

MÓDULO 1

Citologia – Microrganismos

Luta desigual

As **células** mais simples têm **material genético**, mas ele fica disperso. Não existe um envoltório nuclear protegendo o **DNA** nem membranas separando as diferentes estruturas. Os **seres vivos** que possuem esse tipo de estrutura são conhecidos como **procariontes**, e seus exemplos mais famosos são as **bactérias**.

Bactérias são seres básicos. Com tamanho entre 0,5 µm e 1 µm (micrômetro, ou milionésima parte do metro), são os **seres unicelulares** mais simples que existem. A parede da célula é formada por um **polissacarídeo** e por **peptídeos** (e algumas têm flagelos para facilitar a locomoção). Dentro da estrutura, os elementos celulares não são compartimentados. O **citoplasma** possui uma molécula de DNA circular, ribossomos e, em muitos casos, pequenas moléculas de DNA, os **plasmídeos**, que podem dar à bactéria resistência a antibióticos.

Elas são responsáveis por uma série de **doenças**, em especial difteria, tétano, pneumonia, cólera e tuberculose. Mas também têm diversas utilidades para os seres humanos. Os **lactobacilos**, por exemplo, podem ser adicionados a derivados de leite e ocorrem naturalmente na flora intestinal, em que auxiliam a digestão de proteínas e inibem a proliferação de bactérias nocivas.

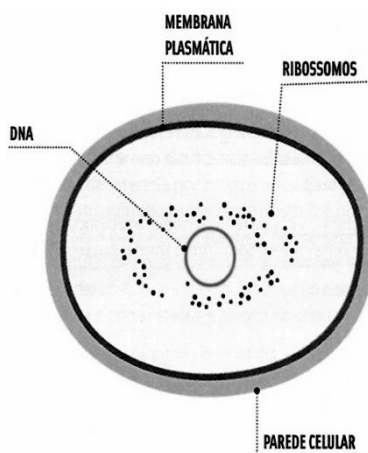
Durante o processo de fabricação de queijos azuis, como o gorgonzola, os *Lactobacillus spp* inicialmente adicionados são duramente perseguidos por uma espécie eucarionte, que se caracteriza pela grande organização interna das células — membranas que diferenciam os “departamentos”, em especial o núcleo. Esses caçadores são os fungos *Penicillium spp* (veja a seguir os dois organismos).

Procariontes e eucariontes

Conheça as diferenças entre os dois organismos

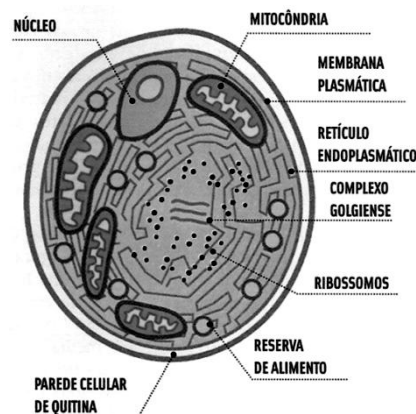
LACTOBACILLUS SPP

É uma bactéria, isto é, ser procarionte de estrutura celular simples, dividida apenas em membrana e citoplasma, sem carioteca (envoltório nuclear), com DNA circular e com uma única organela, os ribossomos, que sintetizam proteínas. Além da membrana, apresenta uma parede celular externa, a peptidoglicana, que é vulnerável ao ataque químico do *Penicillium spp*.



PENICILLIUM SPP

Esse fungo é um eucarionte, isto é, possui uma célula com núcleo e organelas celulares, como o complexo golgiense e mitocôndrias. O mofo foi batizado de *Penicillium* (“pincelzinho”, em latim) porque as colônias em que vive formam fios que lembram um pincel. Acima, uma célula isolada.



