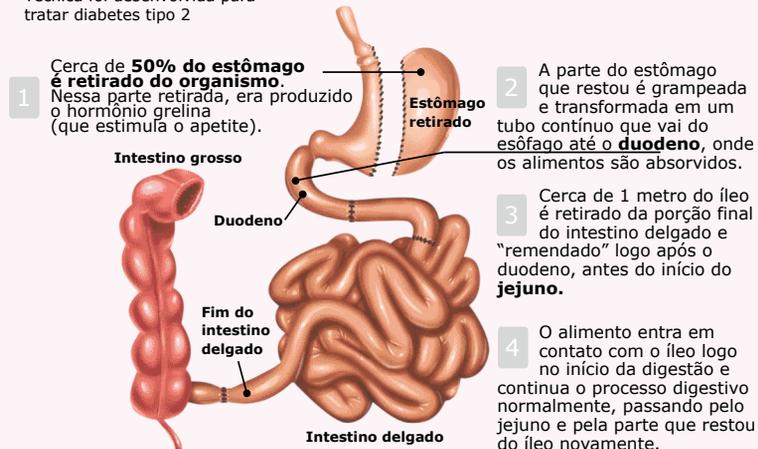
05. (FMJ-SP)  
ZOU6

### Cirurgia de redução de estômago

Desenvolvida pelo cirurgião goiano Áureo Ludovico de Paula, a gastrectomia vertical com interposição de íleo foi desenhada para curar o diabetes tipo 2 e não para tratar apenas a obesidade. A técnica é usada no país há cerca de seis anos e pelo menos 450 pacientes já passaram pelo procedimento. A diferença para a cirurgia convencional está na recolocação do íleo (fim do intestino delgado) entre o duodeno e o jejuno. Ao entrar em contato com o alimento, o íleo começa a produzir GLP1 (hormônio que estimula a produção de insulina). Nos diabéticos tipo 2, a insulina está reduzida no organismo e o íleo produz pouco GLP1 porque a maior parte do alimento já foi absorvida.

#### COMO FUNCIONA A CIRURGIA

Técnica foi desenvolvida para tratar diabetes tipo 2



FOLHA DE S.PAULO. 6 ago. 2009 (Adaptação).

Uma pessoa que passou por cirurgia de redução de estômago necessitará do acompanhamento de um profissional da saúde para o resto da vida, já que podem ocorrer alterações nas quantidades de nutrientes absorvidos, levando à carência de algumas vitaminas e alguns elementos como o cálcio e o ferro. Assim, a carência desses elementos na alimentação poderá ocasionar, respectivamente,

- deficiência da coagulação sanguínea e da formação de albuminas, provocando um quadro de anemia.
  - dificuldade para contrair a musculatura e formação de pigmentos como a melanina.
  - dificuldades para transmissão de impulsos nervosos e redução do número de hemácias.
  - desenvolvimento anormal da glândula tireoide e redução do número de plaquetas.
  - dificuldade em enxergar em ambientes pouco iluminados e sangramento de mucosas.
06. (UEM/PAS-2021) O surgimento e a manutenção da vida na Terra estão associados à água, que constitui cerca de 75% a 85% do corpo dos animais e das plantas.
- Sobre as características da água e suas funções nesses grupos de seres vivos, assinale o que for correto.
- As moléculas de água são denominadas "apolares" devido à disposição dos átomos de hidrogênio e de oxigênio.
  - Nos estados líquido e sólido, as moléculas de água estão unidas por ligações de hidrogênio.
  - Nas células ocorre formação de água por meio de reações de hidrólise de moléculas orgânicas, como a fotossíntese e a respiração.

08. A coesão e a capacidade de adesão das moléculas de água com substâncias apolares são responsáveis pela capilaridade, relacionada com o transporte de água das raízes até as folhas.

16. O alto calor específico e o calor de vaporização da água estão relacionados com os mecanismos de redução da temperatura do corpo de animais, inclusive dos seres humanos.

Soma ( )

**07.** (UNIFESP) A sonda Phoenix, lançada pela NASA, explorou em 2008 o solo do planeta Marte, onde se detectou a presença de água, magnésio, sódio, potássio e cloretos. Ainda não foi detectada a presença de fósforo naquele planeta. Caso esse elemento químico não esteja presente, a vida, tal como a conhecemos na Terra, só seria possível se em Marte surgissem formas diferentes de

- A) DNA e proteínas.
- B) ácidos graxos e trifosfato de adenosina.
- C) trifosfato de adenosina e DNA.
- D) RNA e açúcares.
- E) ácidos graxos e DNA.

**08.** (PUC-Campinas-SP)

#### **Espinafre prejudica a absorção de ferro**

Graças ao marinheiro Popeye, personagem que recorre a uma lata de espinafre quando precisa reunir forças para enfrentar o vilão Brutus, até as crianças pensam que a verdura é uma boa fonte de ferro. O que os pequenos e muitos adultos não sabem é que a disponibilidade desse mineral para o organismo é bastante limitada.

“O ácido oxálico presente no espinafre forma sais insolúveis com o ferro e também com o cálcio, dificultando a absorção dos dois minerais”, afirma a nutricionista Lara Cunha, da USP (Universidade de São Paulo).

Segundo ela, a verdura contém muita fibra, vitaminas A, C e do complexo B, potássio e magnésio, além de ser considerada laxativa e diurética, mas não deve ser consumida por pessoas com deficiência de ferro ou propensão a formar cálculos renais, também devido ao grande teor de ácido oxálico.

Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/comida/ult10005u374889.shtml>.

O ferro é um mineral necessário para o bom funcionamento do nosso organismo e está diretamente associado à função de

- A) digestão de ácidos graxos.
- B) síntese de proteínas.
- C) combate a agentes invasores.
- D) transporte de oxigênio.
- E) absorção de glicose.

**09.** (UnB-DF) Os médicos costumam prescrever às pessoas hipertensas uma dieta com baixo teor de sódio. Entretanto, esse elemento a que os médicos se referem não é o sódio metálico, um metal muito reativo que, em contato com a água, libera grande quantidade de energia.

Na verdade, essa recomendação refere-se aos íons sódio ( $\text{Na}^+$ ), que são ingeridos quando consumimos, principalmente, alimentos que contenham o sal de cozinha. Da mesma maneira, quando os médicos prescrevem ferro às pessoas anêmicas, não quer dizer que elas devam “comer pregos” ou outro objeto feito de ferro. O que se indica é a ingestão de íons de ferro (II), presentes, por exemplo, em  $\text{FeSO}_4$ .

A partir das informações do texto, julgue os itens seguintes.

- A) A hipertensão, na forma citada no texto, deve-se à elevação nas concentrações plasmáticas de  $\text{Na}^+$ , que leva ao aumento do volume plasmático em virtude de movimentos osmóticos.
- B) A prescrição de ferro às pessoas anêmicas visa otimizar o transporte de gases respiratórios pelas hemácias, pois, na ausência de ferro, esse transporte é realizado por proteínas plasmáticas.

**10.** (IFPE) A água tem uma importância fundamental na vida dos organismos vivos. Cerca de 70% da massa de nosso corpo é constituída por água. Essa substância participa de inúmeras reações químicas nos seres vivos onde as células produzem substâncias necessárias à vida. O consumo diário de água é imprescindível para o funcionamento adequado de nosso corpo. Com relação à água e a sua importância, podemos afirmar que

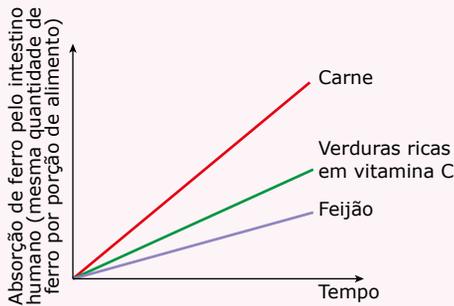
- A) são chamados compostos hidrofóbicos aqueles capazes de serem dissolvidos em água.
- B) à medida que avançamos em idade, a porcentagem de água em nosso corpo aumenta.
- C) a água tem o importante papel de auxiliar na manutenção da temperatura corporal.
- D) os músculos e os ossos apresentam, em sua composição, a mesma porcentagem de água.
- E) as ligações de hidrogênio entre as moléculas de água não afetam suas propriedades.

**11.** (UFRN) A perda excessiva de água pelo organismo pode levar à morte. Isso já foi observado tanto em pessoas com uma disenteria grave quanto em outras que estavam correndo numa maratona. Para se controlar o risco de morte nessas situações, é recomendável beber uma solução que, além de água, contenha cloreto de sódio e glicose ou sacarose. Uma solução desse tipo é o soro caseiro que pode ser preparado com uma colher de sopa de açúcar e uma colher de café de sal de cozinha, em um litro de água filtrada ou fervida.

- A) Quais as funções da água e do sal contidos no soro caseiro?
- B) Por que a quantidade de açúcar presente no soro caseiro é bem maior do que a do sal?

**12.** (UNIFESP) Considere as afirmações e o gráfico.

- I. Nas carnes e vísceras, o ferro é encontrado na forma  $\text{Fe}^{2+}$ .
- II. Nos vegetais, o ferro é encontrado na forma mais oxidada,  $\text{Fe}^{3+}$ .
- III. A vitamina C é capaz de reduzir o ferro da forma  $\text{Fe}^{3+}$  para a forma  $\text{Fe}^{2+}$ .



- A) Qual das formas iônicas do ferro é melhor absorvida pelo intestino humano? Justifique.
- B) As afirmações e o gráfico justificam o hábito do brasileiro, de consumir laranja junto com a feijoada? Justifique.

13. (UFRJ) No interior das sementes podem ser encontrados o embrião, que dará origem a uma nova planta, e uma reserva de alimento, que nutrirá o embrião no início de seu desenvolvimento. Se todos os componentes necessários para a formação de um novo vegetal já estão presentes nas sementes, por que os grãos de feijão, por exemplo, normalmente não germinam dentro das embalagens nas quais estão contidos?

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem) A água apresenta propriedades físico-químicas que a coloca em posição de destaque como substância essencial à vida. Dentre essas, destacam-se as propriedades térmicas biologicamente muito importantes, por exemplo, o elevado valor de calor latente de vaporização. Esse calor latente refere-se à quantidade de calor que deve ser adicionada a um líquido em seu ponto de ebulição, por unidade de massa, para convertê-lo em vapor na mesma temperatura, que no caso da água é igual a 540 calorias por grama.

A propriedade físico-química mencionada no texto confere à água a capacidade de

- A) servir como doador de elétrons no processo de fotossíntese.
- B) funcionar como regulador térmico para os organismos vivos.
- C) agir como solvente universal nos tecidos animais e vegetais.
- D) transportar os íons de ferro e magnésio nos tecidos vegetais.
- E) funcionar como mantenedora do metabolismo nos organismos vivos.

02. (Enem) A água é um dos componentes mais importantes das células. A tabela a seguir mostra como a quantidade de água varia em seres humanos, dependendo do tipo de células. Em média, a água corresponde a 70% da composição química de um indivíduo normal

Tipo de célula	Quantidade de água
Tecido nervoso (substância cinzenta)	85%
Tecido nervoso (substância branca)	70%
Medula óssea	75%
Tecido conjuntivo	60%
Tecido adiposo	15%
Hemácias	65%
Coagulação	20%

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1985.

Durante uma biópsia, foi isolada amostra de tecido para análise em um laboratório. Enquanto intacta, essa amostra pesava 200 mg. Após secagem em estufa, quando se retirou toda a água do tecido, a amostra passou a pesar 80 mg. Baseado na tabela, pode-se afirmar que essa é uma amostra de

- A) tecido nervoso – substância cinzenta.
- B) tecido nervoso – substância branca.
- C) hemácias.
- D) tecido conjuntivo.
- E) tecido adiposo.

03. (Enem) No Brasil, mais de 66 milhões de pessoas beneficiam-se hoje do abastecimento de água fluoretada, medida que vem reduzindo, em cerca de 50%, a incidência de cáries. Ocorre, entretanto, que profissionais de saúde muitas vezes prescrevem flúor oral ou complexos vitamínicos com flúor para crianças ou gestantes, levando à ingestão exagerada da substância. O mesmo ocorre com o uso abusivo de algumas marcas de água mineral que contêm flúor. O excesso de flúor – fluorose – nos dentes pode ocasionar desde efeitos estéticos até defeitos estruturais graves.

Foram registrados casos de fluorose tanto em cidades com água fluoretada pelos poderes públicos como em outras abastecidas por lençóis freáticos que naturalmente contêm flúor.

APCD. *Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas*, v. 53, n. 1, jan. / fev. 1999 (Adaptação).

Com base no texto e em seus conhecimentos sobre o assunto, analise as afirmações a seguir:

- I. A fluoretação da água é importante para a manutenção do esmalte dentário, porém, não pode ser excessiva.
- II. Os lençóis freáticos citados contêm compostos de flúor em concentrações superiores às existentes na água tratada.
- III. As pessoas que adquiriram fluorose podem ter utilizado outras fontes de flúor, além da água de abastecimento público, como cremes dentais e vitaminas com flúor.

Pode-se afirmar que apenas

- A) I é correta.
- B) II é correta.
- C) III é correta.
- D) I e III são corretas.
- E) II e III são corretas.

## GABARITO

### Aprendizagem

- 01. C
- 02. B
- 03. D
- 04. A
- 05. B

### Propostos

- 01. C
- 02. D
- 03. A
- 04. C
- 05. C
- 06. Soma = 26
- 07. C
- 08. D
- 09.
  - A) Correto.
  - B) Incorreto.
- 10. C
- 11.
  - A) Água = reidratar o organismo;  
Sal = reequilibrar o equilíbrio eletrolítico.
  - B) A glicose fornecerá energia para o organismo.
- 12.
  - A)  $Fe^{2+}$ . De acordo com o gráfico, o ferro das carnes é melhor absorvido. As carnes possuem  $Fe^{2+}$ .
  - B) Sim. A laranja é rica em vitamina C, o que contribui para a absorção de ferro.
- 13. Porque, dentro das sementes, a quantidade de água é muito pequena e, assim sendo, as reações do metabolismo estão reduzidas ao mínimo necessário à manutenção da vida do embrião. Uma das condições necessárias para ocorrer a germinação é o fornecimento de água para as sementes, o que favorece as reações do metabolismo e permite o desenvolvimento do embrião.

### Seção Enem

- 01. B
- 02. D
- 03. D

Meu aproveitamento 

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

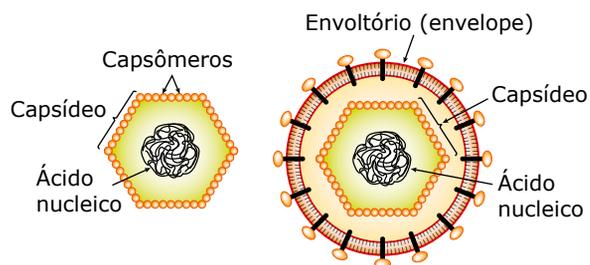
## Vírus

Os vírus (do latim *virus*, veneno) são seres que apresentam características típicas da matéria viva e características típicas da matéria bruta, ou seja, ora têm comportamento de seres vivos, ora comportam-se como seres inertes. Assim, ainda existem divergências a respeito de os vírus se enquadrarem ou não no mundo vivo, razão pela qual eles não foram incluídos em nenhum dos reinos dos seres vivos, sendo o seu estudo feito separadamente dos demais grupos de seres vivos. Entretanto, apesar de os vírus serem acelulares, muitos autores os consideram como seres vivos pertencentes ao grupo dos micro-organismos. Quanto à origem dos vírus, parece haver um consenso de que estes não representam a forma de vida mais primitiva, principalmente por dependerem da presença de células vivas para a sua sobrevivência. Segundo a teoria da evolução retrógrada, os vírus seriam descendentes de parasitos intracelulares que teriam perdido a autonomia metabólica durante o processo evolutivo, conservando, entretanto, uma bagagem genética suficiente para manter sua identidade e sua capacidade de multiplicação. Uma outra teoria que tenta explicar a origem dos vírus é a chamada teoria da origem celular, segundo a qual os vírus seriam componentes celulares, como plasmídios ou RNA-m, que, por processos de recombinação, teriam adquirido um invólucro proteico, separando-se da célula original.

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS VÍRUS

- São acelulares, ou seja, não possuem organização celular.
- Não possuem metabolismo próprio.
- Alguns vírus, quando estão livres, isto é, fora das células, podem cristalizar-se por tempo indeterminado, assim como os minerais.
- Quimicamente, são constituídos por proteínas e por ácido nucleico. Alguns, além das proteínas e do ácido nucleico, também possuem lipídios e carboidratos.
- Seu material genético (DNA ou RNA) é capaz de sofrer mutações.
- São capazes de se reproduzir quando estão no interior de uma célula viva.
- São parasitos intracelulares obrigatórios, já que só conseguem se reproduzir quando estão no interior de uma célula, usando, para tanto, a energia e o equipamento bioquímico da célula hospedeira.
- Suas dimensões são ultramicroscópicas, variando entre 17 nm e 300 nm (lembre-se de que  $1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm}$ ). Com essas dimensões, são visualizados apenas em microscopia eletrônica.

- Possuem morfologia diversificada. Não existe um padrão de forma para todos os vírus.



*Componentes de um vírus – Independentemente de sua forma, os vírus são constituídos basicamente por um invólucro proteico denominado capsídeo (capsídio, cápside) e por um cerne (miolo) onde fica o material genético, representado pelo ácido nucleico.*

O capsídeo é formado por unidades polipeptídicas denominadas capsômeros, que têm a capacidade de se combinar quimicamente com substâncias presentes na superfície das células. Isso permite que o vírus ataque e reconheça o tipo de célula adequado para penetrar e parasitar. Alguns vírus também possuem, mais externamente, envolvendo o capsídeo, um envoltório (ou envelope) de natureza glicoproteica ou lipídica.

O material genético do vírus, isto é, o genoma viral, é representado pelo DNA ou pelo RNA. Os que possuem DNA são chamados genericamente de desoxivírus, e os que têm RNA são os ribovírus. Alguns desoxivírus têm DNA de fita dupla, enquanto outros possuem DNA de fita simples. Também entre os ribovírus existem aqueles que possuem RNA de fita dupla e os que têm RNA de fita simples. Quando fora das células hospedeiras, a partícula viral é chamada de vírion. O vírion nunca apresenta atividade metabólica e não tem capacidade de reprodução, mesmo quando colocado em meios nutritivos. Pode ser cristalizado e armazenado por longos períodos de tempo. Após esse tempo, o vírion, em condições adequadas, pode voltar a infectar uma célula.



F86N

### Replicação de retrovírus – HIV

Nesse objeto de aprendizagem, você assistirá ao ciclo reprodutivo do HIV na célula de defesa. Fique atento às diferentes etapas de multiplicação do vírus.

**Observação:** O material genético da célula hospedeira foi representado de forma simplificada, assim como o RNA viral e a maquinaria de tradução.

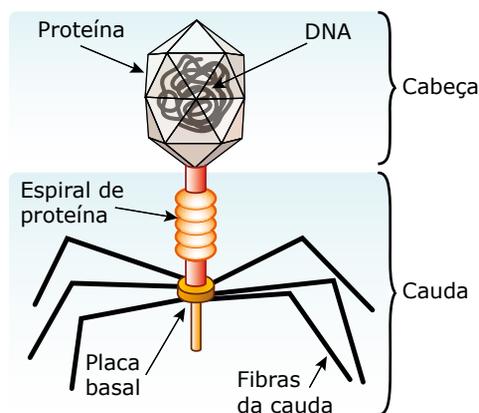
## A REPRODUÇÃO (MULTIPLICAÇÃO) DOS VÍRUS



Os vírus só se reproduzem quando estão no interior de uma célula hospedeira. Ao longo de sua evolução, os vírus adquiriram mecanismos para subverter o funcionamento da célula hospedeira e se reproduzir à custa dela. O vírus utiliza todo o maquinário metabólico da célula parasitada, assim como suas matérias-primas, para fabricar várias cópias idênticas de si próprio. Essa reprodução envolve as seguintes etapas: duplicação do material genético viral, síntese das proteínas do capsídeo e montagem de novas partículas virais no interior da célula hospedeira.

### Vírus de DNA

Como exemplo de reprodução de vírus que têm como material genético o DNA, veremos os ciclos reprodutivos dos **bacteriófagos** ou **fagos**.

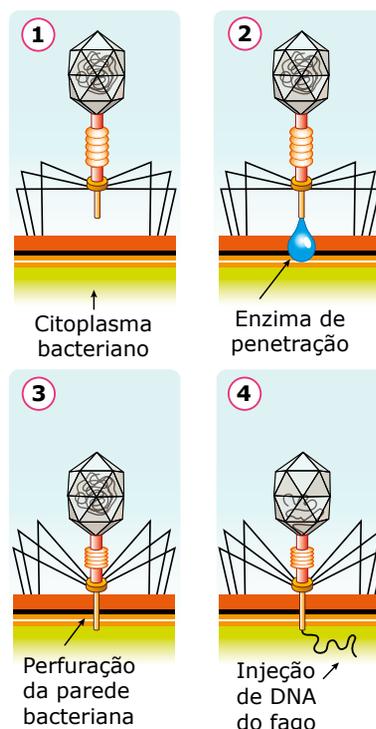


*Bacteriófago* – Os bacteriófagos (fagos) são vírus que parasitam certas espécies de bactérias, como a bactéria intestinal *Escherichia coli*. O estudo da multiplicação dos bacteriófagos abriu caminho para o esclarecimento da multiplicação dos vírus que parasitam animais e vegetais.

Ao entrar em contato com a bactéria, ocorre a adsorção, isto é, a fixação do fago em determinada região da parede celular bacteriana. Essa fixação só ocorre numa região onde exista afinidade entre as proteínas da cauda do fago e os receptores da parede celular bacteriana.

Após a adsorção, ocorre a penetração, que consiste na ativação de enzimas da cauda do bacteriófago que passam a atuar sobre a parede celular bacteriana, enfraquecendo-a.

O passo seguinte é a injeção, ou seja, a cauda do bacteriófago, contraindo-se à semelhança de uma microseringa, permite a introdução do DNA viral na célula bacteriana. No caso dos bacteriófagos, apenas o ácido nucleico viral penetra na célula hospedeira. O seu capsídeo permanece fora, fixado na parede celular. Entretanto, certos vírus que infectam células eucariotas penetram inteiros na célula hospedeira.



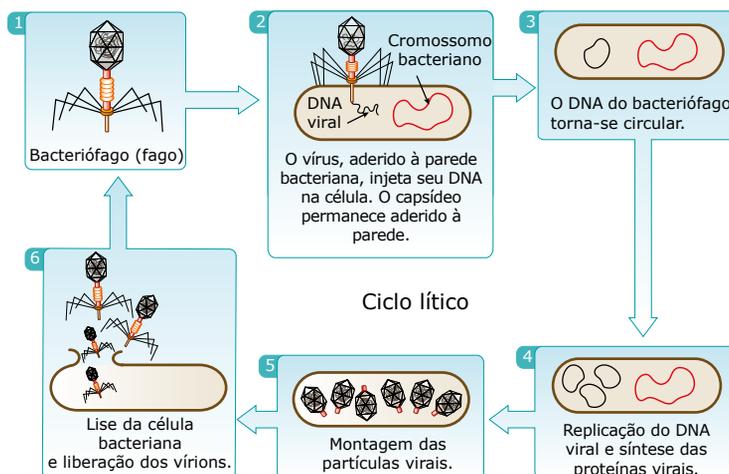
*Injeção de material genético na célula hospedeira.*

Uma vez no interior da célula bacteriana, o DNA do bacteriófago pode seguir dois caminhos distintos: ciclo lítico ou ciclo lisogênico.

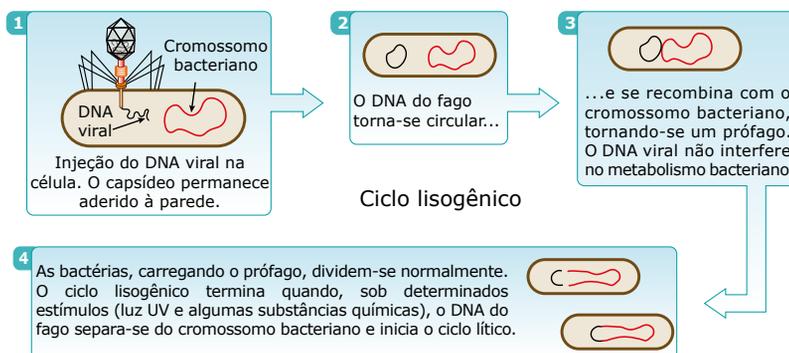
**A) Ciclo lítico (multiplicação lítica)** – O DNA viral contém os genes que determinam todas as características do vírus. Uma vez no interior da bactéria, o DNA viral começa a ser transcrito. Os genes virais são semelhantes aos genes da célula hospedeira, de modo que as enzimas da bactéria, responsáveis pela transcrição do DNA, não os distinguem dos genes bacterianos, e passam a transcrevê-los, produzindo moléculas de RNA-m virais, que se ligam aos ribossomos bacterianos, ocorrendo, assim, síntese de proteínas virais. Algumas dessas proteínas inibem o cromossomo bacteriano; outras atuam na replicação do DNA do fago, produzindo numerosas outras moléculas de DNA viral; muitas irão formar os capsídeos, existindo, também, aquelas que atuam como enzimas de empacotamento. Em seguida, ocorre uma montagem, ou seja, por ação das enzimas de empacotamento, cada capsídeo envolve uma molécula de DNA viral, formando, assim, uma nova partícula viral. Após 30 ou 40 minutos da infecção inicial, cerca de 200 novos bacteriófagos já estão completamente formados no interior da célula bacteriana. Nesse momento, são produzidas as enzimas que destroem a parede da célula bacteriana, ocorrendo, então, a lise (ruptura) dessa célula e a consequente liberação dos vírions no meio extracelular. Esses vírions poderão infectar outras bactérias e repetir todo o processo.

No ciclo lítico, o material genético invasor, ou seja, o DNA viral, se apossa de todo o sistema celular bacteriano, que passa a funcionar única e exclusivamente na produção de novos vírus.

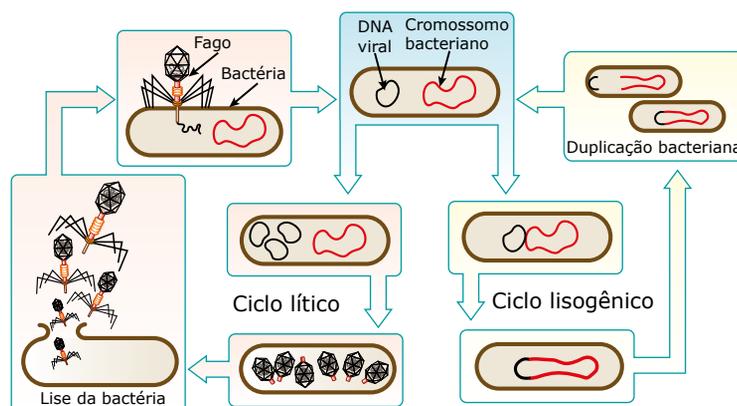
Nesse ciclo, o vírus é denominado virulento ou lítico, e a bactéria é chamada de não lisogênica.



**B) Ciclo lisogênico (multiplicação lisogênica)** – Ao penetrar na célula bacteriana, o DNA do fago incorpora-se ao cromossomo bacteriano, passando a se comportar como se fosse parte integrante dele e não interferindo no metabolismo da célula hospedeira. O DNA viral integrado ao cromossomo celular é chamado de provírus ou prófago. Nesse caso, a bactéria continua com suas atividades metabólicas normais e, durante sua reprodução, o DNA viral vai sendo duplicado junto ao DNA bacteriano e transmitido às novas bactérias. Assim, o DNA viral vai sendo reproduzido sem causar a lise das células bacterianas. Por isso, nesse ciclo, o vírus é chamado de não virulento ou temperado, e a bactéria, de lisogênica. Veja a seguir uma representação esquemática desse ciclo.



O esquema a seguir mostra, de forma mais resumida, os ciclos de reprodução dos bacteriófagos nas células hospedeiras.



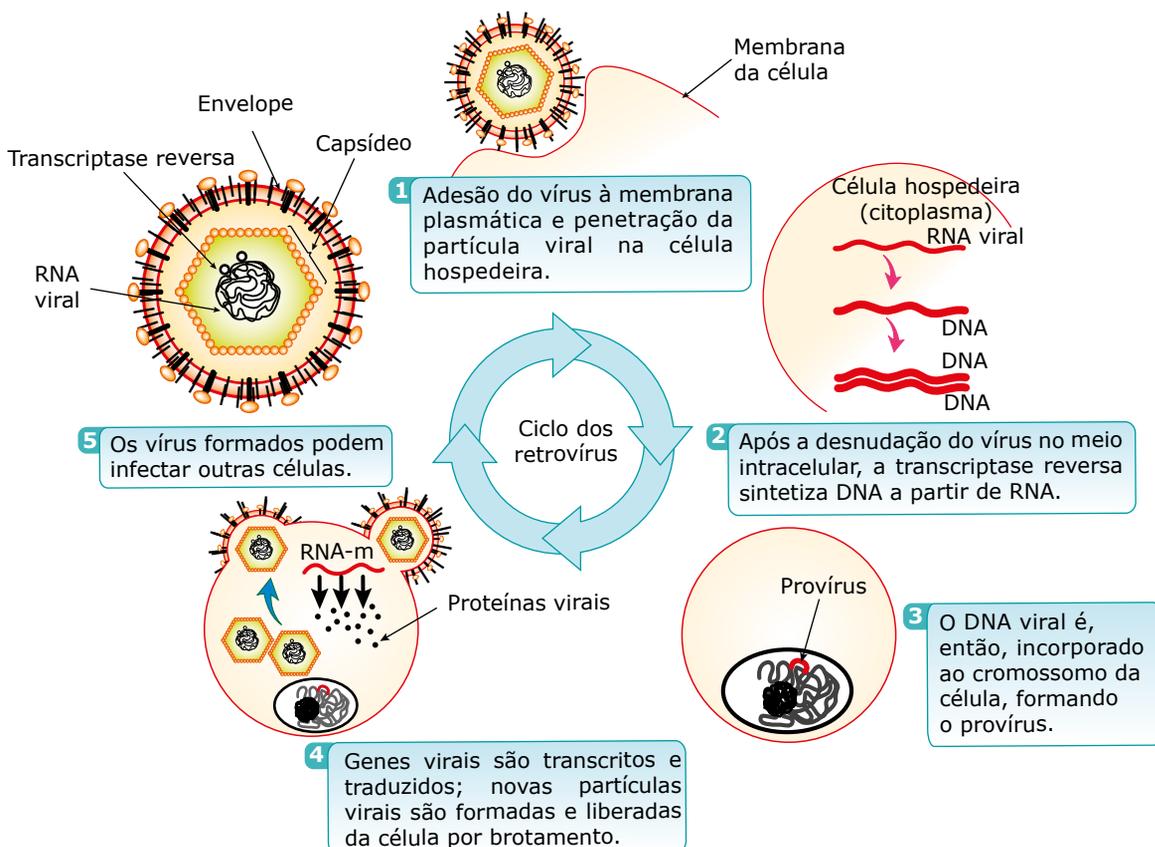
Reprodução dos bacteriófagos.

A multiplicação dos vírus parasitos de animais que possuem como material genético o DNA segue, no geral, o mesmo padrão da reprodução dos bacteriófagos.

## Vírus de RNA

Quando o ácido nucleico do vírus é o RNA, três processos de reprodução podem ocorrer:

- A)** Na célula hospedeira, o RNA viral é transcrito em várias moléculas de RNA-m, que comandarão a síntese de proteínas. Esses vírus são chamados de vírus de RNA<sup>(-)</sup>. É o que acontece, por exemplo, com o vírus da gripe. Nesse caso, o vírião adere-se a moléculas receptoras presentes na superfície das células hospedeiras, penetrando inteiro. No interior da célula, ocorre a desnudação, ou seja, o capsídeo é digerido por enzimas celulares existentes nos lisossomos e, assim, o RNA é liberado no citoplasma. Esse RNA viral é copiado em RNA-m viral, à custa de uma enzima, a RNA-polimerase RNA-dependente, que faz parte da partícula viral. Uma vez sintetizado, o RNA-m viral liga-se aos ribossomos celulares, ocorrendo, então, a tradução, ou seja, as informações genéticas do RNA-m viral serão traduzidas, possibilitando a formação de proteínas virais, que podem ser de dois tipos: proteínas estruturais, que irão formar o capsídeo, e enzimas, que participam especificamente da duplicação do ácido nucleico viral. Em seguida, ocorre a montagem de novas partículas virais, isto é, a reunião de moléculas de RNA viral em capsídeos originando novos vírions, que se libertam das células infectadas.
- B)** Na célula hospedeira, o RNA viral possui função de RNA-m sendo diretamente traduzido em proteínas. Esses parasitos são chamados de vírus de RNA<sup>(+)</sup>. Os principais representantes são os vírus da família Flaviviridae (Dengue, Febre amarela). Nesse caso, o vírião também se adere a moléculas receptoras presentes na superfície das células hospedeiras penetrando por inteiro. No interior da célula, ocorre a desnudação, e o RNA então se liga aos ribossomos celulares nos quais ocorre a tradução das proteínas virais. Em seguida, ocorre a montagem das partículas virais que são libertadas das células infectadas.
- C)** Na célula hospedeira, o RNA viral é utilizado como molde para fabricar DNA por ação da enzima transcriptase reversa. Esses vírus são chamados de retrovírus. Possuem, associada ao seu RNA, a enzima transcriptase reversa. Ao penetrar numa célula hospedeira, essa enzima catalisa uma reação de transcrição ao contrário, ou seja, formação do DNA a partir do RNA viral. O DNA viral, assim formado, é de fita simples. O RNA viral é, então, degradado, e o DNA viral de fita simples sintetiza a sua fita complementar, tornando-se, assim, um DNA viral de fita dupla. Esse DNA viral de fita dupla pode permanecer inativo por tempo indeterminado, incorporado ao material genético da célula, constituindo o provírus, como também, a qualquer momento, pode desencadear a transcrição, formando RNA-m viral que se liga aos ribossomos da célula hospedeira, onde será traduzido, formando proteínas virais (proteínas do capsídeo). Essas proteínas virais se juntam às moléculas de RNA viral, formando novas partículas virais no interior da célula. Essas novas partículas virais são liberadas da célula por brotamento e podem infectar outras células. O vírus da aids é um bom exemplo de retrovírus.



Ciclo replicativo dos retrovírus.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

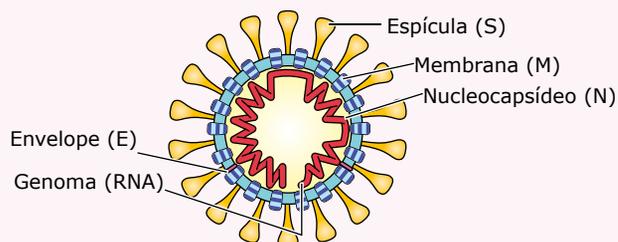


- 01.** (UFBA) A caracterização do vírus como ser vivo está relacionada com a sua capacidade de
- JIZQ
- sobreviver em meios de cultura artificiais mantidos em laboratório.
  - realizar a síntese de proteínas, utilizando seus próprios ribossomos.
  - reproduzir-se e sofrer modificações nas suas características hereditárias.
  - apresentar, simultaneamente, moléculas de DNA e de RNA na sua organização.
  - fabricar seu próprio alimento quando em vida livre, e armazená-lo para uso, quando cristalizado.

- 02.** (UECE-2020) Atente às seguintes afirmações sobre vírus:
- Vírus são acelulares, não produzem ATP nem realizam fermentação, respiração celular ou fotossíntese.
  - Vírus bacteriófagos são vírus que contêm uma molécula de DNA e RNA e infectam células eucariontes.
  - Após invadir a célula, os bacteriófagos podem seguir um ciclo de vida lítico ou lisogênico: no ciclo lisogênico, a célula hospedeira sofre lise e os novos vírus saem levando um pedaço da membrana para fazer o envelope viral.
  - Herpes, hepatite B, sífilis, papilomavírus humano e síndrome da imunodeficiência humana são infecções sexualmente transmissíveis (ISTs) causadas por vírus.
- É correto somente o que se afirma em
- I, II e IV.
  - II, III e IV.
  - I.
  - III.

- 03.** (UNIRIO-RJ) Todos os vírus
- só se reproduzem no interior de células vivas.
  - são parasitas de vegetais superiores.
  - são patogênicos para o homem.
  - podem ser observados ao microscópio óptico.
  - são bacteriófagos.

- 04.** (FMABC-SP-2022) A figura ilustra a organização estrutural do SARS-CoV-2, vírus envelopado, agente etiológico da covid-19.



Com base no mecanismo de replicação viral do SARS-CoV-2, a função desempenhada

- pelo envelope é promover as trocas de substâncias entre o vírus e as células-alvo.
- pelo nucleocapsídeo é regular o metabolismo viral.
- pelas espículas é adsorver o vírus nas células-alvo.
- pelo genoma de RNA é sintetizar diretamente todas as moléculas virais.
- pela membrana é proteger as organelas virais.

- 05.** (UDESC) Assinale a alternativa correta, a respeito dos retrovírus.
- BM5L

- São vírus que possuem DNA e RNA, isso explica sua maior virulência; são causadores da gripe A.
- São vírus de RNA. Apresentam a enzima transcriptase reversa, que catalisa a produção de moléculas de DNA a partir do RNA da célula parasitada.
- São vírus de DNA. Apresentam a enzima transcriptase reversa, que catalisa a produção de moléculas de RNA a partir do DNA viral.
- São vírus de RNA. Apresentam a enzima transcriptase reversa, que catalisa a produção de moléculas de DNA a partir do RNA viral.
- São vírus de DNA. Apresentam a enzima transferase inversa, que catalisa a produção de cadeias de DNA a partir do RNA da célula parasitada.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (CMMG-2022) Leia o texto a seguir.
- “Quando certos fagos infectam uma bactéria, eles integram seus genomas aos dela”.
- SCIENTIFIC AMERICAN, ano 20, n. 26, 2021.

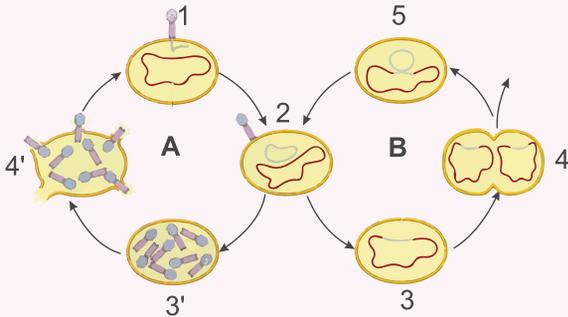
Em relação aos fagos, é correto afirmar que

- podem fazer o ciclo denominado lisogênico.
- são células que infectam outras células.
- servem de alimento para as bactérias.
- podem infectar células humanas.

- 02.** (UECE) Com relação aos vírus, assinale a alternativa correta.
- São seres que possuem membrana plasmática, envoltório fundamental à proteção do seu material genético interno.
  - São autossuficientes, uma vez que sintetizam ácidos nucleicos e proteínas indispensáveis à sua reprodução.
  - Por apresentarem metabolismo próprio, são micro-organismos bastante patogênicos, capazes de causar epidemias que afetam diretamente à espécie humana.
  - Apresentam apenas um tipo de ácido nucleico que, dependendo do vírus, pode ser o DNA ou o RNA.

- 03.** (UFPI) Objetivando promover a reprodução de um certo vírus fitopatogênico (vírus que causa patologias em plantas), um estudante o incubou em meio de cultura que continha fonte de carbono e nitrogênio. O estudante obteve sucesso na reprodução do vírus?
- A) Não, pois o meio de cultura não inclui vitaminas e minerais, necessários para o metabolismo do vírus.
- B) Sim, pois com uma fonte de carbono o vírus poderá sintetizar os demais componentes necessários para formar sua cápsula proteica.
- C) Sim, pois o meio de cultura inclui todos os nutrientes requeridos pelo metabolismo do vírus.
- D) Sim, pois com uma fonte de nitrogênio o vírus poderá sintetizar os demais componentes para formar sua cápsula proteica.
- E) Não, pois os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, sem metabolismo próprio e o meio de cultura não inclui células vivas.

- 04.** (UFSM-RS) Observe a figura:



Um dos grandes empecilhos no desenvolvimento de drogas para o combate às doenças virais é a variedade de mecanismos de infecção, integração e replicação dos vírus. Os vírus são adaptados a tipos celulares e a hospedeiros específicos. A figura representa dois tipos de ciclos de vida de vírus (ciclos A e B).

A partir da figura, é correto afirmar:

- A) No ciclo apresentado em "A", ocorrem, após a produção de unidades virais na célula hospedeira (3), a lise dessa célula (4) e a liberação de novos vírions.
- B) No ciclo apresentado em "A", o DNA viral não é liberado para o ambiente após a replicação.
- C) No ciclo apresentado em "B", o material genético do vírus é injetado na célula (3), integra-se ao DNA do hospedeiro (3), porém é replicado separadamente, originando vírions.
- D) No ciclo apresentado em "B", o material genético do vírus integra-se ao DNA do hospedeiro (3), porém não ocorre a replicação dos seus genes, sendo o vírus inofensivo.
- E) No ciclo "A", os vírions produzidos (4) são incapazes de infectar novas células e, no ciclo "B", os vírus são incapazes de replicar seu material genético.

- 05.** (UECE) Como resultado das mudanças climáticas, bem como da fragilidade do sistema imunológico decorrente da má alimentação e do uso indiscriminado de medicamentos, observa-se o aumento do número de casos de diversas doenças, dentre elas as viroses. Infecções dessa natureza são causadas por centenas de tipos virais oportunistas. Sobre esses parasitas, indique a opção falsa.
- A) Os vírus são considerados parasitas intracelulares, pois precisam de células vivas pra realizar suas atividades metabólicas.
- B) Os vírus são parasitas altamente específicos compostos, basicamente, por proteínas e ácidos nucleicos.
- C) O DNA e o RNA sempre ocorrem, simultaneamente, em um mesmo vírus, protegidos dentro do capsídeo.
- D) Ao injetar o material genético no interior das bactérias, os fagos bloqueiam a atividade da maioria dos genes destas células.

- 06.** (UEBA) As estruturas que se encontram obrigatoriamente em todos os vírus são apenas

- A) o DNA e um envoltório proteico.
- B) o RNA e um envoltório proteico.
- C) o DNA ou o RNA e um envoltório proteico.
- D) o DNA ou o RNA, um envoltório proteico e uma camada lipídica.
- E) o DNA ou o RNA, um envoltório proteico e duas camadas lipídicas.

- 07.** (UFRN) Apesar de não saber que a raiva era causada por um vírus, Pasteur realizou vários experimentos para desenvolver uma vacina contra essa doença. No experimento inicial, que não deu certo, ele recolheu saliva de cães infectados e a inoculou em um recipiente de vidro (balão) contendo meio de cultura (água e nutrientes).

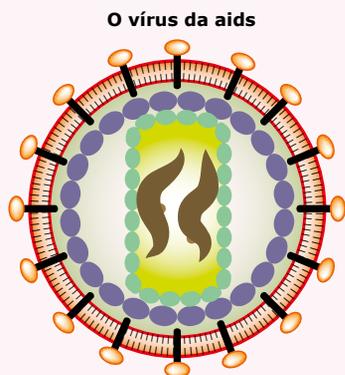
Esse experimento não deu certo porque o vírus

- A) é um micro-organismo envelopado.
- B) intensificou sua virulência.
- C) atenuou sua patogenicidade.
- D) é metabolicamente dependente.

- 08.** (UFG) O vírus H1N1, apesar de infectar as hemácias humanas, não consegue se multiplicar nessas células. Isso ocorre, principalmente, porque as hemácias são desprovidas de

- A) receptores celulares.
- B) transcriptase reversa.
- C) DNA cromossomal.
- D) DNA mitocondrial.
- E) capsídeos.

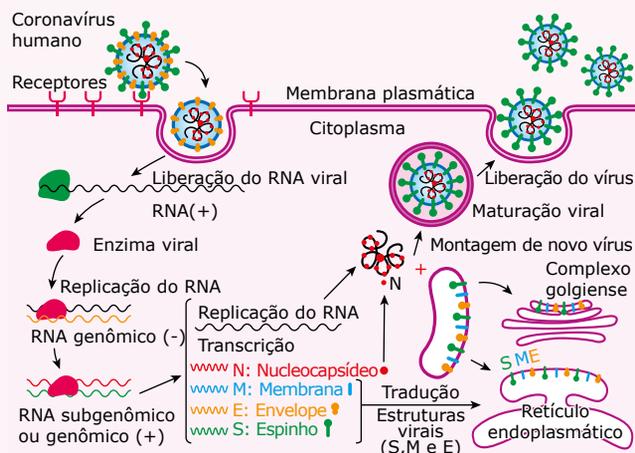
09. (Cesgranrio) O vírus da aids é formado por uma cápsula esférica contendo em seu interior o material genético.



Esse tipo de vírus é chamado retrovírus porque

- A) o RNA produz um "molde" de molécula de DNA.
- B) o RNA torna-se uma molécula autoduplicável.
- C) o DNA possui cadeia simples sem timina.
- D) o DNA possui mecanismos de retroação.
- E) o DNA e o RNA não se pareiam.

10. (Albert Einstein-2022) A figura ilustra a reprodução do coronavírus no interior de uma célula hospedeira.



Disponível em: [www.cell.com](http://www.cell.com). (Adaptação).

Considerando a multiplicação do coronavírus apresentada na figura e os conhecimentos sobre o assunto, constata-se que o vírus

- A) utiliza todas as proteínas presentes no envelope viral para penetrar na célula hospedeira.
- B) realiza a síntese de proteínas utilizando os RNA transportadores da célula hospedeira.
- C) utiliza a enzima integrase para acoplar o RNA viral no núcleo da célula hospedeira.
- D) realiza a transcrição reversa ao sintetizar o RNA genômico e subgenômico.
- E) pode originar variantes se ocorrerem mutações nas traduções dos RNA ribossômicos.

11. (UFES) Em 2014, a imprensa noticiou exaustivamente o surto de febre hemorrágica provocada pelo vírus ebola. Os vírus são organismos bastante peculiares em relação à sua estrutura corporal e à sua reprodução e, muitas vezes, não são considerados seres vivos. No que se refere aos vírus, explique

- A) o que diferencia o corpo de um vírus do corpo dos demais organismos vivos;
- B) como se reproduzem os vírus de RNA;
- C) o motivo pelo qual parte da comunidade científica não considera vírus como ser vivo.

12. (Unit-SE-2019) O início das atividades exergônicas, quando utiliza a glicose como fonte energética, predispõe à glicólise até a formação de duas moléculas de piruvatos. Dos exemplos a seguir, aquele que não realiza esse processo é:

- A) Bacteriófago.
- B) Bactérias.
- C) Vegetais.
- D) Ameba.

- E) *Saccharomyces cerevisiae*.

13. (ESPM-SP) O vírus da aids é constituído de uma cápsula proteica, um ácido ribonucleico (RNA) e uma enzima que permite a síntese de DNA, a partir de RNA. Essa propriedade e a alta taxa de mutação são os principais fatores que dificultam a produção de uma vacina eficaz. Como se denomina esse tipo de vírus e qual o nome da enzima que permite a síntese de DNA a partir de RNA?

14. (FGV) O fluxo de água do meio hipotônico para o meio hipertônico através da membrana lipoproteica semipermeável é denominado osmose, essencial para a manutenção das condições fisiológicas citoplasmáticas em todos os organismos celulares.

Com relação a esse processo, é correto afirmar que os vírus

- A) não o realizam, pois não apresentam as características fisiológicas e celulares para ocorrência do processo.
- B) só o realizam quando metabolicamente ativos no momento de infecção em suas células-alvo hospedeiras.
- C) o realizam diretamente através do cápside, seu envoltório proteico de proteção.
- D) só o realizam se forem classificados como envelopados, por apresentarem membrana e citoplasma celulares.
- E) não o realizam, pois apresentam a primitiva organização celular procarionte.

15. (UFTM-MG) O vírus H1N1 causou a morte de centenas de pessoas em vários locais do mundo. Sabe-se que os vírus não conseguem se reproduzir sozinhos e que, de modo geral,
- A) podem destruir as células hospedeiras, caso elas não consigam sintetizar mais vírus.
  - B) podem realizar a bipartição no interior da célula hospedeira, a fim de produzirem inúmeros clones.
  - C) utilizam-se unicamente dos ribossomos da célula hospedeira para replicarem moléculas de DNA.
  - D) utilizam-se de aminoácidos e moléculas de ATP da célula hospedeira para sintetizar mais unidades virais.
  - E) utilizam-se dos genes ativos da célula hospedeira para produzir mais ribossomos virais.

## SEÇÃO ENEM

01. Os vírus (do latim *virus*, veneno) são seres que apresentam características típicas da matéria viva e características típicas da matéria bruta, ou seja, ora têm comportamento de seres vivos, ora comportam-se como seres inertes.

No quadro a seguir, estão relacionadas algumas características dos vírus.

### Características dos vírus

- (1) Quimicamente, são constituídos por proteínas e ácido nucleico.
- (2) São acelulares.
- (3) Não possuem metabolismo próprio.
- (4) Seu material genético (DNA ou RNA) é capaz de sofrer mutação.
- (5) Possuem poder de cristalização, assim como os minerais.
- (6) Visualizados apenas em microscopia eletrônica.

As características mencionadas no quadro que identificam os vírus com os seres vivos estão indicadas pelos números

- A) 1, 2 e 3.
- B) 1, 3 e 4.
- C) 1, 4 e 6.
- D) 1 e 4, apenas.
- E) 4 e 6, apenas.

02. É importante não confundir vírus com viroides. Os viroides são constituídos apenas por uma molécula de ácido nucleico. O primeiro viroide foi descoberto ao se procurar identificar o agente causador de uma doença de batata (doença do tubérculo afilado) o qual se supunha ser um vírus. Observou-se que o agente patógeno da doença é constituído exclusivamente por uma molécula de ácido ribonucleico (RNA). Posteriormente, descobriu-se que outras doenças vegetais também são causadas por viroides. Nos organismos parasitados, os viroides se localizam, de preferência, e talvez exclusivamente, no interior dos núcleos celulares, em íntima associação com a cromatina. O mecanismo de multiplicação dos viroides ainda é pouco conhecido.

De acordo com o texto, os viroides

- A) possuem organização celular procariota.
- B) não possuem capsômeros.
- C) são fragmentos de ácidos nucleicos dos vírus.
- D) são patógenos que parasitam os vírus.
- E) podem realizar ciclo lítico ou ciclo lisogênico.

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. B
- 03. A
- 04. C
- 05. D

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. D
- 03. E
- 04. A
- 05. C
- 11.
  - A) Os vírus são acelulares.
  - B) Os vírus de RNA utilizam as estruturas das células parasitadas para multiplicar seu material genético e sintetizar suas proteínas.
  - C) Eles não possuem células e metabolismo próprio.
- 12. A
- 13. Esses vírus são denominados retrovírus e a enzima, transcriptase reversa.
- 14. A
- 15. D

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Genética: Código Genético

As características presentes em um ser vivo podem ser agrupadas em duas categorias: adquiridas e hereditárias.

- **Características adquiridas** – São aquelas que resultam da ação de agentes do meio ambiente. Uma cicatriz surgida em consequência de um ferimento, a ausência de determinada parte do corpo perdida num acidente (um braço, por exemplo) ou a atrofia dos músculos da perna em consequência de uma doença infecciosa (poliomielite, por exemplo) são alguns exemplos de características adquiridas.
- **Características hereditárias** – São aquelas determinadas por unidades denominadas gens ou genes (do grego *genos*, originar) encontradas normalmente nos cromossomos das células. Tais características são herdadas dos ancestrais e transmitidas aos descendentes por meio da reprodução, isto é, são geneticamente transmissíveis de geração para geração. A cor dos nossos olhos e o tipo de sangue que possuímos são exemplos de características hereditárias. Às vezes, uma característica adquirida pode ser muito semelhante a uma característica hereditária. Nesse caso, diz-se que aquela é uma fenocópia da característica hereditária. Por exemplo: a surdez provocada por uma infecção (sarampo, por exemplo) é uma fenocópia da surdez condicionada por genes que causam má-formação do aparelho auditivo.

As características que um indivíduo já apresenta ao nascer são chamadas de congênitas e podem ser hereditárias ou adquiridas. As más-formações que uma criança apresenta ao nascer pelo fato de ter sido infectada na vida intrauterina pelo vírus da rubéola são exemplos de características congênitas adquiridas, ou seja, são características que não foram determinadas por genes, e sim causadas por uma infecção viral que passou, através da placenta, da mãe para o feto, acometendo a criança antes do seu nascimento. Por outro lado, nem toda característica hereditária é congênita. Por exemplo: certas doenças hereditárias, como a doença de Huntington, manifestam-se somente a partir de determinada fase da vida, sendo o indivíduo perfeitamente normal ao nascer.

A Genética tem o objetivo de estudar as características hereditárias em todos os seus aspectos, tais como fatores determinantes, fatores que influenciam e modo de transmissão.

O verdadeiro conhecimento de como as características hereditárias são transmitidas teve sua origem nos trabalhos do monge austríaco Gregor Mendel. Na segunda metade do século XIX, realizando cruzamentos entre plantas, em especial ervilhas, e observando as características dos parentais (pais) e descendentes, por várias gerações, Mendel postulou a existência, no interior das células, de partículas ou fatores que seriam os responsáveis pela determinação das características hereditárias. Segundo Mendel, as características seriam determinadas por pares de fatores hereditários. Na gametogênese (formação dos gametas), esses pares de fatores se separavam de modo que cada gameta ficaria com apenas um fator relativo a cada característica. Mendel, entretanto, não soube explicar que fatores eram esses, de que eram formados e onde estariam localizados dentro das células. Assim, quando seus trabalhos foram publicados, em 1866, a comunidade científica não deu a eles o devido reconhecimento. Somente alguns anos mais tarde, por volta de 1900, quando Mendel já havia morrido, três cientistas, o holandês Hugo de Vries, o alemão Carl Correns e o austríaco Eric von Tschermack, realizando novos experimentos e trabalhando independentemente, reconheceram e confirmaram as ideias de Mendel, que, então, passou a ser considerado o “pai da Genética atual”.

Os avanços alcançados pela Citologia no início do século XX, como a observação dos cromossomos e outras estruturas celulares, assim como a descrição dos processos de divisão celular (mitose e meiose), muito contribuíram para a elaboração da teoria cromossômica da herança, proposta em 1910 por Morgan e seus colaboradores. Segundo essa teoria, os fatores hereditários de Mendel, agora denominados genes, estão localizados nos cromossomos.

Em 1944, Avery, MacLeod e McCarthy, após a realização de vários experimentos, chegaram à conclusão de que o material genético, isto é, os genes, é constituído de DNA (ácido desoxirribonucleico).

Na década de 1960, os cientistas descobriram que as informações sobre as características hereditárias se encontram codificadas nos genes. Estava então descoberto o famoso **código genético**.

A informação codificada em um gene refere-se à estrutura primária (sequência de aminoácidos) de um polipeptídeo. Esse polipeptídeo, que pode ser uma proteína estrutural ou uma proteína catalisadora (enzima), é o responsável pela manifestação de uma característica. Assim, um gene exerce sua ação por meio de um polipeptídeo por ele codificado.

# O CÓDIGO GENÉTICO

Um gene é um segmento de DNA que contém, na sequência de suas bases nitrogenadas, uma informação codificada a respeito da estrutura primária de uma determinada proteína ou polipeptídeo. Em uma única molécula de DNA, existem vários genes.

O gene contém, na sequência das bases nitrogenadas de seus nucleotídeos, as informações de como deverá ser a estrutura primária da proteína a ser fabricada, ou seja, quais serão os seus aminoácidos e em que sequência deverão ser ligados. Essas informações estão "codificadas": cada sequência de três bases nitrogenadas consecutivas, isto é, cada tríade (trinca, terceto ou *triplet*) de bases significa, nesse "código", uma determinada informação. Existem tríades que codificam um determinado tipo de aminoácido e tríades que codificam o término da síntese do polipeptídeo. Esse código existente no DNA das células e também de muitos vírus ficou conhecido por "código genético", e sua decodificação já foi feita pelo homem. Veja os exemplos a seguir:

Tríades de bases nitrogenadas do DNA	Tradução da informação codificada
TAC	Aminoácido metionina (Met) e início da síntese
AAA	Aminoácido fenilalanina (Phe)
CAA	Aminoácido valina (Val)
CTT	Aminoácido ácido glutâmico (Glu)
CCG	Aminoácido glicina (Gly)
CCT	Aminoácido glicina (Gly)
AGG	Aminoácido serina (Ser)
ATT	Término da síntese
ATC	Término da síntese

Observe, nos exemplos apresentados anteriormente, que uma mesma informação pode ser codificada por diferentes tríades (aminoácido glicina, por exemplo). Por isso, diz-se que o código genético é **degenerado**. No código, existem três tríades (ATT, ATC e ACT) que são traduzidas como se fossem um "ponto-final", determinando o término ou a parada da síntese polipeptídica. Observe também que a tríade TAC, além de codificar o aminoácido metionina, determina também o início da síntese, sendo, por isso, conhecida por tríade de iniciação. Admitindo-se, por exemplo, que um segmento de DNA tem a seguinte sequência de bases: AAA CAA AGG AAA CCG..., nesse segmento, está codificada a seguinte sequência de aminoácidos: Phe – Val – Ser – Phe – Gly...

O código genético é o mesmo em diferentes espécies de seres vivos e, por isso, se diz que ele é **universal**. Por exemplo, a tríade AAA no DNA de qualquer espécie codifica a mesma informação: o aminoácido fenilalanina. Entretanto, existem algumas poucas exceções: dentro das mitocôndrias e dos cloroplastos, o código difere levemente do de procariontes e do núcleo de células eucarióticas; em um grupo de protista, as tríades ATT e ATC codificam o aminoácido glutamina em vez de funcionarem como tríades de terminação. O significado dessas diferenças ainda não foi esclarecido. Assim sendo, para alguns autores, o melhor é dizer que o código genético é quase universal.

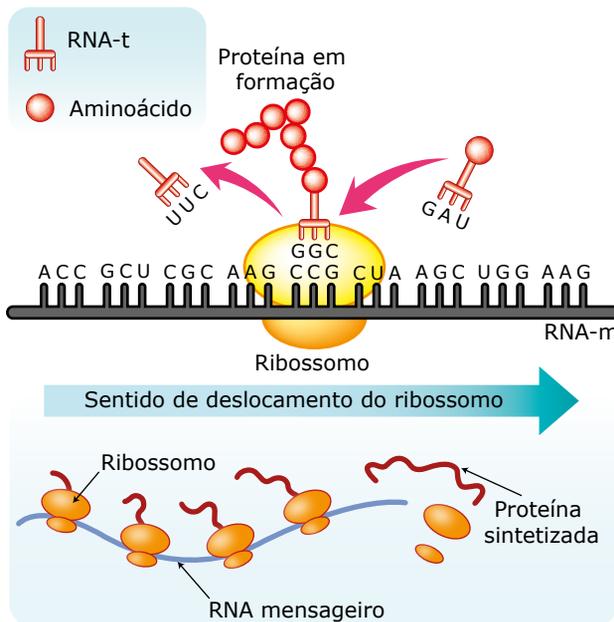
Quando um determinado gene entra em atividade numa célula, ocorre primeiramente o fenômeno da transcrição, isto é, a informação codificada no gene é repassada para o RNA-m (RNA mensageiro). Cada trinca de bases do RNA-m transcrita do gene recebe o nome de **códon**. Veja a seguir alguns exemplos de transcrição.

Tríades de bases nitrogenadas do DNA	Códons correspondentes no RNA-m	Tradução da informação codificada
TAC	AUG	Aminoácido metionina (Met)
AAA	UUU	Aminoácido fenilalanina (Phe)
CAA	GUU	Aminoácido valina (Val)
CTT	GAA	Aminoácido ácido glutâmico (Glu)
CCG	GGC	Aminoácido glicina (Gly)
CCT	GGA	Aminoácido glicina (Gly)
AGG	UCC	Aminoácido serina (Ser)
ATT	UAA	Término da síntese
ATC	UAG	Término da síntese

Observe que cada códon do RNA-m codifica a mesma informação da tríade do DNA da qual foi transcrito.

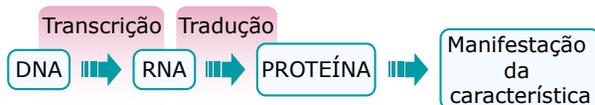
O RNA-m transcrito do gene (segmento de DNA) liga-se ao ribossomo, estrutura celular formada de RNA-r (RNA ribossômico) e proteínas, o qual tem a função de unir os aminoácidos, segundo a sequência estabelecida pelos códons do RNA-m para formar a cadeia polipeptídica. É bom lembrar que a matéria-prima utilizada na formação das proteínas, isto é, os aminoácidos, encontra-se dispersa no interior da célula. Assim, é necessário que ela seja trazida para o local da síntese proteica, ou seja, para o local onde se encontra o ribossomo ligado ao RNA-m, e isso é feito por moléculas de RNA-t (RNA transportador). Cada molécula de aminoácido é transportada por um RNA-t. Assim, a síntese de uma proteína é feita com a participação de diversas moléculas de RNA-t. Cada molécula de RNA-t, trazendo um respectivo aminoácido, liga-se a um códon específico do RNA-m. Isso é feito por meio de ligação de hidrogênio entre as bases nitrogenadas desses dois tipos de RNA (RNA-m e RNA-t), obedecendo ao seguinte pareamento: A (adenina) com U (uracil) e G (guanina) com C (citosina). As tríades do RNA-t que se ligam aos códons do RNA-m são chamadas de anticódons. Assim, cada molécula de RNA-t transporta um determinado tipo de aminoácido e tem o seu anticódon. O anticódon determina qual tipo de aminoácido será transportado pelo RNA-t, que deverá ser o mesmo tipo de aminoácido codificado pelo códon do RNA-m ao qual ele se liga. Veja a tabela e o exemplo a seguir:

Tríades no segmento de DNA usado para fabricar RNA-m	Códon correspondente no RNA-m	Anticódons correspondentes nos RNA-t	Informação traduzida
AAA	UUU	AAA	Aminoácido fenilalanina (Phe)
CAA	GUU	CAA	Aminoácido valina (Val)
CTT	GAA	CUU	Aminoácido ácido glutâmico (Glu)



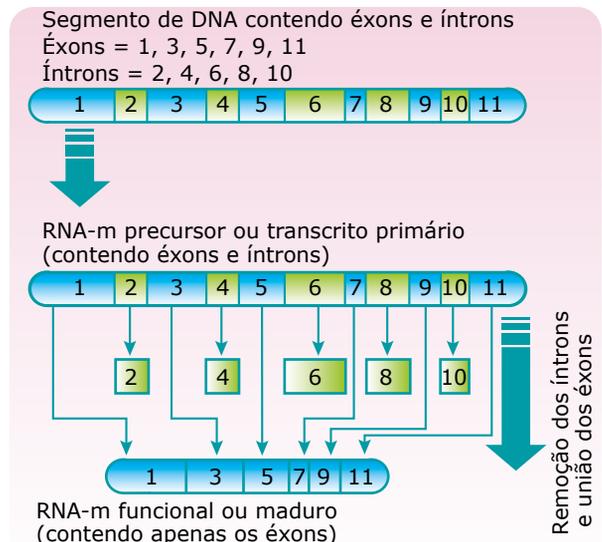
*Síntese de proteínas – Com os aminoácidos trazidos pelos RNA-t, o ribossomo vai fazendo a decodificação da mensagem que está no RNA-m, traduzindo os seus códons e unindo os aminoácidos de acordo com a sequência estabelecida por eles. Com o término da tradução, tem-se, então, a formação de uma determinada cadeia polipeptídica, que será responsável pela manifestação de uma característica genética.*

Resumidamente, pode-se dizer que um gene (segmento de DNA), ao entrar em atividade numa célula, irá proporcionar a síntese de uma determinada cadeia polipeptídica que será, então, responsável pela manifestação de uma determinada característica genética.



Pelo que se viu, em termos moleculares, um gene pode ser definido como uma sequência de nucleotídeos do DNA que é expressa em um produto funcional, ou seja, em uma molécula de RNA ou em uma cadeia polipeptídica.

O genoma (conjunto de todos os genes) das células dos eucariontes, no entanto, possui uma grande quantidade de sequências de DNA que não são convertidas em produtos funcionais, ou seja, não são traduzidas. Muitas dessas sequências não traduzidas estão localizadas entre os genes, separando-os de seus vizinhos. Outras, no entanto, estão presentes nos próprios genes. Nesse caso, as sequências de nucleotídeos que são traduzidas recebem o nome de **éxons**, enquanto as sequências não traduzidas são denominadas **íntrons**. Assim, quando ocorre a transcrição, todo o gene é transcrito em uma longa molécula de RNA-m (RNA-m precursor ou transcrito primário), que, depois, por meio de um processo denominado *splicing*, é reduzida de tamanho devido à retirada dos íntrons, e convertida na molécula de RNA-m funcional (RNA-m maduro ou RNA monocistrônico), que contém apenas os éxons, conforme mostra o esquema a seguir:



*Esquema de splicing – O splicing, realizado com a participação de diferentes enzimas, é um processo muito complexo e preciso, uma vez que a molécula de RNA-m precursora deve ser clivada (cortada) em locais exatos, e os éxons devem ser colados também de maneira exata para a formação do RNA-m funcional ou maduro que se ligará ao ribossomo.*



HC0G

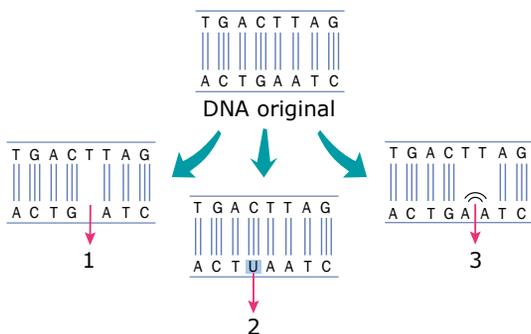
**Síntese de proteínas**

Nesse objeto de aprendizagem, você verá como se dão os processos de transcrição e tradução. Atente para os detalhes de ambos. Observe, também, as diferenças estruturais entre DNA e RNA e a forma como as bases nitrogenadas se pareiam no DNA.

## MUTAÇÕES GÊNICAS

Mutação (do latim *mutare*, mudar) é uma modificação. Mutação gênica é, portanto, uma mudança que ocorre no material genético. Essa mudança pode ocorrer espontaneamente ou pode ser induzida por certos agentes físicos e químicos, chamados de agentes mutagênicos. Radiações ionizantes (que levam à formação de íons dentro da célula), tais como raios X, raios gama, radiação ultravioleta e diversas substâncias químicas (ácido nitroso, LSD, gás mostarda e muitas outras) são exemplos de agentes mutagênicos.

Essas mudanças no DNA podem ser devido à transformação de uma base nitrogenada ou à substituição de uma base nitrogenada por outra; à perda ou adição de um ou mais pares de bases nitrogenadas na molécula de DNA; e também à união de duas bases adjacentes numa mesma cadeia do DNA.



*Mutações gênicas – 1. Mutação decorrente da perda de uma base nitrogenada em uma das fitas (cadeias) do DNA. 2. Mutação decorrente da transformação ou da troca de uma base nitrogenada em uma das cadeias do DNA. 3. Mutação decorrente da ligação entre duas bases nitrogenadas adjacentes numa mesma cadeia do DNA.*

A mutação que troca ou substitui uma base nitrogenada do DNA por outra nem sempre altera a informação que nele está codificada, isto é, nem sempre altera a sequência de aminoácidos na cadeia polipeptídica codificada. Lembre-se de que o código genético é degenerado, ou seja, tríades ou trinças diferentes do DNA podem codificar um mesmo tipo de aminoácido. O aminoácido glicina, por exemplo, é codificado por duas tríades distintas do DNA: CCG e CCT. Assim, se a troca da base ocorrer na tríade CCG, substituindo a última base (G) pela base T, o aminoácido codificado continuará a ser o mesmo, isto é, a glicina. Essas mutações que não alteram a estrutura primária do peptídeo sintetizado são ditas **mutações silenciosas**, que podem ser identificadas apenas pela comparação de sequência de bases entre os genes normais e mutantes.

Na maioria dos casos, porém, a substituição de uma base no DNA causa alteração do aminoácido e, conseqüentemente, altera a estrutura primária da proteína sintetizada, o que pode provocar alterações estruturais ou metabólicas, muitas vezes, graves. Quando as mutações provocam a substituição de um aminoácido por outro, elas são ditas **mutações de perda de sentido** (*missense*). Quando a substituição de uma base por outra produz um códon terminador, a mutação é dita **sem sentido** (*nonsense*).

## EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

01. Observe a sequência de bases que compõe um trecho de um determinado DNA.

AAACTTCCTCAATTTCCCGGGATGTGC

Tríades do DNA	Códons do RNA-m	Informação codificada
AAA	UUU	Aminoácido fenilalanina
CAA	GUU	Aminoácido valina
CTT	GAA	Aminoácido ácido glutâmico
CCG	GGC	Aminoácido glicina
CCT	GGA	Aminoácido glicina

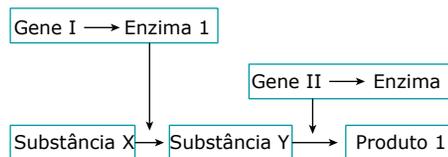
A) Considere que esse DNA sofreu uma mutação, trocando a primeira timina da segunda trinca por uma citosina. Qual é a consequência dessa alteração?

*Essa mutação produzirá uma proteína alterada, pois haverá troca de aminoácidos, onde deveria ser inserido um ácido glutâmico será inserido uma glicina.*

B) E se a mutação fosse a troca da timina da terceira trinca por uma guanina? Qual seria a consequência dessa alteração?

*Essa mutação não provocaria alterações, pois seria uma mutação silenciosa, uma vez que, a troca da base continua transcrevendo um mesmo aminoácido.*

02. Considere a rota metabólica a seguir:



A) Qual a consequência de uma mutação não silenciosa no gene I?

*Uma mutação não silenciosa no gene I, provoca uma alteração no RNA-m alterando a base que será inserida. Dessa forma, não será possível produzir corretamente a enzima 1 e conseqüentemente toda a cascata de produção do produto 1 ficará prejudicada.*

B) Uma vez detectada a mutação, como fazer para o organismo continuar sintetizando o produto 1?

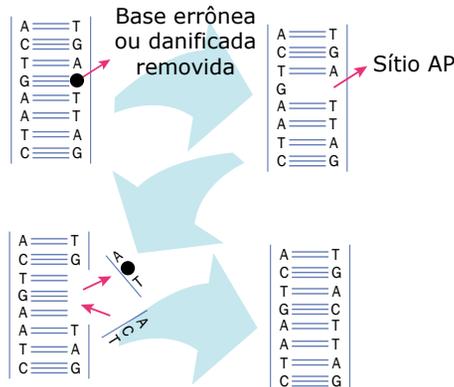
*Na ausência da enzima 1, é possível inserir a substância Y no meio. Uma vez fornecida essa substância, a cascata de reações continua a ser executada normalmente.*

As mutações, sejam elas espontâneas ou induzidas, podem fazer surgir novas características nos indivíduos dessa população. Essas novas características poderão ser vantajosas ou desfavoráveis aos indivíduos. Quando um gene mutante determina o surgimento de alguma característica vantajosa, ele tende a ser preservado na espécie por meio da seleção natural. Entretanto, se a mutação for deletéria (desfavorável, prejudicial), seus possuidores tendem a ser naturalmente eliminados da população com o passar do tempo.

As mutações gênicas que por ventura ocorram nas células somáticas do indivíduo não são transmitidas às gerações seguintes, entretanto, se ocorrerem nas células germinativas, isto é, nas células que darão origem aos gametas (células reprodutoras), poderão ser repassadas aos descendentes.