- **Os vírus** são seres acelulares que não possuem metabolismo. Isto é, eles não “vivem” realmente. Isso significa que precisam de uma célula viva de outro ser para sua reprodução, que faça o metabolismo necessário para criar outros vírus.
- **Os seres vivos celulares** dividem-se em procariontes e eucariontes. Os procariontes, como bactérias e/ou cianobactérias, possuem apenas membrana celular, DNA e ribossomos. Os eucariontes, como fungos, possuem uma célula completa.
- **As vacinas** funcionam da seguinte forma: injeta-se em uma pessoa algo parecido com o vírus perigoso — uma parte do vírus ou o vírus morto ou enfraquecido. Isso faz o sistema imunológico desse indivíduo “pensar” que está enfrentando uma doença real, a chamada resposta imune primária. Quando o vírus real aparece, acontece a resposta imune secundária: o organismo já “conhece” o vírus e produz anticorpos de forma muito mais eficiente do que em alguém que não foi imunizado.
- **O soro imune**, como o soro antiofídico ou antitetânico, é produzido mediante a coleta de anticorpos prontos do sangue de um ser vivo (por exemplo, um cavalo) previamente inoculado com o antígeno (toxina). O uso do soro faz-se necessário porque a ação das toxinas é tão rápida que não há tempo para o organismo reagir criando anticorpos.
- **A membrana** é a parede que limita a célula, mas ela também efetua trocas com o meio ambiente, chamadas de transporte. Esse transporte pode ser passivo, quando a célula simplesmente troca substâncias com o exterior sem gasto de energia (osmose e difusão), ou ativo, quando ela gasta energia para que as substâncias sejam transportadas por meio de “bombas”. A membrana tem receptores nos quais se ligam substâncias específicas, como hormônios que agem em processos metabólicos da célula.
- **O citoplasma** funciona como uma grande fábrica em que ocorre o metabolismo celular e que reúne diversas organelas. Entre elas, destaca-se a mitocôndria, que possui DNA próprio e realiza a respiração celular.

- O **núcleo** é onde fica armazenado o código genético, na forma de cromatina, constituída por DNA e proteínas, na forma de um filamento. Os filamentos se enrolam durante a divisão celular, originando os cromossomos. Esse código é lido pela célula para produzir proteínas e é reproduzido antes da divisão celular, que pode ser de dois tipos: mitose, que resulta em duas células com o mesmo número de cromossomos da anterior; ou meiose, que resulta em quatro células com metade dos cromossomos da anterior, processo pelo qual são gerados os gametas.
- O **núcleo é a identidade da célula**. Se ele é substituído, a célula passa a se comportar como se pertencesse a outro indivíduo — é o que acontece no processo de clonagem e também na produção de células-tronco.
- **Mitose** é o processo pelo qual uma célula diploide, isto é, com um par de cada cromossomo, dá origem a outra célula idêntica e também diploide. Na mitose, os cromossomos se duplicam, afastam-se para os cantos da célula, e ela se parte ao meio.
- **Meiose** é o processo para a criação de células haploides, com apenas uma versão de cada cromossomo, destinadas a ser gametas, como espermatozoides e óvulos. Durante a meiose, os cromossomos podem trocar pedaços com seus pares, aumentando a variabilidade genética.
- O **DNA é uma molécula muito longa**, formada por duas fitas de nucleotídeos que se ligam uma à outra por tênues pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas. Um nucleotídeo se prende a outro por uma ligação entre um fosfato e um açúcar chamado desoxirribose.
- O **DNA é capaz de produzir uma cópia exata dele mesmo**. Esse processo, chamado replicação ou duplicação, é semiconservativo.
- O **RNA possui uma fita só**. A base uracila entra no lugar da timina, e o açúcar é a ribose. Existem três tipos de RNA na célula eucarionte: transportador, mensageiro e ribossômico.
- **Adenina (A), citosina (C), timina (T) e guanina (G)** são as bases nitrogenadas, as quatro letras do DNA. Na fita dupla, uma adenina sempre se liga a uma timina, e uma guanina sempre se liga a uma citosina.
- O **DNA não é o responsável direto pela produção de proteínas**. Isso é feito pelo RNA criado com as informações do DNA, por meio do processo de transcrição e tradução.
- **No núcleo**, a fita de DNA é aberta e, a partir dela, é criada uma fita de RNA mensageiro que copia suas informações.
- **No citoplasma**, o RNA mensageiro é lido em sequência pelos ribossomos. A informação contida nele é suficiente para formar uma proteína.
- **Com a ajuda do RNA transportador**, que vai buscá-los no citoplasma, componentes de proteína chamados aminoácidos são encaixados uns aos

outros, segundo o código genético, até que se tenha uma proteína completa.

- **Chama-se transcrição** o processo pelo qual é criado o RNA mensageiro no núcleo. Tradução é a criação de proteínas por meio da leitura desse RNA no citoplasma.

☺ **ATENÇÃO, ESTUDANTE!** 📖

Para complementar o estudo deste Módulo, utilize seu LIVRO DIDÁTICO.

🔄 ATIVIDADES 🔄

1 (ENEM-MEC)

O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene, representa 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.º 4, 2002 (adaptado).

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses microrganismos, tais como:

- (A) a grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem, e o processo aeróbico, como a melhor opção desses microrganismos para a obtenção de energia.
- (B) 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.
- (C) a diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos, e a nutrição heterotrófica, como forma de esses microrganismos obterem matéria-prima e energia.
- (D) 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 microrganismos.
- (E) 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.

2 (ENEM-MEC)

Estima-se que haja atualmente no mundo 40 milhões de pessoas infectadas pelo HIV (o vírus que causa a AIDS), sendo que as taxas de novas infecções continuam crescendo, principalmente na África, Ásia e Rússia. Nesse cenário de pandemia, uma vacina contra o HIV teria imenso impacto, pois salvaria milhões de vidas. Certamente seria um marco na história planetária e também uma esperança para as populações carentes de tratamento antiviral e de acompanhamento médico.

TANURI, A.; FERREIRA JUNIOR, O. C. Vacina contra Aids: desafios e esperanças. *Ciência Hoje* (44) 26, 2009 (adaptado).

Uma vacina eficiente contra o HIV deveria

- (A) induzir a imunidade, para proteger o organismo da contaminação viral.
- (B) ser capaz de alterar o genoma do organismo portador, induzindo a síntese de enzimas protetoras.
- (C) produzir antígenos capazes de se ligarem ao vírus, impedindo que este entre nas células do organismo humano.
- (D) ser amplamente aplicada em animais, visto que esses são os principais transmissores do vírus para os seres humanos.
- (E) estimular a imunidade, minimizando a transmissão do vírus por gotículas de saliva.

3 (ENEM-MEC)

A vacina, o soro e os antibióticos submetem os organismos a processos biológicos diferentes. Pessoas que viajam para regiões em que ocorrem altas incidências de febre amarela, de picadas de cobras peçonhentas e de leptospirose e querem evitar ou tratar problemas de saúde relacionados a essas ocorrências devem seguir determinadas orientações.

Ao procurar um posto de saúde, um viajante deveria ser orientado por um médico a tomar preventivamente ou como medida de tratamento

- (A) antibióticos contra o vírus da febre amarela, soro antiofídico caso seja picado por uma cobra e vacina contra a leptospirose.
- (B) vacina contra o vírus da febre amarela, soro antiofídico caso seja picado por uma cobra e antibiótico caso entre em contato com a *Leptospira sp.*
- (C) soro contra o vírus da febre amarela, antibiótico caso seja picado por uma cobra e soro contra toxinas bacterianas.
- (D) antibiótico ou soro, tanto contra o vírus da febre amarela como para veneno de cobras, e vacina contra a leptospirose.
- (E) soro antiofídico e antibiótico contra a *Leptospira sp* e vacina contra a febre amarela caso entre em contato com o vírus causador da doença.

4 (ENEM-MEC)

Os sintomas mais sérios da gripe A, causada pelo vírus H1N1, foram apresentados por pessoas mais idosas e por gestantes. O motivo aparente é a menor imunidade desses grupos contra o vírus. Para aumentar a imunidade populacional relativa ao vírus da gripe A, o governo brasileiro distribuiu vacinas para os grupos mais suscetíveis.

A vacina contra o H1N1, assim como qualquer outra vacina contra agentes causadores de doenças infectocontagiosas, aumenta a imunidade das pessoas porque

- (A) possui anticorpos contra o agente causador da doença.
- (B) possui proteínas que eliminam o agente causador da doença.
- (C) estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea.
- (D) possui linfócitos B e T que neutralizam o agente causador da doença.
- (E) estimula a produção de anticorpos contra o agente causador da doença.

5 (ENEM-MEC)

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.

Anotações

6 (ENEM-MEC)

O vírus do papiloma humano (HPV, na sigla em inglês) causa o aparecimento de verrugas e infecção persistente, sendo o principal fator ambiental do câncer de colo de útero nas mulheres. O vírus pode entrar pela pele ou por mucosas do corpo, o qual desenvolve anticorpos contra a ameaça, embora em alguns casos a defesa natural do organismo não seja suficiente. Foi desenvolvida uma vacina contra o HPV, que reduz em até 90% as verrugas e 85,6% dos casos de infecção persistente em comparação com pessoas não vacinadas.