As mutações gênicas podem ocorrer em qualquer célula, de qualquer indivíduo, de qualquer espécie de ser vivo, em qualquer momento de sua vida. Entretanto, a frequência de mutações é muito baixa, uma vez que as próprias células dispõem de alguns mecanismos para reparar essas mudanças, ou seja, mecanismos que corrigem as alterações ocorridas no DNA. Assim, se uma mutação gênica eventualmente se manifesta num organismo, provavelmente, o mecanismo de reparação sofreu uma falha.

O mecanismo de reparação das mutações gênicas que ocorre no interior das células envolve a participação de enzimas especiais, chamadas por muitos autores de **enzimas de reparo** ou **enzimas de reparação**. Essas enzimas agem cortando o segmento ou trecho defeituoso do DNA, catalisando a produção de um novo segmento normal e ligando-o à molécula de DNA. Veja a ilustração a seguir:



*Mecanismo de reparo do DNA – Uma base danificada ou erroneamente incorporada é retirada por ação de enzimas, que deixam o local apurínico (sem uma purina) ou apirimidínico (sem uma pirimidina), chamado de sítio AP. Devido à ação de outras enzimas, o sítio AP e vários nucleotídeos vizinhos são retirados da molécula do DNA. A lacuna é preenchida pela síntese e pela ligação de novo segmento na posição original. O fenômeno de reparo do DNA explica a possibilidade de haver uma pequena síntese de DNA em células que não estão se preparando para a divisão.*

Em certos casos, devido à falta das enzimas reparadoras, o mecanismo de “conserto” do DNA não funciona. Um bom exemplo disso acontece na doença xeroderma pigmentar. Trata-se de uma doença bastante rara, que acomete a pele, determinando uma sensibilidade exagerada da epiderme aos raios solares. A pele cobre-se de manchas de pigmento, ocorrendo, em seguida, lesões que evoluem para tumores malignos (câncer). Demonstrou-se que, nas pessoas que desenvolvem essa doença, as células são incapazes de consertar os defeitos que as radiações solares provocam em seu DNA, isto é, as células não conseguem reparar o material genético afetado.

## PROJETO GENOMA HUMANO

Lançado nos Estados Unidos, em 1990, o Projeto Genoma Humano (PGH) teve por objetivo mapear o material genético humano, ou seja, todos os genes existentes nos cromossomos de nossas células. Mapear os genes significa determinar a posição que cada um ocupa em cada cromossomo, as sequências de bases nitrogenadas que possuem e com que características eles se relacionam. Isso é feito pedaço a pedaço, e as enzimas de restrição, que cortam o DNA em determinados pontos, são indispensáveis nesse estudo.

Pode-se comparar o genoma humano com um livro: “o livro da vida”, com as histórias de todas as nossas características genéticas. Nesse “livro”, há 23 capítulos, que são chamados cromossomos. A história de cada capítulo são os genes. Essas histórias são escritas com um alfabeto muito pequeno, constituído por apenas 4 tipos de letras: as bases nitrogenadas A (Adenina), T (Timina), G (Guanina) e C (Citosina). Essas bases formam o chamado alfabeto genético. Nesse alfabeto, cada palavra é formada por uma sequência de três bases consecutivas. Cada sequência de três bases consecutivas é uma tríade ou códon. No código genético do DNA, existem apenas 64 tipos diferentes de códons ou trincas de bases nitrogenadas. Entre 1961 e 1964, todo esse código já havia sido decifrado pelos bioquímicos N. W. Nirenberg, J. H. Matthaei e P. Lende. Quando traduzidos ou decifrados, a maioria dos códons corresponde a um tipo de aminoácido, existindo apenas três códons (ATT, ATC e ACT) cuja tradução não codifica nenhum aminoácido. Essas trincas correspondem ao término da síntese proteica.

O PGH constatou a presença de, aproximadamente, 25 mil genes, que geram mais de 100 mil proteínas. A razão para existirem mais proteínas do que genes se deve ao fato de que, nos seres eucariontes, ocorre o fenômeno do *splicing* alternativo, ou seja, a partir de um mesmo trecho de DNA, podem ser produzidos diferentes RNA-m funcionais, dependendo dos locais onde são feitas as clivagens (cortes) no RNA-m-precursor (transcrito primário) para a retirada dos íntrons e posterior união dos éxons.

Conhecer totalmente um gene não é apenas identificá-lo em um cromossomo. É preciso decifrar a sua “história” ou a sua “mensagem”, isto é, conhecer a sua sequência de bases nitrogenadas e as características com que se relaciona, ou seja, qual é o peptídeo sintetizado quando o mesmo entra em atividade. Por isso, cientistas de diversos países participaram do PGH, e por meio dele, foram localizados, por exemplo, genes causadores de doenças hereditárias que, no futuro, poderão ser prevenidas, tratadas ou até erradicadas por meio da tecnologia da Engenharia Genética. A correção ou o tratamento dessas doenças genéticas é o que se pode chamar de **geneterapia** ou **terapia gênica**. Um dos seus objetivos é o implante de genes para corrigir ou substituir o gene de uma pessoa que apresenta algum defeito. W. French Anderson, um dos pioneiros da geneterapia, acredita que, no futuro, uma vez diagnosticada a doença genética, o médico poderá “receitar” um pequeno segmento de DNA (correspondente a um gene normal) para inserir no paciente a fim de substituir o gene defeituoso ou ausente. Embora esteja ainda nos seus primeiros passos, a geneterapia abre grandes perspectivas à medicina do século XXI e o PGH, fornecedor de todo o nosso mapa genético, é uma peça de fundamental importância para o seu desenvolvimento.

Se, por um lado, o conhecimento do mapa genético traz contribuições importantes, por outro, pode criar alguns problemas éticos, sociais e jurídicos que precisam ser discutidos. A título de exemplo, as informações que revelem predisposições à certas doenças poderiam causar problemas psicológicos nas pessoas, gerar recusa de clientes por empresas de seguro de vida e saúde e excluir candidatos em processos de recrutamento. Portanto, é necessário ampliar a discussão sobre esses aspectos e, consequentemente, criar leis e procedimentos de bioética que impeçam discriminações. Dessa forma, esse conhecimento poderá ser canalizado para o bem, a fim de, cada vez mais, obter-se a melhoria do padrão de vida do homem no planeta.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (FMC-RJ-2022) A Organização Mundial da Saúde (OMS) selecionou, na América do Latina, o Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos) da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) como centro para desenvolvimento e produção de vacinas com tecnologia de RNA mensageiro.

Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-09/oms-escolhe-fiocruz-para-producao-de-vacinas-contracovid-19>. Acesso em: 1 out. 2021.

As moléculas de ácidos nucleicos que compõem esses imunizantes, após entrarem nas células dos indivíduos vacinados, são imediatamente

- A) traduzidas em proteínas. D) reconhecidas para produção de anticorpos.  
 B) replicadas no citoplasma. E) utilizadas como molde para síntese de DNA na célula.  
 C) incorporadas ao DNA no núcleo.
- 02.** (UFAL) Um segmento de uma fita de DNA possui a trinca TAC. Assinale, no quadro a seguir, a alternativa que identifica corretamente o códon e o anticódon correspondentes.

	RNA-m	RNA-t
A)	ATG	TAC
B)	AUG	UAC
C)	UTC	AUG
D)	UAC	TAG
E)	UGA	TUG

- 03.** (UFT-TO / Adaptado) O código genético é universal e degenerado, isto é, um mesmo códon corresponde a um mesmo aminoácido em todo e qualquer ser vivo, e diferentes códons podem corresponder a um mesmo aminoácido. Por exemplo, o códon UUU codifica a fenilalanina para os seres humanos, mosquitos, cogumelos, buritis e todos os outros seres vivos. Ao mesmo tempo, tanto o códon UUU quanto o códon UUC codificam o aminoácido fenilalanina. Com base nas informações contidas no quadro a seguir, marque a alternativa que contém o último aminoácido expresso pela seguinte sequência de DNA:

– TACTTCGAACGACGATATCTTACCATT –

Primeira base	Segunda base				Terceira base
	U	C	A	G	
Uracil (U)	Fenilalanina	Serina	Tirosina	Cisteína	U
	Fenilalanina	Serina	Tirosina	Cisteína	C
	Leucina	Serina	Fim	Fim	A
	Leucina	Serina	Fim	Triptofano	G
Citosina (C)	Leucina	Prolina	Histidina	Arginina	U
	Leucina	Prolina	Histidina	Arginina	C
	Leucina	Prolina	Glutamina	Arginina	A
	Leucina	Prolina	Glutamina	Arginina	G
Adenina (A)	Isoleucina	Treonina	Asparagina	Serina	U
	Isoleucina	Treonina	Asparagina	Serina	C
	Isoleucina	Treonina	Lisina	Arginina	A
	Início / Metionina	Treonina	Lisina	Arginina	G
Guanina (G)	Valina	Alanina	Ácido aspártico	Glicina	U
	Valina	Alanina	Ácido aspártico	Glicina	C
	Valina	Alanina	Ácido glutâmico	Glicina	A
	Valina	Alanina	Ácido glutâmico	Glicina	G

A) Tirosina

B) Triptofano

C) Metionina

D) Lisina

**04.** (UEL-PR) Considere as afirmativas a seguir sobre as propriedades do código genético.

- I. Existem vinte e quatro tipos de aminoácidos, que, agrupados em diversas sequências, formam todos os tipos de proteínas que entram na composição de qualquer ser vivo.
- II. O código genético é universal, pois vários aminoácidos têm mais de um códon que os codifica.
- III. A perda ou a substituição de uma única base nitrogenada na molécula de DNA pode alterar um aminoácido na proteína.
- IV. Nos organismos, a relação entre o número de nucleotídeos (a) de um mRNA e o número de aminoácidos da proteína formada (b) mostrou que  $a/b = 3$ .

Assinale a alternativa correta.

- A) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- B) Somente as afirmativas II e III são corretas.
- C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- E) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.

**05.** (UFMG) O trecho CGACUG de uma molécula de RNA mensageiro é sintetizado a partir do seguinte trecho de DNA:

- A) CGACUG
- B) CGGTCA
- C) CUGCGA
- D) GUCAGG
- E) GCTGAC

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (Unimontes-MG) Processamento do RNA ou *splicing* é a remoção de sequências não codificadoras de proteínas (introns), produzindo um RNA que é traduzido em uma proteína funcional. A teoria do *splicing* alternativo mostra que um mesmo mRNA pode ser clivado em diferentes locais, unindo os fragmentos em diferentes ordens e tamanhos.

Considerando a informação apresentada e o assunto relacionado com ela, analise as afirmativas a seguir e assinale a alternativa incorreta.

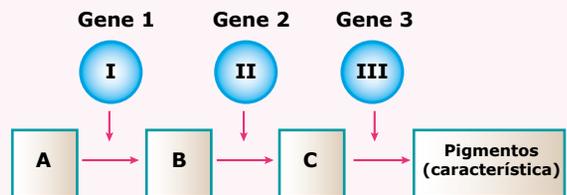
- A) O tamanho do genoma é diretamente proporcional à quantidade de proteínas traduzidas.
- B) Um gene pode corresponder a mais de um tipo de proteína.
- C) O *splicing* alternativo é um dos mecanismos geradores de diversidade proteica.
- D) A teoria do *splicing* alternativo altera o dogma "um gene – uma proteína".

**02.** (PUC-Campinas-SP-2022) O código genético foi decifrado na década de 1960, possibilitando a compreensão dos processos envolvidos na síntese proteica.

Uma característica importante do código genético é ser

- A) específico, ou seja, cada espécie possui seu próprio código.
- B) universal, ou seja, é o mesmo em quase todos os organismos.
- C) exclusivo, ou seja, cada indivíduo possui um código diferente.
- D) redundante, ou seja, duas espécies podem ter o mesmo código.
- E) degenerado, ou seja, foi alterado por muitas mutações.

**03.** (UFMT) Observe a via metabólica esquematizada a seguir:



De acordo com a teoria "um gene – uma enzima", pode-se afirmar:

- A) Na conversão  $A \rightarrow B$ , não há controle genético.
- B) Um indivíduo deficiente da enzima I não formará pigmentos, a menos que lhe seja fornecido o composto B.
- C) As etapas de reações sob a ação de I e II provavelmente não devem ser controladas por enzimas.
- D) Um indivíduo deficiente de I poderá formar pigmentos se lhe for fornecido o composto A pronto.
- E) Nesse esquema, há um único gene que atua na produção de pigmentos.

**04.** (UFRGS-RS) A sequência a seguir corresponde a um trecho de DNA específico que sofreu uma mutação gênica por substituição de um nucleotídeo na 5ª posição.

DNA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Normal	<sup>3'</sup> T	A	C	G	T	G	G	A	G	T	G	A	G	G	A <sup>5'</sup>
					↑										
DNA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Mutante	<sup>3'</sup> T	A	C	G	A	G	G	A	G	T	G	A	G	G	A <sup>5'</sup>
					↑										

Sobre a mutação que ocorreu na sequência de DNA anterior, é correto afirmar que

- A) gera uma cadeia polipeptídica com um aminoácido a menos.
- B) aumenta o número de códons do RNA-m.
- C) é silenciosa, aumentando a variabilidade genética da espécie.
- D) altera o módulo de leitura do RNA-m e o tamanho da proteína.
- E) causa a substituição de um aminoácido na proteína.

05. (UERJ) Uma única molécula de RNA-m, composta pelas bases adenina-A e citosina-C, foi sintetizada experimentalmente.

Sua estrutura está representada no esquema a seguir:

**C-A-C-A-C-A-C-A-C-A-C-A-C-A-C-A**

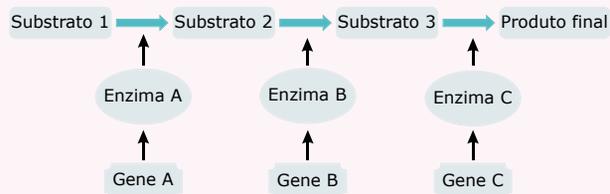
Suponha que a síntese de um peptídeo possa ser iniciada a partir de qualquer um dos extremos dessa estrutura de RNAm, sem necessidade de código de iniciação ou de terminação. Nestas condições, o número de diferentes tipos de aminoácidos encontrados nos peptídeos formados será:

- A) 4  
B) 3  
C) 2  
D) 1
06. (UEG-GO) Sequenciar um genoma é determinar a ordem de todas as bases nitrogenadas do genoma de um organismo. O primeiro projeto de sequenciamento genômico foi finalizado em 1995 em uma bactéria. Atualmente é possível encontrar o genoma sequenciado de boa parte dos organismos em plataformas virtuais, que estão disponibilizadas de forma gratuita, bastando para isso que tenhamos acesso à Internet. Um exemplo é uma plataforma criada pela Organização Mundial de Saúde, o TDR Targets ([www.tdrtargets.org/published](http://www.tdrtargets.org/published)), que abriga o genoma de agentes patogênicos de doenças tropicais negligenciadas. Sobre o sequenciamento genético e aplicações da genética molecular, tem-se o seguinte:
- A) No Brasil, bem como nos Estados Unidos, as pesquisas genéticas são realizadas por institutos de pesquisa sem aprovações de comitês de ética.  
B) Os organismos transgênicos são aqueles que sofreram mudanças específicas em seu mRNA, ocasionando mutações pontuais.  
C) Com a técnica de sequenciamento genômico é possível ligar um pedaço de DNA humano ao tRNA de um *Plasmodium falciparum*.  
D) O Projeto Genoma Humano foi finalizado em 1990 e procurou mapear e sequenciar todos os genes humanos.  
E) O sequenciamento de genomas permite identificar os genes que causam ou contribuem para ocasionar o câncer.
07. (UFSCar-SP) Um pesquisador, interessado em produzir em tubo de ensaio uma proteína nas mesmas condições em que essa síntese ocorre nas células, utilizou ribossomos de rato, RNA mensageiro de células de macaco, RNA transportador de células de coelho e aminoácidos ativos de células de sapo.

A proteína produzida teria uma sequência de aminoácidos idêntica à do

- A) rato.  
B) sapo.  
C) coelho.  
D) macaco.  
E) macaco e do rato.

08. (FUVEST-SP) No esquema seguinte, está representada uma via metabólica; o produto de cada reação química, catalisada por uma enzima específica, é o substrato para a reação seguinte.



Num indivíduo que possua alelos mutantes que levem à perda de função do gene

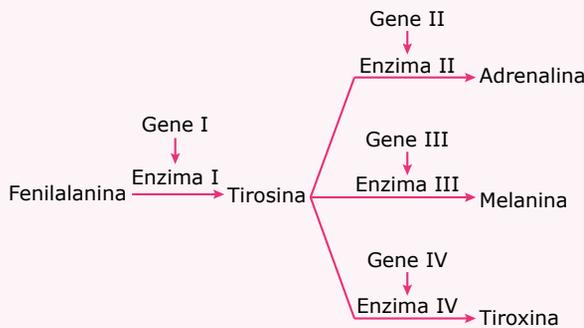
- A) A, ocorrem falta do substrato 1 e acúmulo do substrato 2.  
B) C, não há síntese dos substratos 2 e 3.  
C) A, não há síntese do produto final.  
D) A, o fornecimento do substrato B não pode restabelecer a síntese do produto final.  
E) B, o fornecimento do substrato 2 pode restabelecer a síntese do produto final.
09. (UEPG-PR-2022) A obtenção de dados genômicos trouxe grandes avanços sobre a estrutura e o funcionamento dos genes. A respeito da estrutura e do funcionamento de um gene, assinale o que for correto.
01. Os genes dos RNAs mensageiros dos eucariontes são transcritos e sofrem o processamento no citoplasma das células. No evento de processamento do RNA mensageiro, os éxons são unidos aos íntrons para formar os RNAs maduros.  
02. Os genes dos eucariontes podem ser formados por regiões codificantes chamadas de éxons (expressão derivada do inglês – *expressed regions*) e por regiões não codificantes, chamadas de íntrons (do inglês – *intrinsic regions*).  
04. Durante o evento da transcrição gênica, as duas fitas do DNA (molde e não molde) são lidas pela RNA polimerase para sintetizar uma sequência de aminoácidos.

08. A sequência que marca o início de um gene eucariótico é chamada de região promotora. É nessa região que ocorre o acoplamento da RNA polimerase, possibilitando o início da transcrição.

16. O RNA mensageiro maduro contém os íntrons. Nos íntrons, estão dispostos os códons (trincas de bases), os quais sofrem o evento de tradução no núcleo celular. Na tradução, as sequências de DNA são convertidas em códons de RNA.

Soma ( )

10. (FCMSC-SP) Considere a seguinte sequência de reações:



Um indivíduo tem anomalias na pigmentação do corpo, e seu metabolismo é prejudicado pela falta de hormônio da tireoide; o funcionamento das glândulas suprarrenais, porém, é normal. De acordo com o esquema, os sintomas que apresenta se devem a alterações

- A) no gene I, exclusivamente.
- B) nos genes I e II.
- C) nos genes I e III.
- D) nos genes II e III.
- E) nos genes III e IV.

11. (PUC-SP) Um trecho de uma das cadeias da molécula de DNA tem a seguinte sequência de bases nitrogenadas:

**ACATAGCCAAAA**

A seguir, temos os códons correspondentes a quatro aminoácidos:

Aminoácido	Códons
Cisteína	UGU, UGC
Fenilalanina	UUU, UUC
Glicina	GGU, GGC, CGA, GGG
Isoleucina	AUU, AUC

Suponha que, em um caso de mutação, a terceira base daquele trecho de DNA, que se encontra sublinhada (A), seja substituída pela base guanina.

Essa nova situação

- A) acarretaria modificação em parte da sequência de aminoácidos da proteína a ser sintetizada.
- B) acarretaria modificação em todos os códons subsequentes no trecho do RNA mensageiro correspondente.
- C) não acarretaria modificação na sequência de nucleotídeos do RNA mensageiro correspondente.
- D) não acarretaria modificação na sequência de aminoácidos da proteína a ser sintetizada.

12. (UEL-PR) Em uma população, foi identificado um indivíduo que possui resistência genética a um vírus que provoca uma importante doença. Em um estudo comparativo, verificou-se que esse indivíduo produz uma proteína que confere tal resistência, com a seguinte sequência de aminoácidos: serina-tirosina-cisteína-valina-arginina.

A partir da tabela de código genético, a seguir:

AGU – serina	AGC – serina
UAC – tirosina	UAU – tirosina
UGC – cisteína	UGU – cisteína
GUA – valina	GUU – valina
AGG – arginina	CGA – arginina

E considerando que o RNA mensageiro deste gene contém: 46,7% de uracila; 33,3% de guanina; 20% de adenina e 0% de citosina, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta de bases da fita-molde deste gene.

- A) TCA – ATA – ACA – CAA – TCC
- B) TCA – ATA – ACG – CAT – TCC
- C) TCA – ATG – ACA – CAT – TGG
- D) AGU – UAU – UGU – GUU – AGG
- E) AGC – UAC – UGC – CAA – CGA

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2021) A sequência de nucleotídeos do RNA mensageiro presentes em um gene de um fungo, constituída de sete códons, está escrita a seguir.

1	2	3	4	5	6	7
AUG	UUU	GUU	CAA	UGU	AGU	UAG

Pesquisadores submeteram a sequência a mutações independentes. Sabe-se que os códons UAG e UAA são terminais, ou seja, indicam a interrupção da tradução.

Qual mutação produzirá a menor proteína?

- A) Deleção de G no códon 3.
- B) Substituição de C por U no códon 4.
- C) Substituição de G por C no códon 6.
- D) Substituição de A por G no códon 7.
- E) Deleção dos dois primeiros nucleotídeos no códon 5.

- 02.** (Enem) Um estudante relatou que o mapeamento do DNA da cevada foi quase todo concluído e seu código genético desvendado. Chamou atenção para o número de genes que compõem esse código genético e que a semente da cevada, apesar de pequena, possui um genoma mais complexo que o humano, sendo boa parte desse código constituída de sequências repetidas. Nesse contexto, o conceito de código genético está abordado de forma equivocada.

Cientificamente esse conceito é definido como

- A) trincas de nucleotídeos que codificam os aminoácidos.
- B) localização de todos os genes encontrados em um genoma.
- C) codificação de sequências repetidas presentes em um genoma.
- D) conjunto de todos os RNAs mensageiros transcritos em um organismo.
- E) todas as sequências de pares de bases presentes em um organismo.

- 03.** (Enem) O formato das células de organismos pluricelulares é extremamente variado. Existem células discoides, como é o caso das hemácias, as que lembram uma estrela, como os neurônios, e ainda algumas alongadas, como as musculares.

Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por

- A) produzirem mutações específicas.
- B) possuírem DNA mitocondrial diferentes.
- C) apresentarem conjunto de genes distintos.
- D) expressarem porções distintas do genoma.
- E) terem um número distinto de cromossomos.

- 04.** (Enem) Os vegetais biossintetizam determinadas substâncias (por exemplo, alcaloides e flavonoides), cuja estrutura química e concentração variam num mesmo organismo em diferentes épocas do ano e estágios de desenvolvimento. Muitas dessas substâncias são produzidas para a adaptação do organismo às variações ambientais (radiação UV, temperatura, parasitas, herbívoros, estímulo a polinizadores, etc.) ou fisiológicas (crescimento, envelhecimento, etc.).

As variações qualitativa e quantitativa na produção dessas substâncias durante um ano são possíveis porque o material genético do indivíduo

- A) sofre constantes recombinações para adaptar-se.
- B) muda ao longo do ano e em diferentes fases da vida.
- C) cria novos genes para biossíntese de substâncias específicas.
- D) altera a sequência de bases nitrogenadas para criar novas substâncias.
- E) possui genes transcritos diferentemente de acordo com cada necessidade.

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento 

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. B
- 03. B
- 04. C
- 05. E

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. B
- 03. B
- 04. E
- 05. C
- 06. E
- 07. D
- 08. C
- 09. Soma = 10
- 10. E
- 11. D
- 12. A

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. A
- 03. D
- 04. E

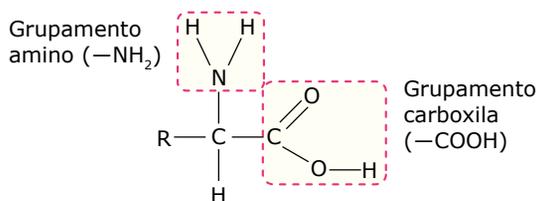


Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Bioquímica: Aminoácidos, Proteínas e Enzimas

### AMINOÁCIDOS

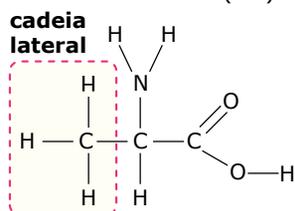
**Aminoácidos** são compostos orgânicos que possuem em suas moléculas os grupamentos amino ( $-\text{NH}_2$ ) e carboxila ( $-\text{COOH}$ ).



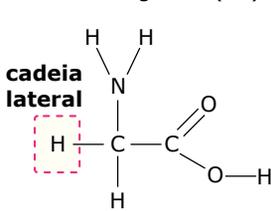
*Fórmula geral dos aminoácidos - Observe que a molécula do aminoácido tem um átomo central de carbono (carbono  $\alpha$ ) ao qual se ligam um grupo amino ( $\text{NH}_2$ ), um grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ), um hidrogênio ( $\text{H}$ ) e uma cadeia lateral ( $\text{R}$ ).*

A diferença entre os diversos tipos de aminoácidos é feita pela cadeia lateral, conhecida genericamente por radical. Veja os exemplos a seguir:

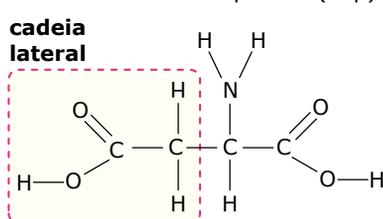
Aminoácido alanina (Ala)



Aminoácido glicina (Gli)



Aminoácido ácido aspártico (Asp)



Plantas e animais necessitam de diferentes tipos de aminoácidos para seu crescimento, desenvolvimento e sobrevivência. As plantas são capazes de fabricar em suas células e tecidos todos os tipos de aminoácidos de que necessitam. Os animais, por sua vez, conseguem fabricar no corpo apenas alguns tipos de aminoácidos. Os aminoácidos que os animais não conseguem sintetizar no próprio organismo precisam ser obtidos por meio da alimentação.

Assim, nos animais, os aminoácidos podem ser classificados em naturais e em essenciais.

- **Aminoácidos naturais (não essenciais, dispensáveis)** são aqueles que o organismo animal consegue fabricar em seu próprio corpo.
- **Aminoácidos essenciais (indispensáveis)** são aqueles que o animal não consegue sintetizar em seu próprio corpo e que, portanto, devem ser obtidos por meio da alimentação.

Classificar um aminoácido como natural ou essencial depende da espécie de animal, uma vez que um mesmo tipo de aminoácido pode ser natural para uma espécie e essencial para outra.

A tabela a seguir relaciona os aminoácidos naturais e essenciais para um indivíduo adulto da espécie humana.

Espécie humana	
Aminoácidos naturais	Aminoácidos essenciais
Ácido aspártico (Asp)	Fenilalanina (Phe)
Ácido glutâmico (Glu)	Isoleucina (Ile)
Alanina (Ala)	Leucina (Leu)
Arginina (Arg)	Lisina (Lys)
Asparagina (Asn)	Metionina (Met)
Cisteína (Cys)	Treonina (Thr)
Glutamina (Gln)	Triptofano (Trp)
Glicina (Gly)	Valina (Val)
Histidina (His)	
Prolina (Pro)	
Serina (Ser)	
Tirosina (Tyr)	

Obs.: A histidina é um aminoácido essencial apenas na infância, sendo que, mais tarde, passa a ser sintetizada em nosso organismo.

Alimentos ricos em proteínas são importantes fontes de aminoácidos para o nosso organismo, notadamente de aminoácidos essenciais.

Carnes, ovos, leite e derivados, leguminosas, como a soja, o feijão, a ervilha e outras são alimentos ricos em proteínas.

Ao serem ingeridas, as proteínas são digeridas, isto é, são “quebradas” até serem convertidas em aminoácidos, que serão, então, absorvidos e distribuídos pela corrente sanguínea para as células dos diversos tecidos do nosso corpo. No interior das células, esses aminoácidos serão utilizados pelos ribossomos na síntese de novas moléculas proteicas, podendo ainda, no caso do fígado, ser utilizados na fabricação de outros aminoácidos por meio das reações de transaminação.

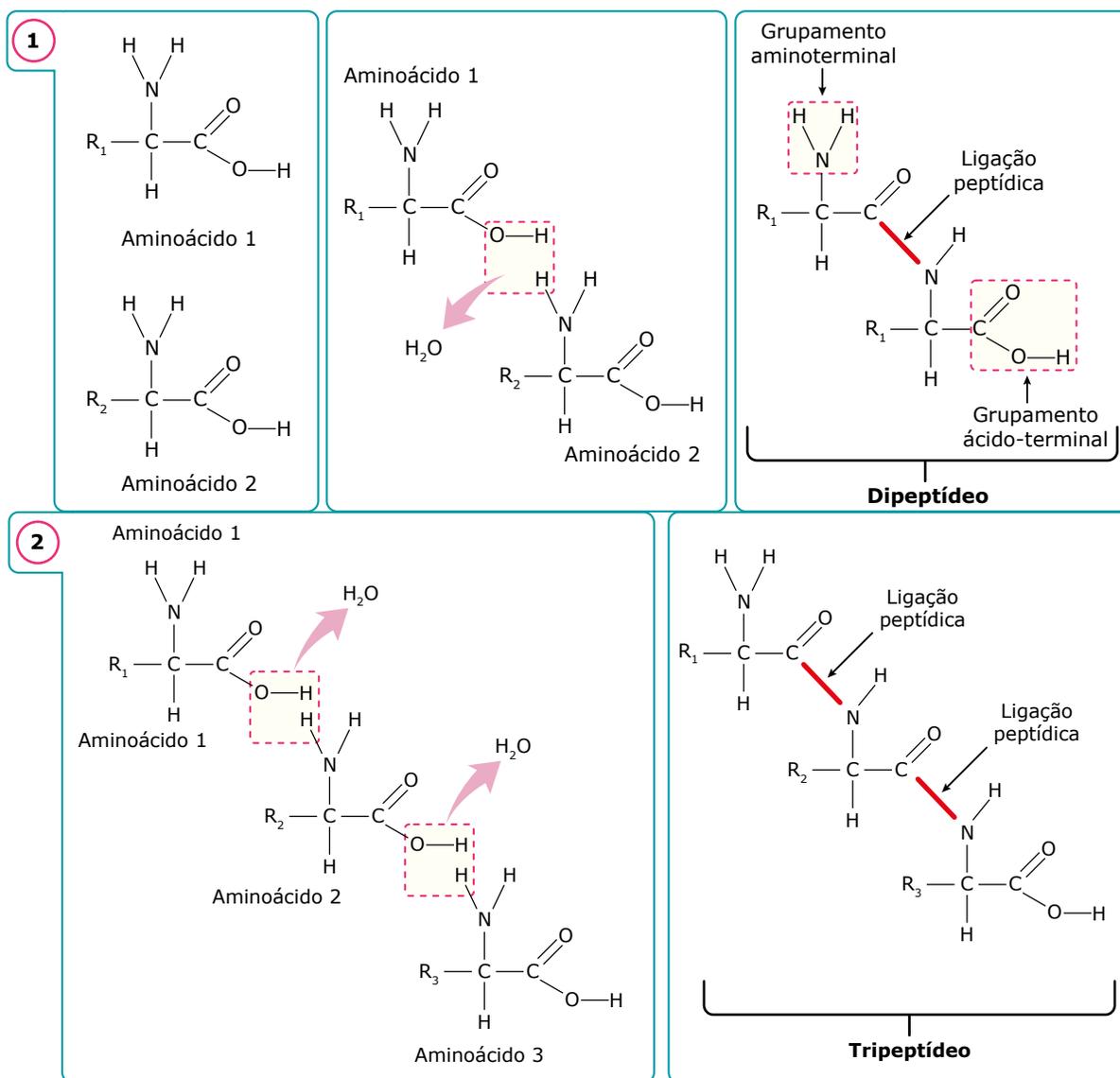
As proteínas que fornecem todos os aminoácidos essenciais em boa quantidade são chamadas de proteínas completas, enquanto aquelas que não fornecem todos os aminoácidos essenciais de que necessitamos são denominadas proteínas incompletas.

Os aminoácidos podem ligar-se uns aos outros, formando compostos mais complexos. Dependendo do número de aminoácidos que se uniram para formá-los, esses compostos podem ser chamados de dipeptídeos, tripeptídeos, tetrapeptídeos, etc. Os termos “oligopeptídeos” (do grego,

*oligo*, pouco) e “polipeptídeos” (do grego, *poli*, muito) também são usados para se referir às moléculas peptídicas resultantes, respectivamente, da união de poucos e de muitos aminoácidos. Nesses compostos, os aminoácidos se mantêm unidos uns aos outros por meio de uma ligação química covalente denominada ligação peptídica.

A ligação peptídica se faz entre o carbono do grupo carboxila de um dos aminoácidos com o nitrogênio do grupo amino do outro aminoácido. Para que se forme uma ligação desse tipo, o grupo carboxila de um dos aminoácidos perde o seu grupamento hidroxila (OH), enquanto o grupo amino do outro aminoácido perde um de seus hidrogênios (H).

A hidroxila e o hidrogênio liberados reagem entre si formando água ( $H_2O$ ). Assim, toda vez que se forma uma ligação peptídica, há, também, a formação de uma molécula de água. Trata-se, portanto, de um exemplo de síntese por desidratação, uma vez que a água é um dos produtos da reação. Veja os exemplos adiante.



Observe nas figuras 1 e 2 que, após a união dos aminoácidos, o peptídeo resultante continua tendo em sua molécula os grupamentos carboxila ( $-COOH$ ) e amino ( $-NH_2$ ), localizados em suas extremidades e, por isso, passam a ser chamados de grupamentos ácido-terminal e aminoterminal.

# PROTEÍNAS

**Proteínas** (do grego *proteios*, primeiro, fundamental) são polipeptídeos resultantes da união de dezenas ou centenas de aminoácidos. O critério para caracterizar se um polipeptídeo é também uma proteína é variável segundo classificação de diversos autores. Muitos consideram que todo polipeptídeo resultante da união de pelo menos 70 aminoácidos é também uma proteína. Outros preferem considerar como proteínas os polipeptídeos com peso molecular a partir de 6 000 Daltons (1 Dalton é igual à massa de um átomo de hidrogênio). Embora existam controvérsias, pode-se concluir que toda proteína é um polipeptídeo, mas nem todo polipeptídeo é uma proteína.

Pode-se dizer também que as proteínas são polímeros de aminoácidos. Polímeros são macromoléculas formadas pela união de muitas unidades menores e semelhantes, chamadas genericamente de monômeros. No caso das proteínas, os monômeros são os aminoácidos.

As proteínas são formadas por apenas 20 tipos diferentes de aminoácidos. Em algumas, além dos aminoácidos, encontra-se um outro constituinte, chamado genericamente de grupo prostético. O grupo prostético pode ser um carboidrato, um lipídio, um ácido nucleico, um mineral, etc. Assim, podem-se classificar as proteínas em dois grupos: proteínas simples e proteínas conjugadas.

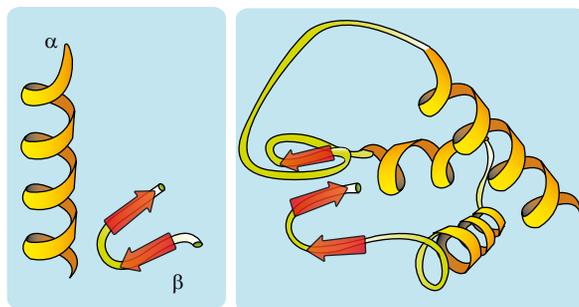
- **Proteínas simples** são aquelas constituídas apenas de aminoácidos. É o caso, por exemplo, da queratina, proteína encontrada na pele, nos cabelos, nas unhas, nos cascos e chifres de animais e que exerce importante papel na impermeabilização dessas estruturas.
- **Proteínas conjugadas (complexas)** são aquelas que contêm outras substâncias além de aminoácidos. A porção constituída de aminoácidos de uma proteína conjugada é chamada de apoproteína, enquanto a parte constituída pela substância diferente de aminoácidos é chamada de grupo prostético. A hemoglobina, encontrada no sangue de muitos animais, é um exemplo de proteína conjugada que tem como grupo prostético o pigmento heme, no qual há íons de ferro.

De acordo com a natureza química do grupo prostético, as proteínas conjugadas podem ser distribuídas em diversos grupos. Veja os exemplos a seguir:

Proteínas conjugadas	Grupo prostético
Lipoproteínas	Lipídio
Glicoproteínas	Polissacarídeo
Nucleoproteínas	Ácido nucleico
Fosfoproteínas	Ácido fosfórico
Flavoproteínas	Riboflavina (Vitamina B <sub>2</sub> )
Metaloproteínas	Metal

A molécula proteica pode ser formada por uma ou mais cadeias polipeptídicas, podendo apresentar as seguintes estruturas:

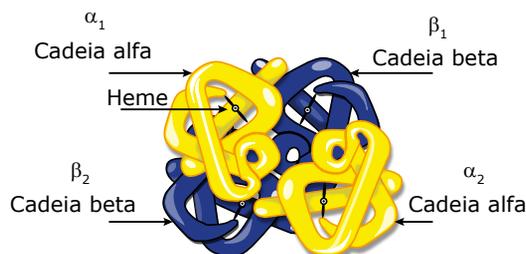
- **Estrutura primária da proteína** – É a sequência linear de seus aminoácidos, sendo muito importante para a função que a proteína irá desempenhar. Essa sequência de aminoácidos é determinada geneticamente. A estrutura primária de uma proteína é mantida por ligações peptídicas, no entanto, as moléculas de proteínas não são como fios esticados, arranjando-se em uma configuração tridimensional estável.
- **Estrutura secundária da proteína** – Pode ter duas formas básicas: a alfa-hélice (com configuração helicoidal) e a folha-beta (pequenos segmentos que se arranjam paralelamente entre si). A estrutura secundária é mantida por ligações de hidrogênio entre átomos de aminoácidos que estão próximos ao longo da cadeia.
- **Estrutura terciária da proteína** – É resultante da atração entre radicais de aminoácidos localizados em regiões distantes da molécula, levando ao dobramento da estrutura secundária (alfa-hélices e folhas-beta) sobre si mesma, dando à molécula um aspecto mais globular.



Estrutura secundária

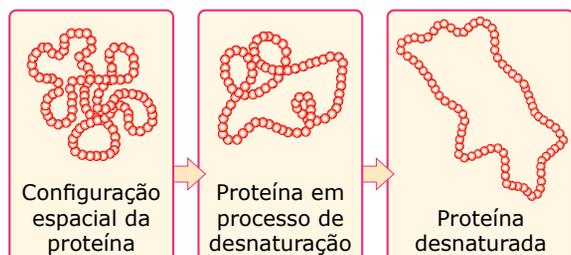
Estrutura terciária

- **Estrutura quaternária da proteína** – É a união de duas ou mais cadeias polipeptídicas, iguais ou diferentes, formando uma única molécula proteica. Por exemplo: a molécula de hemoglobina humana é constituída por quatro cadeias polipeptídicas ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ ), unidas entre si pelos grupos heme. As duas cadeias alfa são idênticas entre si, assim como as duas beta também são idênticas entre si. As quatro cadeias estão unidas pelos grupos heme, que possuem  $Fe^{2+}$  em sua estrutura.



Hemoglobina humana.

Altas temperaturas, alterações bruscas do pH e altas concentrações de certos compostos químicos (ureia, por exemplo) podem modificar a configuração espacial das proteínas, fazendo com que suas moléculas se desenrolem e alterem sua configuração nativa (configuração tridimensional original da molécula). Essa modificação da configuração nativa de uma proteína é denominada desnaturação.



*Desnaturação das proteínas – A desnaturação altera as propriedades da proteína, que deixa de desempenhar sua função biológica normal.*

O processo de desnaturação  , via de regra, irreversível.  s vezes, entretanto, a desnaturação pode ser reversível, especialmente se foi causada pela ruptura de foras fracas. Nesse caso, se os desnaturantes químicos são removidos, a proteína retorna a sua configuração nativa e a sua função normal. Fala-se, então, que houve renaturação.

As proteínas sintetizadas no organismo desempenham as seguintes funções:

- **Estrutural** – Muitas proteínas participam da formação de importantes estruturas no organismo. A membrana plasmática, película que reveste e protege a célula, é um exemplo de estrutura formada basicamente por lipídios e proteínas. Outro exemplo é o colágeno, proteína que confere resistência aos ossos, tendões, cartilagens e outras estruturas do organismo.
- **Hormonal** – Muitos hormônios (substâncias reguladoras) são de natureza proteica. É o caso, por exemplo, da proteína insulina (hormônio produzido no pâncreas e que atua no controle da taxa de glicose no sangue).
- **Defesa** – Um dos mecanismos de defesa do organismo é realizado por proteínas especiais, denominadas imunoglobulinas (Ig), conhecidas também por anticorpos. Quando um antígeno (proteína estranha ao organismo, por exemplo) penetra em nosso corpo, o nosso sistema imunológico (sistema de defesa) procura elaborar um anticorpo específico para neutralizá-lo.

Em alguns casos, por um erro genético, ocorre a produção de anticorpos que atacam células do próprio corpo, nesse caso, as doenas são chamadas de autoimunes. Um exemplo, é a doena celíaca, que se caracteriza pela intolerância permanente ao glúten (associação de proteínas presentes na semente de alguns vegetais). Os afetados apresentam uma alterao genética que faz com que, ao ingerirem o glúten, uma reao imunológica se desenvolva no intestino, o que impede a absorção de nutrientes. Alguns indivíduos podem apresentar intolerância ou síndrome do intestino irritável quando ingerem o glúten.

- **Contrao muscular** – Actina e miosina são proteínas indispensáveis para a ocorrência das reaoes de contrao muscular.
- **Coagulao sanguínea** – A coagulao sanguínea é resultado de uma série de reaoes químicas que culminam com a formação do coágulo, isto é, o endurecimento do sangue. Dessas reaoes, participam várias substâncias, e, entre elas, algumas são proteínas, como a tromboplastina, a protrombina e o fibrinog nio.
- **Impermeabilizao de superfícies** – A proteo e a impermeabilizao de nossa pele, unhas e pelos, por exemplo, é feita pela proteína queratina (ceratina).
- **Transporte de gases respiratórios** – O ox g nio (O<sub>2</sub>)   transportado dos nossos pulmões para as demais partes do organismo pelas moléculas de hemoglobina existentes no interior dos glóbulos vermelhos (hemácias). Um certo percentual de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) produzido nos tecidos é transportado até os pulmões a fim de ser eliminado do organismo, também pela hemoglobina e por algumas proteínas plasmáticas (proteínas existentes no plasma sanguíneo). Essas proteínas transportadoras dos gases respiratórios (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) são conhecidas, genericamente, por pigmentos respiratórios. A hemoglobina, portanto, é um exemplo de pigmento respiratório.
- **Enzimática** – Enzimas são catalisadores orgânicos que aceleram as reaoes do metabolismo, isto é, tornam as reaoes mais rápidas. A maioria das enzimas   de natureza proteica, ou seja, são proteínas.

## ENZIMAS

**Enzimas** são biocatalisadores, ou seja, substâncias orgânicas que atuam como catalisadores nas reaoes do metabolismo.

Como qualquer catalisador, as enzimas agem diminuindo a energia de ativao, isto é, a quantidade de energia necessária para dar início a uma reao. Desse modo, os catalisadores aceleram as reaoes químicas. Assim, as reaoes do metabolismo se tornam mais rápidas graas à ao das enzimas. Embora certas moléculas de RNA, sob certas condioes, possam atuar como enzimas (riboenzimas), a maioria das enzimas   de natureza proteica.

Em diversos casos, uma substância de natureza não proteica precisa se ligar a uma enzima para que ela possa exercer sua ao catalisadora. Tais substâncias são conhecidas por cofatores ou coenzimas. Os cofatores são  ns inorgânicos, geralmente met licos, enquanto as coenzimas são moléculas orgânicas, quase sempre derivadas de uma vitamina. Os cofatores e as coenzimas são essenciais para o funcionamento das enzimas. Essas enzimas que precisam dos cofatores ou coenzimas são conhecidas por holoenzimas e a sua parte proteica é denominada apoenzima.

**Holoenzima = Apoenzima + Cofator ou Coenzima**

As enzimas são produzidas no interior das células. Muitas permanecem no meio intracelular, onde exercem sua ação catalisadora; outras, entretanto, são eliminadas para o meio extracelular, onde exercerão sua ação. Assim, conforme exerçam sua ação dentro ou fora das células, as enzimas podem ser classificadas como endoenzimas ou exoenzimas, respectivamente.

## Propriedades

Uma das propriedades das enzimas é a especificidade, ou seja, as enzimas são específicas para cada tipo de substrato. São considerados “substratos” as substâncias sobre as quais agem as enzimas.

Veja os exemplos a seguir:



Na reação 1, representada anteriormente, a enzima maltase, em presença de água, atua sobre o substrato maltose, acelerando a reação que o converte em duas moléculas de glicose. Já na reação 2, a enzima lactase, em presença de água, age sobre o substrato lactose, acelerando a reação que o converte em uma molécula de glicose e outra de galactose. Como são específicas, nem a maltase atua sobre a lactose nem a lactase atua sobre a maltose.

Em uma mesma espécie animal, podem existir certas enzimas que apresentam formas moleculares ligeiramente diferentes, que exibem diferenças na atividade, no pH ótimo de ação, na mobilidade eletroforética, mas que atuam sobre um mesmo substrato e catalisam a mesma reação. Tais enzimas são conhecidas por isoenzimas. A principal diferença entre elas está na intensidade da atividade enzimática.

As enzimas agem *in vivo* (no interior dos seres vivos) e *in vitro* (fora dos seres vivos). Quando ingerimos um pedaço de carne, por exemplo, as proteínas nele presentes começam a ser digeridas no estômago por ação da enzima pepsina existente no suco gástrico; se colocarmos um pedaço de carne no interior de um tubo de ensaio e sobre ele jogarmos suco gástrico extraído do estômago, a pepsina atuará sobre as proteínas da carne da mesma maneira.

Algumas reações enzimáticas são reversíveis, ou seja, podem ocorrer nos dois sentidos. Nesse caso, a mesma enzima atua como catalisador nos dois sentidos da reação, obedecendo à equação de Michaelis ou equação geral das enzimas.



Equação de Michaelis - E = Enzima; S = Substrato; ES = Complexo enzima-substrato; P = Produto.

## Nomenclatura

A nomenclatura das enzimas, em geral, é feita acrescentando-se o sufixo *-ase* ao radical do substrato:

Substrato	Enzima
Maltose	Maltase
Lactose	Lactase
Amido	Amilase
Lipídios	Lipases
Proteínas	Proteases

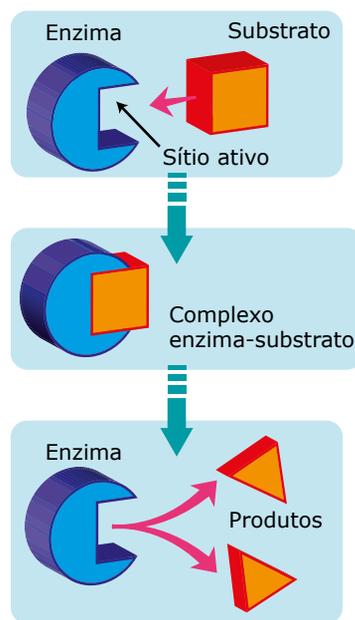
Pode-se, também, acrescentar o sufixo *-ase* ao radical do nome do tipo da reação:

Tipos de reação química	Enzima
Oxirredução	Oxirredutases
Desidrogenação	Desidrogenases
Descarboxilação	Descarboxilases

Algumas enzimas são conhecidas por nomes consagrados pelo uso e que não obedecem às regras vistas anteriormente. É o caso, por exemplo, da amilase salivar (enzima presente na saliva e que atua sobre o substrato amido), que também é conhecida por ptialina.

## Mecanismo de ação

O mecanismo de ação das enzimas sobre os seus respectivos substratos frequentemente é comparado ao modelo da **chave-fechadura**, ou seja, assim como cada chave se encaixa numa fechadura específica, cada enzima permite o “encaixe” de um substrato específico.



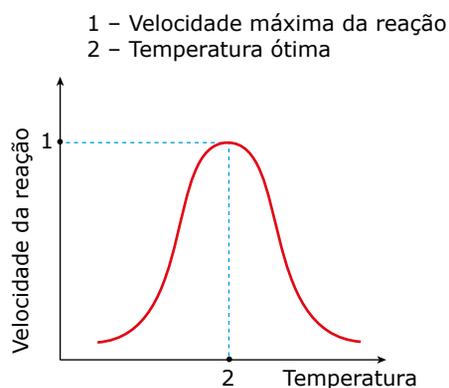
Mecanismo de ação das enzimas.

O local da molécula enzimática onde o substrato se “encaixa” é denominado sítio ativo ou centro ativo da enzima. Para que possa ocorrer esse “encaixe”, a configuração molecular do substrato precisa ser compatível com a configuração do sítio ativo da enzima. Uma vez ocorrido esse “encaixe”, forma-se o chamado complexo enzima-substrato, que acelera o processo reativo. Ao término da reação, quando os produtos já estiverem formados, a molécula da enzima se liberta e pode combinar-se a uma outra molécula de substrato, repetindo-se o processo. As enzimas, assim como todos os catalisadores, não se gastam ou não são consumidas durante a reação. Por isso, uma enzima, ao participar de uma reação química, chega ao fim com sua estrutura inalterada, o que permite que a mesma molécula enzimática possa atuar várias vezes desde que seja preenchido o requisito da especificidade.

Durante muito tempo, o modelo da chave-fechadura, que admite que o sítio ativo possui um molde rígido semelhante a uma fechadura, na qual se encaixaria uma chave (substrato), foi totalmente aceito. Em 1946, Linus Pauling demonstrou que o modelo chave-fechadura era inadequado porque a ideia da enzima totalmente complementar ao substrato é energeticamente pouco eficiente. Pauling admitiu que, no início da reação, a enzima não precisa ser totalmente complementar ao substrato, precisando sê-lo somente durante o "estado de transição". Baseando-se na ideia de Linus Pauling, em 1958, o químico Daniel Koshland propôs o modelo do encaixe-induzido, que admite a flexibilidade do sítio ativo, ou seja, o sítio ativo pode sofrer mudanças temporárias de conformação para encaixar-se totalmente ao substrato. Desse modo, a enzima, durante a reação, pode mudar de forma temporariamente, voltando depois à sua estrutura original.

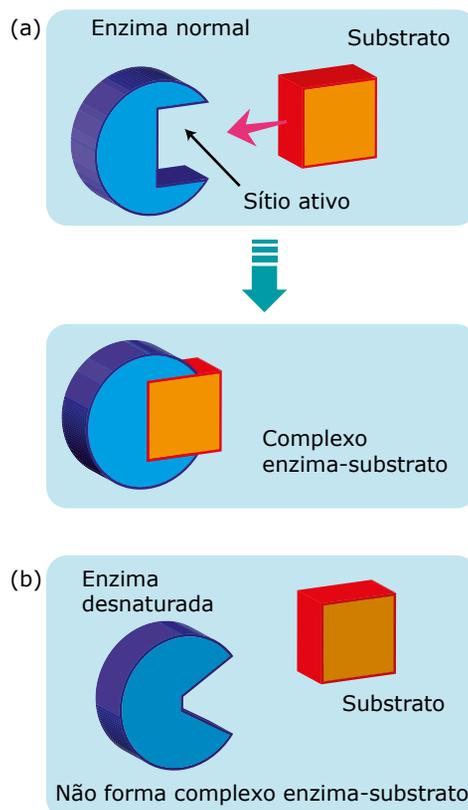
## Influência da temperatura, pH e concentração do substrato

Cada enzima só funciona dentro de uma determinada faixa de temperatura e, dentro dessa faixa de atuação, existe uma temperatura "ótima" na qual a atividade catalisadora da enzima é máxima. A temperatura "ótima" das enzimas não é a mesma para todas as espécies de seres vivos. No caso de certas espécies de peixes que vivem no Ártico, por exemplo, ela pode ser próxima de 0 °C; em certas bactérias e algas que vivem em fontes de águas térmicas, é de cerca de 80 °C. Entretanto, para a maioria das espécies de seres vivos, a temperatura "ótima" das enzimas fica na faixa de 37 °C a 40 °C. Na espécie humana, por exemplo, é de, aproximadamente, 37 °C.



Influência da temperatura na velocidade da reação catalisada por enzima.

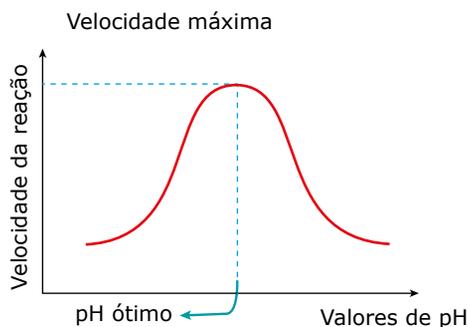
Lembre-se de que a maioria das enzimas tem natureza proteica e de que as proteínas, quando submetidas a temperaturas muito elevadas, sofrem o processo de desnaturação. Assim, em temperaturas elevadas, uma enzima sofre desnaturação, perdendo sua capacidade de atuar como catalisador. A enzima desnaturada pela temperatura elevada tem sua forma alterada; com isso, o sítio ativo modifica-se, não permitindo mais a formação do complexo enzima-substrato.



Representação de uma enzima normal (a) e uma enzima desnaturada (b).

Enquanto temperaturas muito elevadas desnaturam as enzimas, destruindo-as, temperaturas muito baixas apenas inativam ou paralisam as suas atividades, sem, contudo, destruí-las. Quando a temperatura baixa volta às condições normais, a enzima também retorna às suas atividades catalisadoras normais.

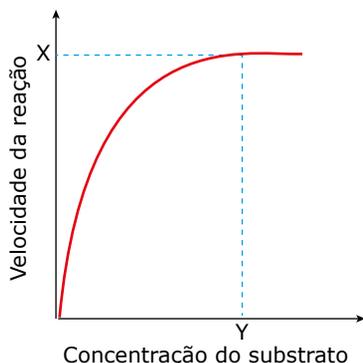
As enzimas também sofrem influência do pH do meio em que está ocorrendo a reação. Cada enzima só funciona dentro de uma determinada faixa de pH e, dentro dessa faixa de atuação, existe um pH no qual a sua atividade é máxima: é o chamado pH "ótimo" da enzima.



Influência do pH sobre a velocidade da reação catalisada por uma enzima.

Desde que a quantidade de enzimas no meio se mantenha constante, sua ação é proporcional à concentração do substrato.

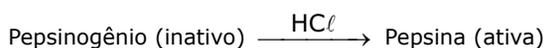
Assim, quanto maior a concentração do substrato, mais rapidamente se dará a reação, até que se atinja um ponto de saturação a partir do qual, ainda que aumente a concentração do substrato, a velocidade da reação não mais aumentará. Nesse ponto de saturação, a velocidade da reação enzimática atinge um valor máximo.



Influência da concentração do substrato na velocidade da reação catalisada por enzima.

## Ativadores e inibidores

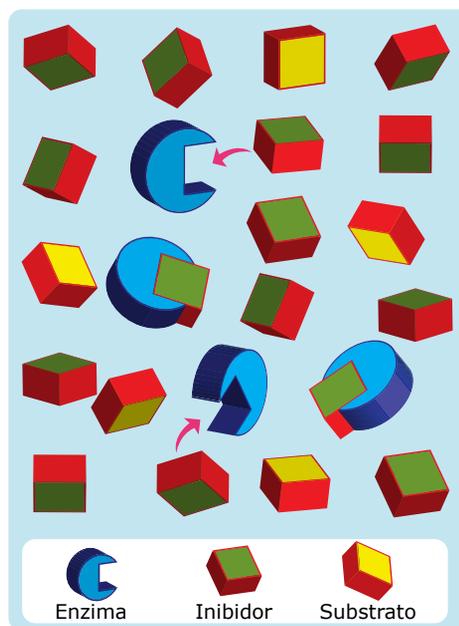
Às vezes, as enzimas são produzidas numa forma inativa. Essas enzimas inativas são chamadas genericamente de proenzimas ou zimogênios. As proenzimas ainda não têm participação ativa nas reações químicas, isto é, não são capazes de agir como catalisadores. Entretanto, podem ser ativadas por outras substâncias, chamadas genericamente de ativadores enzimáticos. Isso ocorre, por exemplo, no nosso estômago, onde o pepsinogênio (enzima inativa) é ativado pelo HCl (ácido clorídrico) do suco gástrico, transformando-se em pepsina (enzima ativa). Nesse exemplo, o ativador enzimático é o HCl do suco gástrico.



Certas substâncias são capazes de bloquear ou inativar a ação das enzimas. Tais substâncias são denominadas inibidores enzimáticos. O íon cianeto (CN<sup>-</sup>), por exemplo, tem a capacidade de inibir a enzima citocromo-oxidase, que é indispensável às reações da respiração celular. Com essa enzima inativada, as células param de realizar a respiração e morrem.

Quando o inibidor é uma molécula que compete com o substrato de uma enzima pela fixação no sítio ativo, a inibição é chamada de competitiva ou por competição. Na inibição competitiva, o inibidor possui moléculas muito semelhantes às do substrato, e, por isso, tais moléculas também são capazes de se "encaixar" nos sítios ativos das enzimas, onde normalmente se "encaixam" as moléculas do substrato. Uma vez que tanto o substrato como o inibidor podem ligar-se à enzima, diz-se que eles competem entre si pelo sítio ativo da enzima.

A enzima, uma vez ligada ao inibidor, não pode ligar-se ao substrato e, conseqüentemente, não pode catalisar a reação que transforma o substrato em determinados produtos. Assim, é como se não existisse a enzima no meio.



Inibição competitiva.

A probabilidade de ligações entre a enzima e o substrato ou entre a enzima e o inibidor depende da concentração desses componentes no meio. Se a concentração do substrato for maior que a do inibidor, a probabilidade de encontros entre as moléculas das enzimas e do substrato aumenta, enquanto as chances da enzima e do inibidor se ligarem diminuem. Por outro lado, se a concentração do inibidor for maior que a do substrato, a probabilidade de encontros entre enzimas e inibidores será bem maior. Portanto, na inibição por competição, mantendo-se a quantidade de enzimas constante, o grau de inibição depende da concentração do inibidor e da concentração do substrato no meio em que se realiza a reação.

Muitos inibidores enzimáticos têm grande interesse para a medicina, uma vez que são usados para combater micro-organismos causadores de doenças. O antibiótico penicilina, por exemplo, age sobre as bactérias, inibindo uma importante enzima desses micro-organismos que atua na reação responsável pela formação da parede celular da bactéria. Sem parede celular, esses micro-organismos tornam-se muito frágeis, rompem-se com facilidade e morrem.



### Proteínas

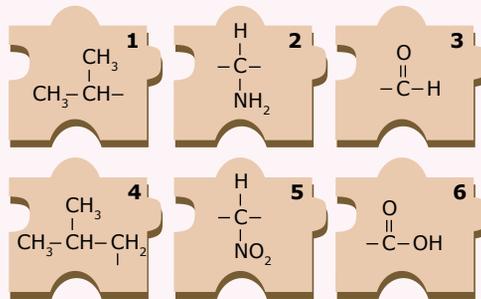
Nessa videoaula, estudaremos sobre o segundo composto mais abundante em nosso corpo: as proteínas.

GKT8

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



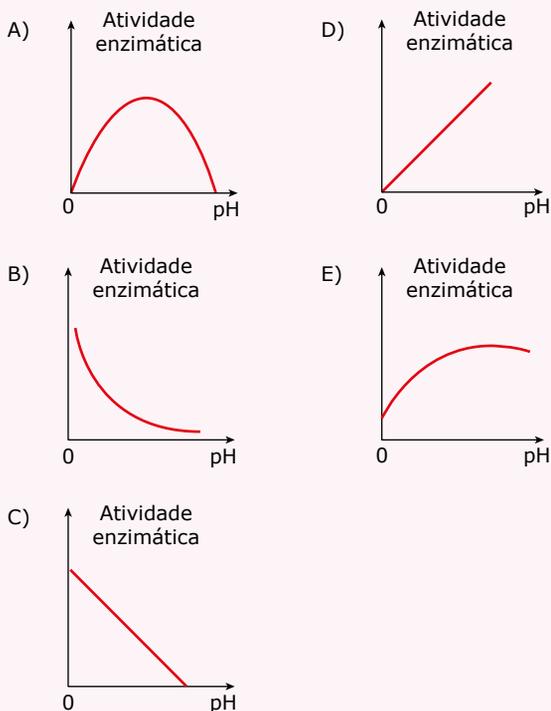
01. (UERJ) Um estudante recebeu um quebra-cabeça que contém peças numeradas de 1 a 6, representando partes de moléculas. LTTE



Para montar a estrutura de uma unidade fundamental de uma proteína, ele deverá juntar três peças do jogo na seguinte sequência:

- A) 1, 5 e 3  
B) 1, 5 e 6  
C) 4, 2 e 3  
D) 4, 2 e 6
02. (UEL-PR) Consideram-se aminoácidos essenciais, para um determinado animal, aqueles
- A) de que ele necessita e sintetiza a partir de outras substâncias.  
B) de que ele necessita, mas não consegue sintetizar, tendo que os receber em sua dieta.  
C) de que ele necessita apenas nas primeiras etapas de seu desenvolvimento.  
D) obtidos diretamente a partir de vegetais, que são os únicos organismos a sintetizá-los.  
E) resultantes da degradação de suas próprias proteínas.
03. (PUC RS) Instrução: Responder à questão relacionando as proteínas do grupo superior com suas respectivas funções, apresentadas do grupo inferior.
1. Queratina
  2. Insulina
  3. Miosina
  4. Hemoglobina
- ( ) Proteína motriz, que gera movimento nas células.  
( ) Proteína sinalizadora, que controla os níveis de glicose no sangue.  
( ) Proteína transportadora, que transporta oxigênio nas células sanguíneas.  
( ) Proteína estrutural, que reforça as células epiteliais.
- A ordem correta do grupo inferior, de cima para baixo, é:
- A) 3; 2; 1; 4  
B) 1; 4; 2; 3  
C) 3; 4; 2; 1  
D) 3; 2; 4; 1  
E) 1; 2; 4; 3
04. (UECE-2022) Em relação às enzimas, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma nos itens a seguir.
- ( ) São proteínas que controlam a velocidade e regulam as reações que ocorrem no organismo.  
( ) Agem de forma generalista, atuando sobre substratos diversos.  
( ) Atuam aumentando a velocidade das reações químicas, portanto são chamadas de catalizadores.  
( ) Ligam-se de forma aleatória em qualquer região dos substratos.
- Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:
- A) F, V, V, V.  
B) F, V, F, V.  
C) V, F, V, F.  
D) V, F, F, F.

**05.** (UNEB-BA) Assinale o gráfico que mais precisamente descreve o efeito do pH na maioria das reações enzimáticas.



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (UECE) A Astrobiologia, uma ciência moderna que trata de investigar a existência de moléculas orgânicas em outros planetas, asteroides e meteoros, aponta em pesquisas recentes a "importação" de aminoácidos por meteoritos que caíram na Terra. Tais moléculas são de grande relevância para o estudo da vida, pois são

- A) os monômeros dos ácidos nucleicos.
- B) os monômeros construtores de proteínas.
- C) moléculas básicas para a atividade da maioria das enzimas.
- D) coenzimas de importante relevância no processo de síntese proteica.

**02.** (PUC Rio) Na preparação do meio de cultura para células animais, o técnico de um determinado laboratório esqueceu-se de adicionar o suprimento de aminoácidos. Que moléculas terão sua formação imediatamente prejudicada?

- A) Lipídeos
- B) Glicídeos
- C) Nucleotídeos
- D) Proteínas
- E) Ácidos nucleicos

**03.** (Unicamp-SP) Uma proteína retirada de célula epitelial humana possui: 10 Val., 32 Ala., 14 Thr., 27 His., 49 Gly e 24 Lys. De células sanguíneas do mesmo indivíduo, foi extraída outra proteína, cuja hidrólise demonstrou ser formada de: 10 Val., 32 Ala., 14 Thr., 27 His., 49 Gly e 24 Lys. Em face de tais informações, é lícito concluir que

- A) trata-se da mesma proteína, pois em ambas encontramos o mesmo número de aminoácidos.
- B) trata-se da mesma proteína, pois a quantidade de cada aminoácido é igual em ambas.
- C) trata-se da mesma proteína, pois ambas têm os mesmos aminoácidos.
- D) trata-se de proteínas diferentes, pois foram obtidas de células estrutural, embrionária e funcionalmente diferentes.
- E) pode-se tratar de proteínas iguais ou diferentes, pois só a análise da disposição dos aminoácidos poderá revelar a identidade ou a diferença entre elas.

**04.** (UFRJ) A fenilcetonúria é uma doença que resulta de um defeito na enzima fenilalanina hidroxilase, que participa do catabolismo do aminoácido fenilalanina.

A falta de hidroxilase produz o acúmulo de fenilalanina que, por transmissão, forma ácido fenilpirúvico. Quando em excesso, o ácido fenilpirúvico provoca retardamento mental severo.

Por outro lado, o portador desse defeito enzimático pode ter uma vida normal desde que o defeito seja diagnosticado imediatamente após o nascimento e que sua dieta seja controlada.

A fenilcetonúria é tão comum que, mesmo nas latas de refrigerantes dietéticos, existe o aviso: "Este produto contém fenilalanina!"

Qual o principal cuidado a tomar com a dieta alimentar de um portador desse defeito enzimático? Por quê?

**05.** (UECE) As proteínas observadas na natureza evoluíram pela pressão seletiva para efetuar funções específicas, e suas propriedades funcionais dependem da sua estrutura tridimensional. Sobre essas biomoléculas, é correto afirmar que

- A) a estrutura tridimensional das proteínas surge porque sequências de aminoácidos em cadeias polipeptídicas se enovelam a partir de uma cadeia enovelada em domínios compactos com estruturas tridimensionais específicas.
- B) as cadeias polipeptídicas das proteínas são normalmente compostas por 20 aminoácidos diferentes que são ligados não covalentemente durante o processo de síntese pela formação de uma ligação peptídica.
- C) as interações que governam o enovelamento e a estabilidade das proteínas são: interações não covalentes, forças eletrostáticas, interações de Van der Waals, pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas.
- D) os 20 aminoácidos que compõem proteínas possuem em comum somente o carbono alfa e o grupamento amino ( $\text{NH}_2$ ).

**06.** (UFRGS-RS) Nos seres vivos, as enzimas aumentam a velocidade das reações químicas.

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações a seguir, referentes às enzimas.

- ( ) As enzimas têm todas o mesmo pH ótimo.
- ( ) A temperatura não afeta a formação do complexo enzima-substrato.
- ( ) A desnaturação, em temperaturas elevadas, acima da ótima, pode reduzir a atividade enzimática.
- ( ) A concentração do substrato afeta a taxa de reação de uma enzima.

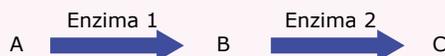
A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A) V - V - F - F.
- B) V - F - V - F.
- C) V - F - F - V.
- D) F - V - F - V.
- E) F - F - V - V.

**07.** (FUVEST-Ete-2022) A protease  $M^{pro}$  do SARS-CoV-2 é essencial para o processamento de poliproteínas virais dentro das células humanas. Um fármaco capaz de inibir essa enzima seria capaz de inibir a replicação do vírus. Baseando-se na estrutura tridimensional da  $M^{pro}$ , pesquisadores produziram um fármaco capaz de se ligar de forma transitória ao sítio ativo dessa protease. Em um ensaio *in vitro*, esse fármaco inibiu a atividade da protease. Porém, quanto mais poliproteínas virais na reação, menor foi a inibição observada. Esse fármaco pode ser classificado como um inibidor

- A) alostérico.
- B) inespecífico.
- C) irreversível.
- D) reversível não competitivo.
- E) reversível competitivo.

**08.** (PUC Rio-2022) O esquema a seguir representa uma via metabólica hipotética.



Considere que ocorre uma mutação em um gene, resultando em modificação estrutural na enzima 2, que perde sua atividade. Qual seria a consequência dessa mutação?

- A) Um acúmulo de A e nenhuma produção de B.
- B) Um acúmulo de B e nenhuma produção de C.
- C) Um acúmulo de A e nenhuma produção de B e C.
- D) Um acúmulo de C e nenhuma produção de A e B.

**09.** (UESPI) O funcionamento dos organismos vivos depende de enzimas, as quais são essenciais às reações metabólicas celulares. Essas moléculas

- A) possuem cadeias nucleotídicas com dobramentos tridimensionais que reconhecem o substrato numa reação do tipo chave-fechadura.
- B) diminuem a energia de ativação necessária à conversão dos reagentes em produtos.
- C) aumentam a velocidade das reações químicas quando submetidas a pH maior que 8,0 e menor que 6,0.
- D) são desnaturadas em temperaturas próximas de 0 °C, paralisando as reações químicas metabólicas.
- E) são consumidas em reações metabólicas exotérmicas, mas não alteram o equilíbrio químico.

**10.** (UFRJ) Duas substâncias A e B, ao reagirem à temperatura de 25 °C, geram um produto AB. Essa reação é muito lenta. Quando se acrescenta a substância X, que pode ser um catalisador inorgânico ou então uma enzima, a velocidade dessa reação aumenta acentuadamente.

Para se investigar a natureza da substância X, realizam-se vários experimentos para medir a velocidade da reação (concentração do composto AB depois de cinco minutos de reação).

Os resultados estão na tabela a seguir:

Experimento número	Temperatura (°C)	Substância A B X	Velocidade da reação
I	25	(+) (+) (-)	0,5
II	25	(+) (+) (+)	85,0
III	100	(+) (+) (+)	0,6
IV	25 (*)	(+) (+) (+)	0,6

(\*) No experimento IV, a substância X foi preaquecida a 100 °C, depois resfriada a 25 °C e só então acrescentada ao tubo contendo as substâncias A e B.

(+) Indica presença e (-) indica ausência.

Com base nos resultados da tabela e sabendo-se que as substâncias A e B não degradam a 100 °C, indique se a substância X é um catalisador inorgânico ou uma enzima. Justifique sua resposta.

11. (FMJ-SP) Fundamentais para regular o metabolismo celular, as enzimas são sintetizadas a partir da ação dos genes. É correto afirmar que as enzimas

- A) sofrem desnaturação em temperatura elevada, fenômeno que resulta em moléculas mais eficazes na sua atividade de reação.
- B) são inespecíficas aos substratos, nos quais reagem em sítios de ligação e, após a reação, os produtos são liberados para uso da célula.
- C) aumentam a energia de ativação necessária para a ocorrência de uma reação química, facilitando a obtenção de substâncias úteis à célula.
- D) aumentam a velocidade das reações químicas sem a necessidade de elevar a temperatura porque diminuem a energia de ativação.
- E) têm atividade controlada pela temperatura do meio, independentemente das concentrações de substrato e do pH existentes.

12. (UEG-GO) As enzimas são moléculas de proteínas que funcionam como efetivos catalisadores biológicos. A sua presença nos seres vivos é essencial para viabilizar as reações químicas, as quais, em sua ausência, seriam extremamente lentas ou até mesmo não ocorreriam. Considerando-se a propriedades desses biocatalisadores, constata-se o seguinte:

- A) A mioglobina presente nos músculos é um exemplo de enzima.
- B) As enzimas aumentam a energia de ativação de uma reação química.
- C) Com o aumento da temperatura, a atividade catalítica atinge um ponto máximo e depois diminui.
- D) Essas moléculas alteram a posição de equilíbrio das reações químicas.

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem) Na década de 1940, na Região Centro-Oeste, produtores rurais, cujos bois, porcos, aves e cabras estavam morrendo por uma peste desconhecida, fizeram uma promessa, que consistiu em não comer carne e derivados até que a peste fosse debelada. Assim, durante três meses, arroz, feijão, verduras e legumes formaram o prato principal desses produtores.

O HOJE. 15 out. 2011 (Adaptação).