Disponível em: <http://g1.globo.com>. Acesso em: 12/6/2011.

O benefício da utilização dessa vacina é que pessoas vacinadas, em comparação com as não vacinadas, apresentam diferentes respostas ao vírus HPV em decorrência da(o)

- (A) alta concentração de macrófagos.
- (B) elevada taxa de anticorpos específicos anti-HPV circulantes.
- (C) aumento na produção de hemácias após a infecção por vírus HPV.
- (D) rapidez na produção de altas concentrações de linfócitos matadores.
- (E) presença de células de memória que atuam na resposta secundária.

Texto para as questões de 7 a 9.

Volta à estaca zero

Especialistas suecos admitem erro em estudo e invalidam pesquisa que prometia um tratamento menos agressivo contra o câncer de mama



© ANTÔNIO MILENA

♦ **Radiografia de mama:**
a detecção precoce continua sendo a arma mais eficaz contra o câncer

Foi um balde de água fria. Em 2009 e 2010, veículos de comunicação de todo o mundo repercutiram com entusiasmo os resultados de uma pesquisa que identificara uma nova droga, capaz de ajudar as pacientes com câncer de mama que não conseguem se

beneficiar do uso do tamoxifeno, tratamento menos agressivo do que a quimioterapia e que costuma ser eficiente em 70% dos casos.

No fim de 2010, veio a decepção: os próprios pesquisadores, da Suécia, publicaram uma nota em que retrataram o estudo, afirmando que suas conclusões não eram válidas. Explica-se: revisando seus achados, eles perceberam que os arquivos do Excel responsáveis pelos principais resultados continham sérios erros de cálculo. Assim, os cientistas voltaram à estaca zero.

O erro dizia respeito a uma pesquisa para beneficiar 30% de mulheres que não conseguem resultados no tratamento com o tamoxifeno. Funciona assim: a maioria dos cânceres de mama só se desenvolve sob o efeito de estrógenos, os principais hormônios sexuais femininos, responsáveis pela mudança do formato do corpo na adolescência, pelo ciclo menstrual e pela fertilidade, e também presentes em anticoncepcionais. Os estrógenos agem nas células cancerígenas, estimulando o desenvolvimento do tumor.

O tratamento atualmente mais comum contra esse tipo de câncer utiliza o tamoxifeno, que tem a propriedade de bloquear os receptores de estrógeno na parede celular das células cancerígenas. Esses receptores, localizados na membrana, são responsáveis pelo reconhecimento de moléculas que agem em cada tipo de célula, como o estrógeno. Na prática, é como se o tamoxifeno entupisse o buraco pelo qual a molécula entraria, o que acaba impedindo o câncer de se desenvolver. No entanto, o tratamento não funciona em aproximadamente 30% dos casos, nos quais o câncer cresce mesmo sem o efeito do estrógeno — esses casos, em geral mais agressivos, são tratados por meio da quimioterapia.

Em seu estudo, os pesquisadores acreditavam ter descoberto uma proteína, batizada de Wnt-5a, capaz de criar receptores de estrógeno na membrana das células cancerígenas se tornariam vulneráveis ao tamoxifeno. Usando uma molécula sintética similar à Wnt-5a, à qual chamaram Foxy5, os pesquisadores fizeram testes com células *in vitro* e com ratos cancerosos. Em ambos os casos, pensaram ter obtido sucesso — até revisarem o estudo e perceberem os erros de cálculo que invalidaram os resultados.

Assim, um ano após a massiva divulgação da pesquisa, os autores enviaram uma nota para as revistas *Proceedings of the National Academy of Sciences* e *Cell Cycle*, explicando o ocorrido e pedindo a retratação dos artigos, por conterem informações incorretas. No entanto, a retratação do estudo não mereceu o mesmo nível de repercussão na imprensa mundial, o que implica o risco de pessoas por todo o planeta ainda depositarem suas expectativas nesse prometido tratamento.

Por outro lado, há estudos e dados que comprovam os efeitos antimetastáticos da Foxy5, que podem subsidiar o desenvolvimento de medicamentos para conter a metástase dos cânceres. Por ora, os cientistas continuarão investindo nessa linha de investigação e descartarão a possibilidade de progredir nas pesquisas sobre a associação da Foxy5 e do tratamento com tamoxifeno, pois não há base confiável para futuros estudos.