Para suprir o déficit nutricional a que os produtores rurais se submeteram durante o período da promessa, foi importante eles terem consumido alimentos ricos em

- A) vitaminas A e E.
- B) frutose e sacarose.
- C) aminoácidos naturais.
- D) aminoácidos essenciais.
- E) ácidos graxos saturados.

02. (Enem) Três dos quatro tipos de testes atualmente empregados para a detecção de príons patogênicos em tecidos cerebrais de gado morto são mostrados nas figuras a seguir. Uma vez identificado um animal morto infectado, funcionários das agências de saúde pública e fazendeiros podem removê-lo do suprimento alimentar ou rastrear os alimentos infectados que o animal possa ter consumido.

**Teste I**

Amostra de tecido → Seringa → Camundongo (ou outro animal de teste) → A (vivo) / B (morto)

**Teste II**

Amostra de tecido → Lâmina → Microscópio → A (positivo) / B (negativo)

**Teste III**

Amostra de tecido → Protease → Gel → A (positivo) / B (negativo)

Legenda: PrP<sup>Sc</sup> - proteínas do príon

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. ago. 2004 (Adaptação).

Analisando os testes I, II e III, para a detecção de príons patogênicos, identifique as condições em que os resultados foram positivos para a presença de príons nos três testes.

- A) Animal A, lâmina B e gel A.
- B) Animal A, lâmina A e gel B.
- C) Animal B, lâmina A e gel B.
- D) Animal B, lâmina B e gel A.
- E) Animal A, lâmina B e gel B.

03. (Enem) A tabela a seguir representa, nas diversas regiões do Brasil, a porcentagem de mães que, em 2005, amamentavam seus filhos nos primeiros meses de vida.

Região	Período de aleitamento	
	até o 4º mês (em %)	de 9 meses a 1 ano (em %)
Norte	85,7	54,8
Nordeste	77,7	38,8
Sudeste	75,1	38,6
Sul	73,2	37,2
Centro-Oeste	83,9	47,8

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2005.

Ao ingerir leite materno, a criança adquire anticorpos importantes que a defendem de doenças típicas da primeira infância. Nesse sentido, a tabela mostra que, em 2005, percentualmente, as crianças brasileiras que estavam mais protegidas dessas doenças eram as da Região

- A) Norte.
- B) Nordeste.
- C) Sudeste.
- D) Sul.
- E) Centro-Oeste.

04. (Enem) O milho-verde recém-colhido tem sabor adocicado. Já o milho-verde comprado na feira, um ou dois dias depois de ser colhido, não é mais tão doce, pois cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas.

Para preservar o sabor adocicado do milho-verde pode-se usar o seguinte procedimento em três etapas:

1. Descascar e mergulhar as espigas em água fervente por alguns minutos.
2. Resfriá-la em água corrente.
3. Conservá-las na geladeira.

A preservação do sabor original do milho-verde pelo procedimento descrito pode ser explicada pelo seguinte argumento:

- A) O choque térmico converte as proteínas do milho em amido até a saturação; o amido saturado ocupa o lugar do amido que seria formado espontaneamente.
- B) A água fervente e o resfriamento impermeabilizam a casca dos grãos de milho, impedindo a difusão do oxigênio e a oxidação da glicose.
- C) As enzimas responsáveis pela conversão desses carboidratos em amido são desnaturadas pelo tratamento com água fervente.
- D) Micro-organismos que, ao retirarem os nutrientes dos grãos, convertem esses carboidratos em amido, são destruídos pelo aquecimento.
- E) O aquecimento desidrata os grãos de milho, alterando o meio de dissolução no qual ocorreria espontaneamente a transformação desses carboidratos em amido.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. B
- 03. D
- 04. C
- 05. A

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. D
- 03. E
- 04. Evitar a ingestão de alimentos que contenham taxas elevadas de fenilalanina, pois os fenilcetonúricos não são capazes de metabolizar esse aminoácido e apresentam o risco de causar graves distúrbios metabólicos com consequências irreversíveis.
- 05. C
- 06. E
- 07. E
- 08. B
- 09. B
- 10. A substância X é uma enzima (catalisador orgânico) porque a reação deixou de ocorrer quando a temperatura foi elevada, causando a desnaturação da enzima.
- 11. D
- 12. C

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. C
- 03. A
- 04. C



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Viroses

Os vírus são agentes etiológicos (agentes causadores) de diversas doenças, tanto em plantas como em animais.

O quadro a seguir mostra algumas das principais viroses que acometem a espécie humana.

Viroses humanas		
Aids	Gripe	Poliomielite
Catapora (varicela)	Hepatite infecciosa	Rubéola
Caxumba	Herpes simples	Sarampo
Dengue	Hidrofobia ("raiva")	Varíola
Febre amarela	Hantavirose	Verrugas genitais

O modo de transmissão das viroses humanas é bastante diversificado. Algumas têm um agente vetor, como é o caso da dengue e da febre amarela; outras, como a aids e o herpes genital, podem ser transmitidas por meio das relações sexuais; em muitas, os vírus penetram em nosso organismo junto do ar que inspiramos ou pela água e alimentos ingeridos. Transfusões sanguíneas e o contato com sangue de pessoas contaminadas também podem transmitir certas viroses. Existem ainda situações em que ocorre a transmissão vertical, em que a partícula viral infecciosa passa ao feto através da placenta.

A seguir, faremos um estudo resumido de algumas viroses. De cada uma delas, é importante você guardar o(s) modo(s) de transmissão e as medidas de prevenção ou profilaxia.

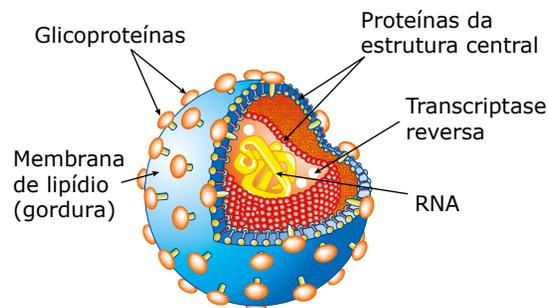
## DOENÇAS VIRÓTICAS

### Aids

A sigla aids é formada pelas iniciais da expressão inglesa *Acquired Immune Deficiency Syndrome* (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida). Alguns autores preferem a utilização da sigla SIDA, em português.

A aids causa a perda da imunidade, responsável pela defesa do organismo contra agentes infecciosos.

Assim, o paciente com o sistema imunológico debilitado fica exposto às chamadas infecções oportunistas, provocadas por bactérias, fungos e protozoários.



Esquema do vírus da aids.

O vírus causador da doença é conhecido pela sigla HIV, iniciais de *Human Immunodeficiency Virus* (Vírus da Imunodeficiência Humana), e pertence ao grupo dos retrovírus. Esse vírus invade e destrói os linfócitos T auxiliares (também conhecidos por CD4, linfócitos T-helper), que são justamente as células que ativam os outros linfócitos que formam o exército de defesa do corpo. Esses linfócitos T atuam como células "auxiliadoras" do sistema imunológico, uma vez que estimulam a produção de anticorpos e também estimulam a fagocitose de corpos estranhos ao organismo. Por isso, a destruição dessas células acarreta a falência do sistema de defesa do organismo.

É bom lembrar que, além do HIV-1, principal vírus responsável pela aids, existe uma variedade do vírus, mais rara, o HIV-2.

O período de incubação do vírus no organismo humano é variável, em média de 2 a 3 anos (podendo, entretanto, ser bem mais longo). Durante esse período, a pessoa infectada não apresenta sintomas da doença, mas poderá transmitir o vírus a outras.

Comprovadamente, transmissão e contaminação se fazem por meio de: transfusões de sangue de pessoas infectadas pelo HIV; uso de instrumentos cirúrgicos ou seringas contaminadas; e relações sexuais, uma vez que o vírus presente no esperma ou em secreções vaginais penetra por microfissuras formadas durante o ato sexual nos tecidos do reto, pênis ou mucosa vaginal. O vírus também pode passar da mãe para o filho durante a vida intrauterina ou por ocasião do parto e, também, pela amamentação.

A transmissão do vírus da mãe para o filho é responsável por cerca de 90% dos casos de aids em crianças. Diversas pesquisas estão em andamento em busca de uma vacina e/ou tratamento eficaz para a doença. O combate à aids se faz por meio de informação e profilaxia (prevenção).

As principais medidas preventivas são: uso de preservativos (camisinhas); controle de qualidade do sangue usado em transfusões; emprego de seringas e agulhas descartáveis; esterilização de qualquer instrumental cirúrgico médico-odontológico; não utilização comum de instrumentos cortantes, tais como navalhas, giletes, alicate de unha, etc.

Estudos realizados em diferentes países mostram que o uso do AZT pela mulher infectada, durante a gestação, além do uso do medicamento pelo recém-nascido e a substituição da amamentação podem reduzir em cerca de 70% a transmissão vertical do HIV. Sem tratamento, a transmissão chega a ocorrer em até 40% dos casos.

## Catapora (varicela)

É uma das doenças contagiosas mais comuns na infância. O vírus causador possui DNA e é transmitido por gotículas de saliva, pelo contato com as lesões da pele do doente ou com roupas e objetos contaminados. Os vírus provavelmente penetram em nosso organismo pelas mucosas das vias respiratórias. Após um período de incubação de 12 dias, aproximadamente, a doença se manifesta por meio de febre, prostração e dores de cabeça. Dois ou três dias depois, surgem pequenas manchas vermelhas na pele, que se transformam em bolhas que contêm um líquido claro. Essas erupções se espalham pelo corpo (peito, barriga, costas, nádegas, braços, pernas e outras partes).

O líquido torna-se amarelo e forma-se uma crosta escura ("casca de ferida") que se desprende sem deixar marcas. Nesse estágio da doença, manifesta-se uma coceira muito incômoda. Não se deve deixar o doente coçar as bolhas, pois isso pode propiciar contaminação bacteriana. Unhas aparadas, banhos e troca de roupas diários também contribuem para evitar essa contaminação. Enquanto houver febre e novas bolhas estiverem aparecendo, o doente deve permanecer em repouso. A vacina está disponível na rede pública.

## Caxumba (parotidite)

Doença contagiosa e aguda (de curso rápido e intenso) que se torna mais perigosa nos adultos, pelas complicações que pode trazer, do que nas crianças. Acomete mais comumente as crianças na faixa etária de 5 a 15 anos.

O vírus da caxumba possui RNA e é transmitido por gotículas de saliva, secreções nasais e, ainda, por objetos contaminados (copos, garfos, etc.) de uma pessoa doente.

A penetração do vírus em nosso organismo se dá pelas vias respiratórias ou pela boca, de onde os vírus normalmente passam para as glândulas parótidas (maiores glândulas salivares) e causam sua inflamação, vindo daí o nome parotidite. Mais raramente, os vírus, por meio da corrente sanguínea, podem chegar a outros órgãos, como os testículos, os ovários, o pâncreas e mesmo o cérebro. A imunização preventiva da caxumba se faz com o uso de vacina, disponível na rede pública.

## Dengue, zika e chikungunya

A **dengue** é uma doença infecciosa aguda causada por quatro variedades de vírus que têm RNA como material genético. No Brasil, esses vírus são transmitidos ao homem pela picada dos mosquitos fêmeas *Aedes aegypti*.

Os diferentes tipos de vírus da dengue podem causar duas formas distintas da doença: **dengue clássica** e **dengue hemorrágica** as quais podem ser assintomáticas, brandas, graves e fatais. A dengue clássica manifesta-se pelo início súbito de febre, com duração de 4 a 5 dias, acompanhada de prostração, cefaleia (dor de cabeça), aumento dos gânglios linfáticos, dores musculares (especialmente nas costas) e dores nas articulações ósseas. Depois de mais ou menos uma semana, essas manifestações desaparecem gradualmente. Na forma mais grave da doença, isto é, na dengue hemorrágica, além dos sintomas da dengue clássica, também ocorrem hemorragias intestinais, vômitos e inflamação do fígado. As duas formas podem ser diagnosticadas por meio de exame de sangue.

A **zika** chegou ao Brasil em 2015 e é uma virose também transmitida pelo *Aedes aegypti*. A maioria das pessoas afetadas não desenvolve sintomas. As manifestações clínicas que podem aparecer são dores de cabeça, febre, dor leve nas articulações, manchas vermelhas pelo corpo, inchaço, náusea e vômitos. Os sintomas duram entre 3 e 7 dias, mas as dores podem durar cerca de 1 mês.

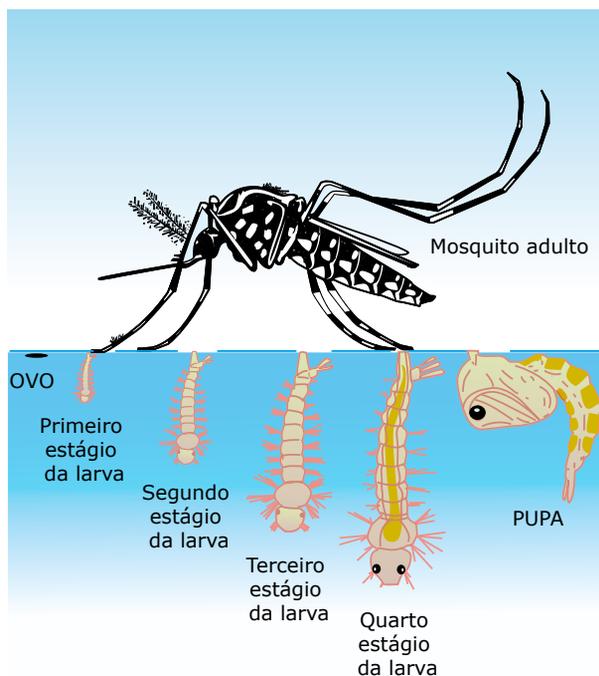
A infecção normalmente é benigna, mas as gestantes devem tomar cuidados especiais. Casos de bebês com microcefalia e problemas de visão têm sido associados ao vírus da zika. Uso de repelentes, roupas compridas, telas e preservativo (algumas pesquisas encontraram o vírus no esperma) são medidas profiláticas recomendadas.

A **chikungunya** chegou ao Brasil em 2014 e é uma virose igualmente transmitida pelo *Aedes aegypti*. Os sintomas são semelhantes aos da dengue e da zika, acrescidos de dores intensas nas articulações dos pés, mãos, dedos, tornozelo e pulso.

Os sintomas se iniciam na semana seguinte à picada. Há relatos de infectados que tiveram dores fortes nas articulações meses após o contato com o vírus. As pessoas adquirem memória imunológica após a primeira infecção, tornando-se imunes ao vírus.

Não existe um medicamento específico para o tratamento dessas doenças. Elas são tratadas com repouso, ingestão de líquidos e uso moderado de antitérmicos à base de paracetamol. Não devem ser usados medicamentos compostos por ácido acetilsalicílico, cuja ação anticoagulante pode ocasionar sangramentos. O importante é procurar o serviço de saúde logo no início da manifestação dos sintomas e evitar a automedicação.

Já existe vacina contra a dengue. Contra a zika e a chikungunya, porém, diversos grupos estão em busca de uma vacina eficaz. A principal medida profilática é o combate ao mosquito vetor.



*Aedes aegypti* – É um mosquito muito pequeno (menor que um pernilongo comum), de corpo escuro rajado de branco, que pica durante o dia e se desenvolve em água parada e limpa.

Para tanto, devem ser tomadas as seguintes medidas: exterminar os locais utilizados pelo mosquito para sua reprodução e postura dos ovos, não deixando água no interior de garrafas, latas vazias, pneus velhos, etc.; tampar caixas-d'água, tanques, filtros e quaisquer reservatórios de água dentro ou fora de casa; evitar manter água nos pratos dos vasos de plantas; utilizar inseticidas e desinfetantes domésticos e telas protetoras em portas e janelas para impedir o acesso dos mosquitos ao interior das casas.

## Febre amarela

Doença infecciosa aguda, que pode ser extremamente grave e fatal, típica de regiões tropicais e subtropicais (África, América Central e América do Sul). Os vírus causadores possuem RNA e são transmitidos ao homem por mosquitos fêmeas dos gêneros *Aedes* e *Haemagogus*.

Nas cidades, os vírus são transmitidos por mosquitos do gênero *Aedes*, sendo o *Aedes aegypti* a principal espécie transmissora da **febre amarela urbana**.

No campo, a febre amarela tem forma endêmica em muitas regiões e é transmitida por mosquitos do gênero *Haemagogus*, que adquirem os vírus dos macacos e podem passá-los ao homem quando este entra em contato com a mata. Nesse caso, fala-se em **febre amarela silvestre**.

A doença compromete vários órgãos: fígado, baço, rins, medula óssea e gânglios linfáticos. Logo após um período de incubação de 4 a 5 dias, a pessoa apresenta febre alta, calafrios, dor de cabeça e prostração; seguem-se vômitos, dores musculares e bradicardia (diminuição da frequência cardíaca).

Com a evolução do processo infeccioso, surgem novas manifestações ainda mais graves, como hemorragias e comprometimento renal e hepático. São as lesões hepáticas que dão ao doente o aspecto amarelado que caracteriza a doença.

A profilaxia da doença consiste no combate aos mosquitos transmissores da febre amarela urbana, sobretudo em sua forma larvária (no caso da febre amarela silvestre, o combate aos mosquitos é praticamente impossível, uma vez que eles estão espalhados por toda a mata); vacinação de todas as pessoas que trabalham ou residem em regiões onde a doença se manifesta de forma endêmica; vacinação das pessoas que pretendem viajar para regiões onde existe a doença; e controle de navios e aviões que saem ou chegam das regiões endêmicas.

## Gripe (influenza)

Existem diferentes tipos de vírus de gripe. Todos têm como material genético o RNA, que, em muitos deles, sofre contínuas modificações (mutações).

As alterações ocorridas no ácido nucleico do vírus determinam modificações no envoltório proteico.

Assim, os anticorpos elaborados contra um tipo de vírus gripal tornam-se inócuos no combate a outra forma mutante.

Essa é uma das causas que dificultam a obtenção de uma vacina mais eficiente no combate às gripes.

A transmissão se faz por meio de gotículas de saliva e secreções nasais. Os vírus penetram em nosso organismo pela boca ou pelas cavidades nasais, instalando-se em nossas vias respiratórias.

Os sintomas da gripe aparecem, subitamente, de 1 a 3 dias após o contágio, e os mais frequentes são: febre, prostração, dor de cabeça, dores musculares, tosse, espirros e obstrução nasal. Embora se faça certa confusão entre gripe e resfriado comum, essas doenças são causadas por tipos diferentes de vírus. O resfriado é uma doença mais branda, que compromete apenas as partes altas do aparelho respiratório (nariz e faringe), com conseqüente coriza (eliminação de um líquido claro e aquoso), espirros e febre moderada ou ausente.

O tratamento da gripe é direcionado para os sintomas da doença. O recomendado é o repouso e uma dieta rica em líquidos. Analgésicos e antitérmicos podem ser utilizados para diminuir o mal-estar geral e a febre, enquanto descongestionantes melhoram a obstrução nasal.

Em certos casos, podem ser usadas drogas antivirais que impedem a multiplicação viral, mas que não destroem ("matam") os vírus já instalados no organismo. Essa destruição é feita pelos anticorpos (defesas naturais).

O combate aos vírus causadores da gripe é feito pelas nossas defesas naturais, em especial pelos anticorpos. Entretanto, a imunidade não é duradoura ou definitiva, pois novas formas de vírus mutantes, contra as quais o nosso organismo ainda não produziu anticorpos, aparecem rapidamente.

Durante os surtos epidêmicos de uma gripe, deve-se evitar aglomerações humanas, especialmente em ambientes fechados, pois isso muito contribui para a disseminação dos vírus.

Existem vacinas antigripais que conferem uma certa proteção apenas contra alguns tipos de vírus. Tais vacinas são recomendadas principalmente para pessoas que têm o sistema imunológico mais debilitado, como os idosos.

## Hepatitis virais

Hepatite é uma inflamação do fígado que pode ter várias causas, como ingestão excessiva de bebidas alcoólicas ou ação de parasitos e de substâncias químicas. Quando causada por vírus, a hepatite é dita viral. Sua extensão e gravidade são variáveis, podendo apresentar-se mais branda (sob forma "benigna") e, em certos casos, ter evolução grave e até fatal. A hepatite vírica é causada por diferentes tipos de vírus. Entre eles, destacam-se o HAV (vírus da hepatite A), HBV (vírus da hepatite B) e o HCV (vírus da hepatite C).

**A) Hepatite A** – Causada pelo HAV, sua transmissão se faz pela via digestiva por meio da ingestão de água e alimentos contaminados por fezes de indivíduos doentes. Insetos, como as moscas, facilitam a transmissão, pousando alternadamente nos detritos e nos alimentos, transportando, assim, os vírus das fezes contaminadas para alimentos, água e objetos. Torna-se evidente, portanto, que a falta de instalações sanitárias adequadas facilita a propagação da doença e a ocorrência de surtos epidêmicos.

A hepatite A se caracteriza por um período de incubação de 20 a 40 dias, após o qual surgem os sintomas da doença: febre, mal-estar, perda de apetite (anorexia), náuseas, vômitos, dor de cabeça, dores abdominais, hepatomegalia (fígado inchado e dolorido quando apalpado) e icterícia (pele e olhos amarelados).

A profilaxia depende de medidas gerais de saneamento e cuidados pessoais com a higiene. A prevenção da doença obedece aos mesmos princípios de prevenção de todas as doenças cujos agentes etiológicos (causadores) penetram por via digestiva.

A hepatite A pode ser prevenida por meio da vacinação feita a partir dos 12 meses de vida.

**B) Hepatite B** – Causada pelo HBV, sua transmissão se faz pela via parenteral (inoculação subcutânea, intramuscular, endovenosa e outras de produtos contendo sangue humano ou derivados contaminados). A transmissão também pode ser feita por meio de seringas, agulhas e material cirúrgico contaminados e pelo contato com sangue e secreções do corpo, como sêmen e secreções vaginais (nas relações sexuais), além de leite materno, lágrima e saliva.

A hepatite B geralmente tem um período de incubação mais longo (60 a 180 dias), e os seus sintomas são semelhantes aos da hepatite A.

O tratamento da hepatite consiste, fundamentalmente, em repouso e dieta adequada (com pouca gordura para não sobrecarregar o fígado). Em certos casos, o tratamento também utiliza medicamentos antivirais.

Na prevenção da hepatite B, torna-se necessária a esterilização cuidadosa dos instrumentos cirúrgicos, seringas, agulhas, etc., como também o controle de qualidade do sangue dos doadores. Já existe uma vacina contra a hepatite B, que deve ser aplicada sobretudo nos indivíduos que exercem atividades médico-sanitárias, pois lidam com doentes e com material que pode estar contaminado.

- C) Hepatite C** – Causada pelo HCV, sua transmissão é feita através do sangue contaminado e de forma menos frequente por meio da relação sexual. A forma crônica pode evoluir para cirrose hepática e também predispõe ao câncer de fígado (câncer hepático). Ainda não há vacina.

## Herpes simples

É uma doença que se caracteriza por formações de pequenas vesículas nas mucosas ou na pele. Essas vesículas, que surgem sobre pequenas inflamações dolorosas, aparecem principalmente nos lábios (“herpes oral”) e nos órgãos genitais (“herpes genital”). A doença, entretanto, pode manifestar-se em qualquer região do corpo. O vírus do herpes simples possui DNA e transmite-se de pessoa a pessoa por contato direto.

O herpes-vírus tipo 1, responsável pelo **herpes oral** ou labial, é encontrado, por exemplo, na saliva de muitas pessoas que nunca tiveram manifestação da doença. Pode-se, portanto, falar em indivíduos portadores, isto é, indivíduos que possuem e transmitem o vírus sem manifestação da doença.

O herpes-vírus tipo 2, responsável pelo **herpes genital**, é transmitido essencialmente pelo contato sexual, sendo, portanto, uma doença do grupo das ISTs (Infecções Sexualmente Transmissíveis)<sup>1</sup>.

As lesões (vesículas) cicatrizam em poucos dias e, normalmente, não deixam sinal de sua aparição; os tecidos afetados refazem-se plenamente.

Os vírus, porém, podem permanecer latentes, voltando periodicamente à atividade. Essas crises recidivas estão associadas a diversos estímulos, tais como exposição excessiva aos raios solares, febres produzidas por outras infecções, perturbações digestivas, alterações psíquicas ou distúrbios emocionais, reações alérgicas e, em algumas mulheres, irregularidades menstruais.

As medidas profiláticas específicas são praticamente inexistentes, pois os vírus do herpes se encontram latentes nos tecidos, sendo encontrados em porcentagens muito altas na espécie humana. Uma medida geral é evitar o contato direto com o herpético em fase de manifestação da doença.

<sup>1</sup> IST é o novo termo utilizado pela OMS (Organização Mundial da Saúde) em substituição a DST (Doenças Sexualmente Transmissíveis). É também o novo termo recomendado pelo Ministério da Saúde.

## Raiva (Hidrofobia)

Doença grave, quase sempre fatal, que acomete praticamente todos os mamíferos.

O vírus da raiva tem RNA e é transmitido ao homem pela saliva de diversos animais contaminados (raposa, lobo, gambá, rato, morcego, cão, gato e outros).

O cão e o gato são os principais transmissores da raiva ao homem, sendo que o cão responde por, aproximadamente, 87% dos casos que acometem o homem.

Essa transmissão se dá por meio de lambidas em regiões do nosso corpo com ferimentos e, principalmente, por meio da mordida, que provoca na pele ferimentos por onde penetram os vírus presentes na saliva do animal contaminado. Os vírus atingem o sistema nervoso central, onde se multiplicam, causando danos irreparáveis.

A raiva humana se manifesta após um período de incubação usualmente compreendido entre 20 e 60 dias. A duração do período de incubação parece depender da quantidade de vírus inoculada (mordedura direta sobre a pele ou através da roupa), bem como do local da mordedura, ou seja, da distância da zona de inoculação até o sistema nervoso central.

Os sintomas da doença podem, então, demorar de alguns dias a alguns meses para se manifestarem num indivíduo contaminado.

As manifestações iniciais não são muito específicas: febre moderada, cefaleia (dor de cabeça), insônia, ansiedade e sensação de dor e formigamento na região da mordida.

Posteriormente, aparecem os sintomas típicos da raiva: excitação cerebral com crises de delírio e de agressividade, espasmos musculares dolorosos, convulsões, paralisias, elevação da temperatura (41-42 °C) e asfixia terminal.

O doente geralmente morre por paralisia dos músculos respiratórios. O termo “hidrofobia” (do grego *hydros*, água, e *phobos*, medo) se deve ao fato de que, em consequência dos espasmos dolorosos dos músculos da faringe, o doente evita a deglutição até da saliva.

Em vista da gravidade da doença, são necessárias medidas severas para evitá-la, tornando obrigatória a vacinação de cães e gatos e o recolhimento dos animais soltos nas ruas.

Se uma pessoa for mordida por um desses animais, deve tomar os seguintes cuidados: com água e sabão, lavar várias vezes o local da ferida, mantendo-o em água corrente durante algum tempo e aplicando depois um desinfetante; mesmo que o animal não mostre sinais de raiva, exigir do seu proprietário o atestado de vacinação antirrábica; o animal deve ser mantido sob observação durante, pelo menos, dez dias.

Se, ao fim desse período, o animal não manifestar sinais da doença, o tratamento é dispensável, mas, se o cão adoecer, morrer, fugir ou se a observação do animal não for possível, a pessoa deverá procurar imediatamente assistência médica especializada.

Provavelmente, o médico iniciará uma série de vacinas, que são eficientes desde que aplicadas antes de a pessoa ficar doente.

A prevenção da raiva urbana consiste fundamentalmente na vacinação dos cães e gatos e na captura e no controle dos animais vadios.

#### OBSERVAÇÃO

A raiva bovina, que acarreta grandes prejuízos à pecuária, tem como profilaxia a vacinação em massa do gado, especialmente em áreas onde existem morcegos hematófagos.

## Poliomielite (paralisia infantil)

Poliomielite (do grego *polios*, cinzento; *myel*, medula e *itis*, inflamação) significa inflamação da substância cinzenta da medula nervosa.

É um termo introduzido quando ainda se pensava que a doença atingisse somente a medula nervosa.

Posteriormente, descobriu-se que os vírus dessa doença atacam não apenas a medula nervosa, mas também outras regiões do SNC (sistema nervoso central).

O termo “paralisia infantil”, muito usado popularmente para se referir à doença, é também impróprio, já que apenas 1% dos casos assume forma parálitica e a doença pode manifestar-se também em adultos.

O vírus da poliomielite tem como material genético o RNA e normalmente penetra em nosso organismo pela via digestiva, junto à água e a alimentos contaminados. Nas regiões onde são precárias as condições de saneamento, a água é um importante veículo de transmissão desses vírus. Admite-se que a transmissão também possa ocorrer de pessoa a pessoa por meio de gotículas de saliva ou secreções nasais.

Após a penetração, os vírus multiplicam-se no intestino e depois invadem a corrente sanguínea, disseminando-se por todo o corpo, podendo, assim, atingir os órgãos do sistema nervoso central.

A profilaxia e o controle da poliomielite se fazem submetendo a população a um programa adequado de vacinação. As vacinas universalmente conhecidas são a Salk (feita de vírus inativados) e a Sabin (feita de vírus atenuados). A vacina Sabin é aplicada por via oral sob a forma de gotas.

## Rubéola

O vírus da rubéola possui RNA, e sua transmissão é feita por gotículas de saliva e secreções nasais e, também, pelo contato direto com o doente.

A penetração do vírus se faz através das mucosas das vias respiratórias e sua disseminação por meio da corrente sanguínea.

Após um período de incubação que dura em média de duas a três semanas, surgem os sintomas iniciais: mal-estar, febre baixa, aumento dos gânglios linfáticos cervicais (região do pescoço) e surgimento de um exantema (erupção cutânea) constituído por manchas rosadas na pele.

A rubéola é uma doença “benigna”. No entanto, quando contraída por mulheres grávidas, torna-se uma doença bastante perigosa, já que o vírus pode infectar a placenta e, daí, passar para o feto, provocando anomalias, como surdez, microcefalia e defeitos cardíacos. O perigo se torna ainda maior se a mulher adquire a doença nos primeiros meses de gestação, época em que os órgãos do embrião estão em processo de formação.

Quanto mais no início da gravidez ocorre a infecção, maior a chance de nascimento de criança afetada por anomalias graves.

## Sarampo

Doença aguda, altamente contagiosa, comum em todo o mundo, que acomete, sobretudo, crianças até 10 anos de idade, especialmente as menores de 5 anos.

O vírus possui RNA, e sua transmissão se faz por meio de secreções dos olhos, nariz e garganta (secreções nasofaríngeas) e gotículas de saliva que, pela fala, tosse e espirros, propagam-se pelo ar.

Os vírus penetram pelas mucosas das vias respiratórias, caem na corrente sanguínea e se disseminam pelo corpo.

Após um período de incubação de, aproximadamente, 10 dias, surgem os primeiros sintomas: febre, corrimento nasal, tosse, olhos vermelhos e lacrimejantes. Um ou dois dias depois, aparecem pequenos pontos brancos (manchas de Koplik) na mucosa bucal e, em seguida, surge um exantema constituído por manchas vermelhas que, normalmente, aparecem primeiro atrás das orelhas e na face e, posteriormente, alastram-se por todo o corpo.

O sarampo, como muitas outras viroses, reduz a resistência do organismo, tornando-o mais suscetível a contrair infecções secundárias, como otite (inflamação do ouvido médio), pneumonia, encefalites e outras, que necessitam de pronto atendimento médico. Essas complicações são mais frequentes em crianças desnutridas e debilitadas. A profilaxia do sarampo é feita com o uso de vacina.

## Verrugas (papilomas) genitais

Têm como causadores vírus conhecidos por HPV (Papilomavírus Humano). Já foram catalogados mais de 150 subtipos de HPV no mundo. Alguns desencadeiam infecções menos agressivas, enquanto outros, mais agressivos, podem desencadear processos neoplásicos cancerígenos. Um estudo epidemiológico realizado pelo Instituto Ludwig de Pesquisa sobre o Câncer, em São Paulo, revelou que o HPV é responsável por 96,5% dos casos de **câncer de colo de útero**.

O HPV também pode desencadear tumores malignos em outros locais, como vagina, vulva, reto e ânus. Nos homens, pode desencadear câncer no pênis e no ânus. A transmissão do HPV se faz quase exclusivamente por contato sexual.

Tumores no colo do útero certamente advêm do sexo em sua forma mais convencional – a penetração pela vagina. Os de ânus relacionam-se à prática de sexo anal. E, mais recentemente, detectaram-se lesões de esôfago por HPV, talvez provocadas pela prática de sexo oral.

Embora seja extremamente raro, alguns autores admitem ser possível contrair o vírus em piscinas, banheiros públicos e por meio do uso compartilhado de sabonetes, roupas íntimas ou toalhas de banho. São transmissões possíveis, porém muito pouco prováveis. E há, finalmente, um percentual baixo de crianças infectadas na hora do parto.

Como o modo de transmissão do HPV se faz praticamente apenas por meio da relação sexual, quanto mais cedo for o início da vida sexual, maior será a probabilidade de se entrar em contato com esses vírus. Sexo sem proteção (sem o uso de preservativos) e a troca frequente de parceiros aumentam a probabilidade de contágio.

Em 70% dos casos, o HPV desaparece naturalmente. Em muitos casos, o vírus permanece latente ou evidencia-se por meio de sintomas facilmente tratáveis. Assim, não é toda contaminação por HPV que irá desencadear processos cancerígenos. Isso irá depender do subtipo de HPV presente no organismo.

Há várias formas de detectar a presença do HPV, desde exames mais simples, como o de Papanicolaou, até exames que utilizam técnicas mais avançadas que identificam o DNA do vírus, permitindo classificá-lo com maior precisão. Caso o HPV seja detectado precocemente, as chances de cura são de 100%. Já existem vacinas contra alguns tipos de HPV. No Brasil, a vacina é encontrada na rede particular e no SUS para grupos predeterminados.

### OBSERVAÇÃO

Além das viroses mencionadas, muitas outras existem. Cerca de 60% das doenças infecciosas no mundo têm como agentes etiológicos os vírus. Algumas estão no grupo das chamadas “doenças emergentes”, isto é, doenças cuja existência anterior era desconhecida no planeta ou, pelo menos, na região em que apareceram. Entre as viroses que fazem parte desse grupo de doenças emergentes, há, por exemplo, a aids, que infecta milhões de pessoas em todo o mundo, as hantavirozes, a febre hemorrágica africana (causada pelo vírus Ebola) e a SARS.

## Hantavirozes

São enfermidades agudas que podem apresentar-se sob as formas de febre hemorrágica com síndrome renal (HFRS) e de síndrome pulmonar por hantavírus (HPS), sendo a segunda a única forma encontrada nas Américas.

Os hantavírus têm como reservatórios os roedores, especialmente os silvestres. No roedor, a infecção pelo vírus aparentemente não é letal e pode levá-lo ao estado de reservatório por toda a vida. A infecção humana ocorre mais frequentemente pela inalação de aerossóis formados a partir de secreções e excreções de roedores infectados. Outras formas de transmissão para a espécie humana já foram descritas, como ingestão de água e alimentos contaminados, transmissão percutânea, por meio de escoriações na pele, mordeduras de roedor e contato do vírus com mucosas, como a conjuntival.

A síndrome pulmonar por hantavírus causa febre, dores musculares (mialgias), dor abdominal, vômitos, cefaleia, taquipneia, taquicardia, hipertensão, edema pulmonar e insuficiência respiratória aguda. Trata-se de uma doença com alta taxa de letalidade.

As medidas de profilaxia e controle das hantavirozes devem ser baseadas em manejo ambiental, por meio, principalmente, de práticas de higiene e medidas corretivas no meio ambiente, como saneamento e melhoria das condições de vida e moradia, tornando as habitações e os campos de trabalhos impróprios à instalação e proliferação de roedores.

## Febre hemorrágica pelo vírus Ebola

O vírus Ebola foi isolado pela primeira vez em 1976 a partir de casos humanos de uma epidemia de febre hemorrágica que ocorreu em vilas do noroeste do Zaire, próximo ao rio Ebola. Ele é responsável por um quadro de febre hemorrágica extremamente letal, pois o vírus apresenta tropismo pelas células hepáticas e do sistema reticuloendotelial.

O início da doença é súbito, com febre, calafrios, dor de cabeça, anorexia, náusea, dor abdominal, dor de garganta e prostração profunda.

Em alguns casos, entre o quinto e o sétimo dia da doença, aparece exantema de tronco, anunciando manifestações hemorrágicas: conjuntivite hemorrágica, úlceras sangrentas em lábios e boca, sangramento gengival, hematêmese (hemorragia proveniente do estômago) e melena (eliminação de fezes escuras contendo sangue). Nas epidemias ocorridas, os casos com forma hemorrágica evoluíram rapidamente para a morte.

As principais formas de transmissão são seringas e agulhas infectadas que são reutilizadas, transmissão de pessoa a pessoa por meio de contato íntimo com os doentes graves e contato sexual.

Contato com indivíduos infectados, mas que apresentam pouco ou nenhum sintoma, isto é, que não apresentam formas hemorrágicas, parece não resultar em transmissão. Ainda não existem vacinas para o Ebola.

Assim, sua profilaxia baseia-se em medidas de vigilância sanitária e isolamento dos doentes. Medidas rigorosas devem ser adotadas em portos e em aeroportos que recebem meios de transportes oriundos de regiões ou países que estiverem sofrendo epidemias ou surtos de Ebola. As pessoas doentes devem ser isoladas por meio de um método chamado "barreira técnica", que inclui as seguintes medidas: médicos e enfermeiros vestem paramentos, máscaras, luvas e proteção especial quando cuidam dos pacientes; as visitas aos pacientes são restritas; materiais descartáveis são removidos do quarto e queimados depois do uso; todo material reutilizável é esterilizado antes da reutilização; e toda a área deve ser limpa com uma solução desinfetante.

## SARS (Síndrome Respiratória Aguda Grave) ou pneumonia asiática

Doença de etiologia virótica, causada por vírus do grupo dos coronavírus, transmitida de pessoa a pessoa ou por contato muito próximo, uma vez que o agente etiológico se espalha no ar, por gotículas expelidas pela tosse das pessoas contaminadas. No surto de SARS ocorrido em 2003 na China, em Singapura, no Vietnã e no Canadá, muitas das vítimas foram justamente profissionais de saúde que atenderam aos casos iniciais de pessoas infectadas.

Há suspeita que possa também ser passada por objetos infectados (objetos usados pelos pacientes).

É uma doença de evolução rápida. Os primeiros sintomas surgem entre três e dez dias após a infecção: febre acima de 38 °C, tosse seca, fadiga, dificuldades respiratórias e até insuficiência respiratória. Sua taxa de mortalidade, comparada com outras pneumonias, é alta (3% a 4% dos doentes).

O diagnóstico é feito a partir de amostras de sangue ou secreções da garganta dos doentes. Durante o tratamento, o doente deve ser mantido em isolamento, receber medicamentos para aliviar os sintomas e medicamentos antivirais.

A melhor maneira de se prevenir é evitar viagens para áreas onde estejam ocorrendo casos da doença, evitando, assim, o contato próximo com pessoas doentes ou portadoras do agente causador.

Nos terminais de viagens (portos, aeroportos), os passageiros devem ser orientados a procurar auxílio médico caso se enquadrem nas situações de risco (presença de um ou mais sintomas e proveniência de um dos países com casos de transmissão no período de dez dias anterior aos desembarques).

## DEFESAS DO ORGANISMO CONTRA OS VÍRUS

A natureza proteica dos vírus, agindo como antígeno, estimula o organismo parasitado a produzir **anticorpos específicos** e os **interferons**.

- A) **Anticorpos** – São proteínas de defesa, também conhecidas por imunoglobulinas, produzidas pelos plasmócitos contra um antígeno que penetra no organismo.

Os anticorpos são específicos, isto é, determinado anticorpo somente age contra aquele antígeno que induziu sua formação. É algo parecido com o modelo "chave-fechadura" das enzimas. A molécula de anticorpo se liga quimicamente ao antígeno (reação "antígeno-anticorpo"), neutralizando, assim, seu efeito. Muitas vezes, o anticorpo age ligando-se à parede celular do micro-organismo e permitindo que ele seja fagocitado mais facilmente pelos macrófagos e leucócitos.

- B) **Interferons** – Essas citocinas (proteínas que participam da regulação e reações imunológicas) foram descobertas por cientistas que estudavam a interferência na taxa de crescimento de alguns vírus em pacientes que já apresentavam outro tipo de vírus. Nessa situação, a taxa de crescimento viral era inibida por uma substância liberada pelas células afetadas. Descobriu-se, então, que as células poderiam liberar substâncias que incentivavam as células vizinhas a se prepararem para a invasão de patógenos, favorecendo a resposta imunológica. No homem, existem alguns tipos de interferons; destacam-se os: interferon  $\alpha$ , produzido pelos leucócitos; o interferon  $\beta$ , produzido por fibroblastos.

Os interferons são glicoproteínas relativamente pequenas capazes de proteger células semelhantes contra a ação de outros vírus agressores. Funcionam como uma espécie de mensageiro intercelular, isto é, atravessam a membrana da célula infectada (na qual foram produzidos) e "avisam" a determinadas células que ainda não foram agredidas da infecção. Nas células que ainda não foram infectadas, o interferon estimula a produção de uma outra proteína, a proteína inibidora da tradução ou TIP (*translational inhibitory protein*).

O TIP liga-se aos ribossomos da célula e os altera, de modo que o RNA-m dos vírus não é traduzido, sem, contudo, comprometer a tradução do RNA-m da célula. Isso permite que a célula continue funcionando normalmente, mas impede a síntese de proteínas virais em seu interior. Sem a produção das proteínas virais, novas partículas de vírus não são formadas dentro da célula. O interferon, portanto, age impedindo a multiplicação dos vírus no interior das células.

A produção de interferon, estimulada por um vírus, inibe a multiplicação de uma grande variedade de outros vírus. Assim, o interferon não tem especificidade, ou seja, exerce sua ação inibidora contra diversos vírus.

Novos estudos a respeito dos interferons têm revelado que essas substâncias apresentam bons resultados não só no combate de viroses, mas também no tratamento de outras doenças, como alguns tipos de câncer e esclerose múltipla.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFMG) PJ5Q Todas as alternativas apresentam precauções que devem ser tomadas para diminuir a incidência da dengue, exceto
- Esvaziar as garrafas que não estão em uso e guardá-las de cabeça para baixo.
  - Evitar a manutenção de água nos pratos de vasos de plantas.
  - Fazer furos nos recipientes a serem descartados para escoamento da água da chuva.
  - Lavar com água filtrada e ferver os alimentos antes de ingeri-los.
  - Trocar, semanalmente, a água dos bebedouros de animais, lavando-os com uma escova.

- 02.** (Albert Einstein-SP)



A charge faz uma sátira às múltiplas potencialidades vetoriais do mosquito *Aedes aegypti*.

Para completar a charge, seria necessário incluir mais uma bola com o nome

- malária.
- febre amarela.
- escarlatina.
- tuberculose.

- 03.** (UFMA) STRH Relacione as doenças listadas na coluna numerada com as células pelas quais os vírus causadores destas doenças têm afinidade de adesão.

- |                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| 1. Aids         | ( ) Neurônios                       |
| 2. Gripe        | ( ) Células das vias respiratórias  |
| 3. Poliomielite | ( ) Células das glândulas salivares |
| 4. Caxumba      | ( ) Linfócitos <i>T-helper</i>      |
| 5. Hepatite     | ( ) Hepatócitos                     |
- 2, 5, 3, 1, 4
  - 1, 2, 5, 4, 3
  - 3, 4, 2, 1, 5
  - 3, 2, 4, 1, 5
  - 3, 4, 1, 2, 5

- 04.** (PUC Minas) A maioria dos morcegos que vemos voando durante a noite na cidade são completamente inofensivos ao homem. São morcegos frugívoros, ou seja, que se alimentam de frutos. Existem também aqueles que são nectívoros, ou seja, se alimentam do néctar das flores. No entanto, no meio rural, ocorrem morcegos vampiros, atraídos pela existência de bois, vacas e cavalos, dos quais sugam o sangue. Eventualmente, esses morcegos podem sugar sangue do homem. Tal fato é preocupante, pois os morcegos hematófagos são, conhecidamente, transmissores de uma doença virótica e fatal, se não tratada a tempo.

A doença à qual o texto se refere é

- caxumba.
- hepatite.
- rubéola.
- raiva.
- sarampo.

- 05.** (Unicamp-SP-2022) As Doenças Tropicais Negligenciadas (DTN) são doenças transmissíveis que incidem e prevalecem em países tropicais e subtropicais. Elas afetam particularmente populações que vivem em situação de vulnerabilidade e restrição ao acesso a serviços de saúde, abastecimento de água potável, tratamento de esgoto, limpeza de resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais urbanas.

OMS lança novo roteiro 2021-2030 para as Doenças Tropicais Negligenciadas. Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. Disponível em: <https://www.sbmt.org.br/portal/omslanca-novo-roteiro-2021-2030-para-as-doencas-tropicaisnegligenciadas/>. Acesso em: 9 fev. 2022 (Adaptação).

Sobre as DTN, assinale a alternativa correta.

- São exemplos de DTN: hanseníase, doença de Chagas e gripe.
- O parasita que causa a DTN denominada leishmaniose é transmitido pelo barbeiro.
- Dengue, chikungunya, zika e febre amarela urbana são DTN transmitidas pelo mesmo inseto.
- As mudanças climáticas ajudam a controlar as doenças transmitidas pela água e por vetores, como mosquitos.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UERJ) B9M9 Pandemias graves de gripe por vírus *influenza* repetem-se, no mundo, a determinados intervalos de tempo, causando milhões de mortes. Cientistas da OMS alertam para o fato de que a gripe aviária, surgida no sudeste asiático, pode provocar uma nova pandemia.

O controle do alastramento desse vírus é problemático, não só devido às facilidades de transporte no mundo, mas, também, porque as vacinas produzidas para combatê-lo podem perder a sua eficácia com o tempo.

Essa perda de eficácia está associada à seguinte característica dos vírus *influenza*:

- A) Sofrer alterações em seu genoma com certa frequência.
- B) Inibir com eficiência a produção de anticorpos pelo hospedeiro.
- C) Destruir um grande número de células responsáveis pela imunidade.
- D) Possuir cápsula protetora contra a maioria das defesas do hospedeiro.

**02.** (PUC Minas) São medidas eficazes, a curto prazo, no controle do mosquito transmissor da dengue, exceto

- A) Deixar caixas-d'água tampadas.
- B) Emborcar as garrafas vazias deixadas a céu aberto.
- C) Furar o fundo das latas para que elas não possam acumular água.
- D) Não deixar água acumulada em pratos de vasos de plantas.
- E) Canalizar os córregos sanitários (esgotos).

**03.** (Unesp) No ano de 2007, pesquisadores da Universidade de Ulm, Alemanha, descobriram que, apesar do sêmen de portadores do HIV conter concentrações muito pequenas do vírus, uma proteína presente neste fluido atua como um excelente transportador de partículas do vírus HIV para as células-alvo, aumentando em até 100 mil vezes as possibilidades de um indivíduo ser infectado, caso tenha contato com o sêmen contaminado em tecido mucoso.

Disponível em: <http://www.brasilecola.com/saude/semem-hiv.htm>.

As informações contidas no texto reforçaram ainda mais a ideia de que, a partir daquela data, para evitar a transmissão da aids,

- A) é necessário o uso de camisinha durante a relação sexual.
- B) o homem deve realizar vasectomia para não liberar espermatozoides contaminados.
- C) a mulher deve utilizar pílula anticoncepcional para impedir a ação do sêmen.
- D) é necessário que as relações sexuais sejam feitas após higiene íntima.

**04.** (UFPE) "O Ecoturismo traz a ameaça da febre amarela de volta às grandes cidades brasileiras".

Essa manchete, em vários veículos de comunicação, despertava a atenção para o fato de alguns turistas, vindos da Chapada dos Veadeiros, em Goiás, terem falecido de febre amarela, no retorno aos seus lugares de origem – Brasília, Rio de Janeiro e São Paulo. Essa condição é restrita às áreas da Mata do Norte e do centro do país, uma vez que o reservatório natural do agente etiológico é o macaco.

A preocupação se justifica devido à falta de tratamento para a infecção e à alta taxa de mortalidade – 10% dos afetados.

Identifique, entre as afirmativas a seguir, a que trata do tema corretamente.

- A) O agente etiológico da febre amarela é um vírus que é transmitido nas matas por mosquitos silvestres, mas que, nos grandes centros urbanos, pode ser transmitido pelo *Aedes aegypti*, o mesmo vetor da dengue.
- B) A transmissão da febre amarela nas zonas endêmicas se dá pela contaminação das águas com fezes dos macacos infectados por um retrovírus disseminado pelo hemíptero, vulgarmente conhecido por barbeiro.
- C) Os principais sintomas são febre e dor de cabeça, com episódios de hemorragias; os tecidos mais atingidos são os músculos esqueléticos, onde se desenvolve o protozoário causador da doença, levando a óbito por asfixia.
- D) Nos centros urbanos, a medida preventiva singularmente importante é o combate ao rato, vetor da doença transmitida por sua urina.
- E) A falta de tratamento para a febre amarela torna a vacina tríplice BCG a medida mais eficaz para prevenir a doença, sobretudo nas crianças de 0 a 7 anos de idade, devido à imaturidade do sistema imunológico.

**05.** (UEL-PR-2019) Os vírus não pertencem a nenhum dos cinco reinos. Pesquisadores se dividem entre aqueles que não os consideram seres vivos, pois não possuem metabolismo próprio, e os que consideram que a capacidade de replicação, a hereditariedade e a evolução já são suficientes para considerá-los como tais. Com base nos conhecimentos sobre vírus, considere as afirmativas a seguir:

- I. Os vírus são constituídos por uma ou várias moléculas de ácido nucleico, protegidas por uma cápsula de proteína.
- II. Os vírus se reproduzem assexuadamente por bipartição, primeiramente duplicando seu material genético e, em seguida, dividindo-se.
- III. O vírus do cólera, doença transmitida pela saliva de seus portadores, causa fraqueza muscular progressiva, lesões na pele e nas mucosas.
- IV. Os vírus podem ser combatidos por vacinas fabricadas com agentes infecciosos atenuados, que promovem a reação do organismo ao produzir anticorpos específicos.

Assinale a alternativa correta.

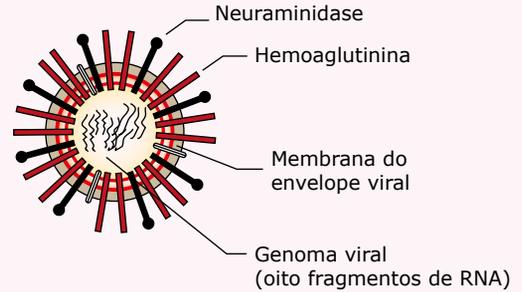
- A) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- E) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

- 06.** (UEM-PR-2020) O novo coronavírus, SARS-CoV-2, causador da covid-19 em humanos, possui ácido ribonucleico como material genético. Pesquisas identificaram o SARS-CoV-2 em animais; por exemplo, morcegos. Sobre esse assunto e correlatos, assinale o que for correto.
01. A covid-19 é um exemplo de endemia.
  02. SARS-CoV-2 é uma célula eucariótica com RNA livre no citosol.
  04. Indivíduos sem anticorpos para SARS-CoV-2 estão imunes ao vírus, motivo pelo qual são assintomáticos.
  08. A covid-19 é um exemplo de zoonose viral.
  16. A tuberculose é um exemplo de doença viral que ataca os pulmões.
- Soma ( )

- 07.** (Unicamp-SP) O HPV faz parte do grupo dos caudovírus. As verrugas genitais causadas pela infecção do vírus foram estudadas desde a Antiguidade, porém o vírus só foi descoberto 40 anos atrás.
- Pode-se afirmar corretamente que:
- A) A principal forma de se adquirir o HPV é através da ingestão de alimentos contaminados.
  - B) O câncer de colo de útero não pode ser causado pelo vírus HPV.
  - C) O vírus HPV pode permanecer latente por vários anos.
  - D) Não há tratamento nem vacina para o HPV.

- 08.** (CEFET-MG) A síndrome da imunodeficiência adquirida, conhecida popularmente como aids, é uma doença transmitida por um vírus que tem como material genético o RNA. Ao infectar o linfócito TCD4<sup>+</sup>, importante célula de defesa do corpo, esse vírus introduz, além do ácido nucleico, a transcriptase reversa. Essa enzima converte o RNA viral em DNA viral, possibilitando sua replicação, com consequente falência do sistema imunológico do indivíduo. Quando o número de linfócitos cai abaixo de 200 por mm<sup>3</sup> de sangue, é necessário que o paciente faça uso do conjunto de medicamentos com ação antirretroviral, conhecido como coquetel.
- Considerando-se que, após esse tratamento, o número de linfócitos de um determinado paciente aumentou, é correto concluir que esse fármaco promoveu a
- A) proliferação dos linfócitos TCD4<sup>+</sup>.
  - B) inibição da enzima transcriptase reversa.
  - C) destruição dos vírus presentes no paciente.
  - D) imunização dos pacientes ao vírus da aids.
  - E) incapacitação da transferência do RNA viral.

- 09.** (PUC Minas) A gripe suína, que também afeta seres humanos, é uma doença causada pelo vírus da Influenza A, dito H1N1 em função da presença de duas proteínas, hemoaglutinina e neuraminidase, na superfície do patógeno. O genoma viral é composto por oito fragmentos de RNA fita simples, que podem ser recombinados quando diferentes cepas virais infectam simultaneamente a mesma célula.



- A esse respeito, é incorreto afirmar:
- A) Os genes que codificam as proteínas neuraminidase e hemoaglutinina encontram-se no genoma viral.
  - B) A recombinação de diferentes cepas virais dificulta a produção de uma vacina definitiva para a gripe.
  - C) O RNA viral deve primeiro ser transformado em DNA para que o vírus possa produzir suas próprias proteínas.
  - D) A membrana do envelope viral é produzida pela célula hospedeira.

- 10.** (ACAFE-SC-2022) Sobre a aids ou sida, analise o excerto:

[...] A aids ou sida (siglas de *acquired immunodeficiency syndrome*, em inglês, ou síndrome da imunodeficiência adquirida) é causada pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV, do inglês, *human immunodeficiency virus*).

Entre outros fatores, a explosão demográfica, as migrações para as cidades e a reutilização de agulhas contaminadas teriam espalhado o vírus pelo continente africano. A partir da década de 1970, a agressividade do vírus aumentou, espalhando-se rapidamente pelo mundo, por meio de relações sexuais desprotegidas, do uso de drogas injetáveis com o compartilhamento de seringas e de transfusões sanguíneas. À medida que se espalhava, seu código genético sofria mutações e surgiam novas variedades do vírus.

[...] A análise sistemática nos ajuda a compreender, por exemplo, como a aids começou e como ocorreu a evolução do vírus HIV, por meio da comparação das sequências de nucleotídeos de várias linhagens desse vírus. A análise mostra que o HIV é semelhante aos vírus do grupo SIV (*simian immunodeficiency virus*), encontrados em chimpanzés e outros macacos. Assim, o vírus pode ter sido adquirido quando alguns seres humanos foram mordidos ou arranhados ao caçar chimpanzés infectados.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. *Biologia hoje*. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016. p. 14 e 25.

- Com relação ao vírus da aids, as mais modernas pesquisas indicam que:
- I. Os vírus atacam o sistema imunológico, em especial as células T-CD4<sup>+</sup>.
  - II. O HIV-1 teve origem na África Central, na primeira metade do século XX, relacionado a um vírus de chimpanzé que se adaptou aos organismos humanos, sendo a aids, primeiramente, reconhecida em 1981.



**03.** (Enem) No ano de 2009, registrou-se um surto global de gripe causada por um variante do vírus Influenza A, designada H1N1. A Organização Mundial de Saúde (OMS) solicitou que os países intensificassem seus programas de prevenção para que não houvesse uma propagação da doença. Uma das ações mais importantes recomendadas pela OMS era a higienização adequada das mãos, especialmente após tossir e espirrar.

A ação recomendada pela OMS tinha como objetivo

- A) reduzir a reprodução viral.
- B) impedir a penetração do vírus pela pele.
- C) reduzir o processo de autoinfecção viral.
- D) reduzir a transmissão do vírus no ambiente.
- E) impedir a seleção natural de vírus resistentes.

**04.** (Enem) A contaminação pelo vírus da rubéola é especialmente preocupante em grávidas, devido à síndrome da rubéola congênita (SRC), que pode levar ao risco de aborto e malformações congênitas. Devido a campanhas de vacinação específicas, nas últimas décadas houve uma grande diminuição de casos de rubéola entre as mulheres, e, a partir de 2008, as campanhas se intensificaram e têm dado maior enfoque à vacinação de homens jovens.

BRASIL. *Brasil livre da rubéola: campanha nacional de vacinação para eliminação da rubéola*. Brasília: Ministério da Saúde, 2009 (Adaptação).

Considerando a preocupação com a ocorrência da SRC, as campanhas passaram a dar enfoque à vacinação dos homens, porque eles

- A) ficam mais expostos a esse vírus.
- B) transmitem o vírus a mulheres gestantes.
- C) passam a infecção diretamente para o feto.
- D) transferem imunidade às parceiras grávidas.
- E) são mais suscetíveis a esse vírus que as mulheres.

**05.** (Enem) Milhares de pessoas estavam morrendo de varíola humana no final do século XVIII. Em 1796, o médico Edward Jenner (1749-1823) inoculou em um menino de 8 anos o pus extraído de feridas de vacas contaminadas com o vírus da varíola bovina, que causa uma doença branda em humanos. O garoto contraiu uma infecção benigna e, dez dias depois, estava recuperado. Meses depois, Jenner inoculou, no mesmo menino, o pus varioloso humano, que causava muitas mortes. O menino não adoeceu.

Disponível em: [www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk). Acesso em: 5 dez. 2012 (Adaptação).

Considerando o resultado do experimento, qual a contribuição desse médico para a saúde humana?

- A) A prevenção de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo.
- B) A compreensão de que vírus podem se multiplicar em matéria orgânica.
- C) O tratamento para muitas enfermidades que acometem milhões de pessoas.
- D) O estabelecimento da ética na utilização de crianças em modelos experimentais.
- E) A explicação de que alguns vírus de animais podem ser transmitidos para os humanos.

**06.** (Enem) Durante as estações chuvosas, aumentam no Brasil as campanhas de prevenção à dengue, que têm como objetivo a redução da proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus da dengue. Que proposta preventiva poderia ser efetivada para diminuir a reprodução desse mosquito?

- A) Colocação de telas nas portas e janelas, pois o mosquito necessita de ambientes cobertos e fechados para a sua reprodução.
- B) Substituição das casas de barro por casas de alvenaria, haja vista que o mosquito se reproduz na parede das casas de barro.
- C) Remoção dos recipientes que possam acumular água, porque as larvas do mosquito se desenvolvem nesse meio.
- D) Higienização adequada de alimentos, visto que as larvas do mosquito se desenvolvem nesse tipo de substrato.
- E) Colocação de filtros de água nas casas, visto que a reprodução do mosquito acontece em águas contaminadas.

**07.** (Enem) Investigadores das Universidades de Oxford e da Califórnia desenvolveram uma variedade de *Aedes aegypti* geneticamente modificada que é candidata para uso na busca de redução na transmissão do vírus da dengue. Nessa nova variedade de mosquito, as fêmeas não conseguem voar devido à interrupção do desenvolvimento do músculo das asas. A modificação genética introduzida é um gene dominante condicional, isto é, o gene tem expressão dominante (basta apenas uma cópia do alelo) e este só atua nas fêmeas.

FU, G. *Female-specific flightless phenotype for mosquito control*. *PNAS*, v. 107, n. 10, 2010. p. 4 550-4 554.

Prevê-se, porém, que a utilização dessa variedade de *Aedes aegypti* demore ainda anos para ser implementada, pois há demanda de muitos estudos com relação ao impacto ambiental. A liberação de machos de *Aedes aegypti* dessa variedade geneticamente modificada reduziria o número de casos de dengue em uma determinada região porque

- A) diminuiria o sucesso reprodutivo desses machos transgênicos.
- B) restringiria a área geográfica de voo dessa espécie de mosquito.
- C) dificultaria a contaminação e reprodução do vetor natural da doença.
- D) tornaria o mosquito menos resistente ao agente etiológico da doença.
- E) dificultaria a obtenção de alimentos pelos machos geneticamente modificados.

**08.** (Enem) O *Aedes aegypti* é o vetor transmissor da dengue. Uma pesquisa feita em São Luís-MA, de 2000 a 2002, mapeou os tipos de reservatório onde esse mosquito era encontrado.

A tabela a seguir mostra parte dos dados coletados nessa pesquisa.

Tipos de reservatório	População de <i>A. aegypti</i>		
	2000	2001	2002
Pneu	895	1 658	974
Tambor / tanque / depósito de barro	6 855	46 444	32 787
Vaso de planta	456	3 191	1 399
Material de construção / peça de carro	271	436	276
Garrafa / lata / plástico	675	2 100	1 059
Poço / cisterna	44	428	275
Caixa-d'água	248	1 658	1 178
Recipiente natural, armadilha, piscina e outros	615	2 658	1 178
Total	10 059	58 604	38 962

CADERNO SAÚDE PÚBLICA. v. 20, n. 5, Rio de Janeiro, out. 2004 (Adaptação).

De acordo com essa pesquisa, o alvo inicial para redução mais rápida dos focos do mosquito vetor da dengue nesse município deveria ser constituído por

- A) pneus e caixas-d'água.
- B) tambores, tanques e depósitos de barro.
- C) vasos de plantas, poços e cisternas.
- D) materiais de construção e peças de carro.
- E) garrafas, latas e plásticos.

09. (Enem) Uma nova preocupação atinge os profissionais que trabalham na prevenção da aids no Brasil. Tem-se observado um aumento crescente, principalmente entre jovens, de novos casos de aids, questionando-se, inclusive, se a prevenção vem sendo ou não relaxada. Essa temática vem sendo abordada pela mídia:

Medicamentos já não fazem efeito em 20% dos infectados pelo vírus HIV. Análises revelam que um quinto das pessoas recém-infectadas não havia sido submetido a nenhum tratamento e, mesmo assim, não responderam às duas principais drogas antiaids. Dos pacientes estudados, 50% apresentavam o vírus FB, uma combinação dos dois subtipos mais prevalentes no país, F e B.

JORNAL DO BRASIL. 2 out. 2001 (Adaptação).

Dadas as afirmações anteriores, considerando o enfoque da prevenção, e devido ao aumento de casos da doença em adolescentes, afirma-se que

- I. o sucesso inicial dos coquetéis anti-HIV talvez tenha levado a população a se descuidar e não utilizar medidas de proteção, pois se criou a ideia de que estes remédios sempre funcionam.
- II. os vários tipos de vírus estão tão resistentes que não há nenhum tipo de tratamento eficaz e nem mesmo qualquer medida de prevenção adequada.

III. os vírus estão cada vez mais resistentes e, para evitar sua disseminação, os infectados também devem usar camisinhas e não apenas administrar coquetéis.

Está correto o que se afirma em

- A) I, apenas.
- B) II, apenas.
- C) I e III, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II e III.

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. B
- 03. D
- 04. D
- 05. C

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. E
- 03. A
- 04. A
- 05. B
- 06. Soma = 08
- 07. C
- 08. B
- 09. C
- 10. C
- 11. B
- 12.
  - A) Porque a vacina não é 100% eficaz, além de não prevenir outras infecções sexualmente transmissíveis.
  - B) A vacina é produzida a partir de fragmentos do agente causador da doença. A vacinação estimula a produção de anticorpos específicos no organismo para o combate ao antígeno.

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. B
- 03. D
- 04. B
- 05. A
- 06. C
- 07. C
- 08. B
- 09. C

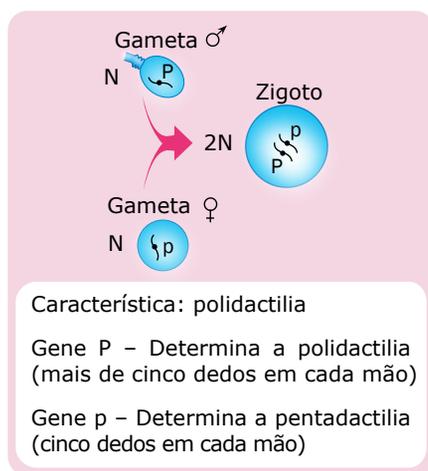


Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Genética: Conceitos Fundamentais

As unidades responsáveis pelas características hereditárias, os genes, são segmentos de DNA que normalmente se localizam em estruturas celulares denominadas cromossomos. Cada cromossomo é constituído por uma única molécula de DNA e, em cada molécula de DNA, existem diversos genes. O local que o gene ocupa no cromossomo é denominado loco ou *locus* gênico.

De um modo geral, nas células diploides (2N), para cada característica hereditária, existe um par de genes, enquanto, nas células haploides (N), existe apenas um gene para cada característica. Veja o exemplo esquematizado a seguir:



Observe que, em cada gameta, para a característica número de dedos em cada mão, existe apenas um gene, enquanto, no zigoto, temos um par de genes.

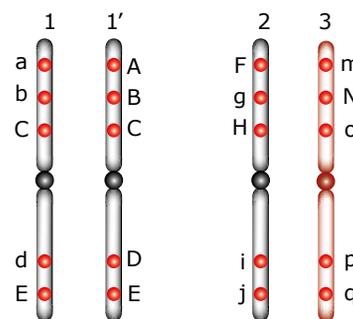
### GENES ALELOS

Nas células diploides (2N), os cromossomos se distribuem aos pares, sendo denominados de cromossomos homólogos. Em cada par de cromossomos homólogos, um dos cromossomos é de origem paterna e o outro, de origem materna.

Em um par de cromossomos homólogos, os genes que se localizam nos mesmos *loci* (plural de *locus*) são ditos genes alelos ou alelomorfos. Em um par de genes alelos, um dos genes é de origem paterna e o outro, de origem materna.

Os genes alelos se relacionam com uma mesma característica e podem ser iguais ou diferentes. Quando o indivíduo apresenta em suas células genes alelos iguais para uma determinada característica, esse indivíduo é dito homocigoto ou “puro” para a referida característica; quando os alelos são diferentes, o indivíduo é dito heterocigoto ou “híbrido”.

A figura a seguir mostra exemplos de pares de alelos homocigotos e heterocigotos.



Os cromossomos 1 e 1' são homólogos. Os genes que neles ocupam os mesmos loci são genes alelos. Os genes alelos se relacionam com uma mesma característica. Assim, a é alelo de A; b é alelo de B; C é alelo de C; d é alelo de D; E é alelo de E. Nesse exemplo, o indivíduo é homocigoto para as características determinadas pelos pares CC e EE e heterocigoto para aquelas determinadas pelos pares Aa, Bb e Dd. Os cromossomos 2 e 3 são heterólogos (não homólogos). Os genes que neles se encontram não são alelos.

Entre os genes alelos, quando em heterocigose, pode-se ter o fenômeno da dominância completa, da ausência de dominância e da codominância.

- **Dominância completa** ou **absoluta** – Quando um alelo, denominado gene dominante, manifesta sua ação em homocigose e em heterocigose. O alelo que, em heterocigose, não manifesta sua ação é dito gene recessivo. Em outras palavras, pode-se dizer que um gene é dominante quando manifesta a sua ação em dose dupla (homocigose) ou em dose simples (heterocigose), enquanto o gene recessivo só manifesta sua ação na ausência do gene dominante ou se estiver em dose dupla (homocigose).

Veja o exemplo a seguir:

### Dominância completa

Característica: Pigmentação da pele na espécie humana.

Gene A → Determina a pigmentação da pele.

Gene a → Determina a apigmentação da pele (albinismo).

Para a característica em questão, o indivíduo poderá ter uma entre as seguintes combinações de genes alelos:

AA → O indivíduo será pigmentado.

Aa → O indivíduo também será pigmentado.

aa → O indivíduo será apigmentado (albino).

Nesse exemplo, observa-se:

Gene A → É o gene dominante.

Gene a → É o gene recessivo.

Quando existe o fenômeno da dominância absoluta entre os alelos, a letra minúscula representa o gene recessivo e a maiúscula, o dominante. A letra do alfabeto que geralmente se escolhe para representar esses genes é a letra inicial do nome da manifestação recessiva. No exemplo anterior, usou-se a letra A por ser a inicial da manifestação recessiva (apigmentado ou albino).

- **Ausência de dominância** – Não existe dominância entre os alelos. Assim, o indivíduo heterozigoto apresenta uma manifestação intermediária entre a dos dois homozigotos. Por isso, alguns autores consideram um caso de herança intermediária ou incompleta.

Veja o exemplo a seguir:

### Ausência de dominância

Característica: Cor das flores na planta boca-de-leão.

Gene F<sup>V</sup> → Determina a formação de flores vermelhas.

Gene F<sup>B</sup> → Determina a formação de flores brancas.

Para a característica em questão, a planta poderá ter uma das seguintes combinações de genes:

F<sup>V</sup>F<sup>V</sup> → Flores vermelhas.

F<sup>V</sup>F<sup>B</sup> → Flores rosas.

F<sup>B</sup>F<sup>B</sup> → Flores brancas.

Observe que a cor das flores da planta heterozigota (F<sup>V</sup>F<sup>B</sup>) é intermediária entre a cor das flores das plantas homozigotas F<sup>V</sup>F<sup>V</sup> (flores vermelhas) e F<sup>B</sup>F<sup>B</sup> (flores brancas).

- **Codominância** – No indivíduo heterozigoto, os dois alelos manifestam suas ações.

Veja o exemplo a seguir:

### Codominância

Característica: Cor da pelagem no gado da raça Shorthorn.

Gene V → Determina a formação de pelos vermelhos.

Gene B → Determina a formação de pelos brancos.

O animal para a característica em questão poderá ter as seguintes combinações gênicas:

VV → Pelos vermelhos.

VB → Pelos vermelhos e pelos brancos.

BB → Pelos brancos.

Observe que, no heterozigoto, há manifestação dos dois alelos.

Nesse caso, diz-se que os alelos são codominantes.

## GENÓTIPO E FENÓTIPO

Os genes que um indivíduo possui para determinada característica constituem o seu **genótipo** para a referida característica. A manifestação do genótipo é o **fenótipo**. Veja o exemplo no quadro a seguir:

Vamos admitir que, na espécie humana, para a característica pigmentação da pele, existem o gene A (para a pigmentação) e o gene a (para a apigmentação ou albinismo), sendo o gene A dominante e o gene a, recessivo. Entre esses dois alelos, há, portanto, um caso de dominância absoluta. Assim, com esses dois genes, pode-se ter os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
AA	Pigmentado
Aa	Pigmentado
aa	Apigmentado

Observe que, quando existe dominância absoluta entre os alelos, genótipos diferentes (AA e Aa) podem determinar um mesmo fenótipo.

O termo “genótipo” é usado para indicar tanto um gene específico como um conjunto de genes de um indivíduo. Pode-se, por exemplo, falar do genótipo total de uma pessoa ou de seu genótipo quanto a uma determinada característica apenas. O termo “genoma”, por sua vez, é usado para designar o lote completo de genes que caracterizam uma espécie, ou seja, a totalidade da informação genética contida no DNA da célula (RNA, em alguns vírus). O fenótipo de muitas características é visível e detectável a olho nu. É o caso, por exemplo, da cor dos olhos (azul, verde, castanho). Por outro lado, existem características em que o fenótipo não é visível, mas pode ser deduzido ou detectado por meio de exames especiais.

É o que acontece, por exemplo, com a característica tipo sanguíneo (sangue A, sangue B, sangue AB e sangue O).

Muitas vezes, fatores do meio ambiente podem exercer influência no fenótipo, levando a uma manifestação que não corresponde exatamente ao que se podia esperar em função exclusivamente do genótipo. A essa influência, dá-se o nome de peristase. Por exemplo: uma pessoa que tem um genótipo determinante de pele clara, isto é, com pouca produção de melanina, pode torná-la um pouco mais escura expondo-se com frequência à ação dos raios solares. Os raios solares são capazes de acelerar a síntese do pigmento melanina na nossa pele, proporcionando o bronzeamento desta. Assim, pode-se dizer que, para muitas características, o fenótipo resulta da interação do genótipo com o meio.

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} + \text{Influência do meio}$$

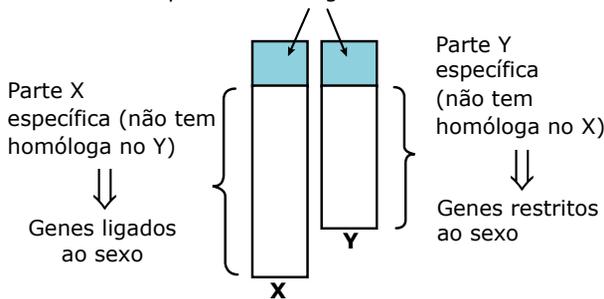
É bom ressaltar que o meio em questão não é somente o ambiente externo ao corpo do indivíduo. É também o ambiente interno, representado por tudo o que cerca os cromossomos, como o nucleoplasma e o citoplasma.

## HERANÇA GENÉTICA

Os genes recebidos dos pais e transmitidos aos descendentes por meio da reprodução constituem a chamada herança genética. Conforme já vimos, caso haja ou não dominância entre os alelos, quando em heterozigose, a herança pode ser com dominância completa, dominância incompleta (intermediária) ou codominância.

Nas espécies em que os cromossomos estão distribuídos em dois grupos, autossomos e heterossomos (alossomos, cromossomos sexuais), a herança pode ser autossômica ou heterossômica. Quando os genes estão localizados em autossomos (genes autossômicos, característica autossômica), a herança é dita autossômica. Quando localizados nos heterossomos, a herança pode ser parcialmente ligada ao sexo, ligada ao sexo ou, ainda, restrita ao sexo.

Partes homólogas do X e Y (pseudautossômicos)  
⇒ Genes parcialmente ligados ao sexo.



*Cromossomos sexuais humanos – Os cromossomos sexuais X e Y possuem partes homólogas e partes não homólogas. Quando os genes se localizam nas partes homólogas do X e do Y, a herança é dita parcialmente ligada ao sexo (incompletamente ligada ao sexo, pseudautossômica); quando localizados na parte X específica, a herança é ligada ao sexo (ligada ao X); quando se localizam na parte Y específica, temos a herança restrita ao sexo (holândrica).*

Devido à influência dos hormônios sexuais, certos genes autossômicos podem se comportar diferentemente nos dois sexos, ou seja, manifestar-se em um dos sexos como dominante e no sexo oposto como recessivo. Nesse caso, a herança é dita influenciada pelo sexo. É o caso, por exemplo, do gene para a calvície na espécie humana, que se comporta como dominante no sexo masculino e como gene recessivo no sexo feminino.

Calvície hereditária na espécie humana		
Gene C → calvície Gene C' → ausência de calvície		
Genótipos	Fenótipos	
	Homem	Mulher
CC	Calvo	Calva
CC'	Calvo	Não calva
C'C'	Não Calvo	Não calva

Observe que o gene C (calvície), no sexo masculino, expressa sua ação em homozigose e em heterozigose, tendo, portanto, um comportamento de gene dominante. Já no sexo feminino, esse gene só expressa sua ação quando em homozigose, comportando-se, portanto, como gene recessivo.

Também devido aos efeitos dos hormônios sexuais, existe ainda a chamada herança com efeito limitado ao sexo. Nesse caso, os genes autossômicos ocorrem nos dois sexos, mas só se manifestam em um deles. Um bom exemplo ocorre no gado leiteiro, em que os genes destinados à produção de leite estão presentes nos machos e nas fêmeas, mas manifestam-se apenas nas fêmeas.

## POLIALELIA (ALELOS MÚLTIPLOS)

Para certas características genéticas, como cor das flores na planta dente-de-leão, existem apenas dois genes alelos diferentes ( $F^V$  e  $F^B$ ) e, conseqüentemente, esses dois genes podem originar apenas três genótipos distintos ( $F^V F^V$ ,  $F^V F^B$  e  $F^B F^B$ ). Para algumas características, entretanto, existem mais de dois genes alelos diferentes que podem ocupar os mesmos *loci* num par de cromossomos homólogos. Nesse caso, fala-se que, na característica, há uma polialelia ou alelos múltiplos.

Um bom exemplo de polialelia aparece na característica coloração da pelagem em coelhos, em que se encontram as variedades aguti (selvagem), chinchila, himalaia e albino. Nessa característica, existe uma série de quatro genes alelos. São eles:

**Gene C** → condiciona uma pelagem com três faixas coloridas, sendo a mais próxima da pele de cor cinza-escuro, a intermediária de cor amarela e a mais superficial de cor preta ou marrom. Esses coelhos são ditos agutis ou selvagens.

**Gene  $c^{ch}$**  → condiciona uma pelagem cinza-prateada devido à combinação dos pigmentos preto e cinza em seus pelos, sendo ausente o pigmento marrom. Esses coelhos são chamados de chinchilas.

**Gene  $c^h$**  → condiciona uma pelagem branca na maior parte do corpo e pelos pretos nas extremidades (focinho, orelhas, patas e rabo). São os coelhos himalaia.

**Gene  $c^a$**  → condiciona ausência total de pigmentos na pelagem. Os pelos são totalmente brancos. Esses coelhos são ditos albinos.

Na série de genes alelos anterior, a ordem de dominância de um gene sobre o(s) outro(s) ocorre na seguinte sequência:  $C > c^{ch} > c^h > c^a$ . O gene C é, portanto, o mais dominante dessa série, uma vez que domina todos os outros; já o gene  $c^a$  é o mais recessivo de todos. Assim, para a característica cor da pelagem, os coelhos podem apresentar os seguintes genótipos e correspondentes fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
CC, $Cc^{ch}$ , $Cc^h$ e $Cc^a$	Aguti ou selvagem
$c^{ch}c^{ch}$ , $c^{ch}c^h$ e $c^{ch}c^a$	Chinchila
$c^hc^h$ e $c^hc^a$	Himalaia
$c^ac^a$	Albino

## PLEIOTROPIA

Constitui o fenômeno em que um mesmo genótipo é responsável por mais de uma manifestação fenotípica. Nesse caso, os genes envolvidos são ditos pleiotrópicos (do grego *pleios*, mais). Veja o exemplo a seguir:

Em camundongos (*Mus musculus*), o mesmo par de genes alelos que determina a coloração cinza ou branca da pelagem também é responsável pela maior ou menor agressividade do animal. Veja que são duas características: cor da pelagem e grau de agressividade do animal. Assim, nos camundongos, pode-se ter:

- **Gene B**, que condiciona a formação de pelagem cinza e comportamento muito agressivo.
- **Gene b**, que condiciona a formação de pelagem branca e comportamento pouco agressivo.

Os genótipos e respectivos fenótipos que podem existir resultantes da combinação entre esses dois genes são:

Genótipos	Fenótipos
BB →	Cinza e muito agressivo
Bb →	Cinza e muito agressivo
bb →	Branco e pouco agressivo (dócil)

Assim, todo camundongo branco (bb) é mais manso (menos agressivo), enquanto todo camundongo cinzento (BB ou Bb) é muito agressivo.

Um bom exemplo de pleiotropia na espécie humana é o do gene responsável pela anemia falciforme. Tal anomalia é resultante da substituição de um único aminoácido num determinado trecho da molécula de hemoglobina, o que acarreta a formação de uma hemoglobina anômala (hemoglobina s). Essa hemoglobina anômala, por sua vez, faz com que as hemácias (glóbulos vermelhos) tenham uma forma também anômala, que lembra a lâmina de uma foice (daí o termo *falciforme*). Essas hemácias falciformes, por sua vez, são destruídas mais rapidamente que as hemácias normais, causando, conseqüentemente, a anemia. Em consequência dessa anemia, haverá o comprometimento de praticamente todo o metabolismo normal do indivíduo, que apresentará, por exemplo, fraqueza, diminuição das funções mentais, insuficiência cardíaca, desenvolvimento físico retardado, etc. Por outro lado, o indivíduo que tem anemia falciforme é mais resistente à malária provocada pelo *Plasmodium falciparum*. Assim, há várias manifestações fenotípicas determinadas por um mesmo genótipo.

## GENES LETAIS

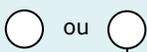
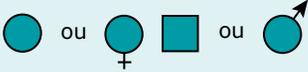
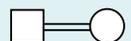
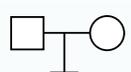
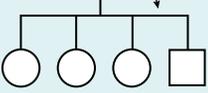
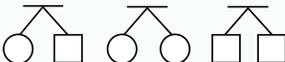
Genes letais são aqueles que, ao manifestarem sua ação, acarretam a morte do indivíduo, o que, dependendo do tipo de gene, pode ocorrer durante a vida embrionária ou na vida pós-natal (após o nascimento). Quando o gene letal provoca a morte, quer esteja em homozigose ou em heterozigose, ele é considerado dominante para a letalidade. Caso provoque a morte apenas quando em homozigose, é dito recessivo para a letalidade.

Um bom exemplo de gene letal dominante é o que causa a doença conhecida por Coreia de Huntington. Tal doença causa degeneração nervosa, tremores generalizados e deterioração mental e física. Tais anomalias são progressivas e irreversíveis, culminando na morte do indivíduo. O gene responsável por essa doença é um gene letal dominante. Veja o quadro a seguir:

Coreia de Huntington	
Gene H → Condiciona a doença Coreia de Huntington.	
Gene h → Condiciona a normalidade.	
Genótipos	Fenótipos
HH	Doente → morte
Hh	Doente → morte
hh	Normal
A doença manifesta-se numa idade entre a infância e a velhice, na maioria dos casos, por volta dos 35 anos de idade. Nos casos em que a doença se manifesta tardiamente, os seus portadores podem se casar antes do aparecimento dos sintomas, sem saber que são afetados e, assim, transmitir o gene H para os seus descendentes, contribuindo para a propagação e para a perpetuação da doença.	

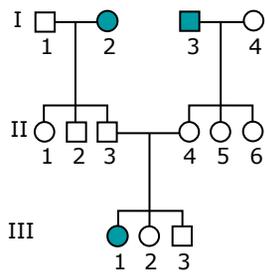
# HEREDOGRAMAS

Heredogramas, genealogias, cartas genealógicas ou *pedigrees* são representações gráficas da herança de determinada característica hereditária em uma família. Os símbolos convencionais mais comumente usados na construção dos heredogramas estão relacionados a seguir:

	Sexo masculino.
	Sexo feminino.
	Sexo ignorado (indivíduo de sexo não informado).
	Indivíduos que manifestam a característica estudada, que pode ser ou não uma anomalia. Quando é uma doença ou anomalia genética, tais indivíduos também podem ser ditos afetados.
	Cruzamento ("casamento").
	Cruzamento consanguíneo (entre parentes próximos).
	Casal estéril (sem filhos).
<p>Linha da irmandade</p> 	Filhos (os irmãos são colocados a partir da esquerda para a direita na ordem em que nasceram, ligados a uma linha horizontal, denominada linha de irmandade).
	Gêmeos dizigóticos (DZ) ou bivitelinos.
	Gêmeos monozigóticos (MZ) ou univitelinos.

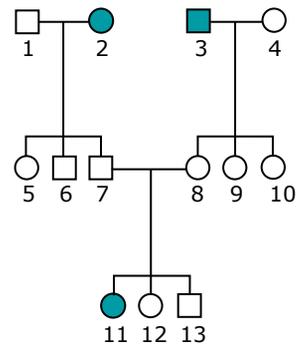
A numeração dos indivíduos no heredograma pode ser feita de diferentes maneiras. Veja os exemplos a seguir:

**Exemplo 1:**



Os algarismos romanos indicam as diferentes gerações representadas no heredograma. Em cada geração, os indivíduos são numerados, em ordem crescente, da esquerda para a direita. Faz-se referência a um indivíduo citando a sua geração e seu respectivo número dentro da geração. Por exemplo: os indivíduos afetados representados no heredograma anterior são os identificados por I-2, I-3 e III-1.

**Exemplo 2:**



Os indivíduos são numerados, em ordem crescente, da esquerda para a direita. Faz-se referência a um indivíduo citando o seu número. Por exemplo: os indivíduos afetados representados no heredograma anterior são os de números 2, 3 e 11.

## NOÇÕES DE PROBABILIDADE

O estudo da transmissão das características hereditárias, isto é, o estudo da Genética, exige algum conhecimento a respeito da teoria das probabilidades. Assim, antes de iniciarmos o estudo da Genética propriamente dito, veremos algumas regras básicas dessa importante parte da Matemática.

A probabilidade é a frequência esperada da ocorrência de um certo evento, ou seja, é a chance que um fenômeno tem de ocorrer. Seu cálculo é feito por meio da seguinte relação:

$$\text{Probabilidade} = \frac{\text{N. de vezes da ocorrência desejada}}{\text{N. de vezes de todas as ocorrências possíveis}}$$

**Exemplo:** Numa urna, existem 30 bolas brancas e 10 bolas pretas. Qual a probabilidade de se retirar dessa urna uma bola branca?

### Resolução:

Note que o número total de bolas é igual a 40, sendo 30 delas brancas. Quando colocamos a mão na urna e retiramos aleatoriamente uma única bola, podemos retirar qualquer uma das 40 bolas. Como o desejado em questão é que se retire, no universo das 40 bolas, uma bola branca, a probabilidade de ocorrência desse evento será obtida da seguinte maneira:

$$P = \frac{\text{N. de bolas brancas (ocorrência desejada)}}{\text{N. total de bolas da urna (ocorrências possíveis)}}$$

Assim, a probabilidade corresponderá a  $30/40 = 3/4$  (75%).

Resposta:  $3/4$  (75%)

Quando se calcula a probabilidade de dois ou mais eventos, deve-se considerar se eles são mutuamente exclusivos ou se são eventos independentes.

## Eventos mutuamente exclusivos

São aqueles em que a ocorrência de um exclui a possibilidade da ocorrência de outro(s) ao mesmo tempo. Nesse caso, a probabilidade será obtida pela soma das probabilidades isoladas de cada um dos eventos.

**Exemplo:** No lançamento de um dado normal, qual é a probabilidade de se obter a face 4 **ou** a face 5?

### Resolução:

Observe que, nesse caso, a ocorrência de um dos eventos desejados exclui a possibilidade de ocorrência do outro ao mesmo tempo, ou seja, é um **ou** outro. Assim, tem-se:

- Probabilidade de sair a face 4 =  $1/6$
- Probabilidade de sair a face 5 =  $1/6$
- Probabilidade de sair a face 4 **ou** a face 5 =  $1/6 + 1/6 = 2/6 = 1/3$

Resposta:  $1/3$  (33,333...%)

## Eventos independentes

São aqueles que podem ocorrer simultaneamente, isto é, a ocorrência de um não exclui a possibilidade de ocorrência do(s) outro(s) ao mesmo tempo. Nesse caso, a probabilidade é obtida pelo produto das probabilidades isoladas de cada um dos eventos.

**Exemplo:** No lançamento simultâneo de um dado normal e de uma moeda de duas faces ("cara" e "coroa"), qual é a probabilidade de se obter a face 4 no dado **e** a face "coroa" na moeda?

### Resolução:

Observe que o fato de sair a face 4 no dado não exclui a possibilidade de sair a face "coroa" na moeda e vice-versa, ou seja, os dois eventos desejados são independentes. Assim, tem-se:

- Probabilidade de sair a face 4 no dado =  $1/6$
- Probabilidade de sair a face "coroa" na moeda =  $1/2$
- Probabilidade de sair a face 4 no dado **e** a face "coroa" na moeda =  $1/6 \cdot 1/2 = 1/12$

Resposta:  $1/12$  (8,333...%)

## Regra do "ou" e regra do "e"

É costume dizer que a resolução da probabilidade de eventos mutuamente exclusivos é feita por meio da **regra do "ou"**, enquanto a probabilidade de eventos independentes obedece à **regra do "e"**.

- **Regra do "ou"** – Aplica-se para **eventos mutuamente exclusivos**. A probabilidade é igual à soma das probabilidades de cada evento em separado, isto é, calcula-se separadamente a probabilidade de cada evento e, ao fim, somam-se todas elas.
- **Regra do "e"** – Aplica-se para **eventos independentes**. A probabilidade é dada pelo produto das probabilidades de cada evento em separado, ou seja, calcula-se separadamente a probabilidade de cada evento e, em seguida, multiplica-se uma(s) pela(s) outra(s).

Existem situações em que, para se chegar ao resultado final da probabilidade desejada, deve-se combinar a **regra do "ou"** com a **regra do "e"**. Veja o exemplo:

Em três lançamentos consecutivos de uma moeda, qual a probabilidade de serem obtidas duas "caras" e uma "coroa"?

### Resolução:

Observe que o desejado é a obtenção de duas faces "caras" e uma face "coroa", não importando a ordem em que esses eventos ocorram. Assim, conforme mostra o quadro a seguir, são possíveis três diferentes ordens de ocorrência, envolvendo duas "caras" e uma "coroa" que satisfazem ao desejado, ou seja: "cara", "cara", "coroa" **ou** "cara", "coroa", "cara" **ou** "coroa", "cara", "cara".

1º Lançamento	2º Lançamento	3º Lançamento
"cara"	"cara"	"coroa"
"cara"	"coroa"	"cara"
"coroa"	"cara"	"cara"

Nesse exemplo, procede-se da seguinte maneira:

- Probabilidade de sair a face "cara" em qualquer lançamento de uma moeda =  $1/2$
- Probabilidade de sair a face "coroa" em qualquer lançamento de uma moeda =  $1/2$
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "cara", "cara", "coroa" =  $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/8$
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "cara", "coroa", "cara" =  $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/8$
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "coroa", "cara", "cara" =  $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/8$

Assim, em três lançamentos consecutivos de uma moeda, a probabilidade de se obterem duas "caras" e uma "coroa" corresponderá a:

$$1/8 + 1/8 + 1/8 = 3/8.$$

Resposta:  $3/8$  (37,5%)

Esse mesmo resultado pode ser obtido aplicando-se o binômio de Newton:  $(p + q)^n$ , em que  $p$  representa a probabilidade de se obter a face "cara",  $q$ , a probabilidade de se obter "coroa" e  $n$  corresponde ao número de lançamentos feitos. Como nesse exemplo foram feitos três lançamentos da moeda, o binômio será  $(p + q)^3$ .

Desenvolvendo o binômio anterior, obtemos:

$$(p + q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3.$$

Como o desejado no caso são duas "caras" e uma "coroa", o termo do binômio que usaremos é o  $3p^2q$ . Substituindo os valores de  $p$  e  $q$  nesse termo, teremos:

$$3 \cdot (1/2)^2 \cdot 1/2 = 3 \cdot 1/4 \cdot 1/2 = 3/8.$$

Resposta:  $3/8$

Uma outra maneira de se chegar a esse mesmo resultado consiste em calcular a ocorrência da probabilidade desejada numa ordem qualquer e multiplicar pelo número de ordens ou combinações possíveis que podem existir.

Para calcular o número de ordens ou combinações possíveis, usa-se a fórmula  $n! / p!(n-p)!$ , em que  $n$  é o número de elementos que entram no cálculo e  $p$  é uma das alternativas. Como, nesse exemplo, foram feitos três lançamentos,  $n = 3$ . O  $p$  pode representar 2 (duas "caras") ou 1 (uma "coroa"). Vamos considerar que  $p$  seja igual a 2. Substituindo os valores de  $n$  e  $p$  na fórmula anterior, teremos:

$$3!/2!(3-2)! = 1.2.3/1.2.1 = 3.$$

Assim, em três lançamentos de uma moeda, existem três ordens diferentes em que poderão sair duas faces "caras" e uma face "coroa". Essas ordens, conforme já foi visto, são: "cara", "cara", "coroa" ou "cara", "coroa", "cara" ou "coroa", "cara", "cara". Como a probabilidade de sair duas faces "caras" e uma face "coroa" numa ordem qualquer =  $1/8$ , a probabilidade de se obterem duas "caras" e uma "coroa", independentemente da ordem que tais eventos ocorram, será correspondente a

$$3 \cdot 1/8 = 3/8.$$

Resposta:  $3/8$

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (UDESC) Relacione os conceitos dos verbetes, utilizados na Genética, do primeiro grupo com o significado do segundo grupo.

- 7JHY
- (1) Genótipo  
(2) Fenótipo  
(3) Alelo dominante  
(4) Alelo recessivo  
(5) Cromossomos homólogos  
(6) Locus gênico
- ( ) Expressa-se mesmo em heterozigose.  
( ) Pareiam-se durante a meiose.  
( ) Conjunto de características morfológicas ou funcionais do indivíduo.  
( ) Local ocupado pelos genes nos cromossomos.  
( ) Constituição genética dos indivíduos.  
( ) Expressa-se apenas em homozigose.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo.

- A) 4 - 6 - 5 - 2 - 1 - 3      D) 3 - 5 - 2 - 6 - 1 - 4  
B) 3 - 5 - 6 - 2 - 1 - 4      E) 4 - 3 - 1 - 5 - 6 - 2  
C) 3 - 5 - 1 - 6 - 2 - 4

**02.** (UFRGS-RS) As reações bioquímicas, em sua maioria, são interligadas e, frequentemente, interdependentes. Os produtos de uma cadeia de reações podem ser utilizados em muitas outras vias metabólicas. Assim, não é surpreendente que a expressão fenotípica de um gene envolva mais do que uma característica.

A afirmação anterior se refere ao conceito de

- A) dominância incompleta.  
B) heterogeneidade genética.  
C) pleiotropia.  
D) alelismo múltiplo.  
E) fenocópia.

**03.** (UEM-PR) Sobre a interação entre alelos de um mesmo gene, assinale o que for correto.

- 40K1
01. Na dominância completa, os indivíduos heterozigóticos apresentam ambos os fenótipos dos homozigóticos.  
02. Na dominância incompleta, os indivíduos heterozigóticos apresentam o mesmo fenótipo que um dos homozigóticos.  
04. Na codominância, os indivíduos heterozigóticos apresentam fenótipo intermediário entre os homozigóticos.  
08. Na herança recessiva, um alelo recessivo deve estar em homozigose para o fenótipo ser expressado.  
16. Na herança dominante, um alelo dominante deve estar em homozigose ou heterozigose para o fenótipo ser expressado.

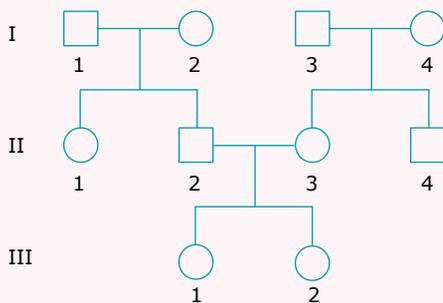
Soma ( )

**04.** (FUVEST-Ete-2022) A cor da abobrinha é determinada por interação gênica epistática dominante. Considere que o loco B controla a cor (amarelo é dominante sobre verde) e o loco E impede a expressão do loco B.

Assinale a alternativa que relaciona corretamente o genótipo e a cor da abobrinha:

- A) bbee, amarela.
- B) bbEe, amarela.
- C) bbEE, amarela.
- D) Bbee, verde.
- E) BbEe, verde.

**05.** (OBC) A anemia falciforme é causada pela presença de uma hemoglobina anormal. Essa doença é herdada como autossômica recessiva. Considerando o heredograma apresentado inicialmente, se os indivíduos I-2 e I-3 forem heterozigotos e os indivíduos I-1 e I-4 forem homozigotos normais, quem poderá ser afetado pela doença?



- A) Apenas III-1 e III-2.
- B) Apenas II-1 e II-3.
- C) Apenas II-2 e II-4.
- D) II-1, II-2, II-3 e II-4.
- E) II-1, II-3, III-1 e III-2.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (USP) Os diferentes alelos de um gene

- A) ocupam posições variáveis nos cromossomos homólogos.
- B) localizam-se em cromossomos não homólogos.
- C) ocupam diferentes *locus* gênicos na herança quantitativa.
- D) surgem por eventos de permutação entre cromossomos homólogos.
- E) apresentam sequências nucleotídicas diferentes, que surgiram por mutações.

**02.** (Uncisal) O fenômeno genético que explica as semelhanças observadas entre pais e filhos, ao longo das gerações, é chamado de

- A) pangênese.
- B) hereditariedade.
- C) mutação.
- D) probabilidade.
- E) camuflagem.

**03.** (UCSal-BA) Coelhos himalaia em temperaturas de cerca de 20 °C são inteiramente brancos. Quando colocados em temperatura de cerca de 5 °C, desenvolvem pelos pretos nas patas, nas orelhas e nos focinhos. O fenômeno descrito anteriormente ilustra

- A) a atuação do meio nas mutações.
- B) o processo de seleção natural.
- C) a influência do ambiente na alteração do genótipo.
- D) a interação do meio e do genótipo.
- E) a transmissibilidade dos caracteres adquiridos.

**04.** (UFAC) Na espécie humana o cromossomo X está presente em indivíduos tanto do sexo feminino quanto do masculino. O cromossomo Y possui genes exclusivos que determinam a herança restrita ao sexo ou herança:

- A) Autossômica
- B) Holândrica
- C) Hemofílica
- D) Daltônica
- E) Retinosquise

**05.** (PUC Rio) A neuropatia óptica hereditária de Leber (LHON) é uma doença genética que afeta geralmente jovens e adultos, levando a uma súbita perda de acuidade visual de um ou dos dois olhos. Ela está relacionada a genes localizados no DNA mitocondrial.

Nesse caso, essa doença seria consequência de uma herança genética

- A) materna ou paterna, afetando somente descendentes do sexo feminino.
- B) unicamente materna, afetando somente descendentes do sexo feminino.
- C) materna ou paterna, afetando descendentes dos dois sexos.
- D) unicamente paterna, afetando somente descendentes do sexo masculino.
- E) unicamente materna, afetando descendentes dos dois sexos.

**06.** (PUC-SP) Nos cromossomos homólogos, os genes correspondentes, que atuam no mesmo caráter e se situam no mesmo *locus*, são denominados

- A) heterozigotos.
- B) homozigotos.
- C) politênicos.
- D) homólogos.
- E) alelos.

07.  
GOAR

(IMED-SP) Sabe-se que determinada doença hereditária que afeta humanos é causada por uma mutação de caráter dominante em um gene localizado em um cromossomo autossomo. Três indivíduos foram investigados e a seguir estão os alelos encontrados para este *locus*:

Indivíduo	Alelos encontrados para o <i>locus</i>	Fenótipo
1	Alelo 1 e alelo 1	Normal
2	Alelo 2 e alelo 2	Afetado
3	Alelo 1 e alelo 2	Afetado

Sabendo dessas informações, assinale a alternativa correta.

- A) O alelo 1 é dominante sobre o alelo 2. D) Os indivíduos 2 e 3 são heterozigotos.  
 B) O alelo 2 é dominante sobre o alelo 1. E) O indivíduo 3 é homozigoto.  
 C) Os dois alelos são codominantes.

08.

(UFRGS-RS) Quando todas as filhas de um indivíduo afetado por uma determinada anomalia genética têm o mesmo fenótipo que o pai e nenhum filho é afetado, o mais provável padrão de herança é

- A) ligado ao X dominante. D) autossômico recessivo.  
 B) ligado ao X recessivo. E) extranuclear.  
 C) autossômico dominante.

09.

(FAMECA-SP) O Projeto Genográfico tem por objetivo realizar testes de ancestralidade em pessoas do mundo todo. A ideia é mapear o histórico de migrações desde que os primeiros humanos deixaram o leste da África. O diretor do projeto, Spencer Wells, recruta pessoas das mais diversas origens étnicas para doar amostras de DNA. As primeiras conclusões indicam que o cromossomo Y de toda a humanidade atual remonta a um único ancestral que viveu 60 mil anos atrás. Além disso, o uso do DNA mitocondrial como marcador de nossos ancestrais indica nossa origem em um ancestral ainda mais antigo.

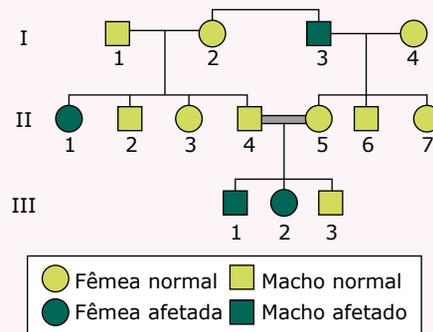
FOLHA DE S.PAULO. set. 2009 (Adaptação).

O uso do cromossomo Y, nesse estudo, permite estabelecer uma relação de ancestralidade devido ao fato de esse cromossomo

- A) apresentar genes ligados ao sexo e que poderiam estar presentes nos ancestrais.  
 B) estabelecer uma ligação entre indivíduos do sexo masculino atuais e seus ancestrais.  
 C) definir os caracteres masculinos quando em homozigose nos indivíduos atuais.  
 D) ser encontrado em indivíduos dos dois sexos, influenciando caracteres masculinos.  
 E) ser transmitido de geração em geração por meio de gametas masculinos e femininos.

10.

(FUVEST-Ete-2022) A sindactilia bovina é uma condição hereditária caracterizada pela fusão dos dedos das patas dianteiras e/ou traseiras. Esse fenótipo está associado à mutação no gene *LRP4*. A seguinte genealogia apresenta a herança de uma forma de sindactilia entre bovinos de uma fazenda de pequeno porte:



Considerando que cromossomos XX e XY em bovinos definem, respectivamente, fêmeas e machos, o padrão de herança da sindactilia bovina é

- A) mitocondrial. D) autossômica recessiva.  
 B) ligada ao X recessiva. E) autossômica dominante.  
 C) ligada ao X dominante.

**11.** (PUC RS) Considere a informação a seguir:

IXX9

A variabilidade da cor do olho em humanos é regulada por múltiplos genes. Hipoteticamente, pode-se aceitar que alelos funcionais A, B, C, D são responsáveis pela produção de muito pigmento (visto nos olhos negros), e alelos não funcionais a, b, c, d sintetizam pouco (típico de olhos azuis). Conhece-se ainda uma variação patológica (alelo e) que, quando em homozigose, causa o albinismo, isto é, a ausência completa de pigmento (olhos avermelhados).

Considerando os alelos citados, sabe-se que

- A) há *crossing-over* entre A e a.
- B) há pareamento entre A, B, C e D.
- C) heterozigotos Bb terão olhos verdes.
- D) pessoas Cc produzem gametas CC e cc.
- E) o *locus* D está na mesma posição do *locus* d.

**12.** (UFPR-2022) Na espécie A, linhagens puras de plantas com flores brancas cruzadas com plantas de flores vermelhas produziram apenas plantas com flores vermelhas. Essas plantas com flores vermelhas cruzadas entre si produziram 3/4 de plantas com flores vermelhas e 1/4 de plantas com flores brancas. Na espécie B, linhagens puras de plantas com flores brancas cruzadas com plantas de flores vermelhas produziram apenas plantas com flores cor-de-rosa. Essas plantas com flores cor-de-rosa cruzadas entre si produziram 1/4 de plantas com flores vermelhas, 1/2 de plantas com flores cor-de-rosa e 1/4 de plantas com flores brancas. Para esse caso, considerando o padrão de herança e as interações alélicas dos genes que determinam a cor da flor nas espécies A e B, assinale a alternativa correta.

- A) Nas espécies A e B, os alelos para cor de flor vermelha são codominantes em relação aos alelos que condicionam flores brancas.
- B) Na espécie A, a proporção observada na geração F2 evidencia que o alelo que condiciona flores brancas apresenta dominância incompleta.
- C) Na espécie B, a proporção observada na geração F2 evidencia dominância completa do alelo que condiciona flores vermelhas.
- D) Na espécie A, o alelo para flores vermelhas é completamente dominante, enquanto na espécie B o alelo para flores vermelhas apresenta dominância incompleta.
- E) Nas espécies A e B, o alelo para cor de flor vermelha é incompletamente dominante em relação ao alelo que condiciona flores brancas.

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2021) A deficiência de lipase ácida lisossômica é uma doença hereditária associada a um gene do cromossomo 10. Os pais dos pacientes podem não saber que são portadores dos genes da doença até o nascimento do primeiro filho afetado. Quando ambos os progenitores são portadores, existe uma chance, em quatro, de que seu bebê possa nascer com essa doença.

ANDERSON, R. A., *et al.* In: Situ Localization of the Genetic Locus Encoding the Lysosomal Acid Lipase/Cholesteryl Esterase (LIPA) Deficient in Wolman Disease to Chromosome 10q23.2-q23.3. *Genomics*, n. 1, jan. 1993 (Adaptação).

Essa é uma doença hereditária de caráter

- A) recessivo.
- B) dominante.
- C) codominante.
- D) poligênico.
- E) polialélico.

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. C
- 03. Soma = 24
- 04. E
- 05. A

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. B
- 03. D
- 04. B
- 05. E
- 06. E
- 07. B
- 08. A
- 09. B
- 10. D
- 11. E
- 12. D

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Bioquímica: Lipídios e Carboidratos

### LIPÍDIOS

Ao contrário da maioria dos compostos orgânicos, os lipídios, lipídeos ou lípides são insolúveis em água. Por outro lado, são solúveis em solventes orgânicos, como álcool, éter, clorofórmio, etc.

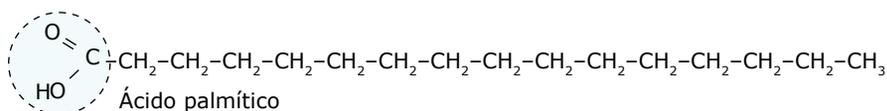
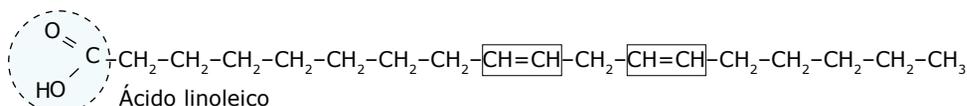
Podem ser subdivididos em: lipídios simples, lipídios complexos, esterídeos e carotenoides.

#### Lipídios simples

Compostos resultantes da associação de ácidos graxos com álcoois. Do ponto de vista químico, os compostos resultantes da associação de ácidos orgânicos com álcoois são classificados como ésteres. Assim, pode-se dizer que os lipídios simples são ésteres que resultam da associação de ácidos graxos (que são ácidos orgânicos) com álcoois.



Os ácidos orgânicos que participam da formação dos lipídios simples são chamados genericamente de ácidos graxos. Esses ácidos têm moléculas constituídas por longas cadeias abertas de átomos de carbono ligados a hidrogênios e têm, em uma de suas extremidades, o grupamento ácido carboxila (COOH). Podem ser saturados ou insaturados, conforme a cadeia carbônica seja saturada ou insaturada. Veja exemplos a seguir:

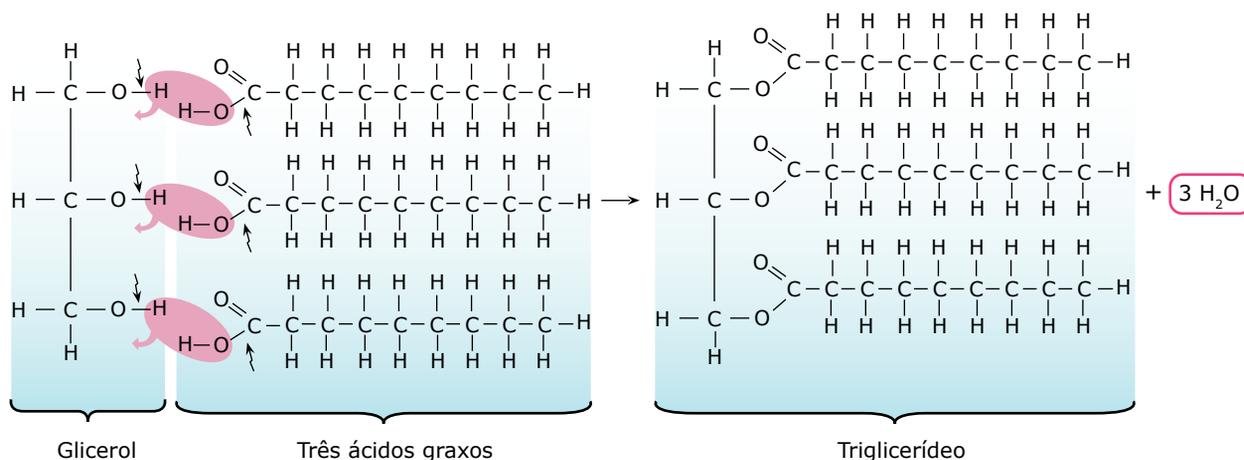


Ácidos graxos – O ácido linoleico é um exemplo de ácido graxo insaturado, já o ácido palmítico é saturado.

Os ácidos graxos podem ser naturais (produzidos no próprio organismo) e essenciais (obtidos pela dieta). Entre os essenciais, há um grupo de ácidos graxos conhecidos por ôegas (ômega 3, ômega 6), que ajudam a diminuir os níveis do colesterol LDL e a aumentar os do colesterol HDL. Óleos vegetais (linhaça, canola, girassol) e peixes de água fria (atum, sardinha, salmão) são exemplos de alimentos ricos nesses ácidos graxos.

Os lipídios simples estão distribuídos em dois grupos: glicerídeos e cerídeos.

- A) Glicerídeos (glicerídios, glicérides)** – Resultam da associação de ácidos graxos com o álcool glicerol (glicerina). Conforme a molécula do glicerol se liga a uma, a duas ou a três moléculas de ácidos graxos, os glicérides podem ser classificados em monoglicérides (monoglicerídeos), diglicérides (diglicerídeos) e triglicérides (triglicerídeos). Os monoglicérides resultam da união de uma molécula de ácido graxo com uma de glicerol; os diglicérides são resultantes da união de duas moléculas de ácidos graxos com uma de glicerol; os triglicérides vêm da união de três moléculas de ácidos graxos com uma de glicerol. É bom ressaltar que, toda vez que uma molécula de ácido graxo se liga ao glicerol, há a formação de uma molécula de água. O esquema a seguir mostra a formação de um triglicéride.



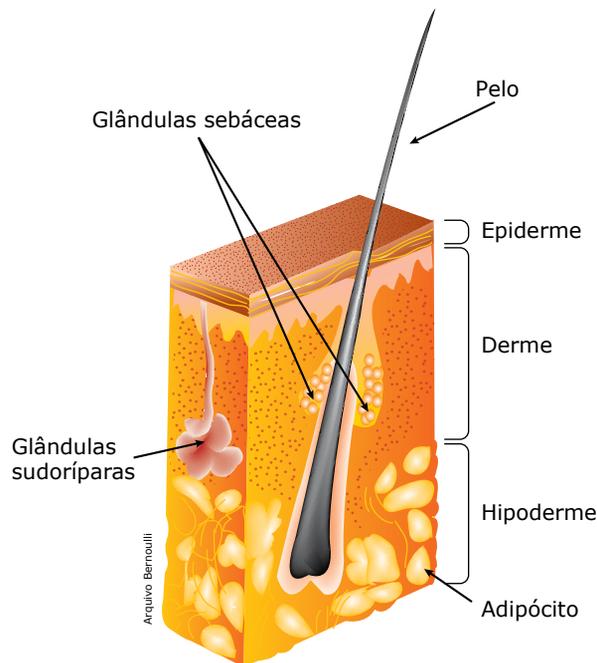
*Formação de um triglicéride – Observe que, para se estabelecer a ligação entre o glicerol e o ácido graxo, o glicerol perde o hidrogênio do grupo hidroxila (OH), e o ácido graxo perde a hidroxila (OH). Esse hidrogênio e a hidroxila liberados combinam-se entre si, formando uma molécula de água. Assim, da reação entre uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos, formam-se três moléculas de água e uma de triglicérideo (triacilglicerídeo, triacilglicerol).*

Glicerídeos saturados (sem duplas ligações na cadeia carbônica) são sólidos à temperatura ambiente e constituem as gorduras (banha de porco, gordura de coco, etc.). Já os glicerídeos insaturados são líquidos e constituem os óleos (de soja, de amendoim, de milho, de fígado de bacalhau, etc.).

Até pouco tempo se pensava que o consumo de gorduras saturadas estava diretamente ligado ao aumento de riscos cardiovasculares, enquanto acreditava-se que as gorduras insaturadas eram melhores e contribuíam para dietas mais saudáveis. Pesquisas recentes, no entanto, indicam que não há uma clara relação entre essas gorduras e o desenvolvimento de doenças. Dietas ricas em gorduras têm sido recomendadas por alguns nutricionistas e outros já verificaram que a ausência de gorduras na dieta pode ser tão prejudicial quanto o excesso. É necessário o desenvolvimento de novas pesquisas para conclusões mais fundamentadas sobre esse tema.

Os óleos e as gorduras, muito utilizados em nossa alimentação, são importantes porque atuam como material de reserva energética e são a segunda fonte de energia para o organismo (lembre-se de que, em condições normais, a primeira fonte de energia são os carboidratos). Os óleos são armazenados em muitas sementes, frutos e fígado de alguns animais. As gorduras são reservas energéticas, principalmente dos animais. Em muitos animais, inclusive no homem, existem células, denominadas adipócitos, especializadas em armazenar gordura. Tais células são encontradas em maior quantidade no tecido adiposo da tela subcutânea (hipoderme), localizada logo abaixo da derme. As gorduras aí armazenadas, além de constituírem uma importante reserva energética, exercem outras funções, como proteção mecânica para os órgãos internos, especialmente os ossos, uma vez que funcionam como amortecedores dos impactos ou choques mecânicos.

Outra função também desempenhada por essas gorduras é a de isolante térmico. Por serem maus condutores de calor, os lipídios impedem a perda excessiva de calor através da pele e, assim, ajudam na manutenção da temperatura corporal.



*Corte esquemático da pele humana – A pele é formada por duas camadas: epiderme e derme. A epiderme é constituída por tecido epitelial de revestimento estratificado pavimentoso queratinizado. Nas camadas mais profundas da epiderme, encontramos os melanócitos, células responsáveis pela síntese da melanina, substância que protege a nossa pele dos efeitos nocivos da radiação ultravioleta do Sol. A derme é constituída, principalmente, por tecido conjuntivo propriamente dito. Abaixo da derme, fica a tela subcutânea (panículo adiposo, hipoderme) constituída por tecido conjuntivo adiposo.*

É bom lembrar, entretanto, que o excesso de triglicérides (gordura) na corrente sanguínea é prejudicial ao organismo, uma vez que eles, ao se depositarem sobre as paredes das artérias – formando ateromas, isto é, placas de gordura –, dificultam a passagem do sangue e, conseqüentemente, aumentam o risco de ocorrência de doenças cardiovasculares, como a trombose.

**B) Cerídeos (cérides)** – São lipídios simples que resultam da associação de ácidos graxos com álcool de cadeia aberta diferente do glicerol, como o álcool cetílico ( $C_{16}H_{33}OH$ ). O álcool que participa da formação dos cerídeos sempre possui uma cadeia carbônica maior do que a do glicerol, ou seja, são álcoois de cadeias longas.

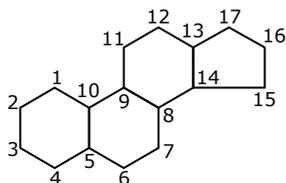
Os cerídeos estão representados pelas ceras de origem animal e vegetal e têm importante papel na proteção e na impermeabilização de superfícies sujeitas a desidratação. Em muitas espécies de vegetais, como na carnaubeira, há uma camada de cera sobre a epiderme das folhas que impede a perda excessiva de água através da transpiração foliar. As ceras também servem como matéria-prima para a construção das moradias dos animais que as fabricam. É o caso, por exemplo, das colmeias das abelhas, cuja base da construção das paredes dos favos ou alvéolos (compartimentos internos onde as abelhas depositam o mel) são as ceras. O cerúmen produzido pelos nossos ouvidos, que tem função protetora contra a entrada de corpos estranhos, também pertence ao grupo dos cerídeos.

## Lipídios complexos (compostos)

São formados pela associação de ácidos graxos, álcool e um outro composto de natureza química diferente. Assim, enquanto nas moléculas dos lipídios simples só existem átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, nos lipídios complexos, além desses três elementos químicos, encontramos outros, como o nitrogênio ou o fósforo. Um bom exemplo de lipídios complexos são os fosfolipídios (também chamados de fosfatídeos), que resultam da associação de ácidos graxos, álcool e radicais fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ). Os fosfolipídios são encontrados na estrutura da membrana plasmática das células.

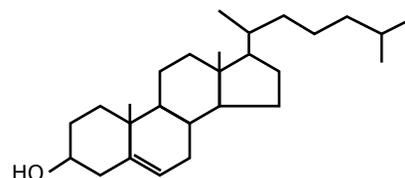
## Esterídeos (esteroides)

Têm uma estrutura bastante diferente dos lipídios simples e complexos, uma vez que apresentam em suas moléculas o núcleo ciclopentanoperidrofenantreno.



*Ciclopentanoperidrofenantreno* – Os esteroides contêm uma cadeia lateral de 8 a 10 carbonos na posição 17 e um grupo hidroxila na posição 3.

No grupo dos esteroides, encontramos o colesterol e seus derivados.



*Colesterol* – O colesterol entra na constituição da membrana celular das células animais. É também usado como matéria-prima para a produção de vários derivados, como a testosterona (hormônio sexual masculino), o estrógeno e a progesterona (hormônios sexuais femininos) e os corticoides (hormônios produzidos pelo córtex das glândulas suprarrenais).

O colesterol é uma substância útil ao organismo, sendo, inclusive, produzido pelo nosso fígado (colesterol endógeno) e utilizado na produção dos sais biliares. Entretanto, quando presente em taxas excessivas, pode trazer más conseqüências, por exemplo, a aterosclerose, uma doença inflamatória crônica que forma ateromas dentro dos vasos (não confundir com arteriosclerose, que é o processo natural de envelhecimento dos vasos, resultando em perda de elasticidade e espessamento da parede dos vasos).

A deposição de colesterol nas paredes dos vasos sanguíneos torna-os mais estreitos, o que dificulta a passagem do sangue, provocando a hipertensão (pressão alta) e, conseqüentemente, o aumento da probabilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares, como a trombose.

No sangue, o colesterol associa-se a outros lipídios e proteínas, formando glóbulos ou corpúsculos de lipoproteínas conhecidos por HDL (*High-Density Lipoproteins*) e LDL (*Low-Density Lipoproteins*). Tais corpúsculos têm diferentes tamanhos e densidades. HDL (lipoproteínas de alta densidade) tem cerca de 20% de colesterol, enquanto LDL (lipoproteínas de baixa densidade) tem cerca de 45% de colesterol. Além de ter um menor percentual de colesterol em sua constituição, o HDL ajuda a transportar outros tipos de lipídios para o fígado, onde tais compostos são metabolizados, colaborando com a diminuição da taxa de lipídios na corrente sanguínea, inclusive a do LDL. Assim, uma alta concentração de HDL e uma baixa concentração de LDL podem reduzir os riscos de doenças cardiovasculares, enquanto uma alta concentração de LDL e uma baixa de HDL constituem um dos fatores de riscos maiores de ocorrência dessas doenças.

Os níveis mais ou menos elevados de colesterol no sangue dependem de vários fatores e não apenas da alimentação com maior ou menor taxa desse lipídio. Parte da produção de colesterol é endógena e está relacionada a fatores metabólicos individuais e mesmo genéticos. A alta taxa de colesterol, associada ao sedentarismo, ao estresse e ao tabagismo, aumenta ainda mais a probabilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares.

Exames clínicos periódicos são muito importantes para as pessoas, principalmente para aquelas que têm maior tendência a possuir taxas mais elevadas de colesterol e triglicérides no sangue. Indivíduos que apresentam taxas de colesterol e triglicérides acima do considerado normal devem procurar fazer uso de uma dieta equilibrada e praticar exercícios físicos regulares, com a devida orientação médica, para ajudar a normalizar a taxa dessas substâncias na corrente sanguínea.

## Carotenoides

São lipídios pigmentados (coloridos), vermelhos ou amarelos, de consistência oleosa. Estão presentes nas células vegetais, onde têm papel importante no processo da fotossíntese. São também importantes para muitos animais. Um bom exemplo é o caroteno, carotenoide amarelo-laranja abundante na cenoura, que, quando ingerido por animais, converte-se em vitamina A na mucosa intestinal e no fígado. A vitamina A tem várias funções biológicas. Uma delas é participar da formação da rodopsina, um pigmento que aumenta a sensibilidade da retina à luz, permitindo uma melhor visão em ambientes pouco iluminados.

## CARBOIDRATOS

Carboidratos são compostos orgânicos também conhecidos por hidratos de carbono, glúcides, glucídios, glicídeos, glicídios ou açúcares.

As moléculas desses compostos orgânicos, normalmente, possuem átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Em alguns deles, encontra-se também o nitrogênio.

De acordo com a complexidade de suas moléculas, os carboidratos podem ser classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos ou polissacarídeos.

## Monossacarídeos (Monossacárides)

São os carboidratos mais simples. Suas moléculas não precisam sofrer hidrólise para serem absorvidas pelas células. Nelas, há um pequeno número de átomos de carbono. Com algumas exceções, obedecem à seguinte fórmula geral:

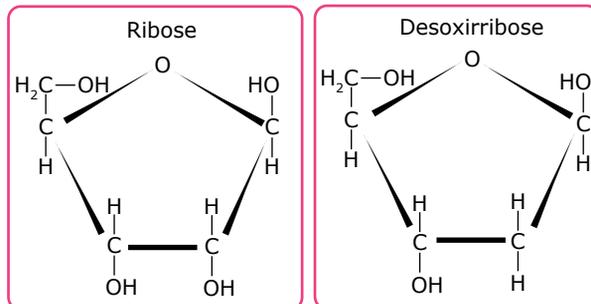
$$C_nH_{2n}O_n = C_n(H_2O)_n, \text{ em que } n \text{ pode variar de } 3 \text{ a } 7.$$

Conforme o número de átomos de carbono presente nas moléculas, os monossacarídeos podem ser subdivididos em trioses, tetroses, pentoses, hexoses e heptoses. Veja a tabela a seguir:

Monossacarídeos	Fórmula geral
Trioses	$C_3H_6O_3$
Tetroses	$C_4H_8O_4$
Pentoses	$C_5H_{10}O_5$
Hexoses	$C_6H_{12}O_6$
Heptoses	$C_7H_{14}O_7$

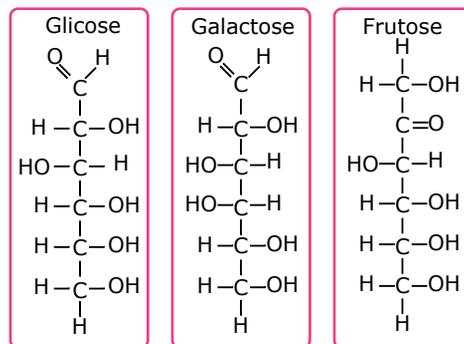
Entre os monossacarídeos de maior importância para os seres vivos, estão as pentoses e as hexoses. As pentoses porque entram na constituição dos ácidos nucleicos (RNA e DNA) e do ATP; e as hexoses porque exercem um importante papel energético.

Entre as pentoses, destacam-se a ribose ( $C_5H_{10}O_5$ ) e a desoxirribose ( $C_5H_{10}O_4$ ).



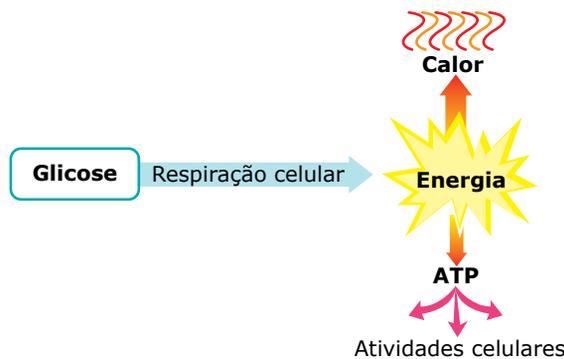
*Pentoses – A ribose entra na constituição do RNA (ácido ribonucleico) e do ATP (adenosina trifosfato) e a desoxirribose, na constituição do DNA (ácido desoxirribonucleico).*

Entre as hexoses, destacam-se a glicose, a frutose e a galactose. Todas elas têm importante função energética.



*Hexoses – Observe que as três têm a mesma fórmula molecular ( $C_6H_{12}O_6$ ), diferindo entre si pela fórmula estrutural.*

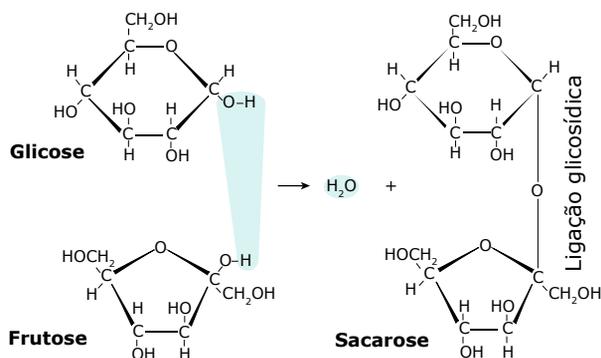
As hexoses, especialmente a glicose, são utilizadas para a obtenção de energia por meio das reações químicas da respiração celular.



*Obtenção de energia a partir da glicose – Ao serem degradadas (“quebradas”) durante as reações da respiração celular, liberam energia. Parte dessa energia irradia-se para o meio sob a forma de calor e parte é transferida para as moléculas de ATP, nas quais fica armazenada até ser utilizada numa atividade celular.*

## Oligossacarídeos (Oligossacárides)

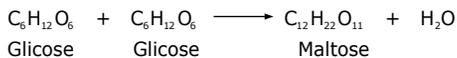
São carboidratos resultantes da união de poucos (2 a 10) monossacarídeos iguais ou diferentes. Conforme o número de monossacarídeos que se ligam, podem ser classificados em dissacarídeos (união de dois monossacarídeos), trissacarídeos (união de três monossacarídeos) e assim por diante. A união entre moléculas de monossacarídeos se faz por meio de uma ligação covalente denominada ligação glicosídica. Para formar esse tipo de ligação, um dos monossacarídeos perde um de seus hidrogênios (-H) e o outro perde uma hidroxila (-OH); os monossacarídeos se unem e o hidrogênio mais a hidroxila que foram liberados se juntam para formar uma molécula de água. Veja o exemplo a seguir:



Formação do dissacarídeo sacarose a partir da união dos monossacarídeos glicose e frutose – À semelhança do que ocorre na formação de uma ligação peptídica, sempre que se estabelece uma ligação glicosídica, forma-se também uma molécula de água. Trata-se, portanto, de mais um exemplo de síntese por desidratação.

Entre os oligossacarídeos, destacam-se os dissacarídeos maltose, sacarose e lactose.

A maltose resulta da união de duas unidades de glicose. É encontrada em alguns vegetais (cevada, por exemplo) e também provém da digestão (“quebra”) do amido que ocorre no tubo digestório de muitos animais.



A maltose tem importante papel energético, uma vez que sua hidrólise no tubo digestório dos animais fornece moléculas de glicose, que, então, são absorvidas e utilizadas como fonte de energia.



A sacarose, dissacarídeo que resulta da união de uma molécula de glicose com uma de frutose, tem papel energético e é abundante em muitos vegetais (cana-de-açúcar, beterraba, etc.). Sua hidrólise no tubo digestório dos animais, em presença da enzima sucrase (invertase, sacarase), fornece as hexoses glicose e frutose, que são absorvidas e utilizadas como fonte de energia.

Veja os esquemas a seguir:



A lactose, encontrada no leite e derivados, é um dissacarídeo, resultante da união da glicose com a galactose, e tem papel energético. Sua hidrólise fornece as hexoses glicose e galactose.



Algumas pessoas apresentam problemas na digestão da lactose por não possuírem ou não produzirem em quantidades adequadas a enzima lactase, dessa forma, é recomendada uma dieta sem leite e derivados ou com produtos deslactosados. A ingestão de cápsulas com a enzima também é um método utilizado. É importante destacar que intolerância à lactose é diferente de alergia, pois, neste caso, o indivíduo apresenta reação ao contato com as proteínas do leite.

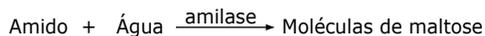
## Polissacarídeos (Polissacárides)

São os carboidratos mais complexos. Suas macromoléculas resultam da união de muitas unidades de monossacarídeos (às vezes, milhares delas). São, portanto, polímeros de monossacarídeos. Dividem-se em homopolissacarídeos e heteropolissacarídeos.

Os homopolissacarídeos resultam da polimerização de apenas uma espécie de monossacarídeos. Os principais exemplos são amido, glicogênio, celulose e quitina.

A macromolécula de amido é um polímero formado por unidades de glicose, sendo encontrada apenas nos vegetais, nos quais fica armazenada, principalmente, em certos tipos de caule (como a batata-inglesa), raízes (mandioca, por exemplo) e sementes (milho, trigo, feijão, etc.). Nos vegetais, o amido tem a função de ser uma importante reserva energética, uma vez que é a forma como os vegetais armazenam em suas células a glicose que não está sendo consumida. Sabe-se que, por meio da reação de fotossíntese, os vegetais clorofilados fabricam a glicose que será utilizada como alimento nos processos de obtenção de energia, isto é, na respiração celular, e também como matéria-prima para a produção de outros compostos orgânicos. Entretanto, quando a produção de glicose é maior que o seu consumo, o excesso da produção é armazenado sob forma de amido. Em caso de necessidade, o vegetal lança mão dessas reservas. Por isso, diz-se que o amido é o material de reserva vegetal.

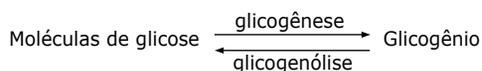
Além de ser uma reserva energética dos vegetais, o amido é também um importante alimento energético para os animais, uma vez que a maioria deles produz as enzimas necessárias para degradar a macromolécula de amido, transformando-a em várias moléculas menores de glicose, que, então, são absorvidas e usadas como fonte de energia. A digestão total do amido é feita em duas etapas conforme mostra o esquema a seguir:



Podem-se dividir os alimentos ricos em amido em dois grandes grupos: os de alto índice glicêmico e os de baixo índice glicêmico. O índice glicêmico indica a velocidade com que aumenta a glicemia de quem ingere o alimento. Os alimentos com baixo índice glicêmico normalmente são os com alto índice de fibras ou gorduras.

A macromolécula de glicogênio resulta da união de unidades de glicose. Esse polissacarídeo é encontrado em animais e em fungos e tem função de reserva energética, uma vez que é a forma como os animais e também os fungos armazenam glicose em suas células. Diz-se, portanto, que o glicogênio é o material de reserva dos animais (e também dos fungos). Em nosso organismo, por exemplo, o glicogênio é encontrado nas células do fígado e nas células musculares.

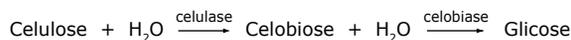
O processo de formação do glicogênio tem o nome de glicogênese. Quando se faz necessário, o glicogênio é “quebrado” e convertido em moléculas de glicose. Esse desdobramento do glicogênio em glicose denomina-se glicogenólise.



A celulose é o carboidrato mais abundante na natureza. Sua macromolécula resulta da associação de unidades de glicose. Sua função é tipicamente estrutural, uma vez que é o principal componente da parede celular (revestimento mais externo) das células vegetais.

São raros os organismos que produzem as enzimas necessárias para a digestão da celulose. Os ruminantes (boi, cabra, veado, girafa, etc.), por exemplo, são animais essencialmente herbívoros que se alimentam de folhagens ricas em celulose. Assim como ocorre no nosso organismo, os ruminantes não produzem as enzimas necessárias para a digestão da celulose. Entretanto, no estômago desses animais, vivem e proliferam certas espécies de micro-organismos (bactérias, protozoários) que são capazes de produzir e de liberar as enzimas celulase e celobiase, permitindo, assim, que, no tubo digestório desses animais, haja o desdobramento da celulose em moléculas de glicose, que, então, são absorvidas e utilizadas como fonte de energia.

Para esses animais, a celulose é um importante alimento energético. A digestão completa da celulose, à semelhança do que acontece com a digestão do amido, é feita em duas etapas. Veja o esquema a seguir:



O homem, ao contrário dos animais herbívoros, não possui, em seu tubo digestório, os micro-organismos produtores das enzimas celulase e celobiase. Dessa forma, nós não conseguimos aproveitar a celulose como fonte de energia. Entretanto, a celulose que ingerimos não é totalmente inútil para o nosso organismo, uma vez que ela, juntamente com outras substâncias, forma a parte vegetal dos alimentos conhecida como fibras. Essas fibras vegetais dão consistência às fezes, estimulando os movimentos peristálticos do intestino e facilitando a defecação.

A quitina é um polissacarídeo nitrogenado, duro, resistente e insolúvel em água. É um polímero de N-acetilglicosamina. Tem função estrutural, sendo encontrado no exoesqueleto dos artrópodes e na parede celular dos fungos.

Os heteropolissacarídeos resultam da associação de diferentes tipos de monossacarídeos. Ácido hialurônico, condroitinsulfato A e heparina são alguns exemplos.

O ácido hialurônico e o condroitinsulfato são encontrados na matriz (substância intercelular) dos tecidos conjuntivos. A heparina tem propriedades anticoagulantes, sendo produzida pelos mastócitos (tipo de célula do tecido conjuntivo propriamente dito) e pelos basófilos (um tipo de leucócito).

## GORDURAS TRANS

As gorduras *trans* são formadas pelo processo de hidrogenação (adição de hidrogênios) dos óleos vegetais. Esse processo pode ser industrial ou natural.

No processo industrial, os óleos vegetais (líquidos) são aquecidos na presença do gás hidrogênio, tornando-se sólidos à temperatura ambiente. Além de melhorar a consistência e o sabor de alimentos, essas gorduras conferem maior durabilidade a elas, permitindo que alguns produtos possam permanecer por mais tempo expostos nas prateleiras dos supermercados. Estudos científicos comprovaram que essas gorduras são extremamente prejudiciais à nossa saúde, pois contribuem para elevar a taxa do colesterol LDL e diminuir a taxa do colesterol HDL, prejudicando o funcionamento adequado do organismo. Por causa desses efeitos nocivos, essa gordura tem sido retirada dos alimentos.

Um processo de hidrogenação natural formando pequena quantidade de gordura *trans* ocorre no rúmen de animais. Por isso, essas gorduras também estão presentes em pequenas quantidades em alguns alimentos *in natura* derivados desses animais, como a carne e o leite.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (PUC Minas) Os lipídeos compreendem um grupo quimicamente variado de moléculas orgânicas tipicamente hidrofóbicas. Diferentes lipídeos podem cumprir funções específicas em animais e em vegetais. Assinale a alternativa incorreta.

- A) Os carotenoides são pigmentos acessórios capazes de captar energia solar.
- B) Os esteroides podem desempenhar papéis regulatórios, como os hormônios sexuais.
- C) Os triglicérides podem atuar como isolantes térmicos ou reserva energética em animais.
- D) O colesterol é uma das principais fontes de energia para o fígado.

**02.** (FMC-RJ-2022) Intolerância à lactose é a incapacidade de digerir a lactose (açúcar do leite). Esse problema é resultado da deficiência ou ausência de uma enzima intestinal chamada lactase. Essa enzima hidrolisa a lactose, um dissacarídeo formado por

- A) glicose e frutose.
- B) galactose e frutose.
- C) galactose e galactose.
- D) glicose e glicose.
- E) glicose e galactose.

**03.** (UFRGS-RS) Os carboidratos, moléculas constituídas, em geral, por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, podem ser divididos em três grupos: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

A coluna I, a seguir, apresenta três grupos de carboidratos e a II, alguns exemplos desses carboidratos.

Associe adequadamente a segunda coluna à primeira.

Coluna I	Coluna II
1. Monossacarídeo	( ) Sacarose
2. Oligossacarídeo	( ) Amido
3. Polissacarídeo	( ) Galactose
	( ) Desoxirribose
	( ) Quitina
	( ) Maltose

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- A) 2 - 3 - 1 - 1 - 3 - 2
- B) 3 - 1 - 3 - 2 - 2 - 1
- C) 1 - 2 - 2 - 3 - 1 - 3
- D) 2 - 1 - 2 - 2 - 3 - 1
- E) 1 - 3 - 1 - 3 - 2 - 2

**04.** (UFRN) Na maioria dos animais e dos vegetais, a armazenagem de carboidratos faz-se,

- A) respectivamente, na forma de glicogênio e de amido.
- B) respectivamente, na forma de amido e de celulose.
- C) respectivamente, na forma de maltose e de glicose.
- D) exclusivamente, na forma de amido.
- E) exclusivamente, na forma de glicogênio.

**05.** (OBB-2019)



O baixo consumo de alimentos gordurosos pode ser problemático em homens e mulheres acima dos 40 anos. Isso ocorre porque o colesterol dos alimentos

- A) é o grande responsável pelo aumento da gordura abdominal.
- B) entra na composição dos hormônios sexuais.
- C) reforça a imunidade em pessoas mais idosas.
- D) atua como pró-vitamina A.
- E) é a fonte prioritária de energia de nossas células.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (UERN) Todo ser humano necessita de gordura e não de fritura para sobreviver. O constante hábito de ingerir gorduras saturadas, como frituras em excesso, pode provocar algumas doenças como aumento da pressão arterial, problemas cardiovasculares, desenvolvimento de câncer, entre outras. Essas gorduras conhecidas por saturadas representam o seguinte tipo de lipídio:

- A) Cerídeo
- B) Colesterol
- C) Caratenoide
- D) Triglicérideo

**02.** (UFSM-RS) Durante a caminhada dos escoteiros, o gasto energético foi grande. Estavam avisados de que o passeio seria cansativo, por isso muitos levaram barrinhas de cereais, mas alguns não tinham levado nada e precisavam utilizar suas próprias reservas de energia. Essa reserva estava armazenada em seu organismo, na forma de

- A) glicérideo.
- B) vitamina.
- C) esteroide.
- D) proteína.
- E) glicogênio.

**03.** (Unifor-CE-2020)

### Kefir e Kombucha: bebidas da "moda"

Já ouviu falar de Kefir? Já ouviu falar da Kombucha? Tratam-se de bebidas probióticas que promovem o bom funcionamento do intestino e melhoram o sistema imunitário. As bebidas são comuns na China há milhares de anos devido a suas propriedades medicinais. As bebidas são ricas em lactobacilos, que são essenciais para o bom funcionamento da microbiota intestinal. É também abundante em vitamina C, K e B que lhe dão características antioxidantes. A preparação do Kefir e da Kombucha é bastante simples e pode ser feita em casa.

O Kefir geralmente utiliza o leite de gado e a Kombucha, ao invés de leite, tem na sua base o chá-verde ou chá-preto e adição de açúcar.

Disponível em: <https://www.noticiasominuto.com/lifestyle/1261629/kombucha-entenda-os-efeitos-da-bebida-moda-e-como-e-feita>; <https://emails.estadao.com.br/noticias/bem-estar,kefirnutricionista-falados-beneficios-do-alimento-e-a-suarelacao-com-o-emagrecimento,70002772563> (Adaptação).

No caso do Kefir de leite não se usa a adição de açúcar porque a colônia de lactobacilos utiliza como fonte energética primária, presente no próprio leite, a

- A) gordura.
- B) lactose.
- C) caseína.
- D) vitamina B12.
- E) albumina.

**04.** (UFJF–2021) O colesterol, um tipo importante de lipídio encontrado nos organismos animais, pode ser obtido na alimentação ou sintetizado pelo fígado. Embora possa causar, quando em excesso no sangue, problemas cardiovasculares, o colesterol é muito importante para o organismo humano. Sobre o colesterol, assinale a resposta correta.

- A) Faz parte da constituição do citoesqueleto celular.
- B) Participa da síntese de DNA e de RNA.
- C) É transformado em proteína pelo organismo.
- D) Tem função enzimática, atuando em vários tipos de substratos.
- E) Faz parte da constituição das membranas plasmáticas e é precursor na síntese da testosterona e progesterona.

**05.** (UERJ) O papel comum é formado, basicamente, pelo polissacarídeo mais abundante no planeta. Esse carboidrato, nas células vegetais, tem a seguinte função:

- A) Revestir as organelas.
- B) Formar a membrana plasmática.
- C) Compor a estrutura da parede celular.
- D) Acumular reserva energética no hialoplasma.

**06.** (IFSP) A figura a seguir representa a pirâmide de alimentos.



A base da pirâmide é representada pelos alimentos energéticos, seguida pelos alimentos ricos em fibras, pelos ricos em proteínas e, no topo da pirâmide, estão os ricos em óleos. Os alimentos energéticos que estão na base são ricos em

- A) carboidratos, alimentos ricos em amido.
- B) lipídios, como a celulose.
- C) carboidratos, ricos em aminoácidos.
- D) proteínas, como o amido.
- E) fibras, fonte de vitaminas.

**07.** (UECE–2021) No que diz respeito às substâncias da célula, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma nos itens a seguir.

- ( ) Os lipídios, conhecidos popularmente como gorduras, são substâncias insolúveis em solventes orgânicos e solúveis em água.
- ( ) Os aminoácidos se combinam de diversas formas para dar forma às proteínas.
- ( ) Proteínas simples são formadas por cadeias de aminoácidos ligadas a grupos prostéticos.
- ( ) Os carboidratos, também chamados de açúcares, são uma importante fonte de energia para as células.

Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- A) F, V, F, V.
- B) V, V, V, F.
- C) V, F, V, F.
- D) F, F, F, V.

**08.** (UFG-GO) Leia as informações a seguir:

7MP0

A ingestão de gordura *trans* promove um aumento mais significativo na razão: lipoproteína de baixa densidade / lipoproteína da alta densidade (LDL/HDL), do que a ingestão de gordura saturada.

AUED-PIMENTEL, S. et al. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 62, n. 2, p. 131-137, 2003.

Para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, um alimento só pode ser considerado “zero *trans*” quando contiver quantidade menor ou igual a 0,2 g desse nutriente, não sendo recomendado consumir mais que 2 g de gordura *trans* por dia. O quadro a seguir representa um rótulo de um biscoito comercialmente vendido que atende às especificações do percentual de gordura *trans*, exigida pela nova legislação brasileira.

Informação nutricional	
Porção de 30 g (2 biscoitos)	
	Quantidade por porção
Carboidratos	19 g
Gorduras totais	7,3 g
Gordura saturada	3,4 g
Gordura <i>trans</i>	0,5 g

As informações apresentadas permitem concluir que o consumo diário excessivo do biscoito poderia provocar alteração de

- A) triglicéride, reduzindo sua concentração plasmática.
- B) triacilglicerol, diminuindo sua síntese no tecido adiposo.
- C) LDL-colesterol, aumentando sua concentração plasmática.
- D) HDL-colesterol, elevando sua concentração plasmática.
- E) colesterol, reduzindo sua concentração plasmática.

09.  
T5D2

(UFSJ) Bebidas de diversas marcas chamadas de energético possuem substâncias estimulantes como a taurina e a cafeína. A cafeína também está presente em vários refrigerantes, como, por exemplo, os de cola. O quadro a seguir mostra alguns valores da concentração de algumas substâncias presentes em duas marcas de energéticos e em dois refrigerantes de cola. Os valores em gramas, referentes a porções de 200 mL, são todos hipotéticos, assim como as bebidas.

Bebida	Carboidrato	Sódio	Cafeína
Energético 1	18,4	100	500
Energético 2	20	60	350
Refrigerante de cola	21	28	3
Refrigerante de cola dietético	0	100	3

Se colocarmos as bebidas em ordem da que confere mais energia para a que confere menos energia, teremos:

- A) Refrigerante de cola, energético 2, energético 1, refrigerante de cola dietético.
- B) Energético 1, energético 2, refrigerante de cola, refrigerante de cola dietético.
- C) Energético 2, energético 1, refrigerante de cola, refrigerante de cola dietético.
- D) Refrigerante de cola dietético, refrigerante de cola, energético 2, energético 1.

10.

(UCS-RS) Acredita-se que 75% das mortes no mundo são causadas por doenças crônicas, como diabetes, câncer e complicações cardíacas (*diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*). A comida, sobretudo a industrializada, tem sido apontada como a principal causa dessas enfermidades. A molécula de colesterol, considerada prejudicial em grandes quantidades, e as moléculas constituintes dos lipídios considerados "bons" para a saúde, são, respectivamente,

- A) colesterol HDL; ácidos graxos insaturados.
- B) colesterol HDL; ácidos graxos saturados.
- C) colesterol HDL; ácidos graxos poli-insaturados.
- D) colesterol LDL; ácidos graxos saturados.
- E) colesterol LDL; ácidos graxos linoleico e oleico.