Não foi desta vez que as pacientes com o tipo de câncer que mais mata no Brasil puderam ter uma nova esperança de cura. A incidência da doença continua crescendo, em razão de mudanças no estilo de vida das mulheres, que têm menos filhos e amamentam menos, o que altera seu ciclo hormonal.

Superinteressante, abr. 2011.

7 (AED-SP)

O tamoxifeno atua sobre uma estrutura da membrana plasmática, impedindo sua função normal. Qual é seu nome e sua função?

8 (AED-SP)

É possível dizer que o tamoxifeno já é capaz de curar todos os casos de câncer de mama? Justifique.

9 (AED-SP)

Baseado no texto, é possível afirmar que:

- (A) o tamoxifeno é um medicamento indicado para o tratamento de qualquer tipo de câncer, pois inibe a ação do hormônio estrógeno em todas as células do organismo feminino.
- (B) o tamoxifeno só atua em 30% das mulheres com câncer de mama.
- (C) a membrana plasmática das células mamárias apresenta receptores de estrógeno que podem ser bloqueados pelo tamoxifeno.
- (D) o hormônio feminino estrógeno inibe o desenvolvimento de células tumorais quando se liga aos seus receptores de membrana.
- (E) os tumores mais agressivos são aqueles que apresentam maior número de receptores de estrógeno em suas membranas.

10 (ENEM-MEC)

O milho-verde recém-colhido tem um sabor adocicado. Já o milho-verde comprado na feira, um ou dois dias depois de 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 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-las 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; este 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 de oxigênio e a oxidação da glicose.
- (C) As enzimas responsáveis pela conversão desses carboidratos em amido são desnaturadas pelo tratamento com água quente.
- (D) Microrganismos que convertem esses carboidratos em amido, ao retirarem nutrientes dos grãos, são destruídos pelo aquecimento.
- (E) O aquecimento desidrata os grãos de milho, alterando o meio de dissolução onde ocorreria espontaneamente a transformação desses carboidratos em amido.

11 (ENEM-MEC)

A água é um dos componentes mais importantes das células. A tabela abaixo mostra como a quantidade de água varia em seres humanos, dependendo do tipo de célula. 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%
Ossos (sem medula)	20%

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

Durante uma biópsia, foi isolada uma 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.

12 (ENEM-MEC)

Define-se genoma como o conjunto de todo o material genético de uma espécie, que, na maioria dos casos, são as moléculas de DNA. Durante muito tempo, especulou-se sobre a possível relação entre o tamanho do genoma — medido pelo número de pares de bases (pb) —, o número de proteínas produzidas e a complexidade do organismo. As primeiras respostas começam a aparecer e já deixam claro que essa relação não existe, como mostra a tabela abaixo.

Espécie	Nome comum	Tamanho estimado do genoma (pb)	N.º de proteínas descritas
<i>Oryza sativa</i>	arroz	5.000.000.000	224.181
<i>Mus musculus</i>	camundongo	3.454.200.000	249.081
<i>Homo sapiens</i>	homem	3.400.000.000	459.114
<i>Rattus norvegicus</i>	rato	2.900.000.000	109.077
<i>Drosophila melanogaster</i>	mosca-da-fruta	180.000.000	86.255

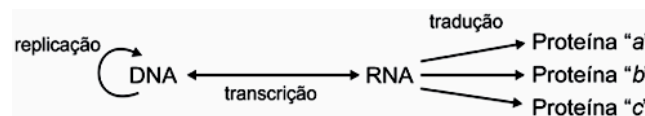
Disponível em: www.cbs.dtu.dk e www.ncbi.nlm.nih.gov.
Acesso em: 23/2/2008 (adaptado).

De acordo com as informações acima,

- (A) o conjunto de genes de um organismo define o seu DNA.
- (B) a produção de proteínas não está vinculada à molécula de DNA.
- (C) o tamanho do genoma não é diretamente proporcional ao número de proteínas produzidas pelo organismo.
- (D) quanto mais complexo o organismo, maior o tamanho de seu genoma.
- (E) genomas com mais de um bilhão de pares de bases são encontrados apenas nos seres vertebrados.

13 (ENEM-MEC)

A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas *a*, *b* e *c*.



Depreende-se do modelo que

- (A) a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- (B) o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
- (C) as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
- (D) é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.
- (E) a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.

14 (ENEM-MEC)

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 de 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 parental 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 de 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.

15 (ENEM-MEC)

Em 1999, a geneticista Emma Whitelaw desenvolveu um experimento no qual ratas prenhes foram submetidas a uma dieta rica em vitamina B12, ácido fólico e soja. Os filhotes dessas ratas, apesar de possuírem o gene para obesidade, não expressaram essa doença na fase adulta. A autora concluiu que a alimentação da mãe, durante a gestação, silenciou o gene da obesidade. Dez anos depois, as geneticistas Eva Jablonka e Gal Raz listaram 100 casos comprovados de traços adquiridos e transmitidos entre gerações de organismos, sustentando, assim, a epigenética, que estuda as mudanças na atividade dos genes que não envolvem alterações na sequência do DNA.

A reabilitação do herege. *Época*, n.º 610, 2010 (adaptado).

Alguns cânceres esporádicos representam exemplos de alteração epigenética, pois são ocasionados por

- (A) aneuploidia do cromossomo sexual X.
- (B) poliploidia dos cromossomos autossômicos.
- (C) mutação em genes autossômicos com expressão dominante.
- (D) substituição no gene da cadeia beta da hemoglobina.
- (E) inativação de genes por meio de modificações nas bases nitrogenadas.

16 (ENEM-MEC)

A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	BASES NITROGENADAS			
	ADENINA	GUANINA	CITOSINA	TIMINA
Espermatozoide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozoide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria <i>E. coli</i>	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam

- (A) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
- (B) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
- (C) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.
- (D) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
- (E) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

17 (ENEM-MEC)

Um fabricante afirma que um produto disponível comercialmente possui DNA vegetal, elemento que proporcionaria melhor hidratação dos cabelos.



Sobre as características químicas dessa molécula essencial à vida, é **correto** afirmar que o DNA

- (A) de qualquer espécie serviria, já que têm a mesma composição.
- (B) de origem vegetal é diferente quimicamente dos demais, pois possui clorofila.
- (C) das bactérias poderia causar mutações no couro cabeludo.
- (D) dos animais encontra-se sempre enovelado e é de difícil absorção.
- (E) de características básicas assegura sua eficiência hidratante.

Anotações

MÓDULO 2

Genética – As leis de Mendel

O padre e as leguminosas

Em 1856, em um mosteiro da cidade austríaca de Brünn (hoje Brno, na República Tcheca), um padre agostiniano quarentão plantava ervilhas. Seu nome era **Gregor Mendel** e o que ele estava fazendo era uma revolução na Biologia só comparável à Teoria da Evolução.



© REPRODUÇÃO

◆ **Mendel:** muito à frente de sua época

Mendel fez milhares de **cruzamentos** entre plantas da ervilha-de-cheiro, espécie que foi interessante a sua pesquisa porque as sementes eram sempre amarelas ou verdes, sem tons intermediários, e lisas ou rugosas. Essa simplicidade o ajudou a deduzir as **leis fundamentais da genética** um século antes de o DNA ser compreendido.

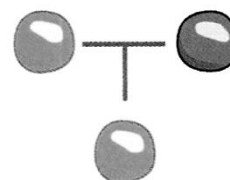
Cruzando as ervilhas, Mendel concluiu que cada **organismo** tem um **par de fatores** responsáveis pelo aparecimento de uma **característica**; um vem do pai e o outro da mãe, isto é, cada **gameta** só pode ter um **fator**. O que leva à **Primeira Lei de Mendel**: “Cada caráter é condicionado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas, nos quais ocorrem em dose simples”.

O trabalho do padre foi publicado em 1866, mas os cientistas da época não lhe deram muita atenção. Cerca de um século depois, a descoberta da **meiose** confirmaria que ele tinha razão: os **genes** ocorrem aos **pares**, mas, na reprodução, apenas um deles é passado adiante. Com apenas modelos lógicos e matemáticos, Mendel havia adiantado em 100 anos o **estudo da transmissão das características dos seres vivos**.

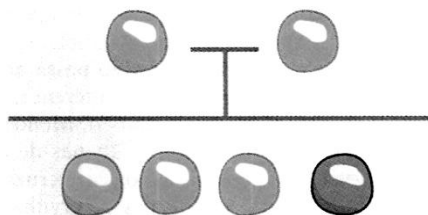
A revolução em duas cores

As experiências que levaram à formulação da Primeira Lei de Mendel

1 Mendel imaginou que, se uma ervilha fosse verde, ela deveria ter algum “fator” responsável por essa cor. Para descobri-lo, resolveu cruzar plantas de sementes verdes com as de sementes amarelas. Teve o cuidado de autofecundar cada planta por seis gerações. O resultado foi que todos os novos indivíduos (híbridos) tinham sementes amarelas. O que aconteceu com o “fator” verde?