11.

(UFESM-RS) Em uma viagem ecoturística, os alunos optaram por sacolas de papel para levar seus lanches e agasalhos, pois entenderam que não devem mais utilizar sacolas plásticas. Mesmo não podendo desperdiçar papel do planeta, o plástico é ainda mais nocivo ao ambiente.

A principal substância que está presente no papel é um polissacarídeo das células vegetais, o qual faz parte da estrutura do(a)

- A) membrana plasmática.
- B) parede celular.
- C) mitocôndria.
- D) hialoplasma.
- E) membrana nuclear.

12.  
V20K

(UFRGS-RS) Sobre as macromoléculas biológicas presentes em todos os organismos, é correto afirmar que

- A) os carboidratos são as macromoléculas encontradas em maior quantidade nos tecidos vivos.
- B) os carboidratos podem ter função estrutural como, por exemplo, a quitina presente nos artrópodes.
- C) os monômeros das proteínas são os aminoácidos cujas diversificadas funções incluem o armazenamento de energia.
- D) os ácidos graxos saturados são encontrados somente em animais, pois as plantas não produzem colesterol.
- E) as bases nitrogenadas encontradas no DNA e no RNA são as mesmas.

13.  
1HER

(Unifor-CE) Uma membrana constituída somente de fosfolipídios experimenta uma transição nítida da forma cristalina para forma fluida quando é aquecida. Contudo, uma membrana contendo 80% de fosfolipídios e 20% de colesterol experimenta uma mudança mais gradual da forma cristalina para forma fluida, quando aquecida pela mesma faixa de temperatura.

PRATT, C. W.; CORNELLY, K. *Bioquímica essencial*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

Isto ocorre porque

- A) os fosfolipídios são todos formados por ácidos graxos de cadeias saturadas.
- B) o colesterol aumenta a flexibilidade da membrana tornando-a mais fluida.
- C) o colesterol estabiliza a membrana em função de seu sistema plano de anéis.
- D) o colesterol favorece a compactação íntima das cadeias acilas.
- E) os fosfolipídios insaturados favorecem a aproximação das cadeias acilas.

14.

(FUVEST-SP) Os carboidratos, os lipídios e as proteínas constituem material estrutural e de reserva dos seres vivos. Qual desses componentes orgânicos é mais abundante no corpo de uma planta e de um animal?

- A) Proteínas em plantas e animais.
- B) Carboidratos em plantas e animais.
- C) Lipídios em plantas e animais.
- D) Carboidratos nas plantas e proteínas nos animais.
- E) Proteínas nas plantas e lipídios nos animais.

15.  
0VDU

(Fatec-SP) Durante a realização de exercícios físicos intensos de média duração, como uma corrida de 400 metros, a principal fonte energética utilizada para a contração dos músculos de um atleta é a reserva de carboidratos que se encontra no interior de suas células musculares.

Essa reserva de carboidratos, no interior das células mencionadas, corresponde a moléculas de

- A) amido, o qual é sintetizado a partir da ligação de aminoácidos.
- B) amido, o qual é sintetizado a partir da ligação de moléculas de glicose.
- C) ácidos graxos, os quais são sintetizados a partir da ligação de aminoácidos.
- D) glicogênio, o qual é sintetizado a partir da ligação de moléculas de glicose.
- E) glicogênio, o qual é sintetizado a partir da ligação de aminoácidos.

## SEÇÃO ENEM



**01.** (Enem-2019) Defende-se que a inclusão da carne bovina na dieta é importante, por ser uma excelente fonte de proteínas. Por outro lado, pesquisas apontam efeitos prejudiciais que a carne bovina traz à saúde, como o risco de doenças cardiovasculares. Devido aos teores de colesterol e de gordura, há quem decida substituí-la por outros tipos de carne, como as de frango e a suína.

O quadro a seguir apresenta a quantidade de colesterol em diversos tipos de carne crua e cozida.

Alimento	Colesterol (mg/100 g)	
	Cru	Cozido
Carne de frango (branca) sem pele	58	75
Carne de frango (escura) sem pele	80	124
Pele de frango	104	139
Carne suína (bisteca)	49	97
Carne suína (toucinho)	54	56
Carne bovina (contrafilé)	51	66
Carne bovina (músculo)	52	67

REVISTA PROTESTE. n. 54, dez. 2006 (Adaptação).

Com base nessas informações, avalie as afirmativas a seguir:

- I. O risco de ocorrerem doenças cardiovasculares por ingestões habituais da mesma quantidade de carne é menor se esta for carne branca de frango do que se for toucinho.
- II. Uma porção de contrafilé cru possui, aproximadamente, 50% de sua massa constituída de colesterol.
- III. A retirada da pele de uma porção cozida de carne escura de frango altera a quantidade de colesterol a ser ingerida.
- IV. A pequena diferença entre os teores de colesterol encontrados no toucinho cru e no cozido indica que esse tipo de alimento é pobre em água.

É correto apenas o que se afirma em

- A) I e II.                      C) II e III.                      E) III e IV.
- B) I e III.                      D) II e IV.

**02.** (Enem) Com o objetivo de substituir as sacolas de polietileno, alguns supermercados têm utilizado um novo tipo de plástico ecológico, que apresenta em sua composição amido de milho e uma resina polimérica termoplástica, obtida a partir de uma fonte petroquímica.

ERENO, D. Plásticos de vegetais. *Pesquisa Fapesp*, n. 179, jan. 2011 (Adaptação).

Nesses plásticos, a fragmentação da resina polimérica é facilitada porque os carboidratos presentes

- A) dissolvem-se na água.
- B) absorvem água com facilidade.
- C) caramelizam por aquecimento e quebram.
- D) são digeridos por organismos decompositores.
- E) decompõem-se espontaneamente em contato com água e gás carbônico.

**03.** (Enem) A produção de biocombustíveis é resultado direto do fomento a pesquisas científicas em biotecnologia que ocorreu no Brasil nas últimas décadas. A escolha do vegetal a ser usado considera, entre outros aspectos, a produtividade da matéria-prima em termos de rendimento e custos associados. O etanol é produzido a partir da fermentação de carboidratos e quanto mais simples a molécula de glicídio, mais eficiente é o processo.

ETANOL de quê? *Revista Pesquisa Fapesp*, 28 nov. 2007 (Adaptação).

O vegetal que apresenta maior eficiência no processo da produção do etanol é

- A) o milho, pois apresenta sementes com alto teor de amido.
- B) a mandioca, pois apresenta raízes com alto teor de celulose.
- C) a soja, pois apresenta sementes com alto teor de glicogênio.
- D) o feijão, pois apresenta sementes com alto teor de quitina.
- E) a cana-de-açúcar, pois apresenta colmos com alto teor de sacarose.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D                       03. A                       05. B
- 02. E                       04. A

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D                       06. A                       11. B
- 02. E                       07. A                       12. B
- 03. B                       08. C                       13. C
- 04. E                       09. A                       14. D
- 05. C                       10. E                       15. D

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E                       02. D                       03. E



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Taxonomia e Sistemática

A taxonomia (do grego *táxon*, categoria, grupo, e *nomos*, conhecimento) é a parte da Biologia encarregada de estudar a classificação dos seres vivos. Seu objetivo é facilitar o estudo, agrupando os seres vivos em diversas categorias.

O sistema de classificação dos seres vivos pode ser artificial ou natural.

**Sistema artificial de classificação** – Não leva em consideração o grau de parentesco entre as espécies. É baseado em critérios escolhidos arbitrariamente pelo autor da classificação. Por exemplo: utilizando como critério o modo de locomoção dos animais, pode-se classificá-los em nadadores, voadores, saltadores, rastejadores, etc. Observe que, nessa classificação, uma águia (ave) e uma mosca (inseto), apesar de estarem bem afastadas uma da outra do ponto de vista evolutivo ou de parentesco, estão no mesmo grupo, o dos animais voadores. Por outro lado, águia e avestruz, que evolutivamente estão muito próximos, já que ambos são aves, pertencem a grupos diferentes: a águia, ao grupo dos animais voadores; e o avestruz, ao dos animais de locomoção terrestre.

**Sistema natural de classificação** – Agrupa os seres vivos de acordo com o grau de parentesco existente entre eles. É baseado fundamentalmente na evolução dos seres vivos durante os milhares de anos que se passaram desde quando surgiram na Terra até os dias atuais. É o sistema de classificação que tem valor do ponto de vista científico. Nele, os seres vivos são agrupados em categorias denominadas taxonômicas ou *taxa* (plural de *táxon*).

### CATEGORIAS TAXONÔMICAS

O quadro a seguir mostra o nome das categorias taxonômicas básicas ou fundamentais:

#### Espécie / Gênero / Família / Ordem / Classe / Filo / Reino

- **Espécie** – É a unidade do sistema de classificação. Devido ao grande número de diferentes formas de vida (animais, vegetais, micro-organismos), existentes ou já extintas, é muito difícil estabelecer um conceito de espécie que seja aplicável a todas elas. Vários são os aspectos que devem ser levados em consideração para se identificar um grupo de seres vivos como sendo uma espécie: semelhanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, compatibilidade sexual na natureza, aspectos do comportamento, etc.

Pode-se definir espécie como: “grupo de seres morfológica e fisiologicamente semelhantes, capazes de se cruzarem habitualmente na natureza, produzindo descendentes férteis”, mantendo-se isolados reprodutivamente de outros grupos. Essa definição é satisfatória na maioria dos casos; em alguns, entretanto, não pode ser aplicada, como em certos micro-organismos que só se reproduzem assexuadamente.

Em certos casos, pode-se ter o cruzamento, em condições naturais, de organismos pertencentes a espécies distintas. Seus descendentes, no entanto, não são férteis ou, a partir de certa geração, tornam-se estéreis. Esses descendentes do cruzamento de indivíduos de espécies distintas são chamados híbridos. Como exemplos de híbridos, podem ser citados os burros e as mulas, que são originários do cruzamento entre o jumento (*Equus asinus*) e a égua (*Equus caballus*).

Há casos, também, em que indivíduos de espécies diferentes podem cruzar-se e produzir descendentes em condições artificiais de cativeiro, não se cruzando, porém, em condições naturais. Isso acontece, por exemplo, com leões e tigres, que, embora sendo de espécies distintas, podem cruzar-se em cativeiro. Em condições naturais, essas duas espécies não se cruzam, pois têm hábitos diferentes e vivem em ambientes distintos. Os tigres são restritos ao continente asiático, enquanto os leões ao africano.

Muitas espécies se subdividem em **subespécies** que diferem em determinadas características e geralmente estão adaptadas a ambientes diferentes. A espécie *Passer domesticus* (pardal), por exemplo, subdivide-se em subespécies: *Passer domesticus domesticus*, *Passer domesticus niloticus* e outras.

- **Gênero** – É um grupamento de espécies diferentes que apresentam algumas características semelhantes. Por exemplo: os gatos domésticos (gato siamês, gato persa e outros) pertencem a uma mesma espécie, *Felis catus*. Já o gato-selvagem europeu pertence a uma outra espécie, *Felis silvestris*. Apesar de serem de espécies diferentes, o gato doméstico e o gato selvagem possuem algumas características semelhantes e, por isso, pertencem a um mesmo gênero: o gênero *Felis*.
- **Família** – É um grupamento de gêneros diferentes que apresentam algumas características semelhantes. O gênero *Felis* (que agrupa, por exemplo, os gatos domésticos e os gatos selvagens) e o gênero *Panthera* (em que se incluem os leões, os tigres, as onças e os leopardos) pertencem a uma mesma família: a família Felidae.

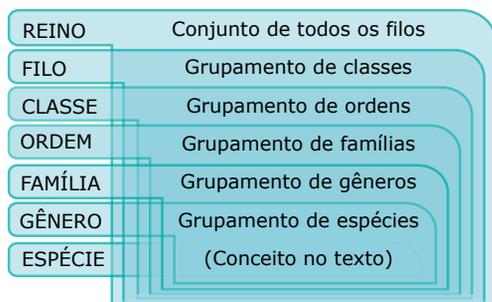
- **Ordem** – É um grupamento de famílias diferentes com algumas características semelhantes. Por exemplo: a família Felidae (que agrupa os gatos, os leões, as onças e outras) e a família Canidae (na qual se incluem, por exemplo, os cães e os lobos) são formadas por grandes comedores de carne que pertencem a uma mesma ordem: a ordem Carnívora.
- **Classe** – É um grupamento de ordens diferentes que apresentam certas características semelhantes. Por exemplo: a ordem Carnívora, a ordem Rodentia (que agrupa os roedores, como o rato, a paca, a capivara e outros), a ordem Primata (a qual pertencem o homem, o chimpanzé, o gorila e outros) e a ordem Cetacea (dos golfinhos e baleias) são formadas por indivíduos que, embora apresentem grandes diferenças quanto ao porte, ao *habitat* e ao comportamento, possuem uma característica comum: todos são portadores de glândulas mamárias e, por isso, pertencem a uma mesma classe, a classe Mammalia (dos mamíferos).
- **Filo (Divisão)** – É um grupamento de classes diferentes que apresentam certas características semelhantes. Por exemplo: a classe Mammalia (dos mamíferos), a classe Amphibia (dos anfíbios) e a classe Reptilia (dos répteis) são formadas por animais que apresentam, na fase embrionária, um eixo de sustentação denominado notocorda. Essas classes pertencem a um mesmo filo: o filo Chordata (dos cordados).

**OBSERVAÇÃO**

Na classificação dos vegetais, costuma-se usar com mais frequência o termo "divisão", em vez de filo, embora essas denominações sejam correspondentes.

- **Reino** – É um grupamento de diferentes filios. O filo Chordata (dos cordados), o filo Mollusca (dos moluscos), o filo Annelida (dos anelídeos) e muitos outros formam o reino Animalia (reino animal).

No quadro a seguir, vê-se uma representação da hierarquia das categorias taxonômicas:



Além das categorias básicas mencionadas anteriormente, existem categorias intermediárias, como subespécie, subgênero, subfamília, superfamília, subordem, subclasse, superclasse e outras.

## OS REINOS DOS SERES VIVOS

Com base em estudos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e, principalmente, evolutivos, tem-se procurado, ao longo dos tempos, criar um sistema de classificação dos seres vivos que seja o mais abrangente possível, isto é, com um menor número de exceções. Assim, além do sistema mais antigo, que os divide em apenas dois reinos, há sistemas com três, quatro, cinco ou até seis reinos.

Em 1969, Whittaker, levando em consideração estudos mais recentes sobre evolução, propôs um sistema de classificação no qual os seres vivos foram distribuídos em cinco reinos. Esse sistema é usado atualmente pela maioria dos autores.

- **O sistema de cinco reinos** – Nesse sistema, os seres vivos estão distribuídos nos seguintes reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae (Vegetal) e Animalia (Animal).

Monera	Protista	Fungi	Plantae	Animalia
Bactérias	Protozoários	Fungos	Briófitas	Poríferos
	Algas		Pteridófitas	Cnidários
			Gimnospermas	Platelmintos
			Angiospermas	Nematelmintos
				Moluscos
				Anelídeos
				Artrópodos
				Equinodermos
				Cordados

**Monera:** Seres unicelulares, procariontes, autótrofos ou heterótrofos.

**Protista:** Seres unicelulares, eucariontes, heterótrofos e seres unicelulares e multicelulares autótrofos que não formam tecidos verdadeiros. Obs.: Alguns autores incluem todas as algas no reino Protista, já outros incluem nesse reino apenas as algas unicelulares, preferindo incluir as algas pluricelulares no reino Plantae.

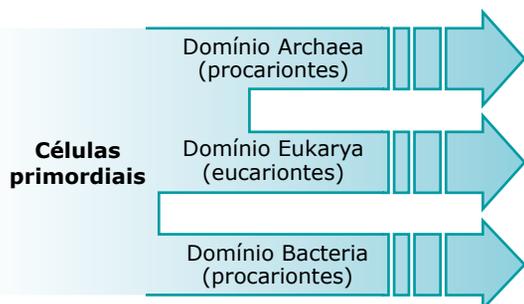
**Fungi:** Inclui todos os fungos, isto é, seres eucariontes, uni ou pluricelulares, sem diferenciação de tecidos, que se assemelham às algas na organização e na reprodução, mas que diferem delas por serem heterótrofos.

**Plantae:** Seres eucariontes, pluricelulares, autótrofos. Suas células possuem parede celular e cloroplastos.

**Animalia:** Seres eucariontes, pluricelulares, heterótrofos. Inclui os animais pluricelulares.

Estudos e avanços tecnológicos mais recentes da Biologia Celular e Molecular, baseados notadamente na sequência de nucleotídeos no RNA ribossomal, possibilitaram um melhor esclarecimento da **filogênese**, ou seja, das relações evolutivas entre os organismos.

Os pesquisadores concluíram que, a partir das células procariotas primordiais, que surgiram há cerca de 3,5 bilhões de anos, houve uma ramificação em duas direções, originando dois grupos ou domínios (categoria criada pelo microbiologista Carl Woese e que é superior a reino): **Archaea** e **Bacteria**. Posteriormente e a partir do domínio **Archaea**, surgiram as primeiras células eucariontes, que constituíram o domínio **Eukarya**.



Esquema mostrando a divisão dos seres vivos em três grupos ou domínios – Observe que o grupo Eukarya se separou do grupo Archaea posteriormente, sendo o grupo Bacteria o mais antigo.

O domínio Archaea compreende os seres procariontes metanógenos (produtores do gás metano) e os que vivem em condições extremas de alta ou baixa temperatura e salinidade, acidez ou alcalinidade elevada. Nesse domínio, estão incluídas as arqueas, anteriormente conhecidas por arqueobactérias.

O domínio Bacteria engloba as bactérias, anteriormente conhecidas por eubactérias.

O domínio Eukarya engloba todos os seres constituídos por células eucariontes.

Qualquer que seja a classificação adotada, o importante é conhecer os principais grupos de seres vivos e as suas principais características.

## REGRAS DE NOMENCLATURA CIENTÍFICA PARA OS SERES VIVOS

As regras atuais para a denominação científica dos seres vivos foram estabelecidas em *Congresso Internacional de Nomenclatura Científica* e baseadas na nomenclatura proposta pelo botânico e médico sueco Karl von Linné (mais conhecido por Lineu) em seu livro *Systema Naturae*.

As principais regras são:

- Os nomes científicos devem ser escritos em latim ou palavras latinizadas.
- A designação científica é binominal para espécie; trinominal para subespécie e uninominal para as demais categorias.
- O nome científico de uma espécie deverá ser destacado das demais palavras do texto.

Esse destaque poderá ser feito grifando-se o nome da espécie ou grafando-o com um tipo de letra diferente das demais palavras do texto.

- A primeira palavra do nome de uma espécie é o nome genérico e indica o gênero ao qual ela pertence. Obrigatoriamente, ela é escrita com a inicial maiúscula. A segunda palavra do nome de uma espécie é o epíteto específico, isto é, o nome que identifica a espécie dentro do gênero e deve ser escrito com inicial minúscula, sendo facultativo escrevê-lo com inicial maiúscula, caso seja relativo a um nome próprio (nome de pessoa, por exemplo). Veja os exemplos a seguir:

<i>Canis familiaris</i> (cão)	<i>Trypanosoma cruzi</i> (protozoário causador da doença de Chagas)
Gênero: <i>Canis</i>	Gênero: <i>Trypanosoma</i>
Nome genérico: <i>Canis</i>	Nome genérico: <i>Trypanosoma</i>
Epíteto específico: <i>familiaris</i>	Epíteto específico: <i>cruzi</i>
Espécie: <i>Canis familiaris</i>	Espécie: <i>Trypanosoma cruzi</i> , uma homenagem ao cientista Oswaldo Cruz, é transliteração latina de Cruz.

- Quando o epíteto específico for dado em homenagem a alguém, o nome dessa pessoa deverá ir para o genitivo latino, bastando, para isso, acrescentar a terminação **i**, se for masculino, e **ae** ou **e**, se for feminino. No *Trypanosoma cruzi*, por exemplo, o epíteto específico *cruzi* resultou de Cruz + i. Em *Peripatus heloisae*, o nome *heloisae* veio de Heloísa + e.
- Caso o nome da espécie já tenha sido citado por extenso no texto, as próximas citações desse nome no mesmo texto poderão ser abreviadas. Para isso, basta citar a inicial do nome do gênero, seguida de ponto e do epíteto específico. Assim, se num texto sobre o *Trypanosoma cruzi* esse nome já tiver sido citado por extenso, as próximas citações poderão ser feitas apenas por *T. cruzi*.
- Quando não se sabe a espécie, ou não interessa citá-la, pode-se usar apenas o nome genérico seguido da sigla **sp.**, que significa "qualquer espécie do gênero". Dessa forma, *Plasmodium* sp. refere-se a qualquer espécie do gênero *Plasmodium*.
- Quando um gênero é muito extenso, pode ser desdobrado em subgêneros. A referência ao subgênero é feita colocando-se o seu nome, obrigatoriamente, com inicial maiúscula, dentro de parênteses, entre o nome genérico e o epíteto específico:

*Drosophila (Sophophora) melanogaster*

Gênero: *Drosophila*

Subgênero: *Sophophora*

Espécie: *Drosophila melanogaster*

- Desejando-se citar, junto ao nome da espécie, o autor que a descreveu primeiro, coloca-se o seu nome logo após o epíteto específico, sem qualquer pontuação intermediária. O nome do autor não é escrito em destaque. Assim, *Canis familiaris* Lineu significa que um indivíduo chamado Lineu foi quem descreveu, pela primeira vez, a espécie *Canis familiaris*.
- Desejando-se citar, junto ao nome da espécie, a data da sua primeira descrição, coloca-se vírgula após o nome da espécie e, em seguida, o ano em que foi feita sua primeira descrição. Preferindo-se, o ano pode ser colocado entre parênteses imediatamente após o nome da espécie, sem qualquer pontuação intermediária. Sendo assim, as citações *Canis familiaris*, 1758 ou *Canis familiaris* (1758) mostram que a espécie *Canis familiaris* foi descrita, pela primeira vez, em 1758.
- Desejando-se citar, junto ao nome da espécie, o autor que a descreveu primeiro e a data da primeira descrição, coloca-se o nome do autor imediatamente após o nome da espécie, seguindo-se depois uma vírgula e o ano da primeira descrição (ou coloca-se o ano dentro de parênteses). O exemplo *Canis familiaris* Lineu, 1758 ou *Canis familiaris* Lineu (1758) significa que a espécie *Canis familiaris* foi descrita pela primeira vez por Lineu, em 1758.
- Quando uma espécie já descrita troca de gênero (por exemplo, pelo fato de a denominação anterior ter sido por alguma razão inadequada), coloca-se, entre parênteses, após o nome da espécie, o nome do autor que primeiro a classificou seguido de vírgula e a data da publicação. Fora dos parênteses, aparece o nome do estudioso que modificou o nome do gênero, seguido de vírgula e da data da nova publicação. Por exemplo, em 1758, Lineu descreveu a formiga-saúva, denominando-a *Formica sexdens*. Mais tarde, em 1804, Fabricius, reexaminando os estudos de Lineu, achou inadequado o nome do gênero *Formica* e, por várias razões, modificou-o para o gênero *Atta*. Assim, quando se faz referência a essa espécie, usa-se a seguinte grafia: *Atta sexdens* (Lineu, 1758) Fabricius, 1804.
- A designação de subespécie é trinomial. O primeiro nome refere-se ao gênero e é escrito com inicial maiúscula, seguindo-se o epíteto específico e o subespecífico, respectivamente, ambos com iniciais minúsculas. Veja o exemplo a seguir:

<b><i>Passer domesticus niloticus</i></b>
Gênero: <i>Passer</i>
Espécie: <i>Passer domesticus</i>
Subespécie: <i>Passer domesticus niloticus</i>

Observe que os três nomes são escritos em destaque.

- Algumas categorias possuem terminações próprias. Por exemplo: em se tratando de **animais**, as terminações dos nomes das categorias família e subfamília são, respectivamente, **idae** e **inae**. Exemplo: família Canidae; subfamília Felinae.

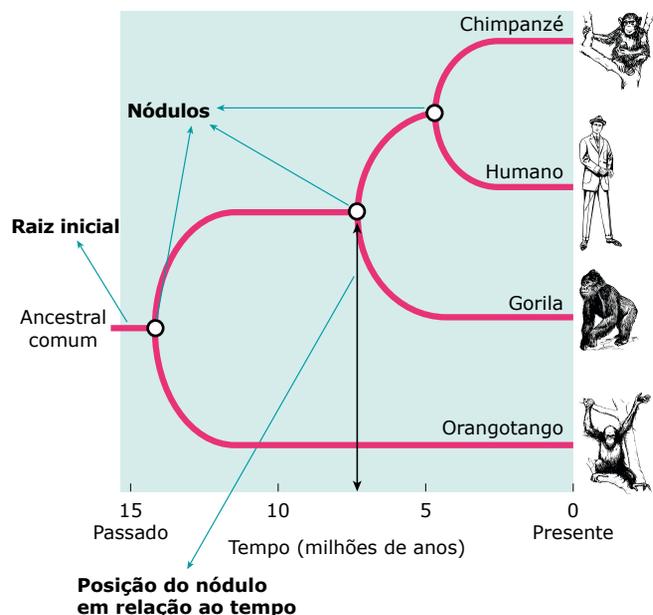
Em se tratando de **vegetais**, a terminação de família é **aceae**. Exemplo: Palmaceae.

## NOÇÕES SOBRE SISTEMÁTICA E ÁRVORES FILOGENÉTICAS



A sistemática pode ser definida como o estudo da biodiversidade com as hipóteses da história evolutiva dos seres vivos. Alguns autores consideram como sinônimo a filogenia. Os táxons, com sua hierarquia (Reino-Filo-Classe-Ordem-Família-Gênero-Espécie), refletem as relações evolutivas ou filogenéticas entre os seres vivos.

As árvores filogenéticas consistem em diagramas com nós e ramificações que mostram a história evolutiva de um determinado grupo de seres vivos, bem como suas relações de parentesco evolutivo. Elas se iniciam por um ramo ou raiz inicial, que corresponde ao ancestral comum de todos os seres vivos que estão representados. Quando a escala de tempo estiver representada, o comprimento do ramo informa o tempo relativo de separação do grupo, ou seja, quando ocorreu uma especiação. Os finais das ramificações, denominados terminais, representam os descendentes desse ancestral. O nó na árvore representa o momento que a linhagem se dividiu, e se os ramos forem girados em torno desse nó que lhe deu origem, alterando as posições, ainda sim a relação evolutiva permanece a mesma. Veja o exemplo a seguir:



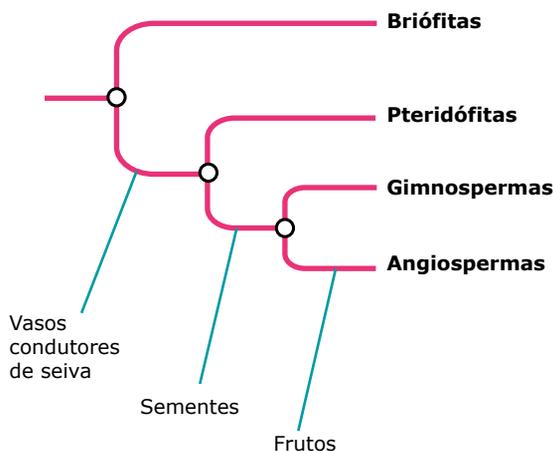
Árvore filogenética. A linha do tempo foi representada da esquerda para a direita. A raiz inicial é o ancestral comum de todas as espécies.

O primeiro nó origina dois ramos e um deles termina no orangotango. O segundo nó origina dois novos ramos e um deles termina no gorila. O terceiro e último nó origina os ramos que terminam no chimpanzé e no homem. Assim, verifica-se que o homem e o chimpanzé compartilham um nó próximo, o que significa que têm um ancestral comum próximo e recente que não é compartilhado com os demais primatas. Isso indica que o homem e o chimpanzé possuem maior grau de parentesco evolutivo em relação aos demais organismos representados na árvore. A taxonomia também reflete essa relação, uma vez que homem e chimpanzé são agrupados até a mesma família (*Hominidae*), separando-se na categoria gênero (*Homo* e *Pan*, respectivamente), o que indica a proximidade evolutiva. Os demais primatas já se separam no táxon família.

Numa árvore filogenética, qualquer agrupamento que inclua um ancestral comum, representado pelos nós, e todos os seus descendentes, viventes ou extintos, é denominado clado. Na árvore anterior, por exemplo, os ramos do chimpanzé e do homem, incluindo o ancestral que lhes deu origem, representado no nó, formam um clado.

Você pode estar se questionando em que os cientistas se baseiam para construir as árvores filogenéticas. Os cientistas se baseiam em características dos seres vivos que podem sugerir o grau de parentesco evolutivo. Algumas características utilizadas na construção das árvores filogenéticas são a morfologia, a anatomia, o desenvolvimento embrionário, a sequência de bases do DNA, a sequência de aminoácidos das proteínas, dentre outras. No caso da árvore anterior, o agrupamento de chimpanzé e homem teve, como base principal, o alto grau de semelhança do DNA.

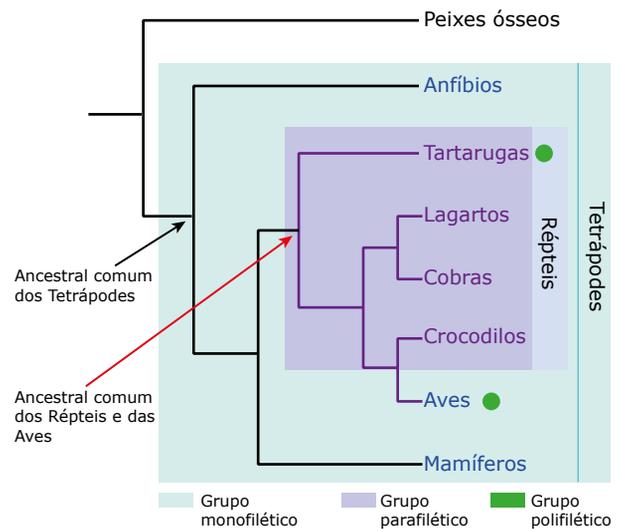
A característica fenotípica que evoluiu no grupo e conduziu para um clado é chamado de traço derivado. Veja um exemplo da representação desses traços no reino vegetal:



Traços derivados no reino vegetal.

Um traço derivado diferente da condição ancestral é denominado como uma apomorfia. Ele surge a partir de modificações do estado ancestral. Por exemplo, nos pés dos vertebrados adaptados ao ambiente terrestre encontramos ossos nas extremidades que são diferentes da condição ancestral presente nos peixes de nadadeiras lobadas. Quando um traço derivado é compartilhado por um grupo, sugerindo ancestralidade comum, ele é denominado de sinapomorfias. No exemplo anterior, verifica-se que o padrão de ossos da extremidade das patas é compartilhado pelos vertebrados terrestres como um todo. Outro exemplo de traço derivado do tipo sinapomorfia entre os vertebrados é a coluna vertebral. Caso o caráter seja herdado sem modificações, tem-se a pleisomorfia, sendo o traço denominado pleisomórfico.

A história evolutiva das espécies permite a definição de alguns agrupamentos, os quais são denominados e representados no esquema a seguir:



Grupos monofilético, parafilético e polifilético.

O grupo monofilético é aquele que engloba o ancestral comum e todos os descendentes desse ancestral. Sua identificação nas árvores filogenéticas é facilitada pois ele é o grupo que pode ser removido por um mesmo "corte". O parafilético inclui o ancestral comum e alguns de seus descendentes. Já o polifilético não possui o ancestral comum do grupo.



**Classificação dos seres vivos**

A necessidade humana de categorizar as coisas não é algo novo. Na Biologia, os cientistas sempre procuraram reconhecer e classificar os seres vivos em grupos. Assista a essa videoaula para saber mais sobre isso.



- A) Bacteria são eucariontes e incluem bactérias e cianobactérias; Archaeae são eucariontes e incluem as arqueas capazes de viver em condições extremas; e Eukarya são eucariontes e incluem os reinos Protista, Fungi, Plantae e Animalia.
- B) Bacteria são procariontes e incluem bactérias e cianobactérias; Archaeae são procariontes e incluem as arqueas capazes de viver em condições extremas; e Eukarya são eucariontes e incluem os reinos Protista, Fungi, Plantae e Animalia.
- C) Bacteria são procariontes e incluem bactérias e cianobactérias; Archaeae são eucariontes e incluem as arqueas capazes de viver em condições extremas; e Eukarya são eucariontes e incluem os reinos Protista, Fungi, Plantae e Animalia.
- D) Bacteria são procariontes e incluem bactérias e cianobactérias; Archaeae são eucariontes e incluem as arqueas capazes de viver em condições extremas; e Eukarya são procariontes e incluem os reinos Protista, Fungi, Plantae e Animalia.

04. (PUC RS) Considere os grupamentos taxonômicos, os quais aparecem ilustrados nos quadrinhos do biólogo e cartunista Fernando Gonsales.



Das alternativas a seguir, a maior diversidade genética será encontrada em um(a)

- A) Filo. C) Divisão. E) Gênero.  
B) Classe. D) Família.

05. (UEPA) Nas florestas tropicais da América Central e da América do Sul, vivem várias espécies aparentadas de sapos coloridos popularmente conhecidos por sapinhos-ponta-de-flexa. A espécie *Phylllobates terribilis* é considerada o vertebrado mais venenoso do Planeta e possui a seguinte classificação taxonômica: Animalia, Chordata, Amphibia, Anura, Neobatrachia, Dendrobatidae, *Phylllobates*.

LOPES, S. *Bio*. 2008 (Adaptação).

Sobre a classificação taxonômica da espécie mencionada no texto, é correto afirmar que

- A) Chordata é a família à qual pertence a espécie.  
B) *Phylllobates* é a ordem da espécie.  
C) Dendrobatidae é a família da espécie.  
D) *Terribilis* é o gênero da espécie em questão.  
E) Anura é a classe à qual pertence a espécie.

06. (UEL-PR-2020) As primeiras tentativas de classificar os organismos com base em suas similaridades estruturais começaram na Grécia Antiga e lançaram as bases da Sistemática atual.

Sobre a classificação biológica e as categorias taxonômicas, assinale a alternativa correta.

- A) Entre os estudiosos da classificação natural, Aristóteles sugeriu que o nome científico de todo animal deveria ser composto de duas palavras.  
B) Uma característica derivada, compartilhada por dois ou mais táxons e por seu ancestral comum mais recente, é denominada *plesiomorfia*.  
C) Dois organismos classificados como pertencentes à categoria taxonômica de ordem pertencem também à mesma classe.  
D) O primeiro a desenvolver um método de classificação das espécies baseado na ancestralidade evolutiva foi o naturalista sueco Carl Linné.  
E) *Anisocercus scopifer* e *Onychocercus scopifer* são duas espécies que pertencem à mesma categoria taxonômica de gênero.

07. (UNIFESP) Em área de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado, são encontrados o pau-d'arco (*Tabebuia serratifolia*), a caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e alguns ipês (*Tabebuia aures*, *Tabebuia alba*, *Cybistax antisiphilitica*). O cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*) é também frequente naquela região.

Considerando os critérios da classificação biológica, no texto, são citados

- A) 3 gêneros e 3 espécies.  
B) 3 gêneros e 4 espécies.  
C) 3 gêneros e 6 espécies.  
D) 4 gêneros e 4 espécies.  
E) 4 gêneros e 6 espécies.

08. (UFTM-MG) Na animação *Rio*, do brasileiro Carlos Saldanha, os personagens são, principalmente, diferentes tipos de aves e um cachorro.



Disponível em: [www.buscafilme.com.br](http://www.buscafilme.com.br).

Considerando que tenham sido baseados em animais reais e de acordo com a atual classificação biológica, pode-se afirmar que

- A) todos pertencem à mesma classe, porém seriam separados em duas ordens distintas.  
B) todos pertencem ao mesmo filo, porém seriam separados em duas classes distintas.  
C) as aves são do mesmo gênero, porém pertencem a ordens distintas.  
D) as aves são da mesma classe, porém pertencem a reinos distintos.  
E) todos pertencem ao mesmo subfilos, porém pertencem a domínios distintos.

09. (UCS-RS) Analisando um organismo em laboratório, um biólogo constatou nele as seguintes características:

- Organismo multicelular com tecidos verdadeiros;
- Ausência de clorofila;
- Obtenção de alimento por ingestão;
- Organismo heterotrófico.

O organismo analisado pertence a qual dos seguintes reinos?

- A) Protista                      C) Animalia                      E) Monera  
B) Fungi                          D) Plantae

## SEÇÃO ENEM



01. (Enem) A classificação biológica proposta por Whittaker permite distinguir cinco grandes linhas evolutivas utilizando, como critérios de classificação, a organização celular e o modo de nutrição. Woese e seus colaboradores, com base na comparação das seqüências que codificam o RNA ribossômico dos seres vivos, estabeleceram relações de ancestralidade entre os grupos e concluíram que os procariontes do Reino Monera não eram um grupo coeso do ponto de vista evolutivo.

Whittaker (1969) Cinco reinos	Woese (1990) Três domínios
Monera	Archaea Eubacteria
Protista	Eukarya
Fungi	
Plantae	
Animalia	

A diferença básica nas classificações citadas é que a mais recente se baseia fundamentalmente em

- A) tipos de células.  
B) aspectos ecológicos.  
C) relações filogenéticas.  
D) propriedades fisiológicas.  
E) características morfológicas.

02. (Enem) Lobos da espécie *Canis lycaon*, do leste dos Estados Unidos, estão inter cruzando com coiotes (*Canis latrans*). Além disso, indivíduos presentes na borda oeste da área de distribuição de *C. lycaon* estão se acasalando também com lobos cinzentos (*Canis lupus*). Todos esses cruzamentos têm gerado descendentes férteis.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL.  
Rio de Janeiro, ano II, 2011 (Adaptação).

Os animais descritos foram classificados como espécies distintas no século XVIII. No entanto, aplicando-se o conceito biológico de espécie, proposto por Ernst Mayr em 1942, e ainda muito usado hoje em dia, esse fato não se confirma, porque

- A) esses animais são morfológicamente muito semelhantes.  
B) o fluxo gênico entre as três populações é mantido.  
C) apresentam nichos ecológicos muito parecidos.  
D) todos têm o mesmo ancestral comum.  
E) pertencem ao mesmo gênero.

03. (Enem)

### Os bichinhos e o homem

Nossa irmã, a mosca  
É feia e tosca  
Enquanto que o mosquito  
É mais bonito  
Nosso irmão besouro  
Que é feito de couro  
Mal sabe voar  
Nossa irmã, a barata  
Bichinha mais chata  
É prima da borboleta  
Que é uma careta  
Nosso irmão, o grilo  
Que vive dando estrilo  
Só pra chatear

MORAES, V. *A arca de Noé*: poemas infantis. São Paulo: Companhia das Letrinhas, 1991.

O poema anterior sugere a existência de relações de afinidade entre os animais citados e nós, seres humanos. Respeitando a liberdade poética dos autores, a unidade taxonômica que expressa a afinidade existente entre nós e esses animais é

- A) o filo.  
B) o reino.  
C) a classe.  
D) a família.  
E) a espécie.

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. C                       03. E                       05. E  
 02. D                       04. A

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. D                       04. A                       07. C  
 02. B                       05. C                       08. B  
 03. B                       06. C                       09. C

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. C                       02. B                       03. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

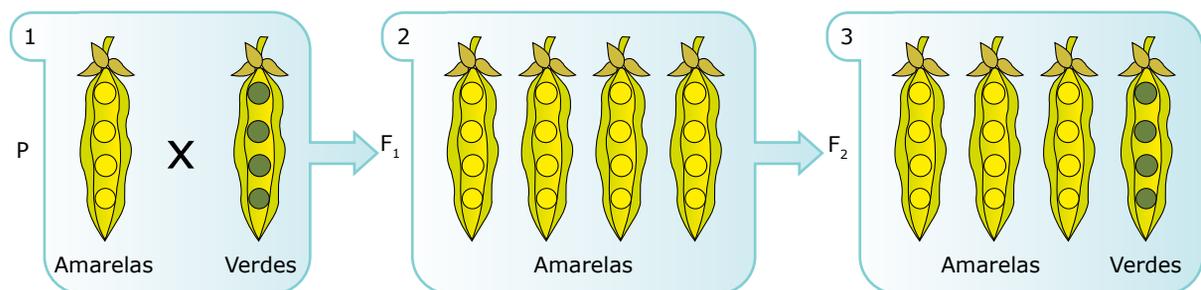
## 1ª Lei de Mendel

Em meados do século XIX, o monge austríaco Gregor Mendel, realizando e analisando os resultados de cruzamentos feitos com plantas, especialmente ervilhas (*Pisum sativum*), elaborou os princípios básicos dos conhecimentos genéticos. É, portanto, o fundador da Genética.

Mendel admitiu a existência de “fatores” responsáveis pelas características hereditárias, embora não soubesse explicar de que esses fatores eram constituídos e nem a sua localização no interior das células. No século XX, com o desenvolvimento da Citologia e da Bioquímica, comprovou-se que Mendel tinha razão. Tais fatores realmente existem, localizam-se nos cromossomos e são constituídos por DNA. Os fatores de Mendel passaram, então, a ser denominados genes.

O sucesso que Mendel teve em seus experimentos deve-se a várias particularidades, tais como: a escolha de plantas de cultivo fácil e de ciclo reprodutivo curto, permitindo observar várias gerações em curto tempo; o grande número de descendentes que as plantas utilizadas geram a cada reprodução, permitindo avaliar estatisticamente os dados com grande margem de acerto; a escolha de plantas com flores que possuem órgãos reprodutores fechados dentro das pétalas, o que garante a autofecundação, gerando linhagens puras (nessas plantas, a fecundação cruzada só ocorre quando provocada, isto é, quando se deseja); a escolha de características contrastantes e bem visíveis, como cor das flores, aspecto das sementes, altura das plantas, etc.

As figuras a seguir ilustram resumidamente um dos experimentos de Mendel.



1. Mendel promoveu o cruzamento entre ervilhas com sementes amarelas e ervilhas com sementes verdes de linhagens puras (geração P).
2. O resultado do cruzamento da geração P originou uma geração-filha (F<sub>1</sub>) constituída por 100% de descendentes com sementes amarelas.
3. A autofecundação dos indivíduos da geração F<sub>1</sub> originou uma 2ª geração-filha (F<sub>2</sub>), na qual 75% (3/4) dos descendentes produziam sementes amarelas e 25% (1/4), sementes verdes.

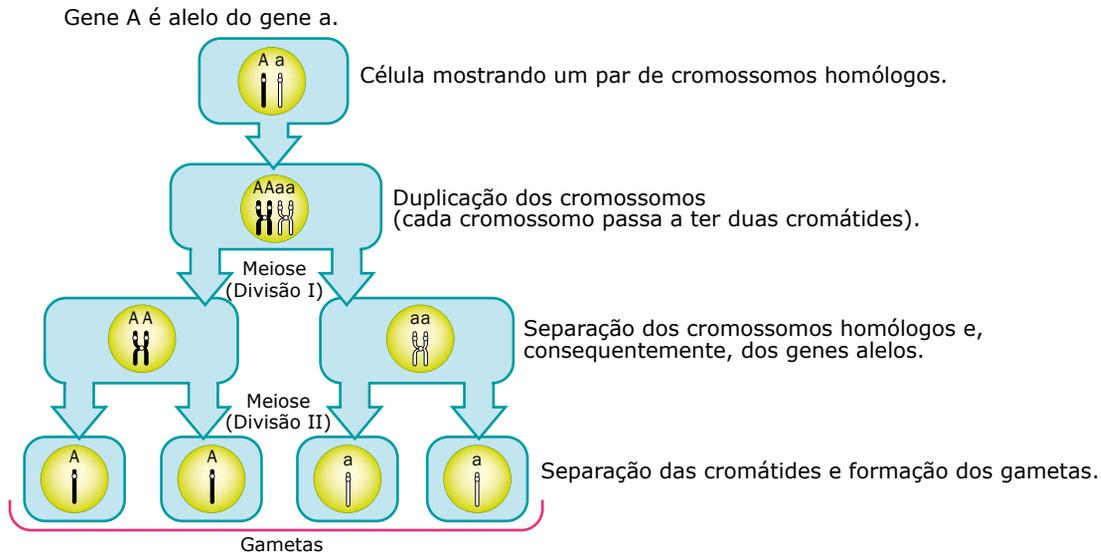
Após analisar diferentes características e os resultados de vários cruzamentos, Mendel elaborou o “princípio fundamental da herança”, que ficou mais conhecido como a 1ª Lei de Mendel.

### 1ª LEI DE MENDEL

**1ª Lei de Mendel (lei da segregação dos fatores, lei da pureza dos gametas)** = “Cada caráter é determinado por um par de fatores que se segregam (separam-se) durante a formação dos gametas. Assim, cada gameta tem apenas um fator para cada característica”.

De acordo com a 1ª Lei de Mendel, um indivíduo que tem, nas células do seu corpo, o genótipo Aa para uma determinada característica, quando for produzir os seus gametas, formará metade contendo o gene A e a outra metade, o gene a.

Tal ocorrência se explica pela meiose conforme se vê no esquema a seguir:



A 1ª Lei de Mendel permite concluir que,

- se, para uma determinada característica, o indivíduo possui o genótipo AA, quando esse indivíduo formar seus gametas, 100% deles terão o gene A para a referida característica.
- se, para uma determinada característica, o indivíduo possui o genótipo aa, 100% dos gametas formados por esse indivíduo terão o gene a para a referida característica.
- se, para uma determinada característica, o indivíduo possui o genótipo Aa, formará dois tipos de gametas: 50% dos quais deverão ter o gene A e 50%, o gene a.

O quadro a seguir sintetiza essas conclusões.

Genótipos	Tipos de gametas
AA	A (100%)
Aa	A (50%) e a (50%)
aa	a (100%)

Vejamos, então, alguns exemplos de aplicação da 1ª Lei de Mendel.

**Exemplo 1:** Vamos admitir que, na espécie humana, a pigmentação da pele seja condicionada por um gene dominante A, enquanto a apigmentação (albinismo) é condicionada pelo alelo recessivo a.

Se um indivíduo pigmentado, heterozigoto, casar-se com uma mulher de genótipo idêntico ao seu, qual é a probabilidade de que esse casal tenha uma criança apigmentada (albina)?

**Resolução:**

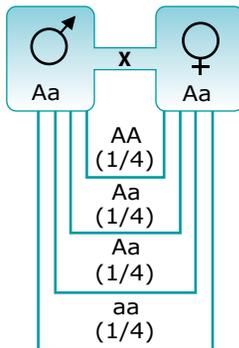
O enunciado anterior informa que o genótipo do homem em questão é Aa, e o da mulher também é Aa. Assim, de acordo com a 1ª Lei de Mendel, esse homem formará 50% de espermatozoides contendo o gene A e 50% de espermatozoides com o gene a. A mulher também formará dois tipos de gametas, isto é, 50% dos seus gametas deverão ter o gene A e 50%, o gene a. Lançando os diferentes tipos de gametas masculinos e femininos com seus respectivos percentuais num quadro (quadrado de Punnet ou genograma) e associando cada gameta masculino a cada gameta feminino, teremos todas as combinações possíveis que poderão ocorrer quando da fecundação envolvendo gametas desses dois indivíduos, ou seja, todos os possíveis genótipos que poderão ter os filhos desse casal.

Gametas ♀ \ Gametas ♂	A (1/2 ou 50%)	a (1/2 ou 50%)
A (1/2 ou 50%)	AA (1/4 ou 25%)	Aa (1/4 ou 25%)
a (1/2 ou 50%)	Aa (1/4 ou 25%)	aa (1/4 ou 25%)

O quadro apresentado mostra que existe 1/4 (25%) de probabilidade de nascer uma criança pigmentada homocigota (AA); 2/4 ou 1/2 (50%) de nascer uma criança pigmentada heterocigota (Aa) e 1/4 (25%) de nascer uma criança apigmentada (aa). Assim, a probabilidade de o casal ter uma criança pigmentada (AA ou Aa) será de  $1/4 + 2/4 = 3/4$  (75%), e a probabilidade de nascer uma criança apigmentada será de 1/4 (25%).

Resposta: 1/4 (25%).

O mesmo resultado pode ser obtido de uma forma mais simples, por meio do esquema a seguir:



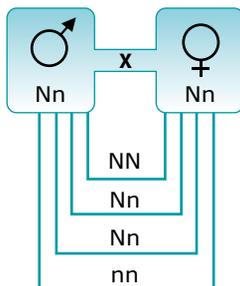
Resposta: 1/4 (25%).

**Exemplo 2:** A queratose é uma anomalia hereditária autossômica em que o indivíduo apresenta espessamento da camada de queratina da pele, com rachaduras dolorosas. Essa anomalia deve-se a um gene dominante N, e a normalidade da característica em questão se deve ao alelo recessivo n. Considerando um casal em que ambos os cônjuges têm queratose e são heterocigóticos, responder: qual é a probabilidade de esse casal ter

- uma criança com queratose.
- um menino com queratose.
- uma criança com a pele normal.
- uma menina com a pele normal.
- quatro crianças com queratose.

#### Resolução:

Com os dados fornecidos pelo enunciado, concluímos que o casal em questão é Nn x Nn. Fazendo todas as combinações possíveis entre os gametas masculinos e femininos produzidos pelo casal, temos:



O cruzamento anterior permite concluir que haverá

- 1/4 ou 25% de probabilidade de os descendentes serem NN (com queratose).
- 2/4 ou 1/2 ou 50% de probabilidade de serem Nn (com queratose).
- 1/4 ou 25% de probabilidade de os descendentes serem nn (com pele normal).

Respostas:

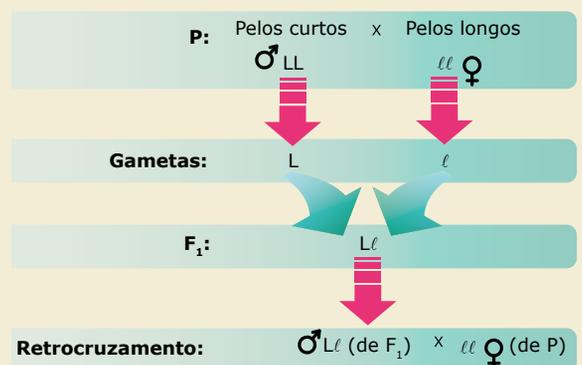
- A probabilidade de o casal ter uma criança com queratose será igual a 3/4 ou 75%.
- Como a probabilidade de nascer menino é de 1/2 e a de nascer uma criança com queratose é de 3/4, então, a probabilidade de o casal ter um menino com queratose será igual a  $1/2 \times 3/4 = 3/8$ .
- A probabilidade de nascer uma criança com pele normal é de 1/4 ou 25%.
- Como a probabilidade de nascer uma menina é de 1/2 e a de nascer uma criança normal é de 1/4, então, a probabilidade de nascer uma menina com pele normal será igual a  $1/2 \times 1/4 = 1/8$ .
- Como a probabilidade de nascer uma criança (menino ou menina) com queratose é de 3/4, então, a probabilidade de o casal ter quatro crianças com queratose será igual a  $(3/4)^4 = 3/4 \times 3/4 \times 3/4 \times 3/4 = 81/256$  (31,6%).

### “TEST-CROSS” E “BACK-CROSS”

O “test-cross” (cruzamento-teste) é o cruzamento de um indivíduo (indivíduo-teste) de genótipo ignorado, mas portador da manifestação (fenótipo) dominante de uma determinada característica, com outro que tem a manifestação recessiva da mesma característica. Trata-se de um recurso muito usado em certas espécies de plantas e de animais para tentar identificar se o indivíduo que tem o fenótipo dominante para certo caráter é homocigoto ou heterocigoto. Essa identificação poderá ser determinada pela observação dos fenótipos dos descendentes do cruzamento. Se, entre os descendentes, surgirem indivíduos com a manifestação recessiva, o indivíduo-teste será heterocigoto; se na descendência só houver indivíduos com a manifestação dominante, então, muito provavelmente, o indivíduo-teste deverá ser homocigoto.

O “back-cross” (retrocruzamento) é o cruzamento de um indivíduo da geração  $F_1$  (filhos) com um de seus genitores (geração P = geração paterna ou parental) ou com um indivíduo que tenha genótipo idêntico a um de seus genitores. Veja o exemplo a seguir:

Nos coelhos, o tamanho dos pelos é determinado geneticamente por meio de uma herança com dominância. O gene L condiciona a formação de pelos curtos, enquanto o seu alelo  $l$  determina a formação de pelos longos. Um coelho de pelos curtos homocigoto foi cruzado com uma fêmea de pelos longos, originando filhotes de pelos curtos heterocigotos. Um desses filhotes foi, então, retrocruzado com a sua mãe conforme representado a seguir:



# EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



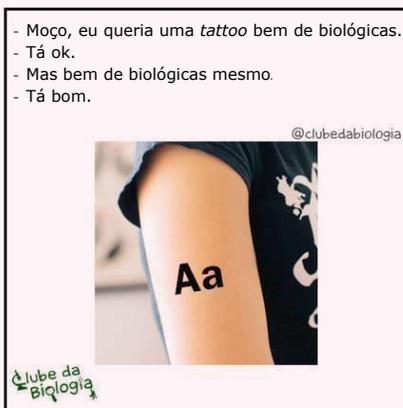
- 01.** (UECE-2022) De acordo com a 1ª Lei de Mendel, é correto afirmar que
- A) cada característica é condicionada por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, nos quais ocorrem em dose simples.
  - B) cada carácter é condicionado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, nos quais ocorrem em dose dupla.
  - C) os fatores para duas ou mais características segregam-se e se distribuem independentemente para os gametas, onde se combinam ao acaso.
  - D) os fatores para dois ou mais caracteres se distribuem independentemente para os gametas, combinando-se de forma agregada.

- 02.** (Unesp) Considerando-se que a cor da pelagem de cobaias é determinada por um par de alelos, que pode apresentar dominância ou recessividade, foram realizados cruzamentos entre esses animais, conforme a tabela.

Cruzamentos	N. de descendentes em uma ninhada		
	♂ ♀	Negros	Branco
I	branco × branco	0	7
II	branco × negro	5	4
III	negro × negro	8	0
IV	branco × branco	2	7
V	negro × branco	0	8

- A análise da tabela permite concluir que
- A) no cruzamento I, os pais são heterozigotos.
  - B) no cruzamento II, são observados dois fenótipos e três genótipos entre os descendentes.
  - C) no cruzamento III, os genótipos dos pais podem ser diferentes.
  - D) no cruzamento IV, os pais são heterozigotos.
  - E) no cruzamento V, podem ocorrer três genótipos diferentes entre os descendentes.

- 03.** (UFRGS-RS) Observe a ilustração a seguir, que indica o genótipo de uma característica monogênica mendeliana em um indivíduo.

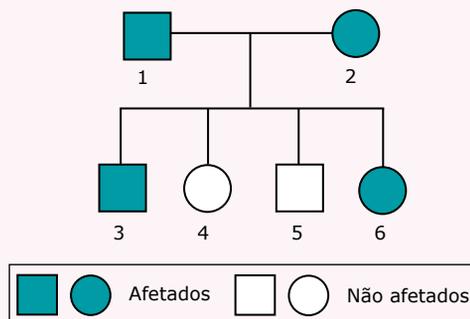


Disponível em: <https://clubedabiologia.wordpress.com/>. Acesso em: 26 set. 2017 (Adaptação).

Com relação ao que aparece na ilustração, é correto afirmar que

- A) o indivíduo é heterozigoto para a característica monogênica indicada e pode formar 50% dos gametas A e 50% dos gametas a.
- B) caso esse indivíduo tenha um filho gerado com outra pessoa de igual genótipo, a probabilidade de o filho ser heterozigoto é de 25%.
- C) esse genótipo é um exemplo de expressão de uma característica recessiva.
- D) quatro células haploides serão formadas na proporção de 1 : 2 : 1 ao final da meiose II desse indivíduo.
- E) as letras representam alelos para características diferentes e ocupam *locus* diferentes nos cromossomos homólogos.

- 04.** (FMTM-MG) Observe a genealogia que representa uma família com pessoas afetadas por uma anomalia autossômica.



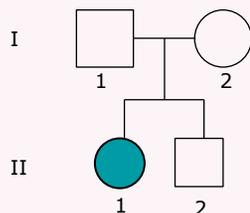
A partir da análise da genealogia, pode-se afirmar que a anomalia é

- A) recessiva, e os indivíduos 1 e 2 são homozigotos.
- B) dominante, e a probabilidade de 6 ser heterozigota é de 2/3.
- C) recessiva, e a probabilidade de 4 ser homozigoto é de 1/4.
- D) dominante, e a probabilidade de 3 ser heterozigoto é de 1/2.
- E) recessiva, e a probabilidade de 5 ser heterozigoto é de 1/2.

- 05.** (FCC-SP) Na ervilha-de-cheiro, sementes lisas são dominantes sobre sementes rugosas. Se uma planta homozigota para sementes lisas é cruzada com uma planta de semente rugosa dando descendentes, qual será o resultado do cruzamento de um desses descendentes com a planta de semente rugosa da geração parental?
- A) Sementes lisas (100%)
  - B) Sementes rugosas (100%)
  - C) Sementes lisas (50%) e rugosas (50%)
  - D) Sementes lisas (75%) e rugosas (25%)
  - E) Sementes lisas (25%) e rugosas (75%)

EXERCÍCIOS  
PROPOSTOS

- 01.** (FUVEST-SP) No heredograma a seguir, a menina II-1 tem uma doença determinada pela homozigose quanto a um alelo mutante de gene localizado em um autossomo. A probabilidade de que seu irmão II-2, clinicamente normal, possua esse alelo mutante é:



- A) 0                      C) 1/3                      E) 2/3  
B) 1/4                      D) 1/2
- 02.** (UECE) Em relação à anomalia gênica autossômica recessiva albinismo (aa), qual será a proporção de espermatozoides que conterá o gene A em um homem heterozigoto?
- A) 25%  
B) 75%  
C) 100%  
D) 50%
- 03.** (UFS-SE) Na espécie humana, o caráter lobo da orelha solto é devido a um alelo dominante e o lobo aderente, ao alelo recessivo. Um homem com lobos soltos, cuja mãe tem lobos aderentes, casa-se com uma moça com lobos aderentes. É de se esperar que, dentre os filhos desse casal,
- A) 25% tenham lobos soltos e 75% tenham lobos aderentes.  
B) 50% tenham lobos soltos e 50% tenham lobos aderentes.  
C) 75% tenham lobos soltos e 25% tenham lobos aderentes.  
D) 100% tenham lobos aderentes.  
E) 100% tenham lobos soltos.
- 04.** (UECE) O cruzamento entre uma planta de ervilha rugosa (rr) com uma planta de ervilha lisa (RR) tem como descendente em  $F_1$
- A) apenas plantas lisas.  
B) mais plantas rugosas do que plantas lisas.  
C) 50% de plantas lisas e 50% de plantas rugosas.  
D) apenas plantas rugosas.

- 05.** (UNISC-RS) No albinismo tirosinase-negativo não há produção da enzima tirosinase, participante de etapas do metabolismo que transforma o aminoácido tirosina em melanina. O *locus* do gene que codifica esta enzima localiza-se no cromossomo 11 e pode conter o alelo normal A ou o recessivo a. Um casal normal que possui quatro filhos todos normais deseja ter um novo filho. Sabendo-se que a herança desta característica é autossômica recessiva e que o avô paterno e a avó materna das crianças eram albinos, qual será a probabilidade do bebê vir a ser albino?

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

- 06.** (OBB-2019) Estamos chegando cada vez mais perto da cura da aids. Apenas dois dias depois de cientistas terem anunciado a existência de uma segunda pessoa que pode ter vencido o vírus HIV, foi revelado um terceiro paciente que possivelmente teria sido totalmente curado da doença.

O anúncio desse terceiro avanço ocorreu na última terça-feira (5), durante a Conferência Sobre Retrovírus e Infecções Oportunistas, em Seattle, nos Estados Unidos. O chamado "paciente de Düsseldorf", segundo um time de especialistas dos Países Baixos, foi submetido ao mesmo tipo de transplante de medula óssea pelo qual passaram os outros dois pacientes que também teriam sido curados.

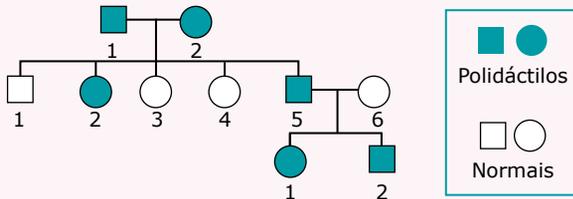
O primeiro registro de que um homem teria se livrado do vírus HIV ocorreu em 2007. O caso foi inicialmente apelidado de "paciente de Berlim"; mas o homem acabou sendo identificado como Timothy Ray Brown, de 52 anos, que atualmente vive em Palm Springs, na Califórnia, Estados Unidos. Diagnosticado com leucemia, Brown teria enfrentado dois transplantes de células-tronco após os médicos não verem progresso com a quimioterapia. O doador que possibilitou o transplante tinha uma mutação na proteína CCR5, o sítio primário de ligação do HIV com as células T. Assim, o paciente teve de enfrentar uma dosagem de medicamentos imunossupressores e sofreu uma série de complicações; chegou a ficar em coma induzido e quase morreu.

Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Saude/noticia/2019/03/tres-pessoas-ja-teriam-se-curado-de-hiv-no-mundo-anunciam-medicos.html>.

Supondo que a mutação CCR5 seja autossômica recessiva em relação ao gene funcional. Identifique a probabilidade de um casal heterozigotos para este gene ter uma criança resistente ao HIV:

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

**07.** (PUC Minas) O heredograma a seguir representa uma anomalia autossômica denominada polidactilia, em que os indivíduos afetados apresentam mais de 5 dedos.



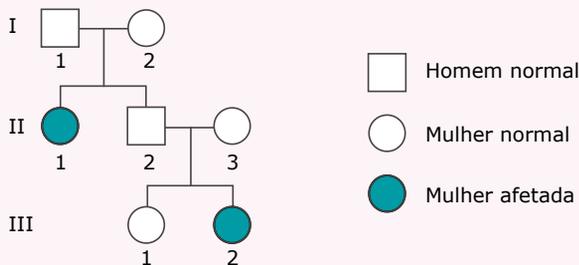
A probabilidade de II-5 e II-6 terem uma criança do sexo feminino e normal é:

- A) 1/2      B) 1/3      C) 1/4      D) 1/6

**08.** (UCDB-MT) Estudando a herança sem dominância em *Mirabilis jalapa* (maravilha), um pesquisador cruzou indivíduos de flores vermelhas VV com igual espécie de flores brancas BB. Os resultados obtidos na geração F<sub>1</sub> foram

- A) 50% VV e 50% BB, descendentes iguais aos pais.  
 B) 100% VB, de flores vermelhas, pois este caráter é dominante.  
 C) 100% VB, de coloração branca, pois este caráter é dominante.  
 D) 100% VB, de flores róseas.  
 E) 25% VV, vermelhos; 50% VB, róseos; e 25% BB, brancos.

**09.** (Albert Einstein) No heredograma seguinte, as pessoas indicadas por II-1 e III-2 são afetadas por uma dada característica:



Após a análise do heredograma, é correto afirmar tratar-se de característica

- A) recessiva e ligada ao sexo, e a probabilidade de o casal indicado por II-2 e II-3 ter uma criança do sexo masculino com a característica é de 1/2.  
 B) dominante e ligada ao sexo, e a probabilidade de o casal indicado por II-2 e II-3 ter uma criança do sexo masculino com a característica é de 1/2.  
 C) autossômica dominante e, supondo que a mulher indicada por II-1 se case com um homem afetado pela característica, a probabilidade de esse casal ter filhos com a característica é de 3/4.  
 D) autossômica recessiva, e a probabilidade de a mulher indicada por III-1 ser heterozigótica é de 2/3.

**10.** (UEPG-PR-2021) A representação esquemática a seguir é referente ao cruzamento-teste, ou também chamado de retrocruzamento, em um modelo de herança genética da Primeira Lei de Mendel. Analise o esquema e assinale o que for correto.

Genótipo	Fenótipo
R_	Semente lisa
rr	Semente rugosa

**Cruzamento-teste (a)**

Parentais	Plantas sementes lisas	x	Plantas sementes rugosas
Genótipos	R_?		rr
Descendência	100% sementes lisas		

**Cruzamento-teste (b)**

Parentais	Plantas sementes lisas	x	Plantas sementes rugosas
Genótipos	R_?		rr
Descendência	50% sementes lisas 50% sementes rugosas		

01. No exemplo, o cruzamento-teste (b) permitiu descobrir que o fenótipo de sementes rugosas apresenta interação alélica de dominância em relação ao fenótipo de sementes lisas.  
 02. O cruzamento-teste permite determinar o genótipo dos indivíduos com fenótipo dominante, pois eles podem ser homozigóticos dominantes ou heterozigóticos. Para isso, esses indivíduos são cruzados com indivíduos de fenótipo recessivo e a descendência é analisada.  
 04. O cruzamento-teste (b) tem proporção genotípica de 1 : 1, isto é, 50% (Rr) e 50% (rr). Essa proporção permite definir que as plantas parentais de sementes lisas são heterozigóticas (Rr).  
 08. No cruzamento-teste (a) podemos determinar que o genótipo do parental de sementes lisas é homozigoto dominante (RR).  
 16. O cruzamento-teste (a) não obedece à Primeira Lei de Mendel. Nesse, obrigatoriamente, os descendentes deveriam ter uma proporção de 3 : 1, ou seja, 75% de plantas com sementes lisas e 25% de plantas com sementes rugosas.

Soma ( )

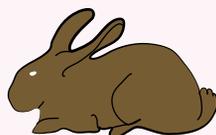
**11.** (UEPG-2021) Na Primeira Lei de Mendel, cada característica é determinada por um gene (um par de alelos em organismos diploides). Esses alelos são herdados um de cada gameta (masculino e feminino). Considere a característica "cor da pelagem" de uma cobaia, a qual é controlada por um par de alelos. A cor de pelagem preta é determinada pela presença de um alelo dominante (B). A pelagem branca é determinada pela homozigose do alelo recessivo, representado por (b). Analise os cruzamentos a seguir e assinale o que for correto.

- (I) Parentais: macho preto X fêmea branca  
 Fenótipo dos descendentes: 100% de pelagem preta  
 (II) Parentais: macho preto X fêmea branca  
 Fenótipo dos descendentes: 50% de pelagem preta e 50% pelagem branca  
 (III) Parentais: macho branco x fêmea branca  
 Fenótipo dos descendentes: 100% de pelagem branca

01. No cruzamento (I), estão sendo cruzadas duas linhagens puras, em que o macho apresenta genótipo BB, enquanto a fêmea é bb.
02. No cruzamento representado em (III), o macho, a fêmea e os descendentes apresentam genótipo bb.
04. Em (II), o macho apresenta genótipo heterozigoto Bb.
08. Nos três cruzamentos (I, II e III), as fêmeas dos cruzamentos parentais apresentam genótipo bb.

Soma ( )

12. (UFU-MG)  
Z3EC



Selvagem  
 $C$



Chinchila  
 $C^{ch}$



Himalaia  
 $C^h$



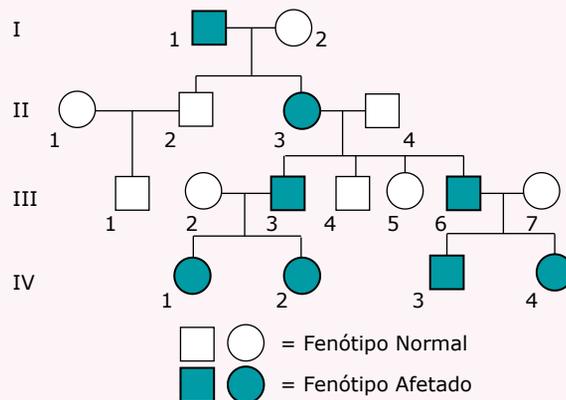
Albino  
 $C^a$

Cor da pelagem em coelhos é determinada por uma série de alelos:  $C$ ,  $C^{ch}$ ,  $C^h$  e  $C^a$ , sendo que os alelos condicionam os fenótipos anteriormente esquematizados. O alelo  $C$  é dominante em relação ao alelo  $C^{ch}$ ; este é dominante em relação ao alelo  $C^h$ , que por sua vez é dominante em relação ao alelo  $C^a$ .

De acordo com esses dados, é correto afirmar que

- A) do cruzamento  $Cc^{ch} \times c^{ch}c^{ch}$ , 25% dos descendentes serão himalaia.
- B) do cruzamento  $Cc^{ch} \times Cc^{ch}$ , 50% dos descendentes serão selvagens.
- C) existem apenas 2 genótipos para o fenótipo chinchila.
- D) existem 4 genótipos para o fenótipo selvagem.
- E) coelhos selvagens não originam, na  $F_1$ , coelhos albinos.

13. (UFJF-MG) Aconselhamento genético é um processo que serve para o portador de qualquer doença hereditária e seus familiares conhecerem as consequências e também a probabilidade de ser transmitida para os descendentes. Com base em uma investigação inicial através de questionários, foi possível construir o heredograma que se segue:



Pergunta-se:

- A) Qual é o padrão de herança nessa genealogia?
- B) Explique quais indivíduos do heredograma permitiram chegar à conclusão da letra "a".
- C) Qual é a probabilidade de o indivíduo II.2 ter um próximo filho com fenótipo afetado?

14. (FGV) Uma característica genética de uma espécie animal, cuja determinação sexual obedece ao sistema XY, é condicionada por um par de alelos autossômicos recessivos. Foram cruzados dois indivíduos heterozigotos para essa característica. Sabendo que um dos indivíduos gerados apresenta o mesmo fenótipo dos pais, em relação à característica analisada, a probabilidade de este indivíduo ser homozigoto e do sexo feminino é:

- A) 1/2  
B) 1/3  
C) 1/4  
D) 1/6  
E) 1/8

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem) A acondroplasia é uma forma de nanismo que ocorre em 1 a cada 25 000 pessoas no mundo. Curiosamente, as pessoas não anãs são homozigotas recessivas para o gene determinante dessa característica. José é um anão, filho de mãe anã e pai sem nanismo. Ele é casado com Laura, que não é anã. Qual é a probabilidade de José e Laura terem uma filha anã?
- A) 0%  
B) 25%  
C) 50%  
D) 75%  
E) 100%

**02.** (Enem) Mendel cruzou plantas de ervilha com flores vermelhas e plantas puras com flores brancas, e observou que todos os descendentes tinham flores vermelhas. Nesse caso, Mendel chamou a cor vermelha de dominante e a cor branca de recessiva. A explicação oferecida por ele para esses resultados era de que as plantas de flores vermelhas da geração inicial (P) possuíam dois fatores dominantes iguais para essa característica (VV), e as plantas de flores brancas possuíam dois fatores recessivos iguais (vv). Todos os descendentes desse cruzamento, a primeira geração de filhos F1, tinham um fator de cada progenitor e eram Vv, combinação que assegura a cor vermelha nas flores.

Tomando-se um grupo de plantas cujas flores são vermelhas, como distinguir aquelas que são VV das que são Vv?

- A) Cruzando-se entre si, é possível identificar as plantas que têm o fator v na sua composição pela análise de características exteriores dos gametas masculinos, os grãos de pólen.
- B) Cruzando-se com plantas recessivas, de flores brancas. As plantas VV produzirão apenas descendentes de flores vermelhas, enquanto as plantas Vv podem produzir descendentes de flores brancas.
- C) Cruzando-se com plantas de flores vermelhas da geração P. Os cruzamentos com plantas Vv produzirão descendentes de flores brancas.
- D) Cruzando-se entre si, é possível que surjam plantas de flores brancas. As plantas Vv cruzadas com outras Vv produzirão apenas descendentes vermelhas, portanto as demais serão VV.
- E) Cruzando-se com plantas recessivas e analisando as características do ambiente onde se dão os cruzamentos, é possível identificar aquelas que possuem apenas os fatores V.

**03.** (Enem) Anemia falciforme é uma das doenças hereditárias mais prevalentes no Brasil, sobretudo nas regiões que receberam maciços contingentes de escravos africanos. É uma alteração genética, caracterizada por um tipo de hemoglobina mutante designada por hemoglobina S. Indivíduos com essa doença apresentam eritrócitos com formato de foice, daí o seu nome. Se uma pessoa recebe um gene do pai e outro da mãe para produzir a hemoglobina S, ela nasce com um par de genes SS e assim terá a anemia falciforme. Se receber de um dos pais o gene S e do outro o gene para a hemoglobina A, ela não terá a doença, apenas o traço falciforme (AS), e não precisará de tratamento especializado. Entretanto deverá saber que, se vier a ter filhos com uma pessoa que também herdou o traço, eles poderão desenvolver a doença.

Disponível em: <http://www.opas.org.br>.  
Acesso em: 2 maio 2009 (Adaptação).

Dois casais, ambos membros heterozigotos do tipo AS para o gene da hemoglobina, querem ter um filho cada. Dado que um casal é composto por pessoas negras e o outro por pessoas brancas, a probabilidade de ambos os casais terem filhos (um para cada casal) com anemia falciforme é igual a

- A) 5,05%.
- B) 6,25%.
- C) 10,25%.
- D) 18,05%.
- E) 25,00%.

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 03. A
- 05. C
- 02. D
- 04. B

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 04. A
- 07. D
- 02. D
- 05. B
- 08. D
- 03. B
- 06. B
- 09. D
- 10. Soma = 14
- 11. Soma = 15
- 12. D
- 13.
- A) Herança autossômica.
- B) Os indivíduos II-3 e III-4 descartam a ligação ao sexo.
- C) Para autossômica dominante = 0%. Para autossômica recessiva = 25%, se o indivíduo II-1 for heterozigoto.
- 14. D

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. B
- 03. B

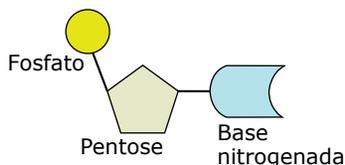


Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Bioquímica: Nucleotídeos, Ácidos Nucleicos e ATP

### NUCLEOTÍDEOS

Os nucleotídeos (nucleotídios) são compostos resultantes da associação de uma pentose com um fosfato e com uma base nitrogenada. Veja a representação a seguir:

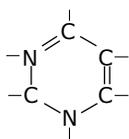


*Nucleotídeo* – A união apenas da pentose com a base nitrogenada forma um composto chamado genericamente de nucleosídeo. Assim, pode-se dizer que o nucleotídeo é o nucleosídeo unido ao fosfato.

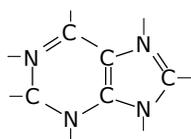
Nos nucleotídeos, o fosfato é derivado do ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ); a pentose pode ser a ribose ou a desoxirribose; a base nitrogenada é uma base púrica (purina) ou uma base pirimídica (pirimidina).

Os nucleotídeos que têm a pentose ribose podem ser chamados genericamente de ribonucleotídeos, enquanto os que têm a desoxirribose podem ser chamados de desoxirribonucleotídeos.

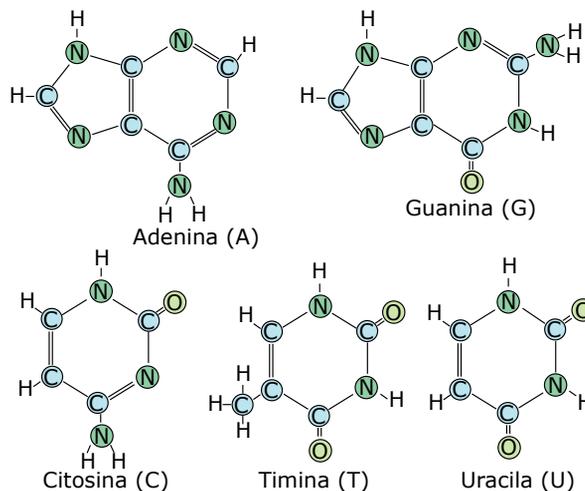
As bases nitrogenadas que fazem parte dos nucleotídeos são formadas por moléculas que possuem estrutura de anel (estrutura cíclica) formado por átomos de carbono e nitrogênio. Quando o anel é simples (único), as bases são denominadas pirimídicas ou pirimidinas; quando têm duplo anel, são denominadas púricas ou purinas.



*Esqueleto molecular de uma pirimidina* – As bases pirimídicas estão representadas pela citosina, timina e uracila (uracil).



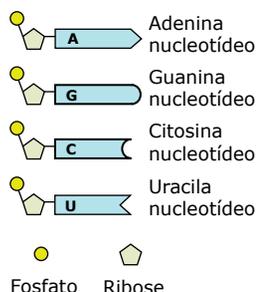
*Esqueleto molecular de uma purina* – As bases púricas estão representadas pela adenina e pela guanina.



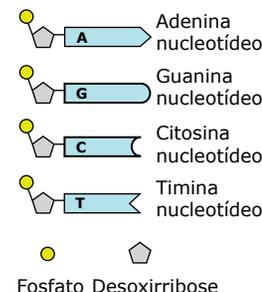
*Bases nitrogenadas* – Observe que a adenina (A) e a guanina (G) são bases que têm um duplo anel de carbono e nitrogênio, enquanto a citosina (C), a timina (T) e a uracila (U) têm um anel simples.

No nucleotídeo, a base nitrogenada fica ligada diretamente à pentose (ribose ou desoxirribose). A ribose é capaz de formar ligação química com as bases adenina, guanina, citosina e uracil. A desoxirribose, por sua vez, é capaz de estabelecer ligação com adenina, guanina, citosina e timina. Em condições normais, a ribose não forma ligação com a timina, assim como a desoxirribose não se liga ao uracil. Dessa forma, há oito tipos diferentes de nucleotídeos: quatro tipos diferentes de ribonucleotídeos e quatro tipos diferentes de desoxirribonucleotídeos.

#### Ribonucleotídeos

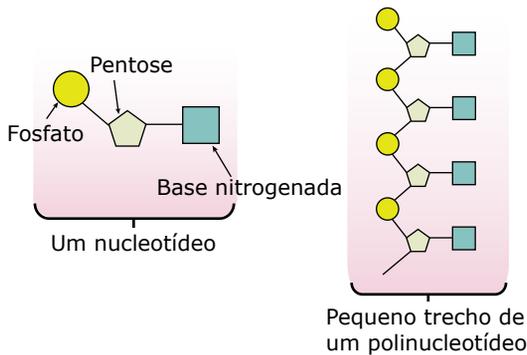


#### Desoxirribonucleotídeos



*Tipos de nucleotídeos* – A denominação dos nucleotídeos pode ser feita de acordo com a base nitrogenada que possuem. Assim, tem-se: adenina-nucleotídeo, guanina-nucleotídeo, timina-nucleotídeo, etc.

Os nucleotídeos são capazes de se ligar uns aos outros, originando moléculas maiores que, dependendo do número de nucleotídeos que se ligam, podem ser chamadas de dinucleotídeos, trinucleotídeos, etc. Quando muitos nucleotídeos se ligam, forma-se um polinucleotídeo. Os polinucleotídeos são polímeros cujos monômeros são os nucleotídeos.



Formação de um polinucleotídeo – Observe que a ligação fosfodiéster, isto é, entre nucleotídeos, se faz por meio da pentose de um nucleotídeo com o fosfato do outro.

## ÁCIDOS NUCLEICOS

Os ácidos nucleicos são substâncias formadas por macromoléculas resultantes da união de vários nucleotídeos. São, portanto, exemplos de polinucleotídeos.

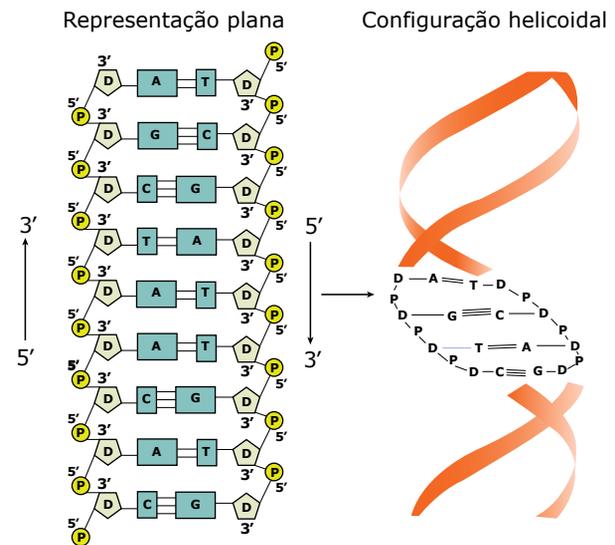
Foram descobertos no núcleo das células, fator que auxiliou em sua denominação. Durante algum tempo, pensou-se que tais substâncias eram exclusivas do núcleo celular. Posteriormente, descobriu-se que essas substâncias também são encontradas no citoplasma, ou seja, não são exclusivas do núcleo. Entretanto, a denominação ácidos nucleicos permaneceu, uma vez que já havia sido consagrada pelo uso.

Existem dois tipos de ácidos nucleicos: DNA e RNA.

### DNA ou ADN (Ácido desoxirribonucleico)

Normalmente, suas moléculas são formadas por duas fitas ou cadeias de desoxirribonucleotídeos, unidas uma à outra por meio de ligações de hidrogênio. Essas ligações de hidrogênio ("pontes de hidrogênio") são feitas entre as bases púricas de uma cadeia e as bases pirimídicas de outra cadeia, obedecendo sempre ao seguinte pareamento: adenina com timina (ou vice-versa) e guanina com citosina (ou vice-versa). Para unir uma adenina a uma timina, são necessárias duas ligações de hidrogênio, já para ligar uma guanina a uma citosina, são necessárias três ligações. Assim, na molécula de DNA, cada adenina de uma cadeia deve estar ligada a uma timina de outra cadeia por meio de duas ligações de hidrogênio, e cada citosina de uma cadeia deve estar ligada a uma guanina da outra por meio de três ligações de hidrogênio.

Por isso, se diz que as duas cadeias polinucleotídicas que compõem a molécula do DNA são complementares. Isso permite descobrir a sequência de bases de uma cadeia a partir do conhecimento da sequência de bases da outra. Por exemplo: se uma das cadeias do DNA tem a sequência de bases ATTCAGAAC, na outra cadeia, a sequência terá de ser TAAGCTTG.



Representação esquemática de um trecho de uma molécula de DNA – A molécula do DNA não é plana. As suas duas cadeias ou fitas polinucleotídicas enrolam-se uma sobre a outra, dando-lhe uma configuração helicoidal. Por isso, pode-se dizer que a estrutura da molécula do DNA é de dupla-hélice. Entretanto, por razões didáticas, muitas vezes, é representada com uma configuração plana, conforme visto no esquema anterior.

O modelo molecular do DNA foi proposto, em 1953, pelos bioquímicos Watson e Crick, que, para elaborá-lo, basearam-se em técnicas de difração de raios X. Segundo esses dois pesquisadores, a molécula do DNA pode ser comparada a uma escada retorcida de corda (escada caracol), em que as ligações 5'-3' de fosfodiéster entre os fosfatos e as pentoses (no caso, desoxirriboses) formam os "corrimões", enquanto os "degraus" são representados pelas ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas das duas cadeias polinucleotídicas.

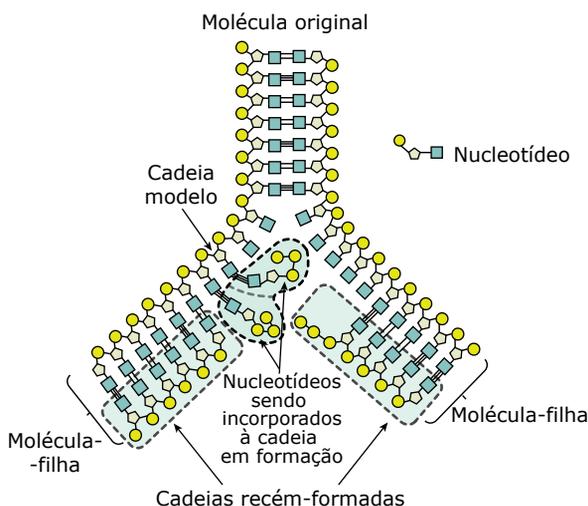
As moléculas de DNA se diferenciam pelo número de nucleotídeos e pela sequência deles ao longo de suas cadeias. Entretanto, em qualquer molécula de DNA de fita dupla, há as seguintes relações:

$$A/T = 1 \quad C/G = 1 \quad A/T = C/G \quad \frac{A + C}{T + G} = 1$$

No DNA, a sequência dos nucleotídeos é fundamental para caracterizar a molécula e para determinar o seu papel na célula.

Desde 1944, sabe-se que o DNA está diretamente relacionado com a hereditariedade: trechos de suas moléculas que contêm informações genéticas codificadas constituem os gens ou genes. Assim, o DNA é fundamental no controle das atividades da célula, determinando suas características genéticas.

Uma propriedade importante que o DNA tem é a sua capacidade de sofrer autoduplicação (duplicação, replicação).



Duplicação do DNA.

Na duplicação do DNA, uma molécula (que se pode chamar de “molécula-mãe”) origina duas “moléculas-filhas” iguais entre si e iguais à “molécula-mãe”. Essa duplicação é semiconservativa e exige a presença, no interior das células, de enzimas especiais (DNA-helicase, DNA-polimerase, DNA-ligase) e de desoxirribonucleotídeos livres, isto é, que não estejam ligados uns aos outros. A DNA-helicase catalisa a reação que desenrola a dupla-hélice do DNA, a DNA-polimerase catalisa a reação que adiciona novos nucleotídeos durante a síntese, e a DNA-ligase, dentre outras funções, une esses nucleotídeos formando uma nova fita polinucleotídica. Assim, cada fita de nucleotídeos proveniente da “molécula-mãe” serve de molde para a síntese de uma nova fita polinucleotídica. Essa síntese, resultante da adição de novos nucleotídeos, sempre ocorre no sentido 5’-3’.

O DNA é encontrado nas mitocôndrias, nos cloroplastos e, principalmente, nos cromossomos. A duplicação do DNA cromossômico ocorre momentos antes de uma célula iniciar um processo de divisão (reprodução) celular, no chamado período S da interfase. Desse modo, as “células-filhas” formadas por meio de uma mitose conterão as mesmas informações genéticas da “célula-mãe”. Na fecundação humana, o DNA cromossômico é transmitido aos descendentes por ambos os genitores, ou seja, parte do DNA herdado é de origem paterna e a outra parte, de origem materna.

A duplicação do DNA mitocondrial e do DNA dos cloroplastos independe da duplicação do DNA cromossômico. Na fecundação humana, o DNA mitocondrial é transmitido aos filhos apenas pela mãe, ou seja, todo o DNA mitocondrial que um indivíduo possui é de origem materna.

A presença de DNA em uma estrutura celular pode ser detectada por meio de uma técnica de coloração conhecida por reação de Feulgen. Essa reação consiste basicamente em mergulhar o material que se quer submeter à análise em uma solução aquecida de ácido clorídrico e, em seguida, ao reativo de Schiff. O reativo de Schiff é uma solução de fucsina básica descolorada pelo anidro sulfuroso (SO<sub>2</sub>). A fucsina básica, por sua vez, é um composto orgânico de caráter básico (pH elevado) muito utilizado na preparação de diferentes corantes utilizados no estudo das células.

A reação de Feulgen é dita positiva se aparecer a cor vermelha, significando que, na estrutura analisada, existe DNA. Essa reação é específica para o DNA, e a intensidade da cor vermelha que se forma é proporcional à concentração de DNA. Desse modo, pode-se fazer também um estudo quantitativo desse ácido. Como a reação de Feulgen só dá positiva para o DNA, este é dito Feulgen positivo, enquanto o RNA é Feulgen negativo.

A partir das duas últimas décadas do século passado, o DNA passou a ser utilizado em testes de identificação de pessoas, bem como em testes de comprovação ou não de paternidade. É o chamado teste de DNA.

## RNA ou ARN (Ácido ribonucleico)

Suas moléculas, normalmente, são formadas por uma única cadeia ou fita de ribonucleotídeos. Normalmente, essa cadeia enrola-se sobre si mesma, adquirindo uma configuração helicoidal. Pode-se dizer, então, que o RNA tem uma estrutura de hélice simples.

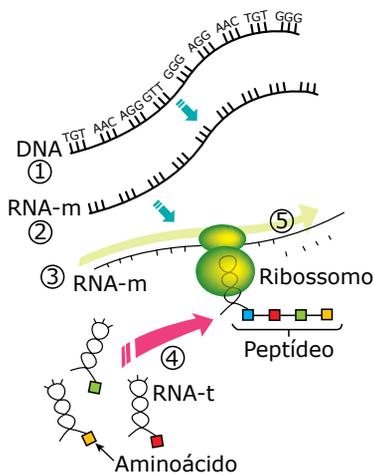
Existem três tipos básicos de RNA: RNA-r, RNA-m e RNA-t. Todos participam do processo de síntese de proteínas no interior da célula.

- **RNA-r (RNA ribossômico)** – É o tipo de RNA mais abundante na célula. Participa da constituição química dos ribossomos, vindo daí o seu nome. Os ribossomos ou ribossomas são estruturas celulares constituídas de proteínas e RNA que exercem importante papel no processo da síntese de proteínas, promovendo a ligação entre os diversos aminoácidos que irão compor a molécula proteica.
- **RNA-m (RNA mensageiro)** – É o tipo de RNA que ocorre em menor quantidade dentro da célula. Participa da síntese de proteínas, trazendo do DNA para os ribossomos as informações codificadas a respeito de quais aminoácidos irão compor a molécula proteica e em que sequência deverão ser ligados.

- **RNA-t (RNA transportador, RNA transferidor, RNA transfer)** – Seu papel na síntese de proteínas consiste em transportar aminoácidos que se encontram dispersos no interior da célula para o local da síntese, isto é, para o local onde se encontram os ribossomos ligados ao RNA-m.

Tipos de RNA		
RNA-m	RNA-t	RNA-r
Tem morfologia de um filamento simples. Por meio da sequência de seus códons (transcritos do DNA), determina a posição dos aminoácidos nas proteínas. Liga-se aos ribossomos.	Sua morfologia lembra uma "folha de trevo". Transporta o aminoácido que será utilizado na síntese da proteína, unindo seu anticódon ao respectivo códon do RNA-m.	Juntamente com proteínas, forma os ribossomos, estruturas celulares nas quais se liga o RNA-m. Os ribossomos promovem a formação das ligações peptídicas entre os aminoácidos que formarão a cadeia polipeptídica.

Os ácidos nucleicos, DNA e RNA, embora tenham muitas semelhanças quanto aos seus componentes químicos, desempenham papéis biológicos diferentes. O DNA é portador das mensagens genéticas. A função do RNA é transcrever a mensagem genética presente no DNA e traduzi-la em proteínas. Veja, a seguir, um esquema bem simplificado da síntese de proteínas que ocorre no interior das células.

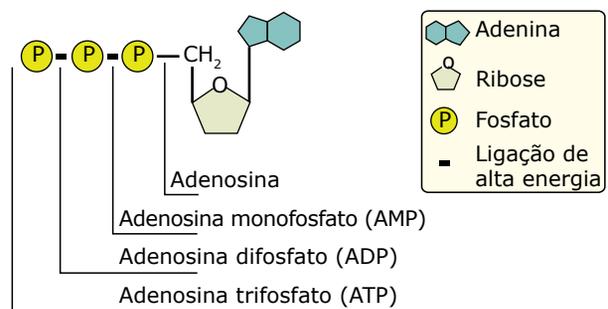


A síntese de proteínas – 1. Segmento de DNA em que há uma informação codificada, que diz respeito à estrutura primária de uma determinada proteína. 2. A informação contida no segmento de DNA é transcrita para o RNA-m. 3. O RNA-m, com a informação transcrita do DNA, vai ao encontro do ribossomo. 4. Moléculas de RNA-t trazem os aminoácidos que serão utilizados na síntese da proteína. 5. O ribossomo percorre a fita do RNA-m fazendo a tradução da mensagem que nele está codificada e, com os aminoácidos trazidos pelos RNA-t, fabrica a referida proteína.

## ATP (ADENOSINA TRIFOSFATO)



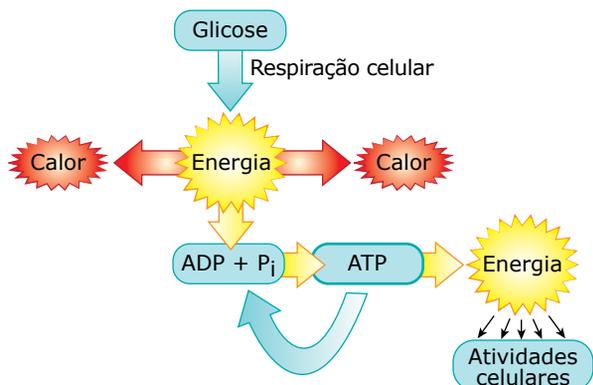
A molécula de ATP (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina) também é de natureza nucleotídica, uma vez que é formada pela base nitrogenada adenina, ligada à pentose ribose, que, por sua vez, liga-se a três grupos fosfatos. Veja a representação a seguir:



Estrutura do ATP – A adenosina é um nucleosídeo resultante da união da base nitrogenada adenina com a pentose ribose. Quando a adenosina se liga a apenas um grupo fosfato, forma-se o AMP (adenosina monofosfato); quando se liga a dois grupos fosfatos, há a formação de ADP (adenosina difosfato); quando se liga a três grupos fosfatos, forma-se o ATP. Nas ligações químicas do ATP, em especial nas ligações entre os grupos fosfatos, fica armazenada a energia que será utilizada nas atividades celulares. Assim, o ATP é a fonte imediata de energia para o trabalho celular.

Normalmente, a energia utilizada nas atividades celulares é proveniente da degradação do ATP em ADP. A degradação do ADP em AMP, assim como a degradação do AMP, é um recurso de que a célula lança mão apenas em casos de extrema necessidade. No metabolismo celular normal, moléculas de ATP estão constantemente sendo degradadas em ADP + P<sub>i</sub>, liberando energia para as atividades. Por outro lado, usando energia proveniente, principalmente, da respiração celular, moléculas de ATP estão constantemente sendo reconstituídas a partir da adição de um grupo fosfato ao ADP.

Nos vegetais, além da produção de ATP feita com energia proveniente da respiração celular, também há produção de ATP com utilização de energia obtida a partir da luz. Essa produção de ATP com energia obtida, primariamente, a partir da luz denomina-se fotofosforilação e ocorre durante a fotossíntese.



Relação entre a síntese (produção) de ATP feita na respiração celular e sua degradação – Durante as reações da respiração celular, compostos orgânicos, especialmente a glicose, são degradados, liberando energia sob a forma de calor. Parte dessa energia se perde rapidamente, irradiando-se para o meio, e parte é usada para ligar grupos fosfatos a moléculas de ADP, formando, assim, moléculas de ATP. A síntese do ATP, portanto, é feita por meio de uma fosforilação, isto é, acréscimo de fosfato ao ADP. Quando a célula necessita de energia para a realização de um trabalho qualquer, as moléculas de ATP são degradadas em ADP + P<sub>i</sub>, e a energia liberada nessa degradação é então utilizada.

Em linhas gerais, o metabolismo energético das células consiste em degradar moléculas orgânicas (em geral, glicose) em reações exotérmicas (reações exergônicas, cuja energia liberada está sob a forma de calor), armazenando parte dessa energia antes que a ela se perca totalmente. Para isso, as células contam com substâncias especiais, capazes de armazenar energia em suas moléculas e, quando necessário, transferi-la para qualquer atividade em que ela seja necessária. A substância armazenadora de energia mais importante para as células é o ATP. O ATP funciona como uma “moeda energética” que pode ser gasta em qualquer momento em que a célula necessitar. Conforme a atividade, haverá um gasto maior ou menor de energia. Assim, conforme a atividade, haverá nas células uma degradação de um número maior ou menor de moléculas de ATP.

## TESTE DE DNA

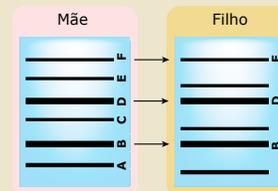
O teste de DNA é utilizado na identificação de pessoas, sendo de grande valia em investigações policiais e criminais, bem como no reconhecimento de paternidade.

Criado em 1984 pelo cientista inglês Alec Jeffreys, o exame de DNA, resumidamente, consiste no seguinte: o DNA presente em células do sangue ou de algum outro tecido é fragmentado em diversos pedaços com a utilização de enzimas especiais conhecidas como enzimas de restrição. Em seguida, os fragmentos são extraídos e colocados sobre um bloco gelatinoso e poroso e separados de acordo com o tamanho por meio de um campo elétrico (eletroforese). A eletroforese é uma técnica que permite separar moléculas de acordo com o seu tamanho e carga elétrica.

Devido à presença dos íons fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), os fragmentos deslocam-se do polo negativo para o polo positivo. Os fragmentos menores deslocam-se mais rápido do que os maiores. Assim, ao término do procedimento, os fragmentos menores estarão mais próximos do polo positivo e os maiores, do polo negativo, alinhados numa disposição que lembra um código de barra.

Ao serem iluminados com luz ultravioleta, tornam-se fluorescentes. O tamanho desses fragmentos é medido em Kb (quilobases), sendo 1 Kb = 1 000 pares de bases nitrogenadas.

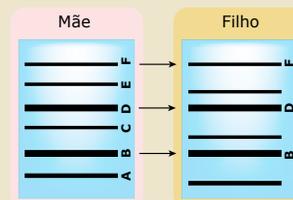
A eletroforese do DNA fornece um padrão de faixas ou bandas de diferentes larguras e tamanhos (semelhante ao código de barras), que é típico de cada pessoa.



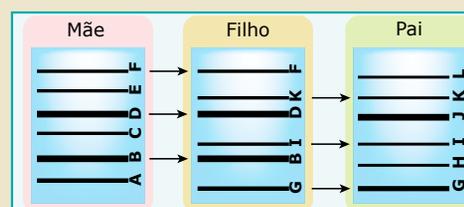
O exame do DNA – A. O DNA presente em células do indivíduo é fragmentado e, em seguida, extraído; B. Os fragmentos de DNA são colocados sobre um bloco gelatinoso e separados de acordo com o tamanho por meio de eletroforese; C. Após a adição de um reagente específico, sob radiação ultravioleta, os fragmentos se tornam fluorescentes e se mostram alinhados à semelhança das faixas (bandas) de um código de barras. O padrão observado é típico para cada pessoa. É a chamada impressão digital (fingerprint) de DNA.

Essa técnica pode ser feita com trechos codificantes ou trechos não codificantes da molécula de DNA.

O teste de paternidade feito com o DNA garante 99,9% de certeza e, resumidamente, consiste no seguinte: são coletadas amostras do DNA da mãe, do filho e do suposto pai. Verifica-se primeiramente quais as bandas do filho se alinham com as bandas da mãe; confirma-se, assim, tratar-se de mãe e filho. As bandas restantes do filho devem se alinhar e coincidir com as bandas do pai; se isso ocorrer, a paternidade estará comprovada; caso contrário, a paternidade é descartada. Veja a ilustração a seguir:



Verifica-se primeiro quais bandas do filho se alinham com as bandas da mãe.



As bandas restantes do filho devem alinhar-se e coincidir com as bandas do pai.

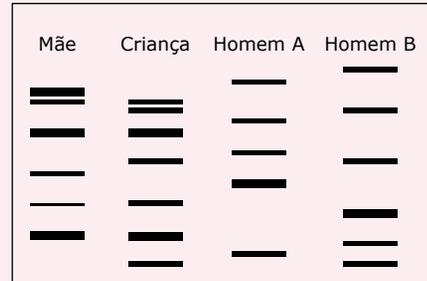
No teste de paternidade, normalmente, utilizam-se fragmentos de DNA conhecidos por **VNRTs** (*Variable Number of Tandem Repeats* = número variável de repetições em sequência), formados por repetições de unidades compostas por nucleotídeos. São fragmentos encontrados em determinados cromossomos que, apesar de não codificantes, também são transmitidos segundo as leis mendelianas. Dessa forma, parte desses fragmentos que uma pessoa possui foi herdada da mãe e a outra parte, herdada do pai. Esses fragmentos são diferentes para cada pessoa (exceto nos casos de gêmeos univitelinos).

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (OSEC-SP) Quanto à sua estrutura química, o DNA e o RNA são
- A) polipeptídeos. D) fosfatídeos.  
 B) nucleoproteínas. E) polinucleotídeos.  
 C) polissacarídeos.
- 02.** (FCC-SP) Qual das seguintes alternativas indica corretamente a forma como os nucleotídeos se unem para formar polinucleotídeos?
- A) Fosfato-Fosfato  
 B) Pentose-Base nitrogenada  
 C) Fosfato-Base nitrogenada  
 D) Base nitrogenada-Base nitrogenada  
 E) Pentose-Fosfato
- 03.** (FUVEST-SP-2020) Considere uma sequência de DNA com 100 pares de bases de comprimento contendo 32 timinas. Quantas citosinas, guaninas e adeninas essa sequência terá, respectivamente?
- A) 32, 68, 68. D) 32, 18, 18.  
 B) 68, 32, 68. E) 18, 32, 18.  
 C) 68, 68, 32.
- 04.** (UFJF-MG) A duplicação do DNA é o processo pelo qual as informações genéticas se propagam nas células, a cada geração. Suponha que uma molécula de DNA radioativo e precursores não radioativos sejam adicionados a um tubo de ensaio. Considerando-se que a replicação ocorra normalmente, o que será encontrado no tubo de ensaio após 2 ciclos de replicação?
- A) Uma molécula de DNA com 2 fitas radioativas, duas moléculas de DNA com 1 fita radioativa e 1 não radioativa, e uma molécula de DNA com 2 fitas não radioativas.  
 B) Duas moléculas de DNA com 2 fitas não radioativas, e duas moléculas de DNA com 1 fita radioativa e 1 fita não radioativa.  
 C) Duas moléculas de DNA com 2 fitas não radioativas, e duas moléculas de DNA com 2 fitas radioativas.  
 D) Quatro moléculas de DNA com as 2 fitas radioativas.  
 E) Quatro moléculas de DNA com as 2 fitas não radioativas.
- 05.** (FBD-2019) O exame de paternidade tem como um dos seus objetivos verificar se um homem é realmente pai biológico de uma criança. Ele consta da comparação dos perfis genéticos do suposto pai e do filho ou filha. Os resultados desse exame são extremamente confiáveis e podem ser considerados definitivos. Os tribunais brasileiros vêm entendendo que a recusa de um suposto pai a fazer o exame de DNA para verificar a paternidade faz com que ele a assuma, implicitamente.
- Disponível em: <https://correio-forense.jusbrasil.com.br>.  
 Acesso em: ago. 2018.

A imagem representa, de forma simplificada, o resultado de um teste de DNA solicitado por uma mulher que queria confirmar a paternidade do filho. O laboratório coletou amostras sanguíneas da mãe, do filho e dos dois possíveis pais.



Com base nos resultados obtidos pelo exame e nos conhecimentos da técnica de engenharia genética utilizada, é correto afirmar:

- A) O pai dessa criança é o homem A, já que ele apresenta todos os traços presentes no padrão eletroforético do filho.
- B) A criança deve apresentar uma herança genética da mãe menor, se comparada com a herança herdada do verdadeiro pai.
- C) É impossível determinar o verdadeiro pai nesse exame de DNA, já que nenhum dos possíveis genitores apresenta o mesmo padrão eletroforético apresentado pelo filho.
- D) O pai da criança é o homem B, por apresentar todos os fragmentos de DNA que o filho também possui e que, ao mesmo tempo, a mãe não apresenta.
- E) As hemácias são as células sanguíneas preferenciais para serem utilizadas nesse tipo de exame de DNA.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

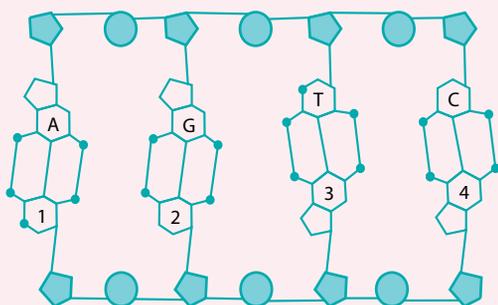


- 01.** (UECE-2022) Relacione, corretamente, as bases nitrogenadas com os grupos a que pertencem, numerando os parênteses a seguir de acordo com a seguinte indicação:
- Purina;
  - Pirimidina.
- ( ) Adenina  
 ( ) Guanina  
 ( ) Citosina  
 ( ) Uracila
- A sequência correta, de cima para baixo, é:
- A) 1, 1, 2, 2.  
 B) 2, 1, 1, 2.  
 C) 1, 2, 2, 1.  
 D) 2, 2, 1, 1.

**02.** (Unioeste-PR) Em uma das fitas de DNA de uma espécie de vírus, encontram-se 90 adeninas e 130 citosinas. Sabendo-se ainda que nesta fita ocorre um total de 200 bases púricas e 200 bases pirimídicas, assinale a alternativa correta.

- A) Na dupla fita de DNA, ocorrem 180 adeninas.
- B) Na dupla fita de DNA, ocorrem 140 guaninas.
- C) Na fita complementar, ocorrem 300 bases púricas e 100 bases pirimídicas.
- D) Na fita complementar, ocorrem 70 adeninas e 110 citosinas.
- E) Não é possível determinar a composição de bases nitrogenadas da fita complementar.

**03.** (PUCPR) A figura a seguir representa parte da estrutura molecular do ácido desoxirribonucleico (DNA).



Assinale a frase correta.

- A) A pentose pode ser a ribose ou a desoxirribose.
- B) As bases pirimídicas são idênticas às do ácido ribonucleico (RNA).
- C) As bases púricas são a citosina e a timina.
- D) Os locais assinalados com os números 1, 2, 3 e 4 podem ser substituídos por T, C, A e G.
- E) Os locais assinalados com os números 1, 2, 3 e 4 podem ser substituídos por G, A, C e T.

**04.** (UCS-RS) Alguns anos atrás, o Brasil foi notificado por exportar alimentos processados que não continham no rótulo a informação do tipo de carne componente do alimento. A análise realizada foi obtida por testes de DNA que identificaram os diferentes tipos de amostras.

Amostras	Bases nitrogenadas %				Relações molares	
	A	G	C	T	A/T	G/C
1	28,9	17,9	17,8	27,4	1,05	1,00
2	24	33	33	24	1,00	1,00
3	12,4	14	14	12,4	1,00	1,00
4	45,8	2,9	2,9	43,6	1,05	1,00

Elaborada pela Banca.

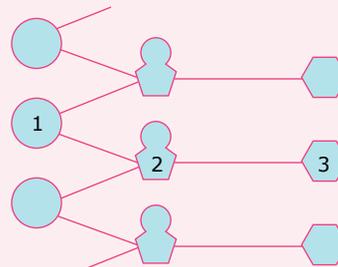
Com base nas informações da Tabela 1, pode-se afirmar que

- A) todas as amostras são provenientes de diferentes espécies.
- B) a amostra 3 possui o mais alto conteúdo de pares A e T.
- C) a amostra 2 apresenta DNA de fita simples.
- D) as amostras 2 e 3 apresentam alta homologia entre seus DNAs.
- E) a amostra 4 apresenta diferenças em suas bases, pois há presença de Uracil (U).

**05.** (UECE) Sobre os ácidos nucleicos (DNA e RNA) é correto afirmar que

- A) o RNA é formado por segmentos denominados genes, responsáveis pela produção de proteínas nos seres vivos.
- B) o processo de produção de uma molécula de RNA a partir de uma molécula de DNA é chamado de tradução.
- C) DNA é composto por uma desoxirribose e um grupo fosfato, sendo suas quatro bases nitrogenadas: adenina, citosina, guanina e timina.
- D) dentre as bases nitrogenadas, a timina é exclusiva do RNA.

**06.** (PUCPR) No esquema a seguir, sobre a estrutura do DNA, os números 1, 2 e 3 representam, respectivamente,



- A) base nitrogenada, desoxirribose e fosfato.
- B) base nitrogenada, fosfato e desoxirribose.
- C) fosfato, desoxirribose e base nitrogenada.
- D) fosfato, base nitrogenada e desoxirribose.
- E) desoxirribose, fosfato e base nitrogenada.

**07.** (ULBRA-RS) Com relação ao DNA e ao RNA, é correto afirmar o seguinte:

- A) Ambos são dupla fita em todos os seres vivos.
- B) Ambos são constituídos de ribonucleotídeos.
- C) Ambos são polímeros de nucleotídeos.
- D) Ambos contêm a base U, uracila.
- E) Ambos contêm a base T, timina.

**08.** (UEPG/PSS–2022) A água é a substância mais abundante em um ser vivo, constituindo cerca de 75% a 85% de sua massa corporal. O restante se distribui entre proteínas (10% a 15%), lipídios (2% a 3%), glicídios (1%) e ácidos nucleicos (1%), além de 1% de sais minerais e de outras substâncias. Em relação a esse assunto, assinale o que for correto.

- 01. O DNA e o RNA compõem os ácidos nucleicos. Enquanto o DNA tem função de armazenar e transmitir as informações genéticas, os principais tipos de RNAs estão envolvidos na síntese dos polipeptídios.
- 02. Na classe dos lipídeos, os fosfolipídios contêm duas caudas de ácido graxo e uma cabeça com um grupo fosfato. As membranas biológicas usualmente contêm duas camadas de fosfolipídios.
- 04. A glicose faz parte do grupo das proteínas e está presente na estrutura da fibra muscular.
- 08. A celulose faz parte do grupo dos glicídios com função de reserva energética e é comumente encontrada nas células animais.

Soma ( )

**09.** (UERJ) Considere uma molécula de DNA sem qualquer mutação e que apresente 16% de bases nitrogenadas de citosina.

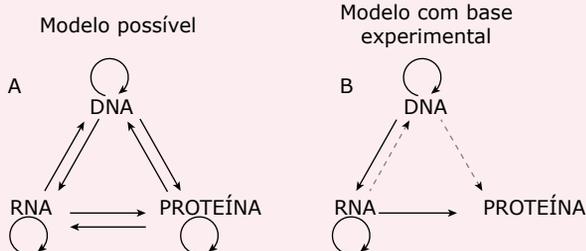
Determine os percentuais de guanina e de timina encontrados nessa molécula, justificando suas respostas.

**10.** (PUC Rio) O material genético deve suas propriedades a seus constituintes, os nucleotídeos, e à forma como são organizados na molécula de ácido nucleico. No caso específico do DNA, é característica da estrutura molecular

- A) a ligação entre as bases nitrogenadas se dar por pontes de enxofre.
- B) a pentose típica do DNA ser uma desoxirribose.
- C) ter como bases nitrogenadas a adenina, a citosina, a guanina, a timina e a uracila.
- D) não existir uma orientação de polimerização dos nucleotídeos em cada cadeia.
- E) formar cadeias somente de fita simples.

**11.** (UEFS-BA)

9PI3



Com Francis Crick, estudando a relação entre a informação contida no DNA, as proteínas e os ácidos ribonucleicos (RNAs), surgiu a interrogação sobre como a informação contida na molécula de DNA fluía para gerar uma proteína [...]. Baseando-se majoritariamente em suposições teóricas, Crick postulou a “Hipótese da sequência”, que é mais conhecida como o Dogma Central da Biologia Molecular. Os esquemas reproduzem, de forma simplificada, as principais ideias propostas pelo Dogma Central da Biologia Molecular. Em A, aparece o modelo possível de transferência do código genético, enquanto, em B, está retratado o modelo comprovado experimentalmente e até hoje aceito.

CENTRAL Dogma of Molecular Biology. *Nature*, 227: 561–563. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v227/n5258/pdf/227561a0.pdf>. Acesso em: 25 maio 2015.

A replicação do DNA consiste na síntese completa e idêntica do DNA de uma célula e só acontece a cada ciclo de divisão celular. Hipóteses foram postuladas a fim de ajudar a explicar o processo da replicação. Apenas em 1958, através de experimento realizado por Meselson e Stahl, chegou-se ao modelo que demonstra a replicação do DNA, no qual o mesmo afirma:

- A) O DNA seria replicado a partir de fragmentos dele próprio, previamente gerado por clivagem da molécula.
- B) As fitas do DNA seriam separadas, atuando, cada uma, como molde para a síntese de uma fita nova.
- C) As fitas-filhas contêm DNA recém-sintetizados e parentais em cada uma das fitas, considerando a replicação um processo dispersivo.
- D) As fitas-filhas consistem de uma fita molde e de uma fita codificadora, considerando a replicação, um processo conservador.
- E) Ambas as fitas atuariam como molde da reação de replicação, havendo a sua união ao final de replicação, caracterizando um processo semiconservador.

**12.** (PUC-SP) Um cientista analisou quimicamente três amostras de moléculas inteiras de ácidos nucleicos de diferentes espécies de animais, encontrando os seguintes resultados:

Amostra 1: revelou presença de ribose.

Amostra 2: revelou presença de dupla-hélice.

Amostra 3: revelou presença de 30% de citosina e 20% de guanina.

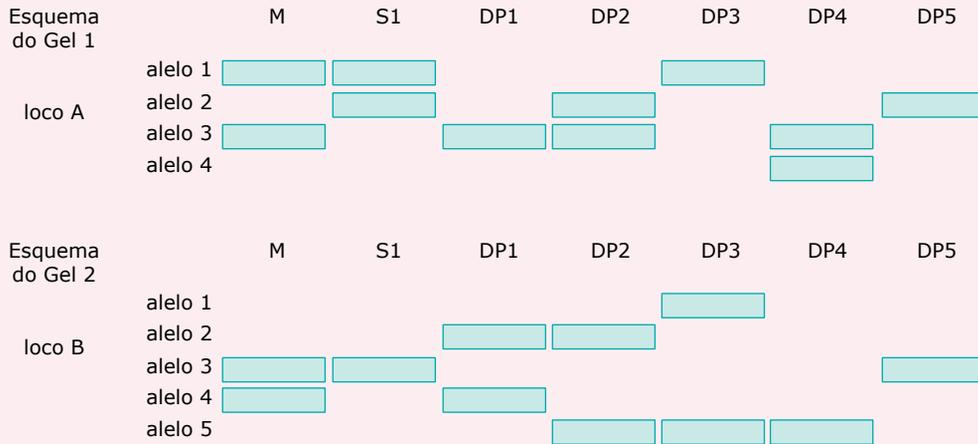
Esses resultados mostram que as moléculas analisadas foram, respectivamente,

- A) DNA, RNA e RNA.
- B) DNA, DNA e RNA.
- C) RNA, DNA e RNA.
- D) RNA, RNA e DNA ou RNA.
- E) RNA, DNA e DNA ou RNA.

SEÇÃO ENEM



01. (Enem) Considere, em um fragmento ambiental, uma árvore matriz com frutos (M) e outras cinco que produziram flores e são apenas doadoras de pólen (DP1, DP2, DP3, DP4 e DP5). Foi excluída a capacidade de autopolinização das árvores. Os genótipos da matriz, da semente (S1) e das prováveis fontes de pólen foram obtidos pela análise de dois locos (loco A e loco B) de marcadores de DNA, conforme a figura.



COLLEVATI, R. G.; TELLES, M. P.; SOARES, T. N. Dispersão do pólen entre pequizeiros: uma atividade para a genética do ensino superior. *Genética na Escola*, n. 1, 2013 (Adaptação).

A progênie S1 recebeu o pólen de qual doadora?

- A) DP1
- B) DP2
- C) DP3
- D) DP4
- E) DP5

02. (Enem) A reação em cadeia da polimerase (PCR, na sigla em inglês) é uma técnica de biologia molecular que permite replicação *in vitro* do DNA de forma rápida. Essa técnica surgiu na década de 1980 e permitiu avanços científicos em todas as áreas de investigação genômica. A dupla hélice é estabilizada por ligações de hidrogênio, duas entre as bases adenina (A) e timina (T) e três entre as bases guanina (G) e citosina (C). Inicialmente, para que o DNA possa ser replicado, a dupla hélice precisa ser totalmente desnaturada (desenrolada) pelo aumento da temperatura, quando são desfeitas as ligações hidrogênio entre as diferentes bases nitrogenadas.

Qual dos segmentos de DNA será o primeiro a desnaturar totalmente durante o aumento da temperatura na reação PCR?

- A)
 

G	G	C	C	T	T	C	G
C	C	G	G	A	A	G	C
- B)
 

C	C	T	C	G	A	C	T
G	G	A	G	C	T	G	A
- C)
 

A	A	T	T	C	C	T	A
T	T	A	A	G	G	A	T
- D)
 

T	T	A	C	G	G	C	G
A	A	T	G	C	C	G	C
- E)
 

C	C	T	A	G	G	A	A
G	G	A	T	C	C	T	T

03. (Enem) Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos optaram por usar também DNA mitocondrial, para dirimir dúvidas.

Para identificar o corpo, os peritos devem verificar se há homologia entre DNA mitocondrial do rapaz e o DNA mitocondrial do(a)

- A) pai.
- B) filho.
- C) filha.
- D) avó materna.
- E) avô materno.

**04.** (Enem) Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e outra para a suposta mãe), comparadas à do bebê.

Bebê	1		2		3		4		5	
	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

- A) 1                      C) 3                      E) 5  
 B) 2                      D) 4

**05.** (Enem) Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al. Introdução à Genética.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que

- A) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.  
 B) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.

- C) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.  
 D) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.  
 E) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. E
- 03. C
- 04. B
- 05. D

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. A
- 02. D
- 03. D
- 04. A
- 05. C
- 06. C
- 07. C
- 08. Soma = 03
- 09. Se esse DNA apresenta 16% de citosina, ele apresenta 16% de guanina, pois ambas ocorrem em quantidades iguais no DNA. Como a soma das porcentagens deve resultar em 100% e os nucleotídeos timina e adenosina têm a mesma proporção, cada um deles deve aparecer em 34%.
- 10. B
- 11. B
- 12. C

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. C
- 03. D
- 04. C
- 05. C



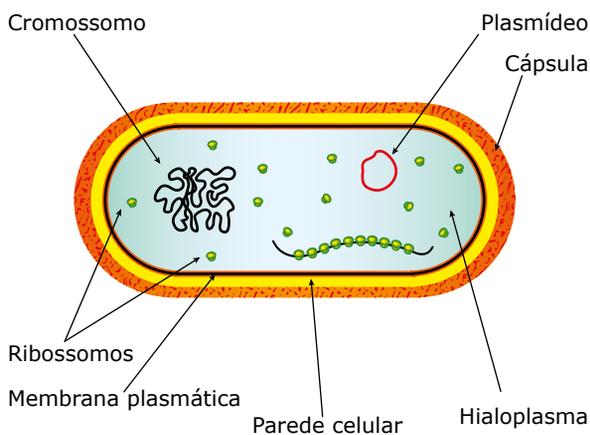
Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Bactérias: Reprodução e Características Gerais

As bactérias são seres vivos unicelulares procariontes, isto é, têm uma organização celular bastante rudimentar (célula procariota), em que o material nuclear não é individualizado devido à ausência da carioteca. Podem ser autótrofas ou heterótrofas, aeróbicas ou anaeróbicas.

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

- São seres unicelulares e procariontes.



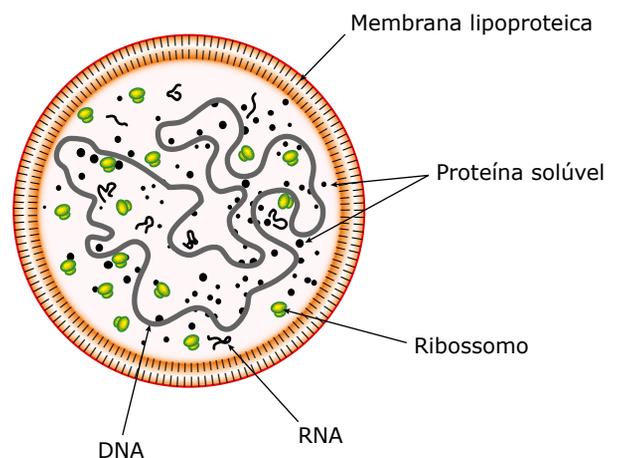
Célula bacteriana.

O material genético das bactérias está representado normalmente por um único *cromossomo circular*. A região da célula onde se concentra esse cromossomo pode ser chamada de *nucleoide*. Em algumas bactérias, existem também os *plasmídeos*, que são pequenos segmentos de DNA circular encontrados livres no hialoplasma bacteriano e que respondem por algumas características genéticas. Alguns plasmídeos podem integrar-se ao cromossomo da bactéria e, nesse caso, recebem o nome de *episomo*. Os *ribossomos*, responsáveis pela síntese de proteínas, encontram-se dispersos pelo *hialoplasma*. Por cima da membrana plasmática, a maioria das bactérias possui *parede celular*, constituída quimicamente por *peptidoglicanos* (peptídeos associados a polissacarídeos), como o ácido murâmico. Algumas bactérias também podem apresentar uma *cápsula* protetora sobre a parede celular. A cápsula é formada por substâncias viscosas, gelatinosas, geralmente de natureza polissacarídica, embora existam cápsulas formadas por polipeptídeos e outros compostos.

- São seres microscópicos, tendo, em média, cerca de 1  $\mu\text{m}$  de diâmetro e, às vezes, até menos (lembre-se de que 1  $\mu\text{m} = 10^{-3}\text{mm}$ ). As menores bactérias estão representadas pelas riquétsias e pelos micoplasmas.

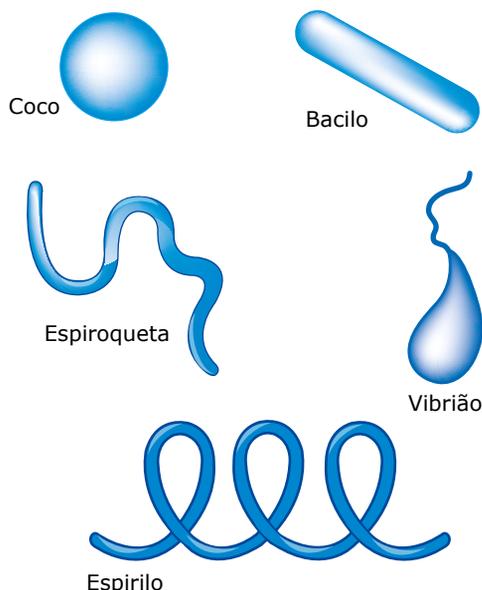
As riquétsias têm dimensões entre 0,3 e 0,5  $\mu\text{m}$ . Assim como os vírus, as riquétsias são parasitos intracelulares obrigatórios e patogênicos para o homem. Um bom exemplo é a *Rickettsia prowazekii*, causadora do tifo exantemático. Alguns autores classificam essas bactérias como seres procariontes incompletos devido à dependência que possuem de outras células para poderem se reproduzir.

Os micoplasmas são menores ainda que as riquétsias. São as menores células conhecidas e constituem a forma mais primitiva de vida capaz de manifestar metabolismo próprio. Não possuem parede celular, sendo encontrados nos esgotos, no solo e parasitando organismos animais (como ratos e mesmo a espécie humana), nos quais causam doenças pulmonares, renais, das vias urinárias e nas articulações. Também são conhecidos pela sigla PPLO (*Pleuropneumonia-like Organisms*) pelo fato de o primeiro espécime conhecido desse grupo ser o causador de uma pneumopatia em ratos e aves.



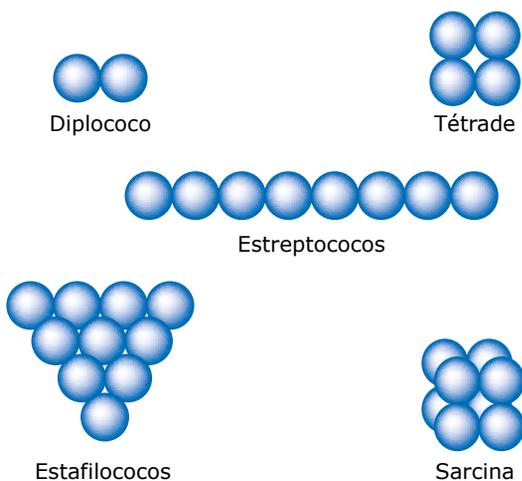
Representação de um PPLO – A estrutura do PPLO é muito simples, com uma membrana externa lipoproteica, um longo DNA, ribossomos, RNA-t e proteínas.

- As bactérias apresentam os seguintes tipos morfológicos: cocos, bacilos, vibriões, espirilos e espiroquetas.



Tipos morfológicos de bactérias – Os cocos (do grego Kókkos, grão) são bactérias de morfologia esférica ou arredondada; bacilos (do grego Bacillu, bastãozinho) têm forma de bastonetes (pequenos bastões); vibriões (do francês Vibrion, de vibrer, vibrar) possuem forma de vírgula; espirilos (do latim Spirillum, que tem filamentos espiralados) são espiralados e se deslocam por meio de flagelos localizados nas extremidades da célula, enquanto os espiroquetas, que também são espiralados, se deslocam por meio de movimentos ondulatórios do corpo. Obs.: Alguns autores não fazem distinção entre os espirilos e os espiroquetas, classificando todas as bactérias espiraladas como espirilos.

Os cocos podem ser encontrados isolados ou associados uns aos outros formando colônias que podem ser dos seguintes tipos: diplococos, tétrede, sarcina, estafilococos e estreptococos.



Colônias de cocos – Diplococos (pares de cocos); Tétrede (colônia de 4 cocos); Estreptococos (fileiras de cocos); Estafilococos (cachos de cocos); Sarcina (cubo de 8 ou mais cocos).

- Podem apresentar ou não locomoção própria, isto é, podem ser móveis ou imóveis. As bactérias móveis locomovem-se por meio de flagelos ou por movimentos ondulatórios do corpo. Os flagelos das bactérias são modificações da membrana celular que englobam o citoplasma com moléculas filamentosas contráteis de uma proteína chamada flagelina, muito semelhante à miosina (lembre-se de que as bactérias não têm centríolos).

É importante não confundir os flagelos bacterianos com as fímbrias ou pili, que são formações filamentosas mais curtas que os flagelos e não desempenham nenhum papel relativo à motilidade, podendo existir tanto em bactérias móveis como em imóveis. As fímbrias são estruturas de fixação, isto é, permitem a adesão da célula bacteriana às diferentes superfícies de contato.

- São os seres vivos mais disseminados pela face da Terra, sendo encontradas no ar, no solo, na água (doce e salgada), nos objetos, na superfície externa e no interior de outros organismos, associadas por meio do parasitismo, do comensalismo, da protocooperação e do mutualismo.
- Quanto à nutrição, podem ser autótrofas ou heterótrofas. As heterótrofas constituem a maioria das espécies e obtêm alimentos por absorção (os nutrientes são absorvidos diretamente do meio onde as bactérias se encontram) ou à custa da decomposição, do comensalismo, da protocooperação, do mutualismo ou do parasitismo.

As bactérias autótrofas sintetizam seus próprios alimentos por meio da fotossíntese ou da quimiossíntese.

- As bactérias podem ser aeróbias ou anaeróbias. As espécies aeróbias só vivem em presença de  $O_2$  e realizam a cadeia respiratória na membrana plasmática. As espécies anaeróbias podem ser estritas ou facultativas. As anaeróbias estritas só conseguem sobreviver na ausência de  $O_2$ ; as anaeróbias facultativas, embora cresçam melhor em presença de oxigênio livre, também sobrevivem na ausência de  $O_2$ . O comportamento das anaeróbias facultativas se deve ao chamado "efeito Pasteur", segundo o qual a fermentação (modalidade anaeróbia de obtenção de energia) é inibida em presença de  $O_2$ . Nessas condições, bactérias que são capazes de se desenvolver tanto na presença como na ausência do  $O_2$  crescem mais abundantemente em aerobiose pelo fato de o metabolismo respiratório aeróbio fornecer mais energia sob a forma de ATP que o metabolismo fermentativo (na fermentação, há um saldo de apenas 2 ATPs, enquanto, na respiração aeróbia, o saldo é superior a 30 ATPs/glicose).

Muitas espécies de bactérias anaeróbias realizam fermentação para obterem energia de compostos orgânicos.

- Algumas bactérias, como as do gênero *Bacillus* e *Clostridium*, são capazes de produzir células altamente resistentes a determinados agentes químicos e condições ambientais desfavoráveis. Essas formas de resistência são denominadas esporos.

Os esporos bacterianos são muito mais resistentes que as formas vegetativas das bactérias e não constituem um meio de multiplicação, mas sim de sobrevivência da espécie. Portanto, não são unidades reprodutivas, mas formas de defesa (resistência). Quando as condições ambientais se tornam novamente favoráveis, os esporos germinam e, assim, a bactéria assume novamente a sua forma vegetativa.



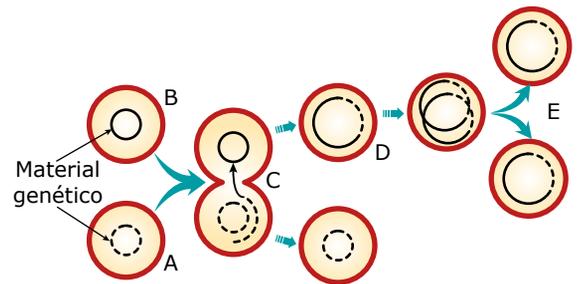
**Laboratório de bacteriologia**

Nesse objeto de aprendizagem, em um laboratório de bacteriologia, você será o(a) microbiologista que confeccionará as lâminas para a visualização morfológica das colônias bacterianas ao microscópio óptico. Além disso, não deixe de observar as lâminas de bactérias patogênicas previamente preparadas para você. Apenas tome cuidado com a manipulação desses materiais biológicos. Para isso, não se esqueça de usar seu avental e sua luva. Bom trabalho!



## Conjugação bacteriana

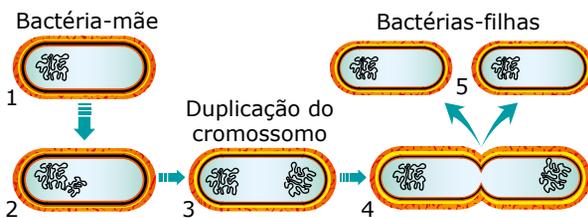
Duas bactérias, geneticamente diferentes, aproximam-se e se unem, temporariamente, por meio de uma ponte citoplasmática, denominada ponte de conjugação. Em uma das bactérias, denominada "doadora" ou "bactéria macho", ocorre duplicação de parte do seu material genético, que, por meio da ponte citoplasmática, passa para a outra bactéria ("bactéria receptora" ou "bactéria fêmea"). Após essa transferência de material genético de uma célula para outra, a ponte citoplasmática se desfaz, as bactérias separam-se e, no interior da "bactéria receptora", ocorre uma recombinação gênica, o que faz com que sua constituição genética se torne diferente das duas células iniciais. Essa "bactéria recombinante", ao se dividir por cissiparidade, dará origem a bactérias-filhas iguais a ela, isto é, portadoras de material genético recombinado.



Conjugação bacteriana – A. Bactéria doadora; B. Bactéria receptora; C. União das bactérias através de uma ponte citoplasmática e passagem do material genético de uma célula para outra; D. Bactéria recombinante; E. Cissiparidade da bactéria recombinante com formação de bactérias-filhas, também recombinantes.

## REPRODUÇÃO DAS BACTÉRIAS

As bactérias se reproduzem assexuadamente por fissão ou cissiparidade, formando um septo que se dirige da superfície para o interior da célula, dividindo-a em duas células-filhas. A fissão é precedida pela duplicação do DNA que constitui o cromossomo bacteriano, recebendo cada célula-filha uma cópia do cromossomo da célula-mãe.



Reprodução da bactéria por fissão – 1. Bactéria-mãe; 2. Duplicação do cromossomo bacteriano; 3. Separação dos cromossomos; 4. Formação da parede (septo) de separação; 5. Separação das duas bactérias-filhas.

Antes da ocorrência da duplicação do material genético e da divisão da célula, poderá ocorrer, em alguns casos, a transferência e o recebimento de material genético de uma bactéria para outra.

A transferência de DNA de uma bactéria para outra pode ser feita por meio de três processos: conjugação, transformação e transdução.

O que determina, numa conjugação bacteriana, qual das bactérias conjugantes será a doadora e qual será a receptora é o próprio material genético da célula. As que atuam como doadoras possuem um gene chamado de fator de fertilidade ou fator F, que pode estar localizado num plasmídeo ou incorporado ao cromossomo bacteriano.

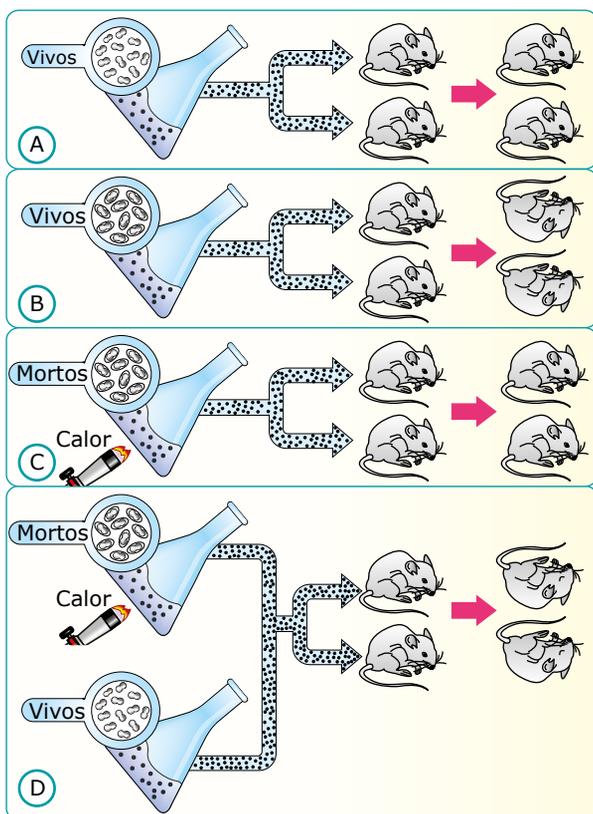
## Transformação bacteriana

Trata-se de um fenômeno em que bactérias vivas absorvem e incorporam material genético (DNA) de bactérias mortas em desintegração no meio ambiente.

Um bom exemplo de transformação bacteriana foi observado com a experiência de Griffith, em 1928.

Em seus experimentos, Griffith trabalhou com duas variedades de *Diplococcus pneumoniae* (pneumococos): capsulados e acapsulados. Os capsulados são patogênicos, causando pneumonia e morte em animais; os acapsulados não são patogênicos (não causam pneumonia).

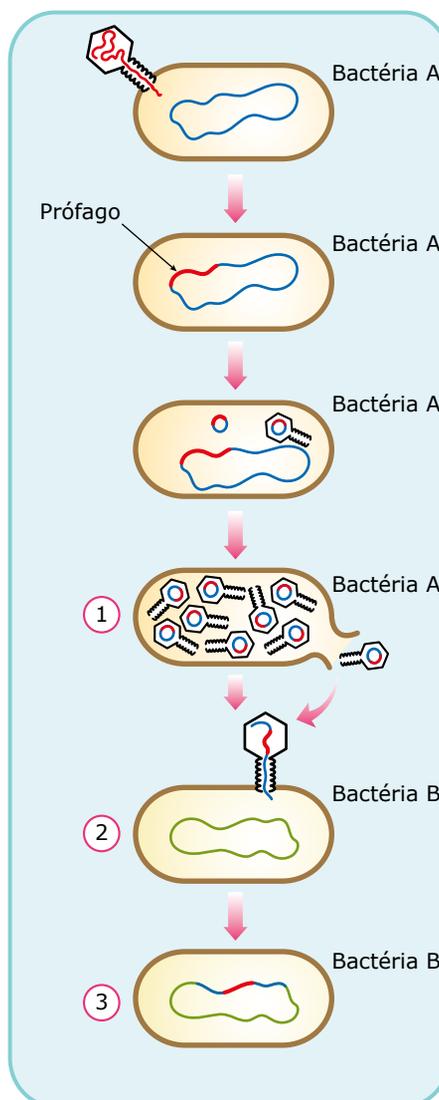
A experiência de Griffith está esquematizada a seguir:



Experiência de Griffith – A. Griffith injetou pneumococos acapsulados vivos em camundongos e verificou que os animais não adquiriram pneumonia e permaneceram vivos. B. Griffith injetou pneumococos capsulados vivos em camundongos e verificou que os animais adquiriram pneumonia e morreram. No sangue dos animais mortos, foram encontrados pneumococos capsulados vivos. C. Griffith injetou pneumococos capsulados mortos pelo calor em camundongos e verificou que os animais não adquiriram pneumonia e permaneceram vivos. D. Griffith injetou uma mistura de pneumococos capsulados mortos pelo calor com acapsulados vivos e verificou a morte dos animais por pneumonia. O exame do sangue dos animais mortos revelou a presença de pneumococos capsulados vivos. Como explicar isso? Em 1944, Avery, Macleod e McCarty descobriram que o material genético (DNA) das bactérias mortas pode ser absorvido pelas bactérias vivas e incorporado ao DNA destas, originando bactérias vivas com constituição genética diferente. Assim, no experimento de Griffith, os pneumococos acapsulados vivos absorveram o material genético dos capsulados mortos e, com isso, adquiriram novas características: produzir cápsulas e causar pneumonia em camundongos. Essas novas características passam a ser transmitidas às bactérias-filhas, quando da reprodução por cissiparidade.

## Transdução bacteriana

Na transdução, o material genético de uma bactéria é transmitido a outra por meio da ação de um vírus bacteriófago (fago).



Transdução – 1. Fagos libertando-se de uma bactéria morta (bactéria A); um deles transporta, além do seu material genético (DNA viral), um segmento do DNA da bactéria A. 2. O fago injeta o seu DNA e o segmento do DNA bacteriano em uma outra bactéria (bactéria B). 3. O segmento do DNA da bactéria A, assim como o DNA-viral, incorpora-se ao cromossomo da bactéria B e passa a agir como um gene dessa bactéria, podendo, assim, determinar uma nova característica genética na mesma.

### OBSERVAÇÃO

Alguns autores consideram que, nos casos em que há transferência de material genético de uma bactéria para outra (conjugação, transformação e transdução), o processo de reprodução bacteriana deve ser sexuado, uma vez que resulta em variabilidade genética.

## CIANOACTÉRIAS

Entre as bactérias fotossintetizantes, destacam-se as cianobactérias. A fotossíntese realizada por elas é parecida com a realizada pelos vegetais, pois elas usam água como um dos reagentes e, portanto, liberam  $O_2$ .

A maior parte do oxigênio da atmosfera atual da Terra teve origem na fotossíntese realizada pelas cianobactérias do passado. Essa mudança na constituição atmosférica provocou a extinção de muitos seres vivos anaeróbios, isto é, que não podem viver em ambientes em que o oxigênio está presente, e permitiu o surgimento dos eucariotas aeróbios.

A maioria dessas bactérias possui cor verde-azulada devido à presença dos pigmentos clorofila (verde) e ficocianina (azul) no citoplasma. Elas são unicelulares que podem viver livres ou em colônias, dependendo da espécie, e são encontradas na água e em ambientes úmidos.

Nos ecossistemas aquáticos, as cianobactérias são os principais fixadores de nitrogênio. Nos ecossistemas terrestres, aparecem em associação mutualística com espécies de fungos, formando os líquens.

## UTILIDADES E NOCIDIDADES DAS BACTÉRIAS

No grupo das bactérias, encontram-se **espécies úteis** e **espécies nocivas**.

Entre as **espécies úteis**, destacamos aquelas que

- atuam como decompositores e as que participam das diferentes etapas do ciclo do nitrogênio. Essas espécies têm uma importância ecológica muito grande devido ao papel que realizam na reciclagem da matéria na natureza e na fertilização do solo. Lembre-se de que a atividade dos decompositores é essencial à manutenção da vida na Terra, pois esta depende da contínua reciclagem de elementos químicos entre os componentes bióticos e abióticos da natureza.
- são utilizadas na elaboração de diversos produtos devido a certos tipos de fermentações que realizam, por exemplo:
  - Produção de vinagre: utiliza bactérias do gênero *Acetobacter*. Tais bactérias são capazes de produzir o ácido acético por meio da fermentação acética (que converte a glicose em ácido acético).
  - Produção de coalhadas, iogurte, queijos e requeijões pelas indústrias de derivados do leite: utilizam principalmente bactérias do gênero *Lactobacillus*, que realizam a fermentação láctica, produzindo ácido láctico.

- são utilizadas pela indústria farmacêutica para a produção de certos tipos de antibióticos e vitaminas. Na indústria farmacêutica, bactérias do gênero *Bacillus* fornecem certos antibióticos, como a tirotricina e a bacitracina; já o antibiótico neomicina é produzido por bactérias do gênero *Streptomyces*.
- fazem parte da nossa flora intestinal normal (microbiota intestinal), fornecendo ao nosso organismo algumas vitaminas do complexo B (ácido fólico, ácido pantotênico, biotina e outros) e a vitamina K, o que nos torna menos dependentes da presença dessas vitaminas nos alimentos.
- são utilizadas no “controle biológico” para combater espécies nocivas. Um exemplo é o *Bacillus thuringiensis*, que infecta a larva de certos insetos prejudiciais à agricultura.
- são utilizadas pela Engenharia Genética na produção de substâncias de interesse comercial. A tecnologia da Engenharia Genética tem permitido modificar geneticamente certas bactérias, programando-as para produzir certos tipos de substâncias, como hormônio do crescimento e insulina humanas.

As **espécies nocivas** são responsáveis por doenças, algumas graves, que acometem o homem e outros animais.

Posteriormente, faremos um estudo resumido dessas espécies.

## DOMÍNIO ARCHAEA

O domínio Archaea engloba os seres unicelulares, procariontes cujas células podem possuir ou não parede celular. Quando presente, a parede celular não é composta por peptidoglicana. Diferem-se das bactérias em vários aspectos bioquímicos e genéticos.

As arqueas (anteriormente chamadas de arqueobactérias) normalmente são encontradas em ambientes extremos e estão subdivididas em três grupos: **metanogênicas** (eliminam metano como resultado de sua respiração); **halofílicas** (vivem em ambientes onde há condições extremas de salinidade, ou seja, muita acidez ou muita alcalinidade) e as **termofílicas** (habitam ambientes onde há condições extremas de temperatura alta ou baixa).



### Bactérias

Bactérias são seres ubíquos e com características bem peculiares. Para saber mais sobre esses micro-organismos, assista a essa videoaula.

2RVK

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (PUC Minas) Assinale a afirmativa errada.
- Algumas bactérias são parasitas.
  - Algumas bactérias são úteis ao homem.
  - Todas as bactérias possuem núcleo individualizado.
  - Todas as bactérias são unicelulares.
  - Algumas bactérias possuem uma camada gelatinosa ao redor da parede celular.

- 02.** (UFRGS-RS-2020) Considere as seguintes afirmações sobre as Archea.

- São organismos que possuem em seu citoplasma organelas envolvidas por membranas.
- Apresentam ancestral comum mais recente com Eukaria do que com o domínio Bacteria.
- Utilizam a quimiossíntese como modo de nutrição, processo que usa a luz como fonte principal de energia.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e III.
- I, II e III.

- 03.** (Mackenzie-SP) Em relação à morfologia, as bactérias com as formas esféricas, de bastão, em cacho de uva e em colar denominam-se, respectivamente,

- cocos, bacilos, estafilococos e estreptococos.
- bacilos, cocos, estafilococos e estreptococos.
- cocos, bacilos, estreptococos e estafilococos.
- bacilos, cocos, estreptococos e estafilococos.
- estreptococos, estafilococos, bacilos e cocos.

- 04.** (UFMG) Nos itens seguintes, estão caracterizadas conjugação, transformação e transdução, em bactérias:

- Depende de um vírus para efetuar-se.
- Ocorre quando há passagem de material através de ponte citoplasmática.
- Ocorre por meio de absorção de ácido nucleico livre no meio.
- Depende da formação de isogametas.

Que alternativa apresenta a correspondência correta?