2 No entanto, quando Mendel cruzou essas plantas amarelas descendentes de verdes, os resultados eram que 75% deles eram amarelos e outros 25% eram verdes. Sinal de que o fator para o verde não tinha sumido.



3 Mendel notou que cada ervilha passava adiante apenas uma de seu par de características herdadas. Chamou a característica “ervilha amarela” de dominante e a “ervilha verde” de recessiva. O resultado são os conhecidos genótipos, sendo os genes representados por letras maiúsculas e minúsculas.



- **Gregor Mendel**, um padre do século XIX, descobriu as leis básicas da genética estudando sua plantação de ervilhas.
- **Mendel descobriu** que cada ser vivo recebe dois genes de seus ancestrais, mas passa a seus descendentes apenas um. Essa é a chamada Primeira Lei de Mendel, ou da Segregação.
- **O padre também notou que cada característica física é independente** das outras, e a passagem de um gene não depende da passagem de outro gene. Essa é a Segunda Lei de Mendel, ou da Segregação Independente.
- **Mendel percebeu que algumas versões da mesma característica dominam outras** — por exemplo, no cruzamento de ervilhas verdes e amarelas, as descendentes eram sempre amarelas. A isso ele chamou característica dominante; à outra, recessiva. Quando se discute genética, os genes dominantes e recessivos são expressos por letras maiúsculas e minúsculas.
- **Mendel não previu isto**, mas, às vezes, pode acontecer de ambos os alelos de um gene terem

influência no fenótipo, em vez de um ser cancelado pelo outro. Uma flor, por exemplo, pode ser vermelha ao ter a dupla VV, branca se for BB e rosa com os alelos VB. Isso se chama codominância.

- **Algumas combinações produzem a morte do embrião** e modificam as proporções com que certos fenótipos são encontrados. Um rato que tenha dois genes dominantes para o pelo amarelo AA, por exemplo, morre antes de nascer. Isso se chama gene letal.
- **Os genes não agem apenas por meio de dominância e recessividade.** Em certos casos, eles interagem uns com os outros para formar características, como a cor da pele humana, que depende da somatória de dois pares de genes.
- **Além de reforçarem-se uns aos outros, pode acontecer de alguns genes calarem seus vizinhos.** Galinhas brancas existem porque um gene dominante faz com que o gene que produz a cor de suas penas seja silenciado.
- **Quando dois ou mais pares de genes estão localizados no mesmo par de cromossomos homólogos,** está ocorrendo ligação fatorial ou *linkage*, e não ocorrerá segregação independente entre eles, porém pode ocorrer permuta durante a meiose.
- **Na espécie humana, há dois sistemas de tipagem sanguínea,** baseados na presença de antígenos nas hemácias e de anticorpos no plasma sanguíneo. No sistema ABO, os indivíduos podem ser A (antígeno A e anticorpos anti-B), B (antígeno B e anticorpos anti-A), AB (receptor universal, com antígenos A e B) e O (doador universal, com anticorpos anti-A e anti-B). No sistema Rh, quem apresenta o antígeno (fator Rh) é Rh positivo.
- **O ser humano possui 44 cromossomos autossomos (cromossomos somáticos, que não estão ligados ao sexo) e dois cromossomos sexuais.** Os homens possuem um cromossomo X e um Y, isto é, seu par sexual é XY, e as mulheres, dois X, ou XX.
- **O cromossomo Y é minúsculo e possui cerca de 30 genes ativos relacionados às diferenças sexuais masculinas.** O cromossomo X possui genes para muitas funções além das que estão relacionadas a características sexuais.
- **Como os homens só têm um cromossomo X,** defeitos nesse cromossomo causados por genes recessivos atuam como se fossem causados por genes dominantes — isto é, basta um alelo para que se manifestem.
- **Clones de mamíferos** são criados substituindo-se o núcleo de um óvulo pelo de uma célula adulta e

reprogramando-o quimicamente para que se comporte como um óvulo normal. Esse embrião é implantado em uma “mãe de aluguel” e gerado normalmente.