	Conjugação	Transformação	Transdução
A)	I	III	IV
B)	III	II	I
C)	II	III	I
D)	IV	I	III
E)	II	IV	III

- 05.** (UERJ-2021) Alimentos denominados probióticos, tais como leites fermentados, iogurtes naturais, quefir e kombucha, contêm microrganismos vivos benéficos à saúde humana.

A ação desses microrganismos resulta em

- quebra de moléculas de celulose.
- neutralização da acidez do suco gástrico.
- aumento da produção de glóbulos vermelhos.
- controle das bactérias patogênicas intestinais.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (FUVEST-SP) A bactéria não possui

- membrana plasmática.
- ribossomo.
- parede celular.
- DNA.
- carioteca.

- 02.** (Unit-SE-2019) As infecções bacterianas são doenças que ocorrem quando as formas prejudiciais de bactérias se multiplicam no interior do corpo. O prognóstico das infecções varia de leve a grave, dependendo muito do estado geral do hospedeiro. Embora as infecções bacterianas sejam uma das principais causas de morte na terceira idade, com destaque para a pneumonia, a maioria dos casos pode ser prevenido com a imunização, alguns cuidados gerais ou curadas com antibióticos. No entanto, a maioria das bactérias – que existem no solo, na água, no ar e mesmo no organismo de cada um de nós – são inofensivas e podem mesmo ser úteis.

AS INFECÇÕES bacterianas. 2018.

Em relação a esses agentes patogênicos, é correto afirmar que

- eles apresentam DNA circular associado a histonas.
- seus ribossomos interagem com o RER para a síntese de proteínas.
- são microscópicos e com um sistema interno de endomembranas que viabilizam a divisão de trabalho.
- são portadoras de DNA ou RNA e necessitam de uma célula hospedeira para se reproduzir.
- fazem parte de um reino de grande diversidade metabólica.

03. (UFMG) Analise estas figuras, em que estão representadas fases da vida de um organismo encontrado em lagoas hipersalinas:



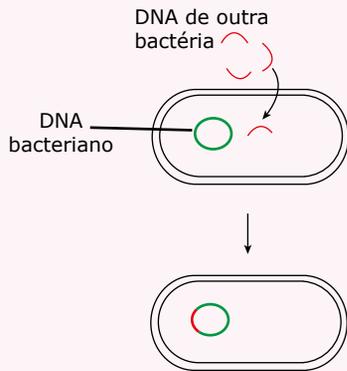
JOURNAL OF STRUCTURAL BIOLOGY.  
145, mar. 2004.

Esse organismo é uma bactéria que, surpreendentemente, apresenta uma característica não usual ao grupo a que pertence.

É correto afirmar que tal característica consiste no fato de essa bactéria

- A) ter número haploide de cromossomos.
- B) alimentar-se de forma heterotrófica.
- C) ser um organismo multicelular.
- D) possuir DNA disperso no citoplasma.

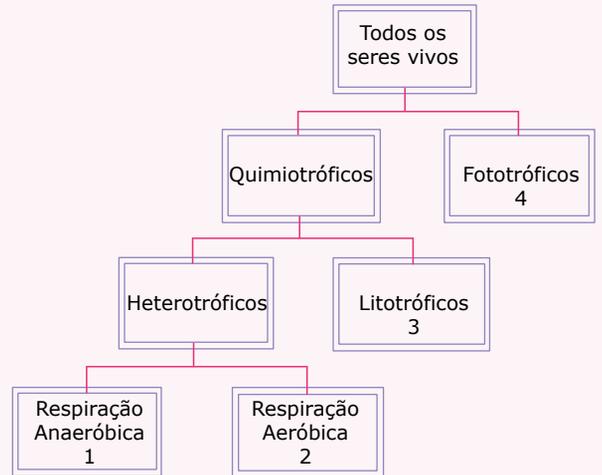
04. (UFTM-MG) O esquema ilustra um tipo de reprodução que ocorre em certas bactérias.



O mecanismo é conhecido como

- A) transformação, que resulta em modificação genética, podendo aumentar a chance de sobrevivência.
- B) permutação, que consiste na fusão de material genético diferente do original.
- C) transdução, que consiste em receber um segmento de DNA exógeno, resultando um ser transgênico.
- D) bipartição, que possibilita a formação de um indivíduo geneticamente mais complexo.
- E) conjugação, que aumenta a variabilidade genética das espécies que a realizam.

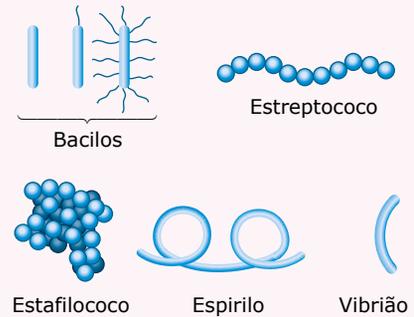
05. (UFPR) A figura a seguir apresenta uma classificação dos seres vivos baseada em sua fonte primária de energia.



Bactérias são encontradas nos grupos:

- A) 1, 2 e 3 apenas.
- B) 1, 2 e 4 apenas.
- C) 1, 3 e 4 apenas.
- D) 2, 3 e 4 apenas.
- E) 1, 2, 3 e 4.

06. (UEPG-PR-2022) As bactérias são seres microscópicos que apresentam uma enorme variedade de formas, sendo algumas delas extremamente resistentes às condições em que vivem. Abaixo estão representados diferentes tipos de bactérias. Analise as proposições e assinale o que for correto.



SILVA Jr., César; SASSON, Sezar; CALDINI, Júnior Nelson. *Biologia*. v. 2, 12 ed. São Paulo: Saraiva, 2016 (Adaptação).

- 01. As bactérias são seres procariontes unicelulares, usualmente providas de parede celular, a qual define o formato bacteriano em cocos, bacilos, espirilos ou vibriões.
- 02. As únicas formas de nutrição das bactérias heterótrofas são a fotossíntese e a quimiossíntese.
- 04. A principal forma de reprodução, na maioria das bactérias, é por fissão binária ou bipartição. Nesse processo assexuado, ocorre a duplicação do DNA, seguida da divisão da célula bacteriana em duas células-filhas geneticamente iguais.

08. O método de coloração de Gram permite a classificação das bactérias em dois grandes grupos: gram-positivas e gram-negativas.

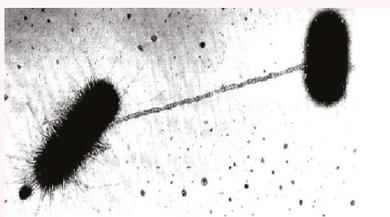
16. Algumas bactérias são responsáveis por causar doenças nos seres humanos. São exemplos de doenças causadas por bactérias: tuberculose, tétano, cólera, febre maculosa e meningite meningocócica.

Soma ( )

07. (UFJF-2022) As cianobactérias são organismos que participam de importantes processos ecológicos, notadamente na ciclagem de matéria nos ecossistemas. São muito comuns em lagos e rios em condição de eutrofização artificial, nos quais há grande entrada de nutrientes a partir do esgoto, por exemplo. Esses organismos são capazes de atuar nos seguintes processos:

- A) Produção primária e metanogênese
- B) Oxidação do fosfato e desnitrificação
- C) Metanogênese e fixação biológica de nitrogênio
- D) Produção primária e fixação biológica de nitrogênio
- E) Oxidação de metano e redução dissimilatória do nitrato

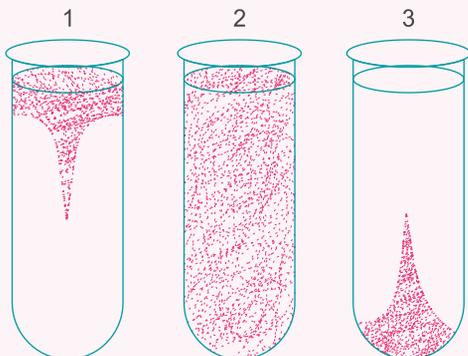
08. (PUCPR)



Em algumas bactérias, ocorre transferência de material genético através de estruturas de pontes citoplasmáticas. Esse tipo de reprodução é denominado

- A) conjugação.
- B) brotamento.
- C) transformação.
- D) transdução.
- E) esporulação.

09. (Unisa-SP) Três diferentes espécies de bactérias foram cultivadas, separadamente, em tubos de ensaio abertos. A figura ilustra as distribuições populacionais dessas bactérias após alguns dias.



LOPES, S.; ROSSO, S. *Bio*, v. 3, 2014 (Adaptação).

- A) Qual tubo indica a presença de bactérias anaeróbicas facultativas? Por que a distribuição delas no tubo possibilitou a sua identificação?
- B) Em qual dos tubos existem bactérias que realizam somente fermentação? Por quê?

10. (FUVEST-SP) Os seres humanos são hospedeiros de uma grande diversidade de micro-organismos.

- A) Existem micro-organismos que fazem parte da microbiota normal dos humanos. Entre esses micro-organismos, encontram-se espécies de bactérias do gênero *Staphylococcus*, aeróbias ou anaeróbias, que conseguem resistir à escassez de água, e espécies do gênero *Neisseria*, aeróbias obrigatórias, que não resistem ao ressecamento. Considerando a pele, as vias respiratórias e o intestino grosso, preencha o quadro a seguir, indicando com um X qual(is) ambiente(s) não oferece(m) condições favoráveis à colonização por essas espécies de bactérias.

	Pele	Vias respiratórias	Intestino grosso
<i>Staphylococcus</i>			
<i>Neisseria</i>			

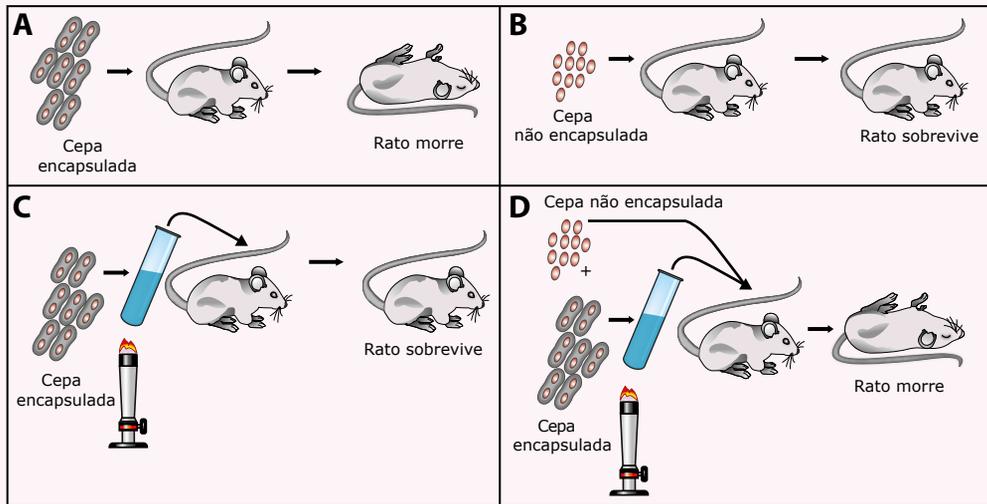
- B) As bactérias do gênero *Helicobacter* vivem em ambientes com pH ao redor de 2; as do gênero *Enterococcus*, num pH ao redor de 4, e as bactérias do gênero *Escherichia* vivem em ambientes com pH próximo de 7.

Considerando essas informações, preencha o quadro a seguir, indicando com um X o órgão em que é mais provável encontrar cada um desses gêneros de bactérias.

	Estômago	Duodeno	Intestino grosso
<i>Helicobacter</i>			
<i>Enterococcus</i>			
<i>Escherichia</i>			

11. (UFF-RJ) Em 1928, Griffith relatou em um trabalho que *Pneumococcus* não capsulados podiam começar a apresentar cápsulas quando misturados com *Pneumococcus* capsulados e mortos pelo calor (figura a seguir). Em 1944, Avery e colaboradores demonstraram que o DNA era a molécula envolvida nesse processo.

Posteriormente outros trabalhos mostraram que as bactérias, apesar de não apresentarem reprodução sexuada, podem receber genes de outras bactérias por três mecanismos diferentes de recombinação: transformação, transdução e conjugação.



- Que mecanismo de recombinação foi observado por Griffith? Explique como o DNA está envolvido nesse processo.
- Em qual dos mecanismos de transferência de material genético é necessário o contato físico entre as células bacterianas? Justifique sua resposta.
- Em qual dos três mecanismos os vírus bacteriófagos podem servir de vetores na recombinação bacteriana? Justifique sua resposta.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem) O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene, representam fatores de risco para o aparecimento de uma infecção denominada ceratite microbiana, que causa ulceração inflamatória da córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento antibiótico.

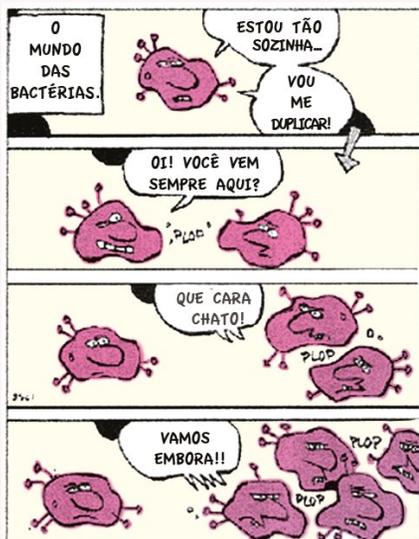
De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e à invasão bacteriana.

CRESTA, F. Lente de contato e infecção ocular. *Revista Sinopse de oftalmologia*. São Paulo: Moreira Jr., v. 4, n. 4, 2002 (Adaptação).

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses micro-organismos, tais como:

- A grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses micro-organismos para a obtenção de energia.
- A grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes e o processo anaeróbico da fermentação como a principal via de obtenção de energia.
- A diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos e a nutrição heterotrófica, como forma de esses micro-organismos obterem matéria-prima e energia.
- O alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses micro-organismos.
- O alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

02. (Enem)



GONSALES, Fernando. *Vá pentear macaco!* São Paulo: Devir, 2004.

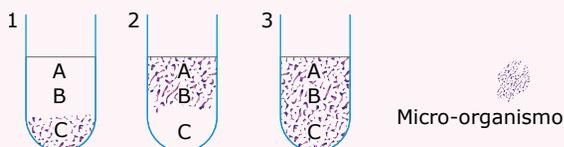
São características do tipo de reprodução representado na tirinha:

- A) Simplicidade, permuta de material gênico e variabilidade genética.
- B) Rapidez, simplicidade e semelhança genética.
- C) Variabilidade genética, mutação e evolução lenta.
- D) Gametogênese, troca de material gênico e complexidade.
- E) Clonagem, gemulação e partenogênese.

03. As bactérias podem ser classificadas em três grupos distintos, conforme o seu comportamento em relação ao O<sub>2</sub> livre. São eles:

1. Aeróbias – as que só crescem em presença de O<sub>2</sub>.
2. Anaeróbias estritas – as que só crescem na ausência de O<sub>2</sub>.
3. Anaeróbias facultativas – as que, embora cresçam melhor em aerobiose, também o fazem em anaerobiose.

Em um experimento, quantidades iguais de um mesmo meio de cultura foram colocadas em três tubos de ensaio. Após certo tempo verificou-se o desenvolvimento de bactérias no meio de cultura dos referidos tubos, conforme representado nas figuras a seguir:



A análise revelou que em cada tubo houve o desenvolvimento e multiplicação de uma espécie diferente de micro-organismo.

Considerando que a disponibilidade de oxigênio livre (O<sub>2</sub>) no meio de cultura em questão diminui progressivamente da região A para a região C, onde a concentração desse gás é nula, as espécies de micro-organismo que se desenvolveram nos tubos 1, 2 e 3 são, respectivamente,

- A) aeróbias, anaeróbias estritas e anaeróbias facultativas.
- B) aeróbias, anaeróbias facultativas e anaeróbias estritas.
- C) anaeróbias facultativas, anaeróbias estritas e aeróbias.
- D) anaeróbias estritas, anaeróbias facultativas e aeróbias.
- E) anaeróbias estritas, aeróbias e anaeróbias facultativas.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. B
- 03. A
- 04. C
- 05. D

### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. E
- 03. C
- 04. A
- 05. E
- 06. Soma = 29
- 07. D
- 08. A

- 09.
- A) Tubo 2. A distribuição em todo o tubo indica alto crescimento. Mesmo com o esgotamento do oxigênio, o crescimento continua.
  - B) Tubo 3. O crescimento populacional diminui à medida que o oxigênio aumenta.

- 10.
- A)

	Pele	Vias respiratórias	Intestino grosso
<i>Staphylococcus</i>			
<i>Neisseria</i>	X		X

- B)

	Estômago	Duodeno	Intestino grosso
<i>Helicobacter</i>	X		
<i>Enterococcus</i>		X	
<i>Escherichia</i>			X

- 11.
- A) Transformação. A bactéria absorve fragmentos de DNA das bactérias mortas. Os DNAs se recombinam, possibilitando que a bactéria viva apresente cápsula.
  - B) Conjugação. É necessária a presença do pili para interligar as células.
  - C) Transdução. O material genético do vírus se integra ao da bactéria. Assim, ela pode transferir essa sequência para outras bactérias.

## Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. E
- 02. B
- 03. E



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## 2ª Lei de Mendel

Quando são analisadas características determinadas por apenas um par de genes alelos, ou seja, quando há no genótipo apenas um par de genes alelos, está-se diante de uma situação de mono-hibridismo. Ao observar, simultaneamente, características determinadas por dois pares de genes alelos, fala-se em di-hibridismo; se forem analisadas, simultaneamente, características determinadas por três pares de genes alelos, haverá um tri-hibridismo, e assim por diante. Analisando-se, ao mesmo tempo, características determinadas por vários pares de genes alelos, fala-se em poli-hibridismo.

Quando dois ou mais pares de genes alelos estiverem localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, tem-se um caso de segregação independente. A transmissão das características condicionadas por dois ou mais pares de genes que se segregam independentemente obedece à 2ª Lei de Mendel.

### 2ª LEI DE MENDEL

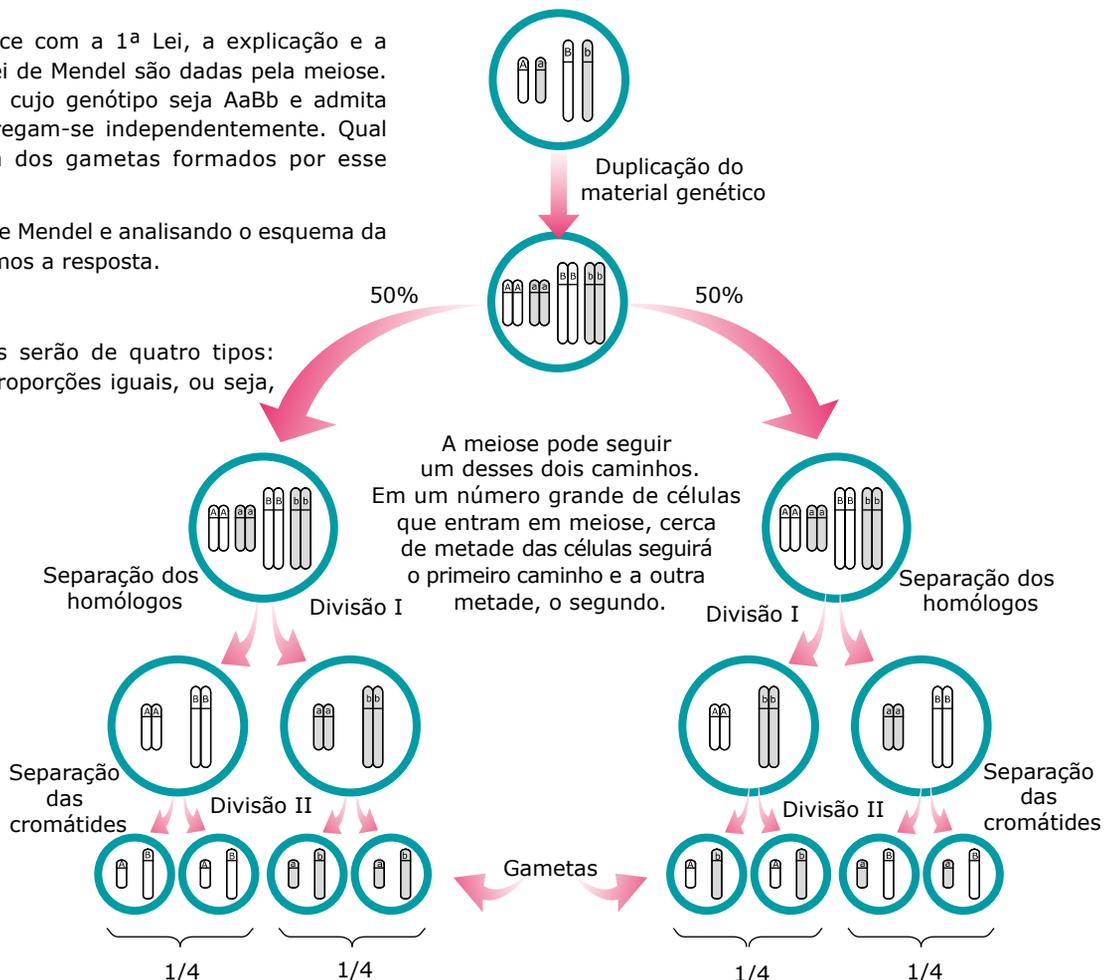
Conhecida também por **lei da segregação independente dos fatores**, a **2ª Lei de Mendel** pode ser assim enunciada: "Fatores (genes) que condicionam dois ou mais caracteres segregam-se (separam-se) independentemente durante a formação dos gametas (gametogênese), recombinando-se ao acaso, de maneira a estabelecer todas as possíveis combinações entre si."

Assim como acontece com a 1ª Lei, a explicação e a compreensão da 2ª Lei de Mendel são dadas pela meiose. Imagine um indivíduo cujo genótipo seja AaBb e admita que esses genes segregam-se independentemente. Qual a constituição gênica dos gametas formados por esse indivíduo?

Aplicando a 2ª Lei de Mendel e analisando o esquema da figura ao lado, obteremos a resposta.

Resposta:

Os gametas formados serão de quatro tipos: AB, ab, Ab e aB em proporções iguais, ou seja, 1/4 (25%) de cada.



## Di-hibridismo com segregação independente

Quando se analisam, simultaneamente, as características condicionadas por dois pares de genes alelos localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, temos uma situação de di-hibridismo com segregação independente. Nesse caso, a transmissão desses genes e as respectivas características que determinam obedecem à 2ª Lei de Mendel.

Veja a seguir um exemplo de aplicação da 2ª Lei de Mendel no di-hibridismo com segregação independente.

Em ervilhas, o gene V condiciona a formação de sementes amarelas, enquanto o seu alelo v determina a formação de sementes de cor verde; o gene R é responsável pelo aspecto liso das sementes, enquanto o seu alelo r condiciona a formação de sementes de aspecto rugoso. Considerando-se que, entre os genes V e v e entre os genes R e r, existe uma dominância absoluta e que esses dois pares de genes se segregam independentemente, pergunta-se: quais os fenótipos e respectivas proporções esperadas para os descendentes do cruzamento de duas ervilhas, ambas de sementes amarelas e lisas, duplamente heterozigotas?

### Resolução:

As ervilhas cruzadas, sendo de sementes amarelas e lisas, duplamente heterozigotas, têm os seguintes genótipos: VvRr e VvRr, formando, cada uma, os seguintes tipos de gametas: VR, Vr, vR e vr.

Fazendo-se as combinações possíveis entre os gametas formados pelas duas ervilhas, encontra-se o seguinte:

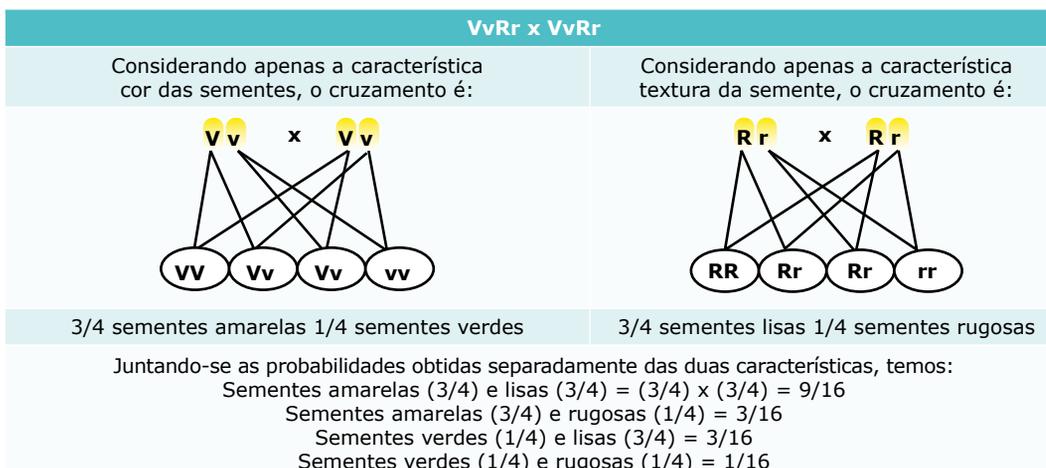
Gametas	VR (1/4)	Vr (1/4)	vR (1/4)	vr (1/4)
VR (1/4)	VVRR (1/16)	VVRr (1/16)	VvRR (1/16)	VvRr (1/16)
Vr (1/4)	VVRr (1/16)	VVrr (1/16)	VvRr (1/16)	Vvrr (1/16)
vR (1/4)	VvRR (1/16)	VvRr (1/16)	vvRR (1/16)	vvRr (1/16)
vr (1/4)	VvRr (1/16)	Vvrr (1/16)	vvRr (1/16)	vvrr (1/16)

O genograma mostra que existem 16 combinações possíveis entre os gametas das duas ervilhas. A análise dos diferentes genótipos obtidos permite o estabelecimento da seguinte relação entre os descendentes desse cruzamento:

- Sementes amarelas e lisas = VVRR (1/16) + VVRr (2/16) + VvRR (2/16) + VvRr (4/16) = 9/16  
(1/16 + 2/16 + 2/16 + 4/16 = 9/16)
- Sementes amarelas e rugosas = VVrr (1/16) + Vvrr (2/16) = 3/16  
(1/16 + 2/16 = 3/16)
- Sementes verdes e lisas = vvRR (1/16) + vvRr (2/16) = 3/16  
(1/16 + 2/16 = 3/16)
- Sementes verdes e rugosas = vvrr (1/16) = 1/16

Resposta:

Serão obtidos 9/16 de sementes amarelas e lisas, 3/16 de sementes amarelas e rugosas, 3/16 de sementes verdes e lisas e 1/16 de sementes verdes e rugosas. Pode-se também dizer que a proporção fenotípica esperada entre os descendentes é de 9 : 3 : 3 : 1. Esse mesmo resultado também pode ser obtido analisando-se separadamente as duas características em questão (cor das sementes e aspecto das sementes) e, no fim, juntando as probabilidades encontradas separadamente, multiplicando-se uma pela outra, conforme mostra o esquema a seguir:



## OBSERVAÇÃO

Analisar as duas características separadamente, como se fossem casos isolados de monoibridismo e, no fim, juntá-las é um recurso que só pode ser usado quando se estiver diante de um caso de segregação independente.

## Tri-hibridismo com segregação independente

A análise simultânea de características determinadas por três pares de genes alelos, localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, consiste num caso de tri-hibridismo com segregação independente. A transmissão desses genes também obedece à 2ª Lei de Mendel. Veja o exemplo a seguir:

Um homem de genótipo AaCcMm casa-se com uma mulher cujo genótipo é AAccMm. Considere os seguintes dados: o gene A determina a pigmentação da pele, enquanto o seu alelo recessivo a é responsável pela apigmentação (albinismo); o gene C determina a formação de olhos escuros, enquanto o seu alelo recessivo c condiciona olhos claros; o gene M faz com que o indivíduo tenha uma visão normal, enquanto o seu alelo m condiciona a miopia. Considerando também que esses três pares de genes se segregam independentemente, vamos responder qual é a probabilidade de o casal vir a ter uma criança pigmentada, de olhos claros e míope.

**Resolução:**

Como se trata de um caso de segregação independente, podemos analisar separadamente as três características em questão e juntá-las ao fim conforme mostra o esquema:

AaCcMm x AAccMm		
Considerando apenas a característica pigmentação ou não da pele, temos o seguinte cruzamento:	Considerando apenas a característica olhos escuros ou claros, temos o seguinte cruzamento:	Considerando apenas a característica visão normal ou não, temos o seguinte cruzamento:
Pigmentado → 4/4 = 1 Apigmentado → 0 (zero)	Olhos escuros → 1/2 Olhos claros → 1/2	Visão normal → 3/4 Míope → 1/4
Juntando-se os resultados obtidos separadamente, a probabilidade de o casal ter uma criança pigmentada (1), de olhos claros (1/2) e míope (1/4) será: $1 \cdot 1/2 \cdot 1/4 = 1/8$ .		

Para os casos de segregação independente envolvendo a participação de mais de três pares de genes alelos, isto é, casos de poli-hibridismo, procede-se de maneira semelhante ao que foi feito para o di e o tri-hibridismo.

A partir do conhecimento do genótipo, pode-se calcular rapidamente o número de tipos de gametas que o indivíduo produz por meio da seguinte fórmula:  $2^n$ , em que n representa o número de caracteres portadores de genótipos heterozigotos. Veja os exemplos:

<b>Indivíduos Aa</b>	Há apenas um genótipo heterozigoto: Aa. Portanto, $n = 1$ . Logo, o número de tipos de gametas será: $2^1 = 2$ . O indivíduo, então, formará 2 tipos de gametas: A e a.
<b>Indivíduos AaBb</b>	Existem dois genótipos heterozigotos: Aa e Bb. Portanto, $n = 2$ . Logo, o número de tipos de gametas será: $2^2 = 4$ . AB, Ab, aB e ab.
<b>Indivíduos AaBBCcDd</b>	Existem três genótipos heterozigotos: Aa, Cc e Dd. Portanto, $n = 3$ . Logo, o número de gametas será: $2^3 = 8$ . Assim, o indivíduo formará 8 tipos de gametas: ABCD, ABCd, ABcD, aBCD, aBCd, aBcD, abCD, abcd.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (Insper-SP) Gregor Mendel demonstrou, por meio de cruzamentos em ervilhas, a segregação independente de características genéticas, como as observadas na cor e na textura das sementes produzidas por essa planta.

Considerando como dominantes os fenótipos amarelo e liso; e como recessivos os fenótipos verde e rugoso, pode-se afirmar que o cruzamento, entre plantas produtoras de ervilhas, responsável por gerar apenas indivíduos duplo-heterozigotos em  $F_1$  para os fenótipos citados, é:

- A)  $VVRR \times VvRr$                       D)  $VvRr \times VvRr$   
 B)  $VvRr \times vvrr$                       E)  $vvRr \times Vvrr$   
 C)  $VVrr \times vvRR$

**02.** (UPF-RS-2020) Considere que em uma determinada espécie de planta as características comprimento do caule e forma do fruto são condicionadas por genes que segregam independentemente. Considere também que os alelos que determinam caules longos e frutos redondos têm ação dominante sobre os que determinam caules curtos e frutos ovais. Das alternativas a seguir, qual apresenta genótipos que, ao serem cruzados, poderão gerar plantas com caules curtos e frutos ovais?

- A)  $AAbb \times AAbb$                       D)  $AaBb \times AaBb$   
 B)  $AABB \times aabb$                       E)  $aaBB \times AABB$   
 C)  $AaBB \times AABB$

**03.** (UFPA) Do cruzamento de um di-híbrido ( $AaBb$ ) com um duplamente homocigoto ( $aabb$ ) resultaram 160 descendentes. A proporção esperada de descendentes com o genótipo igual ao do pai di-híbrido é de

- A) 6,25%.                      C) 25%.                      E) 56,25%.  
 B) 18,75%.                      D) 50%.

**04.** (FUVEST-SP) O cruzamento entre duas linhagens de ervilhas, uma com sementes amarelas e lisas ( $VvRr$ ) e outra com sementes amarelas e rugosas ( $Vvrr$ ), originou 800 indivíduos. Quantos indivíduos devem ser esperados para cada um dos fenótipos indicados na tabela?

	Amarelas lisas	Amarelas rugosas	Verdes lisas	Verdes rugosas
A)	80	320	320	80
B)	100	100	300	300
C)	200	200	200	200
D)	300	300	100	100
E)	450	150	150	50

**05.** (UFU-MG) Em experimentos envolvendo três características independentes (tri-hibridismo), se for realizado um cruzamento entre indivíduos  $AaBbCc$ , a frequência de descendentes  $AABbcc$  será igual a:

- A)  $8/64$                       C)  $3/64$                       E)  $1/32$   
 B)  $1/16$                       D)  $1/4$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (PUC-Campinas-SP) Um homem tem surdez congênita devido a um alelo recessivo em homocigose no gene A. Ele se casou com uma mulher com surdez congênita de herança autossômica recessiva devido a um alelo recessivo no gene B. O filho do casal nasceu com audição normal. O genótipo dessa criança é

- A)  $aaBB$ .                      C)  $AaBb$ .                      E)  $aabb$ .  
 B)  $aaBb$ .                      D)  $Aabb$ .

**02.** (UEM/PAS-2022) Considere um indivíduo duplo heterocigótico para os alelos dominantes A e B, com segregação independente, e assinale o que for correto.

01. Durante a divisão meiótica para a formação de gametas, se o cromossomo portador do alelo dominante A migrar para o mesmo polo do alelo dominante B, obrigatoriamente os alelos recessivos migrarão para o outro polo.  
 02. Durante a divisão meiótica para a formação de gametas, se o cromossomo portador do alelo recessivo a migrar para o mesmo polo do alelo dominante B, obrigatoriamente os alelos recessivo b e o dominante A migrarão para o outro polo.  
 04. A descendência do cruzamento de indivíduos com as mesmas características descritas no enunciado de comando (*caput*) terá proporção fenotípica esperada de  $3/4$  de A e  $1/4$  de B.  
 08. Gametas haploides produzidos pelo indivíduo referido no enunciado de comando (*caput*) terão quatro combinações gênicas, na proporção de  $9 : 3 : 3 : 1$ .  
 16. Se os genes A e B agirem conjuntamente na determinação de uma característica, temos um padrão de herança denominado quantitativa ou herança poligênica.

Soma ( )

**03.** (UFRRGS-RS) Indivíduos com os genótipos  $AaBb$ ,  $AaBB$ ,  $AaBbCc$ ,  $AaBBcc$ ,  $AaBbcc$  podem formar, respectivamente, quantos tipos de gametas diferentes?

- A) 4 - 4 - 8 - 8 - 8                      D) 4 - 2 - 8 - 2 - 4  
 B) 4 - 2 - 8 - 4 - 4                      E) 2 - 4 - 16 - 4 - 8  
 C) 2 - 4 - 16 - 8 - 8

**04.** (UECE) Como dinâmica de aula durante a exposição do assunto genética mendeliana, a professora construiu o seguinte modelo para demonstrar a 2ª Lei de Mendel:

	RV	Rv	rV	rv
RV	RRVV	RRVv	RrVV	RrVv
Rv	RRVv	RRvv	RrVv	Rrvv
rV	RrVV	RrVv	rrVV	rrVv
rv	RrVv	Rrvv	rrvv	rrvv

Se o R é o gene dominante que expressa uma característica semente do tipo lisa; o r o gene recessivo que expressa uma característica semente do tipo rugosa; V o gene dominante que expressa a característica cor verde da semente e v o gene recessivo que expressa a característica cor amarela, então é correto afirmar que

- A) em um cruzamento do tipo RRVv × RRVV os descendentes serão todos sementes lisas e amarelas.  
 B) no cruzamento R\_V\_ × RRVV pode-se determinar os genótipos possíveis.  
 C) todas as sementes verdes do cruzamento RrVv × RrVv são lisas.  
 D) a leitura da proporção para o cruzamento exemplificado no quadro anterior é de 9 : 3 : 2 : 1.

- 05.** (PUC RS) IDOS Quantos tipos de gametas deverá formar um descendente do cruzamento AABCCDDEE × aabbccdee?  
 A) 84                      B) 76                      C) 46                      D) 32                      E) 24

- 06.** (PUC Rio) AHUN Uma linhagem pura de uma variedade de ervilhas de sementes lisas (gene dominante) e flores brancas (gene recessivo) foi cruzada com outra linhagem pura de uma variedade de sementes rugosas (gene recessivo) e de flores roxas (gene dominante). Caso os híbridos sejam fecundados posteriormente, a proporção de indivíduos com sementes rugosas e flores brancas será a seguinte:  
 A) 1/16                      B) 2/16                      C) 3/16                      D) 6/16                      E) 9/16

- 07.** (UDESC) WZHP Em uma espécie de inseto, o tamanho e a formação das asas são determinados geneticamente. O gene que "determina o tamanho das asas" (longas, curtas ou intermediárias) possui dois alelos sem relação de dominância entre si. O gene que determina o desenvolvimento das asas também possui dois alelos; o dominante determina o aparecimento das asas, o recessivo a ausência destas. Vários casais de insetos, duplo heterozigoto, são cruzados e obtém-se um total de 2 048 descendentes.

Assinale a alternativa que indica, deste total, o número esperado de insetos com asas intermediárias.

- A) 128 insetos                      C) 768 insetos                      E) 1 024 insetos  
 B) 384 insetos                      D) 512 insetos

- 08.** (FMP-2022) Mendel estudou sete características controladas por genes de segregação independente, com expressão dominante e recessiva, como indicado na tabela a seguir.

	Flor		-	Semente		Vagem	
	Posição	Cor		Altura	Textura	Cor	Forma
Característica dominante	Axial	Branca	Alta	Lisa	Amarela	Inflada	Amarela
Característica recessiva	Terminal	Púrpura	Baixa	Rugosa	Verde	Comprimida	Verde

Considerando-se a hipótese de uma planta com flor axial e branca, de altura alta, heterozigota para as três características, se autofertilizar, qual a probabilidade de nascimento de uma planta com flor terminal, branca e baixa?

- A) 1/4                      B) 1/64                      C) 3/4                      D) 3/16                      E) 3/64

- 09.** (UFRGS-RS) A mosca *Drosophila melanogaster* é um organismo modelo para estudos genéticos e apresenta alguns fenótipos mutantes facilmente detectáveis em laboratório. Duas mutações recessivas, observáveis nessa mosca, são a das asas vestigiais (v) e a do corpo escuro (e).

Após o cruzamento de uma fêmea com asas vestigiais com um macho de corpo escuro, foi obtido o seguinte:

F1 – todos os machos e fêmeas com fenótipo selvagem.

F2 – 9/16 selvagem; 3/16 asas vestigiais; 3/16 corpo escuro; 1/16 asas vestigiais e corpo escuro.

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações a seguir, referentes aos resultados obtidos para o cruzamento descrito.

- ( ) As proporções fenotípicas obtidas em F2 indicam ausência de dominância, pois houve alteração nas proporções esperadas.  
 ( ) Os resultados obtidos em F2 indicam um di-hibridismo envolvendo dois genes autossômicos com segregação independente.  
 ( ) As proporções obtidas em F2 estão de acordo com a Segunda Lei de Mendel ou Princípio da Segregação Independente dos Caracteres.  
 ( ) Os pares de alelos desses genes estão localizados em cromossomos homólogos.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A) V – V – F – F.                      D) F – F – V – V.  
 B) V – F – V – F.                      E) F – V – V – F.  
 C) V – F – F – V.

**10.** (UFRGS-RS) No milho, grãos de coloração púrpura são dominantes em relação a amarelos, e grãos cheios são dominantes em relação a murchos. Do cruzamento entre duas plantas, foi obtida uma prole com as seguintes proporções: 25% de grãos púrpura e cheios; 25% de grãos amarelos e cheios; 25% de grãos púrpura e murchos; 25% de grãos amarelos e murchos.

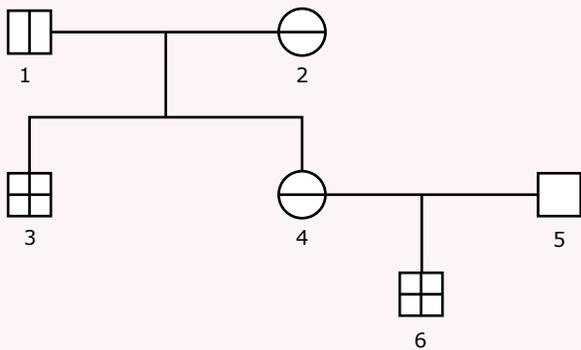
Sabendo que uma das plantas parentais era totalmente homocigota, assinale a alternativa correta.

- A) Os dois genes citados não estão segregando de forma independente.
- B) A planta homocigota era dominante para as duas características.
- C) Uma das plantas parentais era heterocigota para as duas características.
- D) A prole seria mantida na proporção 1 : 1 : 1 : 1, se as duas plantas parentais fossem duplo heterocigotas.
- E) Os resultados obtidos são fruto de recombinação genética.

**11.** (UNIVAG) Um organismo heterocigoto para dois pares de alelos, com segregação independente, foi fecundado por um organismo homocigoto recessivo para os mesmos pares. Sabendo que tal cruzamento gerou 1 600 descendentes, o número de indivíduos, duplo heterocigotos e duplo recessivos, respectivamente, é

- A) 800 e 800.
- B) 400 e 400.
- C) 1 600 e 0.
- D) 900 e 100.
- E) 1 500 e 100.

**12.** (Fatec-SP) Sabendo-se que a miopia e o uso da mão esquerda são condicionados por genes autossômicos recessivos, considere a genealogia a seguir:



		Canhoto de visão normal
		Destro e míope
		Destro de visão normal
		Canhoto e míope

Indique a alternativa correta.

- A) O indivíduo 2 deve ser heterocigoto para os alelos dessas duas características.
- B) O indivíduo 3 deve ter herdado os alelos dessas duas características apenas de sua mãe.
- C) A probabilidade de o casal 1 x 2 ter uma criança destra e de visão normal é de 1/4.
- D) Todos os descendentes de pai míope e canhoto possuem essas características.
- E) A probabilidade de o casal 4 x 5 ter uma criança míope e canhota é de 3/8.

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem) A mosca *Drosophila*, conhecida como mosca-das-frutas, é bastante estudada no meio acadêmico pelos geneticistas. Dois caracteres estão entre os mais estudados: tamanho da asa e cor do corpo, cada um condicionado por gene autossômico. Em se tratando do tamanho da asa, a característica asa vestigial é recessiva e a característica asa longa, dominante. Em relação à cor do indivíduo, a coloração cinza é recessiva e a cor preta, dominante.

Em um experimento, foi realizado um cruzamento entre indivíduos heterocigotos para os dois caracteres, do qual foram geradas 288 moscas. Dessas, qual é a quantidade esperada de moscas que apresentam o mesmo fenótipo dos indivíduos parentais?

- A) 288
- B) 162
- C) 108
- D) 72
- E) 54

## SEÇÃO FUVEST/UNICAMP/UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. D
- 03. C
- 04. D
- 05. E

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. Soma = 03
- 03. D
- 04. B
- 05. D
- 06. A
- 07. C
- 08. E
- 09. E
- 10. C
- 11. B
- 12. C

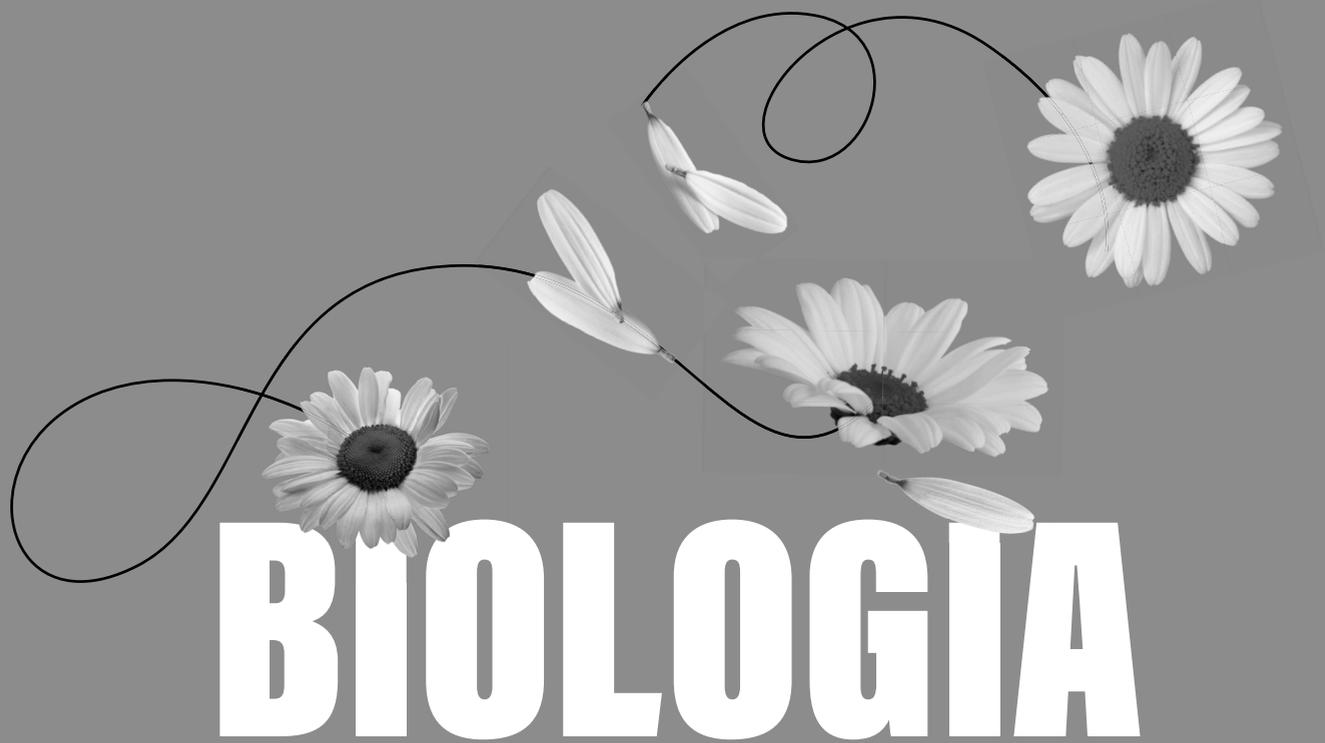
#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %



# SUMÁRIO

## FRENTE A

- 3 Módulo 01: Bioquímica: Água e Sais Minerais
- 5 Módulo 02: Bioquímica: Aminoácidos, Proteínas e Enzimas
- 10 Módulo 03: Bioquímica: Lipídios e Carboidratos
- 13 Módulo 04: Bioquímica: Nucleotídeos, Ácidos Nucleicos e ATP

## FRENTE B

- 15 Módulo 01: Vírus
- 16 Módulo 02: Viroses
- 18 Módulo 03: Taxonomia e Sistemática
- 19 Módulo 04: Bactérias: Reprodução e Características Gerais

## FRENTE C

- 21 Módulo 01: Genética: Código Genético
- 23 Módulo 02: Genética: Conceitos Fundamentais
- 25 Módulo 03: 1ª Lei de Mendel
- 27 Módulo 04: 2ª Lei de Mendel

## Caderno Extra

### MÓDULO 01

#### BIOQUÍMICA: ÁGUA E SAIS MINERAIS

**01.** (PUC Minas) A tabela a seguir mostra os compartimentos de líquido corpóreo em alguns vertebrados.

Animal	Água corpórea total (%)	Água intracelular (%)	Água extracelular (%)	Volume sanguíneo (%)
Lampreia	76	52	24	8,5
Caçã	71	58	13	6,8
Carpa (água doce)	71	56	15	3,0
Vermelho (peixe marinho)	71	57	14	2,2
Rã	79	57	22	5,3
Jacaré	73	58	15	5,1
Cobra	70	52	17	6,0
Pomba	-	-	-	9,2
Coruja	-	-	-	6,4
Cabra	76	40	27	9,9

Analise a tabela dada e assinale a afirmativa correta.

- Aproximadamente um terço do corpo dos vertebrados consiste em água.
- O aumento de massa corporal devido ao acúmulo de gordura não implica aumento proporcional de conteúdo hídrico.
- A menor parte da água está localizada no interior das células, e a maior fração está localizada do lado externo das membranas celulares.
- A água corpórea total nos vertebrados aquáticos e terrestres apresenta variações consideráveis devido ao tipo de ambiente ocupado por eles.

**02.** (CMMG) O composto inorgânico mais abundante das células, da substância intercelular e dos líquidos orgânicos é a água. Com relação à mesma, está incorreto:

- Atua na regulação térmica e ácido-básica.
- Atua como solvente de outras substâncias.
- Participa da regulação osmótica dos meios intra e extracelulares.
- Constitui uma das principais fontes de energia para os seres vivos.
- Serve como veículo para transporte de outras substâncias em mecanismos de secreção e de absorção.

**03.** (FUABC-SP) Considerando sua importância qualitativa e quantitativa, I está para a estrutura de hemoglobina, assim como II está para a clorofila.

Os elementos I e II que completam corretamente essa frase são, respectivamente,

- o ferro e o magnésio.
- o magnésio e o cobre.
- o ferro e o cobre.
- o cobre e o nitrogênio.
- o nitrogênio e o magnésio.

**04.** (UFOP-MG) A composição química das células que constituem qualquer ser vivo revela a presença constante de certas substâncias que podem ser divididas em 2 grandes grupos: inorgânicos e orgânicos.

Em relação à composição química da célula, é incorreto afirmar:

- O íon  $Mg^{2+}$  (magnésio) tem papel importante na coagulação do sangue.
- Os íons fosfato, além de atuarem como íons tampões, impedindo a acidificação ou a alcalinização do protoplasma, têm relevante papel na formação molecular do DNA, do RNA e do ATP (composto que armazena energia dentro da célula).
- Entre as substâncias orgânicas que constituem a célula, podem-se citar: carboidratos, lipídios, aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.
- Dos componentes inorgânicos presentes na célula, a água é o mais abundante, tendo como função, entre outras, a de solvente de íons minerais e de muitas substâncias orgânicas.

- 05.** (FCC-PR) O macronutriente essencial ao desenvolvimento das plantas por fazer parte de moléculas de clorofila é o
- ferro.
  - cobre.
  - zinco.
  - magnésio.
  - manganês.
- 06.** (Unesp) Os médicos de uma cidade do interior do estado de São Paulo, ao avaliarem a situação da saúde de seus habitantes, detectaram altos índices de anemia, de bócio, de cárie dentária, de osteoporose e de hemorragias constantes causadas por sangramentos nasais. Verificaram a ocorrência de carência de alguns íons minerais e, para suprir tais deficiências, apresentaram as propostas seguintes:
- Proposta I: distribuição de leite e derivados.
  - Proposta II: adicionar flúor à água que abastece a cidade.
  - Proposta III: adicionar iodo ao sal consumido na cidade nos termos da legislação vigente.
  - Proposta IV: incentivar os habitantes a utilizarem panelas de ferro na preparação dos alimentos.
  - Proposta V: incrementar o consumo de frutas e de verduras.
- Diante dessas propostas, responda:
- Qual delas traria maior benefício à população, no combate à anemia? Justifique **sua resposta**.
  - Qual a proposta que, pelo seu principal componente iônico, poderia reduzir também os altos índices de cáries, de osteoporose e de hemorragias? Por quê?
- 07.** (UFC-CE) Das alternativas a seguir, referentes à química da célula viva, escolha as que são **corretas**.
- Das substâncias orgânicas que constituem a célula, podemos citar carboidratos, lipídios, aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.
  - Dos componentes inorgânicos presentes na célula, a água é o mais abundante, tendo como função, entre outras, a de solvente de íons minerais e de muitas substâncias orgânicas.
  - Além de favorecer a ocorrência de reações químicas, a água é indispensável no transporte de substâncias.
  - Os sais minerais existentes na célula estão sob duas formas: imobilizados como componentes de estruturas esqueléticas e dissolvidos na água na forma de íons.
  - Quanto ao íon  $Mg^{2+}$  (magnésio), é certo que tem papel importante na coagulação do sangue.
- Dê como resposta a soma dos números das alternativas corretas.
- Soma ( )
- 08.** (Vunesp) Em uma criança, foi constatada, por meio de exames, anemia provocada por deficiência alimentar. O médico receitou medicamentos à base de ferro. Com essas informações, responda:
- Qual a importância do ferro no processo em questão?
- 09.** (UECE) O elemento químico fundamental no processo de contração e relaxamento muscular é o
- mercúrio.
  - cálcio.
  - enxofre.
  - argônio.
- 10.** (PUC-SP) O bócio endêmico é o aumento da glândula tireoide, doença comum em regiões interioranas do país. Essa doença relaciona-se com a falta de
- cálcio.
  - fósforo.
  - potássio.
  - iodo.
  - ferro.

## GABARITO

- B
- D
- A
- A
- D
- A) Proposta IV. O ferro é essencial para a produção de hemoglobina, pigmento vermelho presente nas hemácias, que realiza o transporte de oxigênio dos pulmões aos tecidos do corpo. A carência de hemoglobina leva a um quadro de anemia. Utilizando panelas de ferro no preparo dos alimentos, o ferro desprende-se dessas panelas, incorpora-se aos alimentos que estão sendo preparados, sendo ingerido junto com os mesmos.
- B) Proposta I. O cálcio, presente no leite e em seus derivados, é fundamental para os processos de calcificação óssea, de mineralização dos dentes e de coagulação sanguínea.
- Soma = 15
- A anemia (diminuição da quantidade de hemoglobina ou do número de hemácias) pode ser causada pela carência de ferro (anemia ferropriva), porque esse metal é indispensável para a fabricação de hemoglobina e, conseqüentemente, de hemácias.
- B
- D

## MÓDULO 02

BIOQUÍMICA: AMINOÁCIDOS,  
PROTEÍNAS E ENZIMAS

## As doenças priônicas

Embora conhecidas há bastante tempo, somente em 1967 o britânico John S. Griffith cogitou a possibilidade de que o material que transmitia essas doenças fosse uma proteína, com surpreendente capacidade de se multiplicar no organismo. A partir das pesquisas de Stanley Prussiner (prêmio Nobel de Medicina em 1977), descobriu-se que essas doenças são realmente causadas por uma proteína e a essa partícula proteica com capacidade infecciosa foi dado o nome de **príon** (*proteinaceous infectious particles* = partícula infecciosa puramente proteica).

São doenças que ocorrem em diferentes grupos de mamíferos, nos quais causam degeneração gradativa do cérebro. O príon é uma proteína insolúvel que se deposita nos tecidos cerebrais, causando a morte das células. Em função da morte de células nervosas, formam-se extensos buracos no tecido cerebral, que fica com um aspecto de esponja. Por causa desse aspecto, essas doenças são conhecidas cientificamente por **encefalopatas espongiformes transmissíveis** (*TSEs*, na sigla em inglês). Tais doenças provocam tremores violentos em todo o corpo, criam dificuldades para andar e, finalmente, levam os indivíduos à morte.

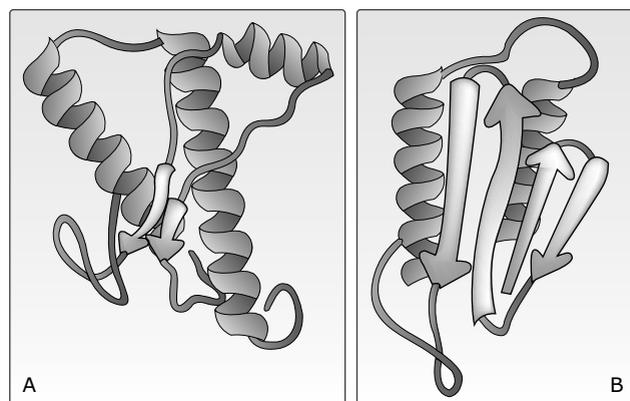
O **Scrapie**, a doença da “vaca louca” e a doença de **Creutzfeldt-Jakob** são exemplos de doenças priônicas.

O **Scrapie** (termo oriundo do inglês *scrape*, raspar) acomete ovinos e caprinos e caracteriza-se pelos animais afetados esfregarem seu corpo contra qualquer coisa (árvores, cercas, etc.) devido à coceira intensa a tal ponto de ocorrer perda da lã e dos pelos.

A encefalopatia espongiforme bovina (*BSE*, na sigla em inglês), mais conhecida por **doença da “vaca louca”**, foi notícia internacional da década de 1980, quando contaminou milhares de animais na Grã-bretanha. Seus principais sintomas são comportamento apreensivo, alterações de marcha, paralisia das patas posteriores e perda de peso. Sua causa mais provável foi a introdução de carcaças de ovelhas contaminadas com *scrapie* na produção de rações comerciais para o gado bovino.

A **doença de Creutzfeldt-Jakob** (*CJD*), assim denominada por ter sido descrita pela primeira vez, na década de 1920, pelos médicos alemães Hans G. Creutzfeldt e Alfons M. Jakob, é a doença priônica humana que afeta o maior número de indivíduos. Na época de sua descrição, a origem da doença era ainda desconhecida. Seus sintomas incluem desordens visuais e perda da memória e dos movimentos. Em geral, os pacientes morrem cerca de 12 meses depois do surgimento dos primeiros sintomas.

O príon origina-se de uma proteína normal, conhecida pela sigla PrPc, presente em todas as nossas células. A PrPc (proteína normal) e o príon são duas proteínas muito semelhantes, tendo, inclusive, a mesma estrutura primária (sequência de aminoácidos). A diferença entre elas está na forma: enquanto a PrPc assume uma forma em espiral, a proteína anormal, ou seja, o príon, tem a forma de uma sanfona. Veja as ilustrações a seguir:



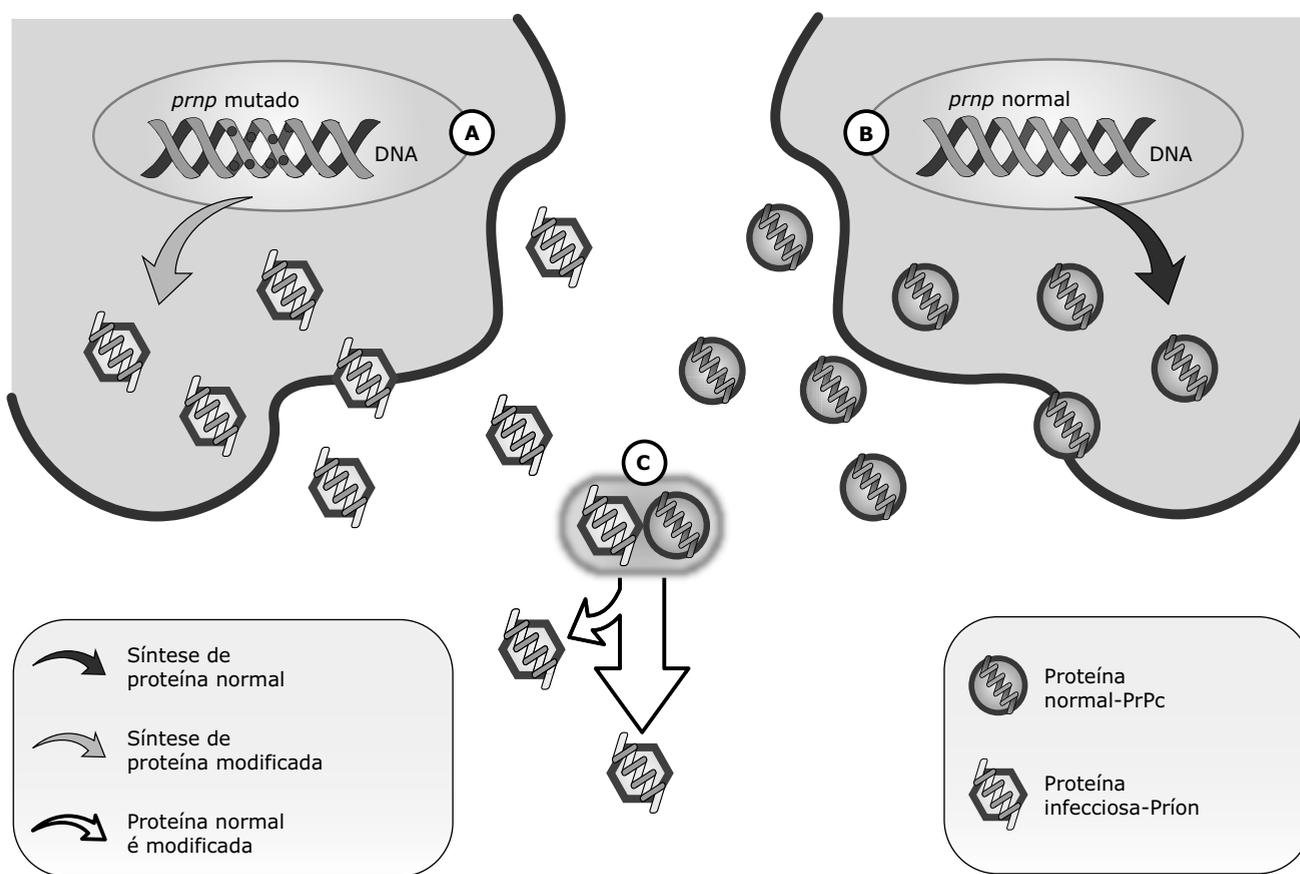
Em A, estrutura esquemática da proteína normal PrPc; em B, o príon (proteína anormal). A estrutura tridimensional da proteína alterada provoca uma série de graves defeitos na célula. O príon é muito resistente e a defesa imunológica não consegue eliminá-lo do organismo.

As doenças priônicas podem ser hereditárias, como também podem ser adquiridas.

As formas hereditárias podem ser causadas por mutações no gene *prnp*, segmento de DNA que tem as informações para a produção da proteína normal PrPc. Já foram descritas cerca de 20 mutações nesse gene, e cada uma delas está associada ao aparecimento de um tipo específico de doença. Essas mutações podem ser repassadas aos descendentes e, em algum momento de suas vidas, poderá começar a produção da proteína anormal.

As formas adquiridas surgem após a contaminação com o agente infeccioso, ou seja, o príon. Essa contaminação pode ser feita por diferentes maneiras. Na espécie humana, por exemplo, a doença de Creutzfeldt-Jakob pode surgir devido à ingestão de carne de bovinos portadores de BSE; aos transplantes de órgãos, particularmente dura-máter (membrana que envolve o cérebro e a medula espinal) e córnea, obtidos de doadores portadores de doenças priônicas; uso de derivados hormonais preparados a partir de material humano (tratamento com hormônio do crescimento, retirado da glândula hipófise de cadáveres de indivíduos portadores da doença); à contaminação com material cirúrgico (em especial o que teve contato direto com o cérebro). Recentemente, foram relatados, na Inglaterra, dois casos de provável contaminação pelo uso de hemoderivados produzidos a partir de sangue de portadores de doenças priônicas (sem sintomas na época da doação).

O fato mais impressionante é que o príon atua como um molde que, ao entrar em contato com a PrPc, faz com que essa proteína normal se altere, tomando também a forma de príon. Desse modo, a quantidade da proteína anormal (príon) aumenta e a doença aparece. Portanto, por mecanismos ainda desconhecidos, o príon é capaz de gerar novas moléculas infecciosas a partir da proteína normal.



A. Proteína defeituosa (príon), gerada a partir de mutações no gene *prnp*; B. Proteína normal (PrPc), sintetizada a partir do gene normal (*prnp*); C. O príon, em contato com a proteína normal, faz com que esta mude sua forma e se torne defeituosa.

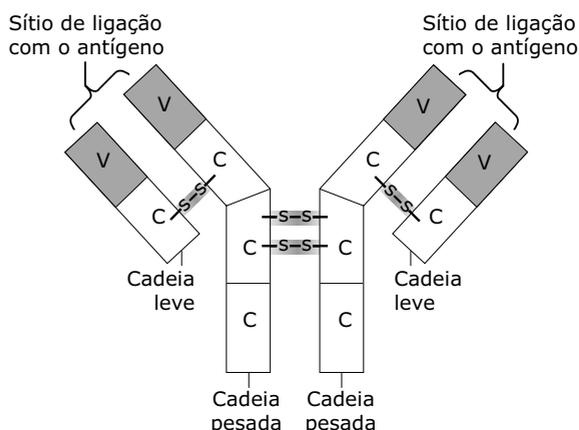
Embora já se tenham algumas certezas sobre o príon, algumas dúvidas sobre essa proteína persistem. Ainda existem algumas perguntas sobre as doenças priônicas para as quais os cientistas buscam respostas.

Atualmente, não há terapia disponível para nenhuma dessas doenças. As possibilidades são apenas experimentais e acredita-se que ainda serão necessários alguns anos de pesquisa antes que se possa oferecer uma cura.

**Imunoglobulinas: proteínas de defesa**

As imunoglobulinas (Ig), também conhecidas por anticorpos, são glicoproteínas de defesa produzidas pelos plasmócitos, células resultantes da transformação dos linfócitos B (um tipo de leucócito). Atuam no organismo combatendo antígenos, que, geralmente, são proteínas ou polissacarídeos estranhos ao organismo.

Dotados de especificidade, isto é, para cada tipo de antígeno há um anticorpo específico, as moléculas das imunoglobulinas são constituídas por quatro cadeias polipeptídicas: duas cadeias leves e duas cadeias pesadas, assim denominadas devido às suas diferenças de tamanho. As cadeias leves possuem uma região constante (igual em todas as imunoglobulinas) e uma região variável, o mesmo acontecendo com as duas cadeias pesadas. Essas cadeias são mantidas unidas por pontes dissulfeto (-S-S-).



**Imunoglobulina** – Observe que cada cadeia polipeptídica contém uma região constante (C) e uma região variável (V). As regiões constantes, tanto nas cadeias leves como nas cadeias pesadas, apresentam semelhanças quanto aos seus aminoácidos. As regiões variáveis diferem-se quanto às suas seqüências de aminoácidos. O sítio de ligação do antígeno é o local onde o anticorpo se liga ao antígeno.

Depois de entrarem em contato com o antígeno, os linfócitos B originam plasmócitos de diferentes linhagens que irão produzir diferentes classes de anticorpos. Com base no tipo de cadeia pesada da molécula, as imunoglobulinas foram distribuídas em cinco classes: **IgA**, **IgD**, **IgE**, **IgG** e **IgM**. Apesar de apresentarem muitas semelhanças, essas classes diferem entre si no tamanho, na composição de aminoácidos, no conteúdo de carboidrato e na carga elétrica.

v	Imunoglobulinas
IgA	Encontrada no plasma, na saliva, no suor, nas lágrimas, nas secreções nasais, nas secreções traqueobrônquicas, nas secreções gastrintestinais e no leite. Protege as mucosas de agressões. Presentes no colostro (primeiro leite formado no início da amamentação), têm um papel fundamental para evitar infecções gastrintestinais no recém-nascido. A imunoglobulina A que a mãe passa ao filho por meio de seu leite não é digerida pelo estômago do bebê. Certos componentes presentes em sua molécula conferem resistência à ação das enzimas do suco gástrico, impedindo sua degradação (proteólise).
IgD	Encontrada em maior quantidade na superfície (membrana plasmática) dos linfócitos B circulantes, onde é um dos principais receptores para antígenos. Parece desempenhar um papel importante na diferenciação dos linfócitos quando essas células são antigenicamente estimuladas.
IgE	Encontrada na superfície de mastócitos e de basófilos (tipo de leucócito). Quando se liga ao antígeno, desencadeia uma reação que promove a liberação de histamina, substância de ação vasodilatadora que atua nos processos inflamatórios e em respostas alérgicas. Também tem papel importante na imunidade ativa contra parasitas, especialmente helmintos.
IgG	É a classe de anticorpos mais abundante. Encontrada livre no plasma (cerca de 80% dos anticorpos circulantes são desse tipo). É o principal anticorpo da resposta imune secundária. É a única classe de anticorpos com capacidade de atravessar a placenta, conferindo imunidade passiva ao recém-nascido.
IgM	Encontrada livre no plasma e na superfície de células (linfócitos B). É conhecida como anticorpo precoce, por ser a primeira imunoglobulina encontrada na resposta a um estímulo antigênico numa infecção aguda.

**REFERÊNCIAS**

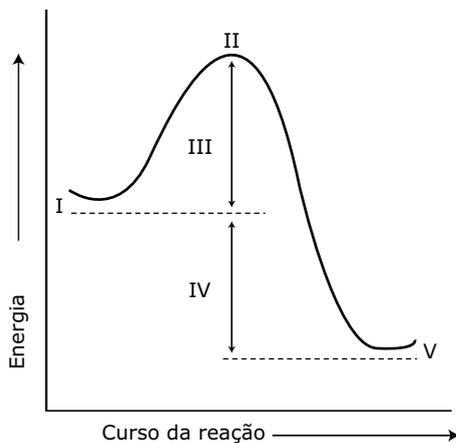
LOPES, M. H.; HAJJ, G.N. Doenças priônicas. *Ciência Hoje*, v. 37, n. 218, ago. 2005.

GLOBO CIÊNCIA. Prion, a proteína mortal. São Paulo: Globo, n. 50, set. 1995.

SBPC. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, n. 224, p. 7, mar. 2006. Disponível em: [www.diagnosticodaamerica.com.br](http://www.diagnosticodaamerica.com.br).

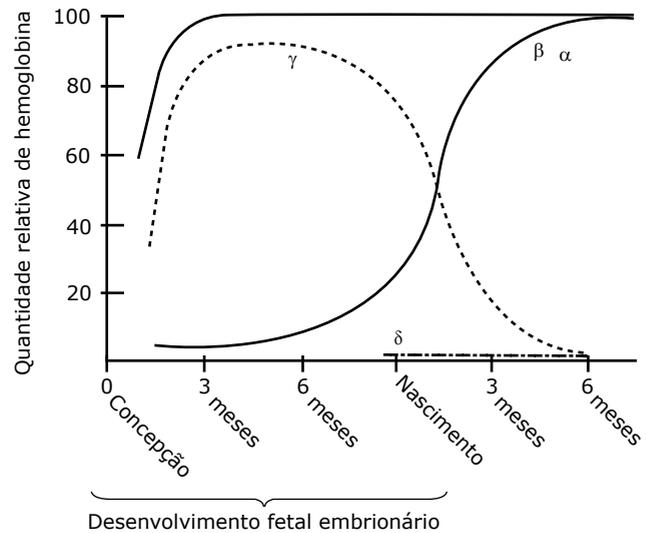
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFBA) A ligação peptídica encontrada nas proteínas origina-se da reação entre o grupo  $-NH_2$  e o grupo
- $-OH$ .
  - $-COH$ .
  - $-NH_2$ .
  - $-COOH$ .
  - $-CO$ .
- 02.** (UFV-MG) O gráfico a seguir representa o perfil básico da reação bioquímica de uma catálise enzimática.



Observe o gráfico e assinale a afirmativa incorreta.

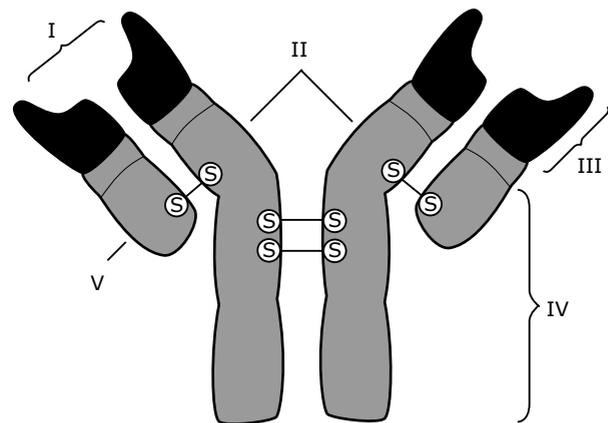
- II representa o estado de transição, com o máximo de energia.
  - III representa a energia de ativação para desencadear a reação.
  - V pode ser um produto final da reação enzimática.
  - IV representa a diferença de energia entre a enzima e o produto.
  - I pode ser representado pelos substratos da catálise.
- 03.** (UFES) São alimentos ricos em proteínas
- leite, carne e soja.
  - leite, carne e mandioca.
  - leite, ovo e farinha de milho.
  - leite, café e banana.
  - leite, batata e azeite.
- 04.** (UFMG) Analise este gráfico, em que está representada a produção de diferentes tipos de cadeias polipeptídicas  $-\alpha, \beta, \gamma$  e  $\delta$  - determinadas pela ação de diferentes genes e que vão compor as hemoglobinas em várias fases do desenvolvimento humano.



LIMA, 1984 (Adaptação).

Com base nas informações contidas nesse gráfico e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que

- o gene responsável pela síntese da cadeia polipeptídica  $\beta$  aumenta sua atividade a partir do terceiro mês da concepção.
  - a síntese da cadeia polipeptídica  $\alpha$  permanece constante durante a mudança de produção das cadeias  $\gamma$  e  $\beta$ .
  - os quatro tipos de cadeias polipeptídicas  $-\alpha, \beta, \gamma$  e  $\delta$  - estarão presentes no indivíduo adulto.
  - a ativação do gene responsável pela síntese da cadeia polipeptídica  $\delta$  ocorre dias antes do nascimento.
- 05.** (EFOA-MG) Os principais produtos da resposta imune humoral são os anticorpos ou imunoglobulinas. Cada imunoglobulina é constituída de cadeias de polipeptídeos ligadas por pontes dissulfetos (S), conforme a representação a seguir. Os números I, II, III, IV e V indicam componentes ou regiões básicas dessa molécula.

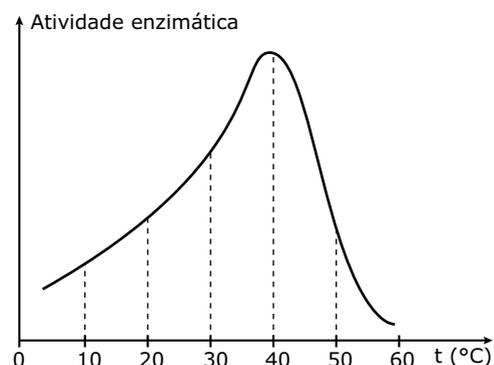


Assinale a alternativa correta.

- A) As cadeias pesadas estão indicadas por III.  
 B) Uma das cadeias leves está indicada por V.  
 C) O sítio de ligação dos antígenos está indicado por II.  
 D) A região constante está indicada por I.  
 E) A região variável está indicada por IV.
- 06.** (USJT-SP) Sobre as enzimas, sabe-se que
- A) o complexo enzima-substrato não se relaciona ao centro ativo da enzima.  
 B) no estômago as enzimas proteolíticas exigem um pH entre 8 e 10.  
 C) a concentração do substrato não afeta a velocidade da reação enzimática.  
 D) sua ação catalisadora independe da forma molecular que apresentam.  
 E) são específicas para os substratos sobre os quais agem.
- 07.** (Cesgranrio) Cerca de 27 milhões de brasileiros têm intolerância ao leite por deficiência na produção de uma enzima do intestino.
- FOLHA DE S.PAULO, 09 ago. 1998.
- Sobre a enzima citada no artigo e as enzimas em geral, podemos afirmar que
- A) aumentam a energia de ativação necessária para as reações.  
 B) atuam de forma inversamente proporcional ao aumento da temperatura.  
 C) são consumidas durante o processo, não podendo realizar nova reação do mesmo tipo.  
 D) são estimuladas pela variação do grau de acidez do meio.  
 E) são altamente específicas em função de seu perfil característico.
- 08.** (Mackenzie-SP) A respeito do mecanismo de ação das enzimas, assinale a alternativa incorreta.
- A) As enzimas apresentam alta especificidade com relação ao seu substrato.  
 B) O mecanismo de funcionamento dessas substâncias se baseia na redução da quantidade de energia necessária para que uma reação ocorra.  
 C) Durante uma reação, as enzimas não são gastas, sendo chamadas, então, de catalisadoras.  
 D) As enzimas participam apenas das reações de quebra de outras substâncias.  
 E) Cada enzima tem o seu pH ótimo, sendo que, num mesmo organismo, pode haver enzimas com valores diferentes de pH ótimo.

- 09.** (UFSC / Adaptado) O gráfico a seguir representa a variação da velocidade da ação enzimática em função da temperatura.

Considerando o gráfico e as características das enzimas, assinale a proposição incorreta.



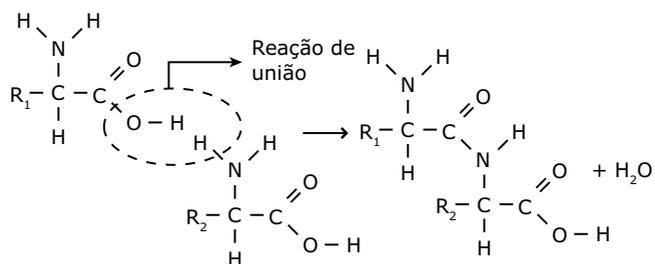
- A) Segundo o gráfico, a atividade enzimática é sempre diretamente proporcional à temperatura.  
 B) Segundo o gráfico, o pico da atividade enzimática ocorre a uma temperatura de 40 °C.  
 C) A ação enzimática depende da presença de substratos específicos.  
 D) Em altas temperaturas, as enzimas podem ser desnaturadas, perdendo suas propriedades biológicas.  
 E) As enzimas funcionam como biocatalisadores.
- 10.** Para estudar a ação de catalisadores sobre a reação de decomposição da água oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ ), durante certo intervalo de tempo, fez-se a experiência resumida a seguir:

Tubo	Conteúdo	Resultado
I	$\text{H}_2\text{O}_2$	Desprendimento lento de $\text{O}_2$
II	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2$	Desprendimento rápido de $\text{O}_2$
III	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2$ aquecido a 70 °C	Desprendimento rápido de $\text{O}_2$
IV	$\text{H}_2\text{O}_2 +$ filtrado de tecidos vegetais	Desprendimento rápido de $\text{O}_2$
V	$\text{H}_2\text{O}_2 +$ filtrado de tecidos vegetais aquecido a 70 °C	Desprendimento lento de $\text{O}_2$

Com base nos dados anteriores e nos conhecimentos sobre o metabolismo celular, podemos afirmar que

- A) a água oxigenada só se decompõe em presença de catalisadores.  
 B) o dióxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ) é uma enzima encontrada nos tecidos vegetais.  
 C) a fervura altera a ação dos catalisadores inorgânicos.  
 D) todo catalisador é uma enzima.  
 E) nos tecidos vegetais, há um catalisador que tem como substrato a água oxigenada.

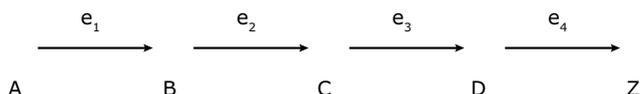
11. (UMC-SP) Para formar proteínas, a célula une aminoácidos, como está esquematizado entre dois deles nesta questão.



**Resposta:**

- A) Como se chama a ligação entre dois aminoácidos?
- B) Em que partes das moléculas dos aminoácidos se dá a ligação?
- C) Qual o nome da molécula resultante dessa ligação entre dois aminoácidos?
- D) Qual o significado de R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> nas moléculas dos aminoácidos?

12. (UFRJ) Nas vias metabólicas, ocorrem reações químicas sequenciais que são catalisadas por enzimas diferentes, conforme o seguinte esquema:



As enzimas e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub> e e<sub>4</sub> catalisam essas reações. Frequentemente, nessas vias, o produto final Z é um inibidor da primeira enzima do ciclo de reações (no caso e<sub>1</sub>). Explique de que forma esse tipo de inibição favorece a célula.

## GABARITO

- 01. D
- 02. D
- 03. A
- 04. C
- 05. B
- 06. E
- 07. E
- 08. D
- 09. A
- 10. E
- 11. A) Ligação peptídica.  
B) Entre o grupo carboxila de um aminoácido e o grupo amina do outro.

C) Dipeptídeo.

D) R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub> correspondem aos radicais dos aminoácidos. O radical é o grupamento que caracteriza o tipo de aminoácido.

12. Essa inibição corresponde a um mecanismo homeostático (mecanismo de equilíbrio), que evita a produção excessiva do produto Z.

## MÓDULO 03

### BIOQUÍMICA: LIPÍDIOS E CARBOIDRATOS

#### Esteroides anabolizantes

*Anabolizantes são substâncias que estimulam o anabolismo (reações de síntese do metabolismo).*

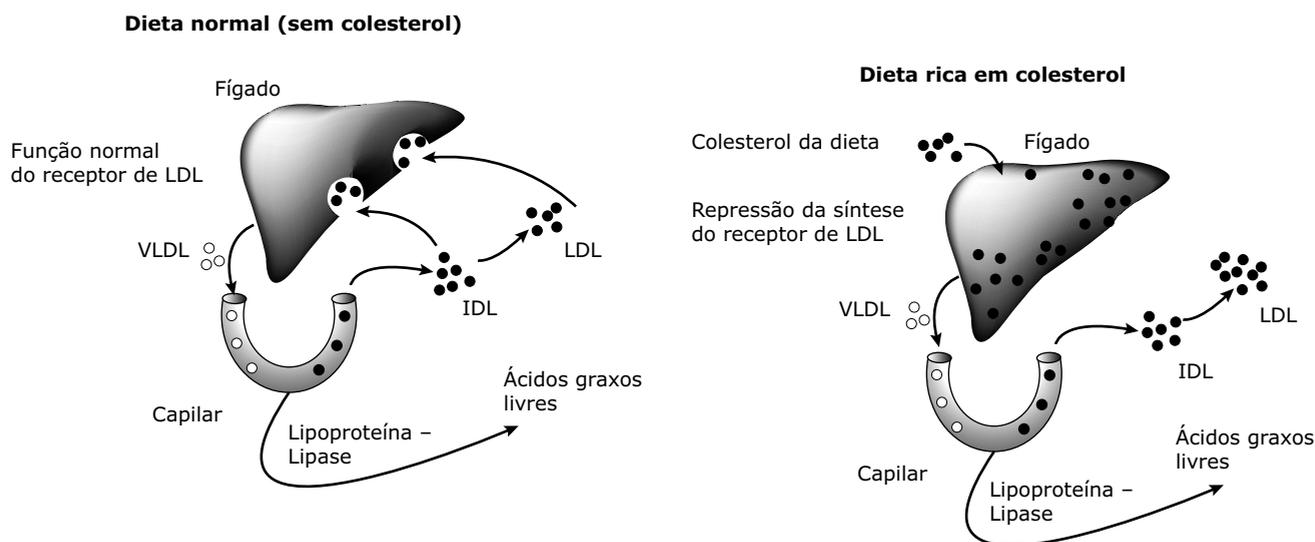
Os esteroides anabolizantes (esteroides anabólicos) normalmente são produzidos a partir do hormônio sexual masculino testosterona. Foram desenvolvidos pela indústria farmacêutica com o objetivo de tratar doenças específicas, como o hipogonadismo. Em algumas situações especiais, esses compostos também são utilizados para estimular a restauração de tecidos, sempre sob estrita recomendação e orientação médica. No entanto, essas drogas vêm sendo usadas de forma ilegal e indiscriminada por certos esportistas, pois, juntamente com a atividade física, sua utilização promove aumento mais rápido da musculatura. É a chamada "bomba".

Os esteroides anabolizantes aumentam a síntese das proteínas e a retenção de água e de sódio nas células musculares, o que contribui para o aumento da massa muscular quando os músculos esqueléticos são estimulados pelos exercícios físicos.

Quando administradas no organismo, essas substâncias entram em contato com as células do tecido muscular e agem promovendo um rápido desenvolvimento, aumentando o tamanho dos músculos. Em doses mais elevadas, aumentam o metabolismo basal, o número de hemácias e a capacidade respiratória. Essas alterações provocam uma redução da taxa de gordura corporal. As pessoas que consomem esteroides anabolizantes ganham força, potência e maior tolerância ao exercício físico. Sem grandes esforços, elas atingem, rapidamente, o objetivo de adquirir uma aparência mais musculosa.



- 04.** (PUC Minas) Esteroides são substâncias químicas semelhantes às moléculas de colesterol. Funcionam como hormônios sexuais. São classificados no estudo da Biologia como
- açúcares.
  - lipídios.
  - aminas.
  - glúcides.
  - proteínas.
- 05.** (PUC Minas) Lipoproteínas são proteínas transportadoras de lipídios na corrente sanguínea. O esquema a seguir representa a captação hepática e o controle da produção dessas lipoproteínas que podem ser de baixa densidade (LDL), de muito baixa densidade (VLDL), de densidade intermediária (IDL) e, ainda, de alta densidade (HDL), que não está representada no desenho.



Com base na figura e em seus conhecimentos, assinale a afirmativa incorreta.

- Altos níveis plasmáticos de LDL favorecem a redução dos riscos de infarto do miocárdio.
  - Em uma dieta rica em colesterol, o fígado fica repleto dessa substância, o que reprime os níveis de produção de receptores de LDL.
  - A deficiência do receptor, por origem genética ou dietética, eleva os níveis plasmáticos de LDL.
  - Em uma dieta normal, a VLDL é secretada pelo fígado e convertida em IDL nos capilares dos tecidos periféricos.
- 06.** (PUC Minas) São considerados polissacarídeos
- lactose e maltose.
  - amido e lactose.
  - glicogênio e glicose.
  - amido e glicogênio.
  - glicose e frutose.
- 07.** (UFBA) A sacarose é um dissacarídeo formado por moléculas de
- glicose + lactose.
  - glicose + glicose.
  - lactose + frutose.
  - frutose + glicose.
  - frutose + frutose.

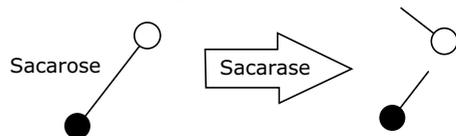
**08.** (UECE) Nas Olimpíadas de Pequim, atletas brasileiros competiram e trouxeram medalhas para o nosso país. Para realizar atividades físicas dessa natureza, os atletas gastam muita energia. Assim, antes das competições, os atletas devem consumir preferencialmente alimentos ricos em

- A) sais minerais.
- B) proteínas.
- C) carboidratos.
- D) vitaminas.

**09.** (FAAP-SP) A celulose é um carboidrato, um polissacarídeo de origem vegetal e com função estrutural. É um componente presente em todos os alimentos de origem vegetal. Os seres humanos não são capazes de digerir as fibras de celulose, porém elas são importantíssimas para nós, pois

- A) fornecem energia para o corpo.
- B) formam estruturas esqueléticas importantes.
- C) são fontes de vitaminas.
- D) facilitam a formação e a eliminação das fezes.
- E) são importantes para o crescimento.

**10.** (Cesgranrio) O esquema a seguir representa uma das etapas do processo digestivo.



As substâncias resultantes do processo representado são

- A) amido e maltose.
- B) glicose e amido.
- C) lactose e galactose.
- D) frutose e glicose.
- E) frutose e lactose.

## GABARITO

- 01. C
- 02. C
- 03. D
- 04. B
- 05. A
- 06. D
- 07. D
- 08. C
- 09. D
- 10. D

## MÓDULO 04

### BIOQUÍMICA: NUCLEOTÍDEOS, ÁCIDOS NUCLEICOS E ATP

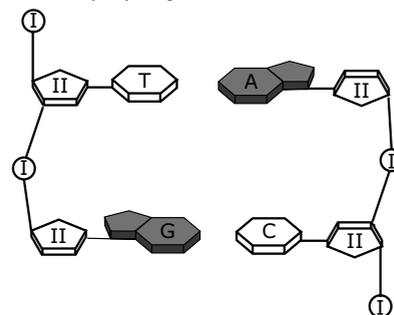
**01.** (FCMS-SP) Na hidrólise de ácidos nucleicos, as bases pirimídicas do RNA são

- A) citosina e guanina.
- B) adenina e uracila.
- C) citosina e timina.
- D) adenina e timina.
- E) citosina e uracila.

**02.** (Facens-SP) Considerando-se o total de bases nitrogenadas do DNA de um mamífero qualquer igual a 100, se nele existirem 20% de adenina, a porcentagem de guanina será igual a

- A) 20%.                      C) 30%.                      E) 10%.
- B) 40%.                      D) 60%.

**03.** (UFPE) Considerando que, na figura a seguir, tem-se uma representação plana de um segmento da molécula de DNA, analise as proposições.



1. Um nucleotídeo é formado por um grupo fosfato (I), uma molécula do açúcar desoxirribose (II) e uma molécula de base nitrogenada.
2. Um nucleotídeo com timina (T) em uma cadeia pareia com um nucleotídeo com adenina (A) em outra cadeia.
3. Um nucleotídeo com guanina (G) em uma cadeia pareia com um nucleotídeo com citosina (C) em outra cadeia.
4. Pontes de hidrogênio se estabelecem entre as bases nitrogenadas T e A e entre as C e G.

Está(ão) correta(s)

- A) 1, apenas.
- B) 2 e 3, apenas.
- C) 1, 2 e 3, apenas.
- D) 2, 3 e 4, apenas.
- E) 1, 2, 3 e 4.

- 04.** (Fuvest-SP) A descoberta de sua estrutura por Crick e Watson, com todas as suas implicações biológicas, foi um dos maiores eventos científicos do século XX. O número de pesquisas que essa descoberta inspirou é impressionante e causou uma explosão na bioquímica que revolucionou a ciência.

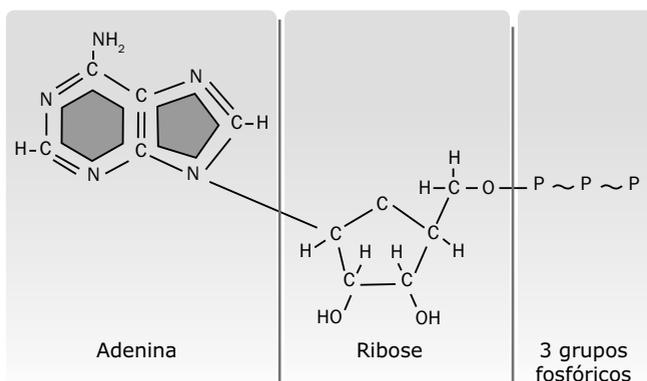
O texto anterior, extraído do livro *The double helix*, refere-se à descoberta da estrutura da molécula de

- A) ácido desoxirribonucleico (DNA).
- B) lipídio.
- C) carboidrato.
- D) trifosfato de adenosina (ATP).
- E) insulina.

- 05.** O monossacarídeo que entra na constituição da molécula do ATP é a

- A) ribose.
- B) desoxirribose.
- C) glicose.
- D) galactose.
- E) frutose.

- 06.** (CMMG)



A principal função da molécula anteriormente representada é

- A) autoduplicar-se.
- B) fornecer energia.
- C) catalisar reações.
- D) sintetizar proteínas.
- E) atuar como coenzima.

- 07.** (UFCE) A análise química da molécula de fita dupla de DNA de uma determinada bactéria mostrou a presença de 15% de citosina. Com base nessa informação, calcule o valor percentual esperado para as bases guanina, timina e adenina na molécula citada.

- 08.** (UFPI) O processo de duplicação do DNA recebe o nome de semiconservativo, porque

- A) as duas moléculas-filhas são iguais à molécula-mãe.
- B) uma molécula de DNA origina duas moléculas de DNA.
- C) a sequência de bases de uma hemimolécula é complementar à sequência de bases da outra hemimolécula.
- D) em cada uma das moléculas-filhas, uma das hemimoléculas fazia parte da molécula-mãe.
- E) o DNA é formado por duas hemimoléculas complementares.

- 09.** (Mackenzie-SP) Suponha que uma molécula de DNA seja constituída de 1 600 nucleotídeos, e destes, 15% são de citosina. Então, a quantidade dos quatro tipos de nucleotídeos nessa molécula é

- A) 240 de citosina, 240 de timina, 560 de adenina e 560 de guanina.
- B) 240 de citosina, 240 de guanina, 560 de adenina e 560 de timina.
- C) 240 de citosina, 240 de adenina, 560 de guanina e 560 de timina.
- D) 560 de citosina, 560 de guanina, 240 de adenina e 240 de timina.
- E) 560 de citosina, 560 de timina, 240 de adenina e 240 de guanina.

## GABARITO

- 01. E
- 02. C
- 03. E
- 04. A
- 05. A
- 06. B
- 07. 15% de guanina, 35% de timina e 35% de adenina.
- 08. D
- 09. B

## Caderno Extra

### MÓDULO 01

#### VÍRUS

**01.** (Cesgranrio) Com relação à constituição química de qualquer vírus, assinale a alternativa correta.

- A) DNA + RNA + proteínas
- B) DNA + proteínas ou RNA + proteínas
- C) Lipídios + proteínas + DNA
- D) Somente proteínas
- E) Glicídios + proteínas

**02.** (UFRPE) Em relação aos vírus, é incorreto afirmar:

- A) O material genético pode ser DNA ou RNA.
- B) São agentes causadores de várias doenças em seres humanos.
- C) Possuem ribossomos e mitocôndrias essenciais e típicas de seu metabolismo e reprodução.
- D) Proteínas compõem suas cápsulas externas.
- E) Reproduzem-se apenas no interior de células vivas.

**03.** (Unirio-RJ) A representação a seguir sintetiza o chamado dogma central da Biologia Celular.

Transcrição
Tradução  
 Replicação do ADN  $\longrightarrow$  ARN  $\longrightarrow$  Peptídio

Esse fluxo unidirecional de informação torna-se exceção nos retrovírus, como o da AIDS, pois esses vírus

- A) têm a capacidade de sintetizar um peptídio diretamente a partir do ADN.
- B) possuem transcriptase reversa que, a partir do ARNm, orienta a tradução.
- C) têm a capacidade de sintetizar ARNm a partir do ADN viral.
- D) possuem transcriptase reversa que, a partir do peptídio, orienta a síntese do ARNm.
- E) têm a capacidade de sintetizar ADN a partir de ARN.

**04.** (UFC-CE) Assinale a alternativa que traz, na sequência correta, os termos que preenchem as lacunas do texto.

“Os retrovírus, como o HIV, são partículas portadoras de RNA, que possuem a característica especial de ter a enzima .... 1 .... e cujo .... 2 .... comanda a síntese de .... 3 ....”

Este último, uma vez formado, passa a comandar a síntese de novas moléculas de .... 4 ...., que irão constituir o material genético de novos retrovírus”.

- A) 1 – transcriptase reversa; 2 – DNA; 3 – RNA; 4 – RNA.
- B) 1 – transcriptase reversa; 2 – RNA; 3 – DNA; 4 – RNA.
- C) 1 – RNA polimerase; 2 – DNA; 3 – RNA; 4 – DNA.
- D) 1 – DNA polimerase; 2 – DNA; 3 – RNA; 4 – RNA.
- E) 1 – DNA ligase; 2 – RNA; 3 – DNA; 4 – RNA.

**05.** (Fuvest-SP) Bacteriófagos foram tratados com fósforo e com enxofre radioativo. Sabendo que o fósforo se incorpora ao DNA e que o enxofre se incorpora às proteínas virais, que tipo de radioatividade você espera encontrar no interior de uma célula hospedeira desses vírus? Por quê?

**06.** (Unifesp) Devido ao fato de serem muito simples em termos de organização, podemos afirmar que os vírus provavelmente tiveram sua origem antes do surgimento das primeiras células procarióticas.

- A) A afirmação apresentada pode ou não ser considerada válida?
- B) Justifique sua resposta.

**07.** (UFC-CE) Os vírus são seres que se diferenciam de todos os organismos vivos por serem acelulares, não tendo, assim, a complexa maquinaria bioquímica necessária para fazer funcionar seu programa genético, precisando, pois, de células que os hospedem. Sobre esses organismos, é correto afirmar que

- A) alguns vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, outros não.
- B) cada espécie viral possui mais de um tipo de ácido nucleico.
- C) os vírus não são incluídos em nenhum dos cinco reinos de seres vivos.
- D) os vírus atacam apenas os animais, incluindo o homem.
- E) o ataque dos vírus é mais eficientemente combatido com o uso de antibióticos.

**08.** (UERJ) A alternativa que apresenta uma propriedade comum a todos os vírus é:

- A) Replicam-se independentemente.
- B) Possuem ácido nucleico e proteínas.
- C) São formados por DNA e carboidratos.
- D) Reproduzem-se de forma similar à das bactérias.

## GABARITO

01. B      02. C      03. E      04. B
05. O fósforo radioativo, porque o bacteriófago injeta apenas o seu DNA na célula hospedeira. Os enxofres radioativos, incorporados às proteínas virais, permanecem fora da célula, uma vez que a cápsula proteica do bacteriófago não penetra na célula hospedeira.
06. A) A afirmação não é válida.  
B) Vírus são parasitos intracelulares obrigatórios, não podendo, portanto, ter surgido antes das células.
07. C      08. B

## MÓDULO 02

## VIROSES

## Os rotavírus

Embora existam sete grupos diferentes de rotavírus (A, B, C, D, E, F e G), apenas três deles (A, B e C) são capazes de infectar os seres humanos, causando gastroenterite aguda, especialmente em crianças.

Os principais sintomas dessas infecções são diarreia, vômito e febre. A diarreia é a característica mais importante das infecções por rotavírus, mas a intensidade das manifestações varia de uma criança para outra. Casos mais graves evoluem para um quadro de desidratação e podem ser fatais. Adultos também podem ser infectados, mas a doença tende a ser mais moderada ("benigna"), porém causando grande mal-estar.

Ao contrário de outras doenças viróticas, como sarampo e catapora, a primeira infecção por rotavírus não imuniza o paciente. Isso acontece porque existem diferentes tipos de rotavírus e o organismo se defende criando proteção específica contra aquele tipo de vírus que está causando infecção. No entanto, desenvolve a chamada proteção cruzada, ou seja, se a pessoa é infectada por um dos tipos de rotavírus e caso mais tarde se infecte com outro tipo, nessa segunda infecção, a manifestação da diarreia tende a ser menos grave.

Os rotavírus são eliminados em grande quantidade pelas fezes das pessoas infectadas e transmitidos pela via fecal-oral, ou seja, água ou alimentos contaminados e pelo contato com objetos ou pessoas contaminadas. Esses vírus podem ficar viáveis nas superfícies contaminadas e passar para outras pessoas. Por exemplo, quem cuida de uma criança doente pode ficar com os vírus nas mãos e infectar outras pessoas no contato pessoa a pessoa. Desse modo, a lavagem cuidadosa das mãos é uma medida importante para diminuir o risco de transmissão do rotavírus. Por isso, quem cuida de crianças com diarreia deve lavar as mãos com o máximo cuidado para evitar o contágio.

Além de a higiene corporal e de os alimentos serem fundamentais para a profilaxia da doença, já existe uma vacina eficaz para prevenir infecções por rotavírus. Essa vacina é aplicada pela via oral em 2 doses. A 1ª dose pode ser dada a partir da 6ª semana de vida, e a 2ª, até os seis meses de idade.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**01.** (UFBA) Relacione os grupos, associando corretamente os nomes das viroses com seus respectivos meios de contaminação.

- |                  |          |
|------------------|----------|
| 1. Febre amarela | 3. Raiva |
| 2. Sarampo       | 4. Aids  |

- (a) Contaminação pelo sêmen ou pelo sangue.  
(b) Arranhaduras ou mordeduras por animais contaminados.  
(c) Contato direto com pessoas doentes ou pelo ar e utensílios contaminados.  
(d) Atividade transmissora de mosquitos.
- A) 1-a; 2-c; 3-b; 4-d.  
B) 1-a; 2-b; 3-c; 4-d.  
C) 1-d; 2-c; 3-a; 4-b.  
D) 1-c; 2-d; 3-b; 4-a.  
E) 1-d; 2-c; 3-b; 4-a.

**02.** (PUC-SP) Passadas três semanas do anúncio de que a gripe suína poderia se transformar numa pandemia mortal, o pânico que correu o mundo enfim se dissipou. O vírus influenza A (H1N1), deflagrador da doença, revelou-se bem menos letal do que se previa.

VEJA, 20 maio 2009.

A transmissão do H1N1 ocorre por

- A) ingestão de carne de porco.  
B) ingestão de derivados de carne suína ou bovina.  
C) contato com vários animais domésticos, especialmente mamíferos.  
D) contato direto com pessoas portadoras do vírus.  
E) um mosquito hospedeiro do vírus.

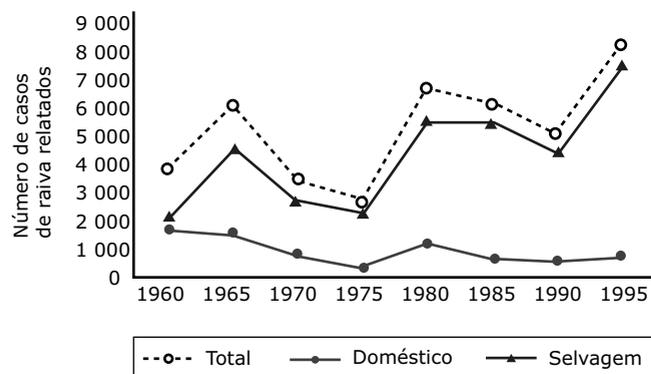
**03.** (UFJF-MG) Uma pessoa infectada pelo vírus da Aids (HIV) fica mais vulnerável a outras infecções em função

- A) do aumento do número de fibroblastos.  
B) da destruição dos linfócitos.  
C) do aumento do número de eosinófilos.  
D) da inativação das plaquetas.  
E) da redução do número de hemácias.

**04.** (PUC Minas) No segundo mês de vida, a criança deve receber duas vacinas: a Tríplice e a Sabin. A vacina Sabin imuniza o organismo contra

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| A) difteria.     | D) tétano.     |
| B) poliomielite. | E) coqueluche. |
| C) varíola.      |                |

05. (UFRJ) O gráfico a seguir mostra o número de casos de raiva relatados em um país, entre 1960 e 1995. A raiva é uma doença viral, potencialmente letal. Ela mata milhares de pessoas anualmente, principalmente nos países em desenvolvimento. Tanto os animais selvagens quanto os domésticos são reservatórios de transmissão da raiva.



Por que há diferença entre o número de casos de raiva relatados em animais selvagens e domésticos?

06. (Unesp) Leia a notícia.

#### Dengue tipo 4 reaparece após 25 anos

A dengue é causada por quatro tipos de vírus: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. O tipo DENV-4 não era encontrado no país desde 1982, mas exames de sangue feitos em Manaus mostram que a dengue tipo 4 está de volta ao país. Embora a infecção causada pelo DENV-4 não seja, por si só, muito agressiva, o retorno dela é, ainda assim, uma má notícia para a saúde pública brasileira. Isso porque aumenta a possibilidade de que as pessoas desenvolvam a forma hemorrágica da doença, muito mais letal.

Notícia veiculada por diferentes agências, março de 2009.

Em razão do contido na notícia, pode-se afirmar que, antes do reaparecimento do vírus DENV-4,

- A) eram menores as possibilidades de as pessoas desenvolverem a forma hemorrágica da doença, pois os tipos virais, embora mais agressivos que o vírus DENV-4, raramente levavam ao quadro hemorrágico. Com o reaparecimento de uma quarta variante viral, menos agressiva, porém letal, a questão da dengue no Brasil agravou-se.
- B) havia no Brasil apenas três tipos virais e, portanto, eram três as diferentes possibilidades de uma pessoa adquirir dengue. Com o reaparecimento de um quarto tipo, a possibilidade de se adquirir dengue passou a ser 25% maior. A dengue adquirida a partir de qualquer um desses quatro tipos de vírus, se não tratada, pode evoluir para a forma hemorrágica da doença.

- C) havia no Brasil apenas três tipos virais e, portanto, a possibilidade de as pessoas virem a adquirir a dengue era menor. O reaparecimento do vírus DENV-4 aumentou a possibilidade de as pessoas terem um primeiro contato com qualquer uma das variantes virais e, conseqüentemente, desenvolver a dengue, que, se não tratada, pode evoluir para a forma hemorrágica da doença.
- D) uma pessoa que tenha adquirido dengue poderia vir a desenvolver a forma hemorrágica da doença se entrasse em contato com mais um entre os dois outros tipos virais. Com o reaparecimento de um quarto tipo viral, aumenta a possibilidade de que essa pessoa entre em contato com um tipo diferente e desenvolva a forma hemorrágica da doença.
- E) uma pessoa que tenha adquirido dengue poderia vir a desenvolver a forma hemorrágica da doença se entrasse novamente em contato com o tipo a partir da qual desenvolveu a doença. Com o reaparecimento de um quarto tipo viral, aumenta a possibilidade de que essa pessoa entre em contato com uma variante de mesmo tipo e desenvolva a forma hemorrágica da doença.

07. (UEMG) A gripe é uma infecção respiratória causada pelo vírus influenza. É altamente contagiosa e ocorre de maneira epidêmica, mais no final do outono, no inverno e no início da primavera. Existem três tipos desse vírus: A, B e C. O vírus influenza A pode infectar humanos e outros animais, enquanto o influenza B e C infectam só humanos. Qualquer pessoa pode gripar. Contudo, pessoas com alguma doença respiratória crônica, com fraqueza imunológica e idosos têm uma tendência a infecções mais graves com possibilidade de complicações fatais.

As informações contidas no texto anterior e outros conhecimentos que você possui sobre o assunto só não permitem afirmar que

- A) pela característica do influenza A, esse deve ser o ancestral dos vírus influenza B e influenza C.
- B) uma vez afetada pelo influenza A a pessoa não poderá ser afetada pelos influenza B e influenza C, pois já desenvolveu imunidade.
- C) os surtos epidêmicos podem ser explicados pelo comportamento assumido pelos humanos no período referido no texto.
- D) embora não curem o indivíduo doente, as vacinas são importantes para o controle de novos casos.

## GABARITO

01. E    02. D    03. B    04. B  
 05. Porque a prática da vacinação dos animais domésticos levou à redução da incidência de raiva nesses animais, o que não ocorreu com os animais selvagens.  
 06. D    07. B

## MÓDULO 03

## TAXONOMIA E SISTEMÁTICA

- 01.** (PUC Minas) A designação científica *Phaseolus vulgaris* se refere
- A) à ordem. D) à espécie.  
B) ao gênero. E) ao ramo.  
C) à família.

- 02.** (UFPA) Quando dois organismos pertencem a uma mesma classe, obrigatoriamente, devem pertencer à(o) mesma(o)
- A) ordem.  
B) família.  
C) espécie.  
D) gênero.  
E) filo.

- 03.** (ESAL-MG) Os seres vivos pertencentes a uma mesma família, obrigatoriamente, pertencem
- A) à mesma ordem.  
B) à mesma espécie.  
C) ao mesmo gênero.  
D) à mesma variedade.

- 04.** (UFMG) Um aluno recebeu a incumbência de classificar como Monera, Protista, Metáfita ou Metazóario um ser vivo que apresenta as seguintes características:

1. É capaz de viver fora de outro organismo.
2. Possui núcleo organizado.
3. Possui tecidos diferenciados.
4. É autótrofo.

O aluno concluiu tratar-se de uma Metáfita, após seguir o raciocínio que dividimos em etapas:

- 1ª A característica 1 não fornece qualquer esclarecimento, pois indivíduos dos quatros reinos citados a possuem.
- 2ª A característica 2 exclui os reinos Protista e Monera, que possuem organismos sem núcleo.
- 3ª A característica 3 pode referir-se a indivíduos tanto do reino Metáfita como do reino Metazoa.
- 4ª A característica 4 exclui o reino Metazoa, que possui organismos heterótrofos.

Podemos dizer que o aluno chegou a uma conclusão

- A) falsa, e uma das etapas do seu raciocínio estava errada.  
B) certa, mas a 1ª etapa de seu raciocínio estava errada.  
C) certa, mas a 2ª etapa de seu raciocínio estava errada.  
D) certa, mas a 3ª e 4ª etapas de seu raciocínio estavam erradas.  
E) certa e não cometeu erros em seu raciocínio.

- 05.** (UFSJ-MG) A Comissão Internacional de Nomenclatura Zoológica estabelece regras a serem seguidas por cientistas do mundo todo, em que o nome da espécie deve ser binominal. Assinale a alternativa que apresenta o nome científico escrito corretamente.

- A) *libellula pulchella* – libélula  
B) *Canis Familiares* – cão doméstico  
C) *Brachypelma vagans* – aranha-caranguejeira  
D) *periplaneta Americana* – barata comum

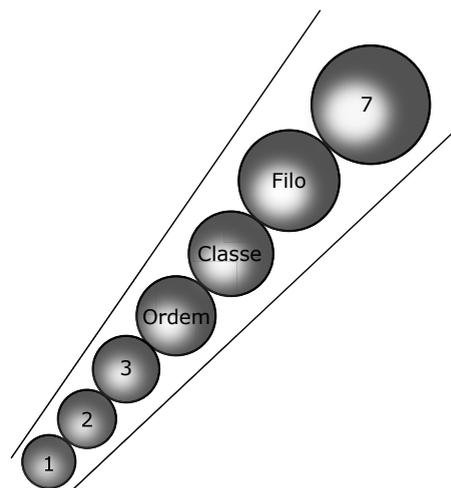
- 06.** (CEFET-PR) Apesar do extenso litoral, da diversidade de espécies de peixes e do clima favorável, a produção de pescado no Brasil não é significativa e seu consumo é baixo. Entre as espécies de peixes produzidos comercialmente e / ou experimentalmente no Brasil, temos o *Salminus maxillosus* (dourado), *Pseudoplatystoma corruscans* (pintado), *Astynax* sp. (lambari), *Hoplias lacerdae* (trairão), *Hoplias malabaricus* (traíra), *Brycon cephalus* (matrinxã), *Mugil cephalus* (tainha), entre outros.

FOLHAS TÉCNICAS EM AQUICULTURA.  
UFPR. n. 1, dez. 2002. (Opinião).

Indique a alternativa correta.

- A) *Hoplias lacerdae* e *Hoplias malabaricus* pertencem ao mesmo gênero.  
B) *Salminus maxillosus* e *Pseudoplatystoma corruscans* pertencem a classes diferentes.  
C) *Brycon cephalus* e *Mugil cephalus* pertencem à mesma espécie.  
D) *Brycon cephalus* e *Mugil cephalus* pertencem ao mesmo gênero.  
E) *Hoplias lacerdae* e *Hoplias malabaricus* pertencem à mesma espécie.

- 07.** O esquema a seguir representa as sete categorias taxonômicas básicas ou fundamentais da classificação dos seres vivos. Algumas categorias foram citadas pelo nome e outras foram numeradas.



Com base no esquema e em seus conhecimentos, responda:

- A) Entre as categorias citadas, a que abrange uma maior variedade de seres vivos é \_\_\_\_\_.
- B) Entre as categorias numeradas, a que contém uma maior variedade de seres vivos é a de número \_\_\_\_.
- C) A categoria taxonômica constituída por um conjunto de gêneros diferentes é a de número \_\_\_\_.
- D) O maior grau de semelhança entre os indivíduos é observado na categoria indicada pelo número \_\_\_\_.
- E) Na classificação dos animais, Hominidae é a designação científica que corresponde à categoria de número \_\_\_\_.
- F) *Lumbricus terrestris* é a designação científica que se refere à categoria de número \_\_\_\_.
- G) *Lumbricus* se refere à categoria de número \_\_\_\_.
- H) Na designação *Anopheles (Nyssurhynchus) darlingi*, *Nyssurhynchus* é uma subdivisão da categoria de número \_\_\_\_.
- I) *Passer domesticus niloticus* é uma designação científica que se refere a uma subdivisão da categoria indicada pelo número \_\_\_\_.
- J) Na classificação das plantas, costuma-se usar o termo divisão, que corresponde, no esquema anterior, à categoria \_\_\_\_\_.
- 08.** (Unicamp-SP) De acordo com o sistema binominal de nomenclatura estabelecido por Linaeus, o nome científico *Felis catus* aplica-se a todos os gatos domésticos, como angorás, siameses, persas, abissínios e malhados. O gato selvagem (*Felis silvestris*), o lince (*Felis lynx*) e o puma ou suçuarana (*Felis concolor*) são espécies relacionadas ao gato.
- A) A que gênero pertencem todos os animais mencionados?
- B) Por que todos os gatos domésticos são designados por um mesmo nome científico?
- C) Qual dos nomes a seguir designa corretamente a família a que pertencem esses animais: Felinaceae, Felidae, Felini, Felinus ou Felidaceae?

## GABARITO

01. D  
02. E  
03. A  
04. C  
05. C  
06. A  
07. A) Filo  
B) 7  
C) 3  
D) 1  
E) 3  
F) 1  
G) 2  
H) 2  
I) 1  
J) Filo  
08. A) Pertencem ao gênero *Felis*.  
B) Porque todos eles pertencem a uma mesma espécie.  
C) Felidae.

## MÓDULO 04

### BACTÉRIAS: REPRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS

- 01.** (UFC-CE) Indique as alternativas corretas em relação aos vírus e às bactérias.
01. Os vírus são seres celulares capazes de promover doenças inespecíficas.
02. Alguns vírus são capazes de induzir o desenvolvimento de tumores.
04. Os retrovírus possuem a enzima transcriptase reversa fundamental à sua reprodução.
08. Todos os vírus possuem o DNA como material genético.
16. No citoplasma bacteriano, encontramos somente plasmídeo, que é o material genético desses organismos.
- Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.
- Soma ( )



## Caderno Extra

### MÓDULO 01

#### GENÉTICA: CÓDIGO GENÉTICO

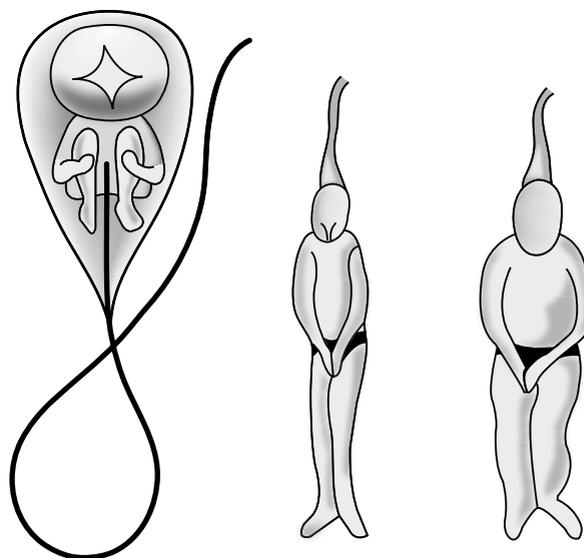
##### Ideias antigas sobre a hereditariedade

O verdadeiro conhecimento de como as características hereditárias são transmitidas teve sua origem nos trabalhos do monge austríaco Gregor Mendel, hoje considerado o “pai” da Genética. No entanto, antes de Mendel lançar as bases fundamentais da transmissão das características hereditárias, algumas teorias foram propostas para explicar a hereditariedade.

Uma das primeiras teorias conhecidas foi a **pangênese**. Segundo essa teoria, todos os órgãos e estruturas do corpo de um indivíduo teriam a capacidade de produzir suas próprias cópias em tamanhos infinitamente pequenos. Tais cópias, denominadas **gêmulas** ou **pangenes**, seriam carregadas pela corrente sanguínea até as glândulas sexuais (gônadas), onde, então, passariam para os gametas. Quando ocorria a união dos gametas masculino e feminino, isto é, quando ocorria a fecundação, as gêmulas dos gametas masculinos (espermatozoides) se uniriam às gêmulas dos gametas femininos (óvulos), dando origem ao embrião. No embrião, as gêmulas se separariam, desenvolveriam e dariam origem aos diversos órgãos e diversas partes do corpo do indivíduo. Assim, o novo ser teria o seu corpo construído a partir das gêmulas recebidas dos pais. Embora tenha sido usada durante muito tempo para explicar a transmissão das características hereditárias, a pangênese acabou em descrédito quando não soube explicar certos acontecimentos, por exemplo, uma pessoa herdar características presentes nos avós, mas ausentes em seus pais.

No século XVII, outra teoria, a **progênese** ou **pré-formação**, admitia que as células reprodutoras (gametas) continham em seu interior miniaturas, chamadas “**homúnculos**”, contendo todas as características do futuro indivíduo. Com a fecundação, o homúnculo se desenvolveria dando origem a um novo indivíduo.

Os partidários dessa teoria se dividiam em duas correntes: a dos ovulistas e a dos espermistas. Para os ovulistas, a miniatura estaria no interior do óvulo, enquanto os espermistas admitiam a existência do homúnculo no interior do espermatozoide. Essa ideia perdurou até meados do século XVIII, quando, então, o aperfeiçoamento do microscópio mostrou que a presença de tais miniaturas no interior dos gametas não era verdade.



**Homúnculos** – Miniaturas dos indivíduos que se acreditava existirem nos gametas. À esquerda, um desenho de espermatozoide com o homúnculo.

Uma outra teoria, a da **herança ancestral**, como ficou conhecida, admitia que as características hereditárias eram transmitidas através do sangue e seriam determinadas pela mistura de sangue dos ancestrais, de modo que um indivíduo apresentaria características de seus pais e demais ancestrais em proporções decrescentes para as gerações mais distantes.

A ideia contida em algumas teorias de que as características hereditárias eram transmitidas por substâncias existentes no sangue fez surgir algumas expressões populares que até hoje são muito usadas, como “animal de puro sangue” e “meu filho é sangue do meu sangue”.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFES) O RNA que copia as informações contidas no DNA e que as traduz para a síntese de proteínas é chamado
- mensageiro.
  - transportador.
  - ribossômico.
  - intermediário.
  - proteico.
- 02.** (PUC Minas) O RNA que capta aminoácidos no citoplasma é o
- RNAm e ele contém o código genético.
  - RNAm e ele contém o códon.
  - RNAt e ele contém o códon.
  - RNAr e ele contém o código genético.
  - RNAt e ele contém o anticódon.
- 03.** (UFRGS-RS) A oxitocina, hormônio da neuro-hipófise, é, quimicamente, um polipeptídeo formado por oito aminoácidos, na seguinte sequência:

Tirosina	Prolina	Ácido glutâmico	Ácido aspártico	Glicina	Cistina	Leucina	Isoleucina
----------	---------	-----------------	-----------------	---------	---------	---------	------------

Pressupondo-se que os RNAt responsáveis pelo transporte dos aminoácidos até o ribossomo, a fim de possibilitar a síntese proteica, tenham a seguinte codificação:

Tirosina – UAC; Ácido glutâmico – GAG; Cistina – UGC; Prolina – CCU; Leucina – UUA; Isoleucina – AUG; Glicina – GGU; Ácido aspártico – GAU.

O DNA responsável pela síntese da oxitocina deve apresentar a seguinte sequência de *triplets*:

- ATG – GGA – CTG – CTA – CCA – ACG – AAT – TAC
- TAC – CCT – GAG – GAT – GGT – TGC – TTA – ATG
- TUG – CCT – GUG – GUT – GGT – TGC – TTU – UTG
- TUC – CCT – GUG – GUT – GGT – TGC – TTU – UTG
- TTG – GGA – CTC – CTA – CCG – TGC – TTA – ATG

- 04.** (UERJ) A mutação em um gene, por consequência da substituição de uma única base na estrutura do DNA, pode acarretar modificações importantes na atividade biológica da proteína codificada por esse gene.

Considere que a estrutura normal de um RNA mensageiro de um peptídeo e sua estrutura alterada em virtude da troca de uma única base no gene correspondente são

5' AUGUGGUUUGCACACAAAUGAUAA 3' (normal)  
 5' AUGUGGUUUGAACACAAAUGAUAA 3' (alterada)

A tabela a seguir identifica alguns códons.

Aminoácidos	Códon
Alanina	GCC, GCG, GCU, GCA
Ácido aspártico	GAC, GAU
Cisteína	UGC, UGU
Glicina	GGA, GGC, GGG, GGU
Ácido glutâmico	GAA, GAG
Fenilalanina	UUC, UUU
Metionina	AUG
Triptofano	UGG
Treonina	ACA, ACC, ACG, ACU
Lisina	AAA, AAG

Observe que

- o códon da metionina é também o do início da tradução.
- os códons de término da tradução são UAA, UAG e UGA.

O aminoácido encontrado no peptídeo normal e aquele que o substituiu no peptídeo mutante são, respectivamente,

- lisina e cisteína.
- treonina e triptofano.
- alanina e ácido glutâmico.
- fenilalanina e ácido aspártico.

- 05.** (PUC Minas) Mutação gênica é a alteração que ocorre na sequência de bases na molécula de DNA constituinte do gene.

É incorreto afirmar que

- a mutação pode ser benéfica, maléfica ou indiferente, dependendo das bases alteradas.
- as mutações que ocorrem na linhagem somática são reabsorvidas pelo organismo, não causando mal ao indivíduo.
- a mutação que ocorre nas células somáticas permanece apenas no indivíduo em que ocorreu.
- a mutação pode passar para os descendentes, desde que ocorra na linhagem germinativa.

- 06.** (UFSCar-SP) O exame de um epitélio e do tecido nervoso de um mesmo animal revelou que suas células apresentam diferentes características.

Isso ocorre porque

- A) as moléculas de DNA das duas células carregam informações diferentes.
- B) os genes que estão se expressando nas duas células são diferentes.
- C) o mecanismo de tradução do RNA difere nas duas células.
- D) o mecanismo de transcrição do DNA nas duas células é diferente.
- E) os RNA transportadores das duas células são diferentes.

**07.** (UNIFESP) Leia os dois textos a seguir:

No futuro, será possível prescrever uma alimentação para prevenir ou tratar doenças como obesidade e diabetes, baseando-se na análise do código genético de cada paciente [...]

VEJA, 20 jun. 2007.

Hiasl e Rosi são chimpanzés [...], seus representantes legais reivindicam a equiparação de seus direitos aos dos "primos" humanos, com os quais têm em comum quase 99% do código genético [...].

ÉPOCA, 25 jun. 2007.

O código genético é universal, ou seja, é o mesmo para todos os organismos. Portanto, a utilização desse conceito está incorreta nos textos apresentados. O conceito que substitui corretamente a expressão código genético nos dois textos é

- A) genoma.
  - B) carga genética.
  - C) genoma mitocondrial.
  - D) sequência de aminoácidos.
  - E) sequência de nucleotídeos.
- 08.** (UNIFESP) Os códons AGA, CUG e ACU do RNA mensageiro codificam, respectivamente, os aminoácidos arginina, leucina e treonina. A sequência desses aminoácidos na proteína correspondente ao segmento do DNA que apresenta a sequência de nucleotídeos GACTGATCT será
- A) treonina, arginina, leucina.
  - B) arginina, leucina, treonina.
  - C) leucina, arginina, treonina.
  - D) treonina, leucina, arginina.
  - E) leucina, treonina, arginina.

## GABARITO

- |       |       |
|-------|-------|
| 01. A | 05. B |
| 02. E | 06. B |
| 03. B | 07. A |
| 04. C | 08. E |

## MÓDULO 02

### GENÉTICA: CONCEITOS FUNDAMENTAIS

- 01.** (UFPA) Pessoas de mesmo genótipo para o caráter cor da pele podem adquirir diferentes fenótipos expondo-se mais ou menos às radiações solares. Tal fato exemplifica adequadamente a
- A) variabilidade das espécies.
  - B) interação do genótipo com o meio ambiente.
  - C) ação da seleção natural sobre os genes.
  - D) ocorrência ao acaso das mutações.
  - E) herança dos caracteres adquiridos.
- 02.** (UEPB) Sobre o vocabulário genético, associe corretamente.
- I. genótipo
  - II. fenótipo
  - III. gene
  - IV. heredograma
- A. É a montagem de um grupo familiar com o uso de símbolos, também conhecido como genealogia, mapa familiar ou pedigree.
  - B. Cada segmento de DNA capaz de transcrever sua mensagem em uma molécula de RNA.
  - C. É a constituição genética de um organismo, ou seja, o conjunto de alelos que ele herdou dos genitores.
  - D. São as características internas ou externas de um ser vivo, geneticamente determinadas.
- Assinale a alternativa correta.
- A) I-A; II-B; III-D; IV-C
  - B) I-C; II-D; III-B; IV-A
  - C) I-B; II-A; III-D; IV-C
  - D) I-A; II-C; III-B; IV-D
  - E) I-D; II-B; III-A; IV-C

- 03.** (UFC-CE) Alguns estudos com gêmeos idênticos mostram que o QI, a altura e os talentos artísticos podem ser diferentes entre esses indivíduos. A melhor explicação para essas diferenças é que
- a hereditariedade e o ambiente não possuem influência sobre a expressão dos fenótipos.
  - o ambiente e os genes interagem no desenvolvimento e expressão das características herdadas.
  - o genótipo dos gêmeos depende da interação da dieta e do controle hormonal.
  - as características QI, altura e talentos artísticos dependem apenas do ambiente.
  - os alelos responsáveis por essas características possuem efeito fenotípico múltiplo.

- 04.** (CMMG)

[...] Que tipo de gene pode levar a uma variação na personalidade? Um gene é um conjunto de instruções para fazer uma molécula de proteína. Parece impossível saltar desse epítome da simplicidade digital para a personalidade. Porém, agora, pela primeira vez, isso pode ser feito. As mudanças na sequência genética que levam a mudanças no caráter estão sendo encontradas: o monte de palha revela suas primeiras agulhas. Considere o gene para o dito fator neurotrófico derivado do cérebro, ou BDNF (de *brain-derived neurotrophic factor*), no cromossomo 11. É um gene curto, um trecho de DNA com apenas 1 335 letras. O gene traz, em um código de quatro letras, a receita completa para uma proteína que age como uma espécie de fertilizante no cérebro, estimulando o crescimento de neurônios, e provavelmente faz muito mais além disso. Na maioria dos animais, a 192ª letra do gene é G, mas em algumas pessoas é A. Cerca de três quartos dos genes humanos portam a versão G, e o restante a versão A. Essa diferença minúscula, de uma letra em um longo parágrafo, leva à produção de uma proteína um pouco diferente – com metionina em vez de valina na 66ª posição. Uma vez que todos têm duas cópias de cada gene, isso significa que há três tipos de pessoas no mundo: as que têm duas metioninas em seu BDNF, as que têm duas valinas e aquelas com uma de cada. Se você der às pessoas um questionário sobre sua personalidade e ao mesmo tempo souber que tipo de BDNF elas têm, descobrirá um efeito surpreendente. Os met-met são bem menos neuróticos que os val-val [...].

RIDLEY, Matt. *O que nos faz humanos* – Genes, natureza e experiência. Rio de Janeiro, 2004.

De acordo com o texto e com seus conhecimentos, é incorreto afirmar:

- A alteração verificada é um exemplo de mutação e evidencia que existe um fator genético que atua na variação da personalidade.
  - Se no gene que codifica o BDNF existem íntrons, podemos afirmar que essa proteína possui um número de aminoácidos superior a 500.
  - Pelos fenótipos citados, concluímos que, para o caso em questão, existem 3 genótipos, sendo um deles heterozigoto.
  - O Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro é uma proteína que, a princípio, atua no desenvolvimento de células nervosas.
- 05.** (UFSCar-SP) Que é fenótipo?
- É o conjunto de características decorrentes da ação do ambiente.
  - É o conjunto de características decorrentes da ação do genótipo.
  - É o conjunto de características de um indivíduo.
  - É o conjunto de caracteres exteriores de um indivíduo.
- 06.** (PUC Minas) Marque a afirmação correta.
- Genes alelos só podem aparecer em cromossomos homólogos.
  - Genes alelos transmitem características diferentes em cromossomos diferentes.
  - Genes alelos são representados sempre por letras diferentes.
  - Genes em heterozigose nunca serão alelos.
  - Nos cromossomos sexuais, não há genes alelos.
- 07.** (UFSJ-MG) Em uma população em que se encontre apenas um par de alelos, quantos cruzamentos diferentes poderiam ser realizados?
- |           |         |
|-----------|---------|
| A) Quatro | C) Oito |
| B) Seis   | D) Três |

## GABARITO

- B
- B
- B
- B
- B
- A
- B

# MÓDULO 03

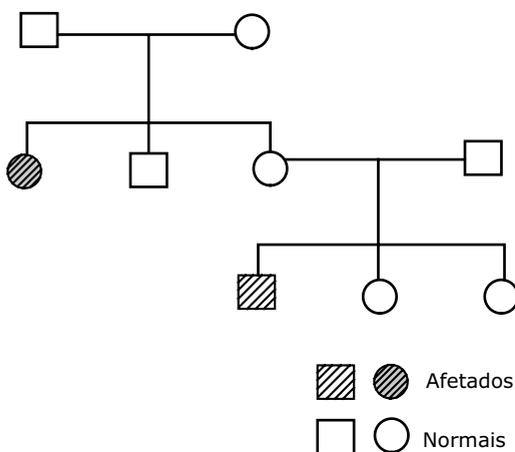
## 1ª LEI DE MENDEL

- 01.** (PUC-SP) A Primeira Lei de Mendel considera que
- os gametas são produzidos por um processo de divisão celular chamado meiose.
  - os pares de fatores segregam-se independentemente na mitose.
  - os gametas são puros, ou seja, apresentam apenas um componente de cada par de fatores considerado.
  - o gene recessivo se manifesta unicamente em homozigose.
  - a determinação do sexo se dá no momento da fecundação.

- 02.** (PUC-SP) Sabe-se que em determinada raça de gatos a pelagem preta uniforme é condicionada por gene dominante B e a pelagem branca uniforme, pelo seu alelo recessivo b. Do cruzamento de um casal de gatos pretos, ambos heterozigotos, espera-se que nasçam

- 75% de gatos pretos e 25% de gatos brancos.
- 25% de gatos pretos, 50% de gatos malhados e 25% de gatos brancos.
- 100% de gatos pretos.
- 100% de gatos brancos.
- 100% de gatos malhados.

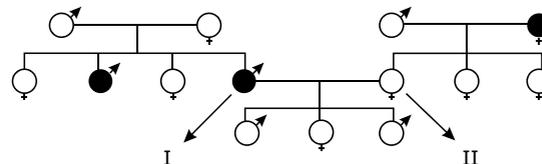
- 03.** (UFMG) Considere o heredograma de uma família em que se manifesta determinada característica genética.



Nessa família, quantos tipos de gametas produzirão, respectivamente, os indivíduos I-1, II-3 e III-1?

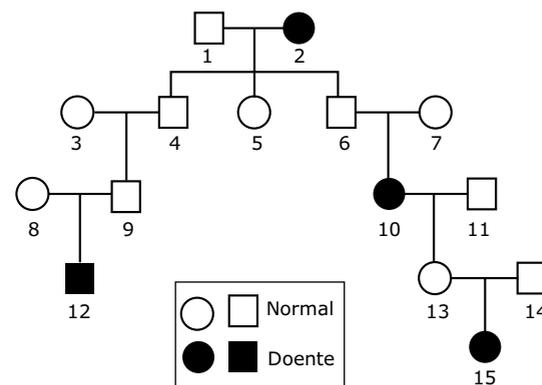
- 1 - 1 - 2
- 1 - 2 - 2
- 2 - 1 - 2
- 2 - 2 - 1
- 2 - 2 - 2

- 04.** (Vunesp) O esquema mostra a genealogia de uma família. Os símbolos escuros representam os indivíduos míopes e os claros, os indivíduos de visão normal.



- A probabilidade de o casal I x II ter uma criança míope é
- imprevisível, porque a mulher tanto pode ser homozigota como heterozigota.
  - nula, porque a mulher tem o alelo dominante em homozigose.
  - $\frac{1}{2}$ , porque 50% dos gametas da mulher transportam o alelo recessivo.
  - $\frac{1}{4}$ , porque o casal já tem três filhos com visão normal.
  - $\frac{1}{4}$ , porque o alelo para miopia é recessivo.

- 05.** (UFJF-MG) Considerando uma doença bovina hereditária, determinada por um gene autossômico, analise o heredograma a seguir e indique a alternativa que apresenta todas as afirmativas corretas.



- O gene para a doença é recessivo e a chance de o cruzamento entre os indivíduos 5 e 9 originar descendentes doentes é de 75%.
- O gene para a doença é dominante e a chance de o indivíduo 4 ter descendentes doentes é zero.
- Os indivíduos 6, 7 e 14 são heterozigotos e a proporção de fêmeas afetadas sempre será maior do que a de machos.
- O indivíduo 12 sempre terá descendentes doentes e a chance de o cruzamento entre os indivíduos 6 e 15 resultar em descendentes normais é de 75%.
- O indivíduo 8 é heterozigoto e a chance de o cruzamento entre os indivíduos 12 e 13 resultar em descendentes doentes é de 50%.

**06.** (UFU-MG) Em cobaias, a pelagem albina é condicionada por um gene recessivo *a*, enquanto o pelo escuro é um caráter determinado pelo alelo dominante *A*. Um casal heterozigoto procria um descendente escuro, que é submetido a um retrocruzamento. Qual a probabilidade de nascer uma fêmea albina desse retrocruzamento?

- A) zero                      C)  $\frac{1}{8}$                       E)  $\frac{1}{12}$   
 B)  $\frac{1}{6}$                       D)  $\frac{1}{4}$

**07.** (FMTM-MG) A cor da pelagem de coelhos é determinada por uma série de 4 alelos: *C*, *c<sup>ch</sup>*, *c<sup>h</sup>* e *c<sup>a</sup>*. Em uma população de coelhos em que estão presentes os 4 alelos, o número máximo de genótipos diferentes será:

- A) 4                      C) 8                      E) 12  
 B) 6                      D) 10

**08.** (FUVEST-SP) Em uma espécie de planta, a forma dos frutos pode ser alongada, oval ou redonda. Foram realizados quatro tipos de cruzamento entre plantas dessa espécie e obtidos os seguintes resultados:

Cruzamento	Tipos de planta cruzados	Descendência obtida
I	Fruto longo x fruto redondo	100% fruto oval
II	Fruto longo x fruto oval	50% fruto longo 50% fruto oval
III	Fruto redondo x fruto oval	50% fruto redondo 50% fruto oval
IV	Fruto oval x fruto oval	25% fruto longo 50% fruto oval 25% fruto redondo

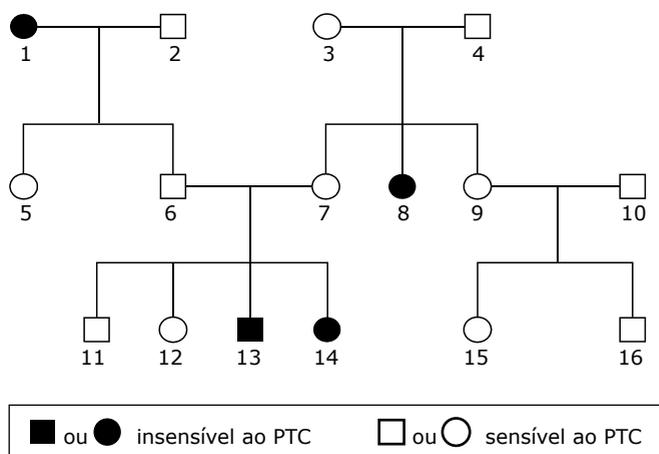
- A) Formule uma hipótese consistente com os resultados obtidos para explicar a herança da forma dos frutos nessa espécie.  
 B) Represente os alelos por letras e indique os genótipos dos indivíduos parentais e dos descendentes no cruzamento IV.

**09.** Vamos considerar que, na espécie humana, a miopia (dificuldade de enxergar a partir de certa distância) seja condicionada por um gene autossômico recessivo (*m*), enquanto a visão normal, pela ausência de miopia, é determinada pelo alelo dominante (*M*).

Pedro e seus pais possuem visão normal, mas sua avó materna e seu avô paterno eram míopes. Maria também tem visão normal e na família de sua mãe nunca houve, nem na mais remota ancestralidade, nenhum caso de miopia, sendo seus avós maternos homozigotos para essa característica. O pai de Maria também tem visão normal, mas o avô paterno de Maria era míope. Pedro e Maria resolveram casar e procuraram um geneticista para saber qual seria a probabilidade de terem como primeiro filho uma criança míope.

- A) Com base na teoria das probabilidades, qual deve ter sido a resposta dada pelo geneticista ao questionamento feito por Pedro e Maria?  
 B) Caso o primeiro filho de Pedro e Maria seja míope, qual a probabilidade de o segundo filho também ser uma criança míope?

**10.** (UMC-SP) Analise a genealogia a seguir representada e responda às questões.



- A) Qual é o gene recessivo?  
 B) Qual(ais) o(s) indivíduo(s) da genealogia lhe permitiu(ram) chegar a essa conclusão? Justifique sua resposta.  
 C) Qual a probabilidade de o indivíduo 9 ser heterozigoto?

## GABARITO

01. C
02. A
03. D
04. C
05. E
06. E
07. D
08. A) Os resultados dos quatro cruzamentos permitem formular a hipótese de que se trata de herança com dominância incompleta. Um dos alelos determinaria, em homozigose, o fenótipo "fruto longo", o outro, também em homozigose, determinaria "fruto redondo", enquanto o heterozigoto teria "fruto oval".
- B) Os alelos seriam: L para fruto longo e R para fruto redondo. Os genótipos parentais: LR x LR. Genótipos dos descendentes: LL (fruto longo), LR (fruto oval) e RR (fruto redondo).
09. A)  $\frac{1}{12}$  (8,34%).
- B)  $\frac{1}{4}$  (25%).
10. A) O gene recessivo é o que determina o fenótipo insensível ao PTC.
- B) Indivíduos 3, 4 e 8, pois o casal 3 x 4, de mesmo fenótipo, apresenta na descendência um filho (indivíduo 8) de fenótipo diferente. O gene que determina a característica do indivíduo 8 estava presente nos pais sem se manifestar, o que indica ser o mesmo um gene recessivo.
- C) Sendo seus pais heterozigotos e sabendo-se que ele é S<sub>-</sub>, a probabilidade de ele ser heterozigoto (Ss) é de  $\frac{2}{3}$ .

## MÓDULO 04

## 2ª LEI DE MENDEL

- 01.** (PUC-Campinas-SP) Considere que em cavalos a coloração do pelo resulta da ação de dois pares de genes autossômicos localizados em cromossomos não homólogos. O gene M condiciona a cor preta, e seu alelo m, cor marrom; o gene B determina coloração uniforme, e seu alelo b, manchas brancas em qualquer cor de pelagem. Um macho preto com manchas brancas (I), cujo pai era marrom uniforme (II), é cruzado com uma fêmea marrom com manchas brancas (III), cuja mãe era preta uniforme (IV).

Assinale, no quadro a seguir, a alternativa que contém os genótipos dos indivíduos mencionados.

	I	II	III	IV
A)	mmBb	Mmbb	MmBb	mmbb
B)	Mmbb	mmBb	mmBb	Mmbb
C)	MMbb	mmBb	mmbb	MmBb
D)	mmbb	MmBb	Mmbb	mmBb
E)	Mmbb	mmBb	mmbb	MmBb

- 02.** (ESAN-SP) Um indivíduo heterozigoto para quatro pares de genes (AaBbCcDd) que se segregaram independentemente poderia formar
- A) 04 tipos de gametas diferentes.  
 B) 08 tipos de gametas diferentes.  
 C) 16 tipos de gametas diferentes.  
 D) 32 tipos de gametas diferentes.  
 E) 64 tipos de gametas diferentes.
- 03.** (FCC-SP) Considerando-se T, G e R genes não alelos que se segregam independentemente, qual é a proporção esperada de indivíduos TtGGRr resultantes do cruzamento TtGgRR x ttGgrr?
- A)  $\frac{1}{16}$                       C)  $\frac{1}{4}$                       E)  $\frac{9}{16}$
- B)  $\frac{1}{8}$                           D)  $\frac{3}{4}$
- 04.** (FCC-SP) De acordo com a Segunda Lei de Mendel, se dois indivíduos de genótipos TtRrSs forem cruzados, a proporção de descendentes com genótipo ttRrSS será
- A) 27 : 64.                      C) 3 : 64.                      E) 1 : 64.  
 B) 9 : 64.                        D) 2 : 64.

**05.** (UFU-MG) A cor do caule dos tomateiros é determinada por um par de genes alelos, sendo que o gene dominante (A) confere a cor púrpura, enquanto o gene recessivo (a) determina a cor verde. O aparecimento de duas concavidades no tomate é determinado por um gene dominante (M), enquanto cavidades múltiplas são determinadas pelo alelo recessivo (m). Considerando que esses dois pares de genes segregam-se independentemente, a proporção fenotípica esperada na geração F1 de uma planta duplo-heterozigota submetida ao cruzamento-teste é de:

- A) 9 : 3 : 3 : 1                      D) 4 : 2 : 2 : 1  
 B) 1 : 1 : 1 : 1                      E) 9 : 7  
 C) 9 : 6 : 1

**06.** (UFPA) Qual dos seguintes genótipos não será encontrado entre os filhos de um casal com genótipos AaBBcC e aabbcc?

- A) AaBbCc                      C) AaBBcC                      E) aaBbcc  
 B) AaBbcc                      D) aaBbCc

**07.** (FGV-SP) Em ervilhas, o alelo que determina a forma lisa da vagem (C) é dominante sobre o alelo que determina vagens com constrictões (c). O alelo que determina planta de altura normal (H) é dominante sobre o alelo que determina plantas anãs (h). Cruzando-se plantas CCHh com plantas CcHh, espera-se obter na descendência

- A) 50% de plantas anãs com vagens lisas e 50% de plantas de altura normal com vagens com constrictões.  
 B) 100% de plantas anãs com vagens com constrictões.  
 C) 100% de plantas de altura normal com vagens com constrictões.  
 D) 100% de plantas anãs com vagens lisas.  
 E) 100% de plantas de altura normal com vagens lisas.

**08.** (FCC-PR) Numa ave doméstica, o gene C condiciona plumagem branca e o seu alelo recessivo, plumagem colorida; o gene P determina patas com plumas e o seu alelo recessivo, patas sem plumas. Esses pares de genes são autossômicos e segregam-se independentemente. Uma ave branca com patas com plumas, homozigota para os dois pares de genes, foi cruzada com uma colorida com patas sem plumas. Se os descendentes obtidos forem cruzados entre si, espera-se que a proporção de aves homozigotas para os dois pares de genes seja de:

- A)  $\frac{9}{16}$                       C)  $\frac{3}{64}$                       E)  $\frac{1}{16}$   
 B)  $\frac{6}{16}$                       D)  $\frac{1}{4}$

**09.** (UFMG) Em coelhos, o gene dominante B condiciona pelos pretos e seu alelo recessivo, pelos brancos; o gene dominante L condiciona pelos curtos e seu alelo recessivo, pelos longos. Os dois pares de genes são autossômicos e segregam-se independentemente.

Do cruzamento de um coelho de pelos brancos e longos com uma coelha de pelos pretos e curtos, obteve-se a seguinte descendência:

- 1/4 pelos pretos e curtos  
 1/4 pelos pretos e longos  
 1/4 pelos brancos e curtos  
 1/4 pelos brancos e longos

- A) Quais os genótipos parentais?  
 B) Entre os descendentes, quantos genótipos diferentes são possíveis? Qual a percentagem de duplo heterozigotos?  
 C) Que tipo(s) de gameta(s) pode(m) ser formado(s) pelos descendentes de pelos pretos e longos?  
 D) Se o coelho de pelos brancos e longos fosse cruzado com uma fêmea de mesmo fenótipo, que fenótipo(s) seria(m) encontrado(s) entre seus descendentes?

**10.** (FUVEST-SP) Em cobaias, a cor preta é condicionada pelo alelo dominante D e a cor marrom, pelo alelo recessivo d. Em um outro par de cromossomos homólogos, localizam-se os genes responsáveis pelo padrão de coloração: o alelo dominante M determina padrão uniforme (uma única cor) e o alelo recessivo m, o padrão malhado (preto / branco ou marrom / branco). O cruzamento de um macho de cor preta uniforme com uma fêmea de cor marrom uniforme produz uma ninhada de oito filhotes:

- 3 de cor preta uniforme;  
 3 de cor marrom uniforme;  
 1 preto e branco;  
 1 marrom e branco.

- A) Quais os genótipos dos pais?  
 B) Se o filho preto e branco for cruzado com uma fêmea cujo genótipo é igual ao da mãe dele, qual a proporção esperada de descendentes iguais a ele?

## GABARITO

01. E                      05. B  
 02. C                      06. C  
 03. B                      07. E  
 04. D                      08. D  
 09. A) Coelho: bbℓℓ; coelha: BbLℓ.  
 B) Genótipos diferentes: 4 (quatro); percentagem de duplo heterozigotos: 25%.  
 C) Bℓ e bℓ  
 D) Apenas o fenótipo de pelos brancos e longos.  
 10. A) Macho: DdMm; Fêmea: ddMm.  
 B)  $\frac{1}{4}$  (25%)