- **Células-tronco embrionárias** com o mesmo DNA do doador são criadas da mesma forma que se faz um clone, mas o embrião não é implantado. Em vez disso, as células são colhidas no início de sua divisão.
- **Alguns cientistas suspeitam** de que o processo tenha problemas porque o DNA dos clones está “velho” — essa seria a causa da vida curta da pioneira ovelha Dolly, que morreu antes de completar sete anos.
- **Para realizar um teste de DNA,** o código genético a ser testado é retalhado com o uso de enzimas e reorganizado eletronicamente. A imagem obtida por esse processo é diferente em cada indivíduo. É como se fosse uma “foto” de seu DNA, chamada de impressão digital de DNA.
- **Para realizar um teste de paternidade,** é necessário fazer primeiro um teste de maternidade. Comparando-se a impressão digital de DNA da mãe com a do filho, é possível saber quais partes devem ser comparadas às do suspeito de paternidade.
- **Transgênicos** são seres vivos que possuem material genético modificado por engenharia genética, em geral mediante a introdução de genes, ou seja, pedaços de DNA de outros organismos.
- **Pode-se introduzir genes** usando vírus, bactérias ou diretamente.
- **A forma mais antiga de criar transgênicos,** usada desde os anos 1970, é remover um plasmídeo de uma bactéria, abri-lo com uma enzima, fechá-lo novamente e reinseri-lo na bactéria, que, assim, será transgênica.
- **Organismos transgênicos produzem proteínas** que originalmente eram produzidas pelos organismos que doaram genes a eles.

😊 **ATENÇÃO, ESTUDANTE!** 🖱️

Para complementar o estudo deste Módulo, utilize seu LIVRO DIDÁTICO.

Anotações

ATIVIDADES

Texto para as questões de 1 a 4.

Romance proibido

Casal de irmãos enfrenta a Justiça da Alemanha para recuperar a guarda dos filhos



© AFP

♦ Uma das filhas de Patrick e Susan: três dos quatro filhos do casal apresentaram problemas genéticos

Patrick Stuebing e Susan Karolewsky formavam um jovem casal alemão que teve a primeira filha em 2001. Por essa união, Patrick foi condenado a um ano de prisão em regime aberto. Susan era menor de idade, mas não foi isso que fez Patrick complicar-se com a lei. O que o levou à prisão foi o fato de ele ser irmão de Susan por parte de pai e mãe. Patrick foi criado longe da família até os 23 anos, quando resolveu conhecê-la e descobriu que tinha uma irmã mais nova. Segundo os dois, quando a mãe deles morreu, eles se apaixonaram.

Patrick foi preso novamente em 2004. A essa altura, o casal já tinha três filhos — todos enviados a orfanatos públicos. Enquanto ele estava na cadeia, nasceu sua quarta filha. O alemão decidiu, então, levar o caso a uma instância superior. Seus advogados pediram o fim da lei de 1871, que classifica o incesto como uma ofensa criminal. Em março de 2008, o caso chegou até a Corte Constitucional da Alemanha, a última instância da Justiça no país, similar ao Supremo Tribunal Federal do Brasil (a propósito: a legislação brasileira não considera incesto um crime, desde que praticado por maiores e capazes).

O argumento dos advogados de Patrick é que a lei que proíbe o incesto é ultrapassada e uma agressão ao direito individual das pessoas, ao impedir que dois adultos tenham relações consensuais. Eles comparam essa medida legal às antigas leis que proibiam a homossexualidade. A Corte alemã, no entanto, não aceitou o argumento. Segundo os juízes, ainda vale a regra segundo a qual, ao casar-se com um parente muito próximo, os pais são responsáveis pelas doenças genéticas que os filhos venham a ter. Assim, Patrick voltou à cadeia para cumprir mais 16 meses.

Apesar dos argumentos dos advogados, pesou na decisão da Justiça o fato de que três dos quatro filhos do casal apresentam problemas genéticos, dois com sérias complicações mentais, uma com problema cardíaco. A única criança da qual o casal possui a guarda é a nascida em 2004 — ela não tem nenhum problema.

Mundo Estranho, nov. 2010 (adaptado).

1 (AED-SP)

A lei que proíbe o incesto na Alemanha data de 1871, quando os costumes eram bem mais rígidos. Por que os juízes não a consideram ultrapassada?

2 (AED-SP)

Qual é a razão de haver maior risco de problemas hereditários entre filhos de relações incestuosas?

3 (AED-SP)

Os filhos de parentes muito próximos têm necessariamente problemas hereditários?

4 (AED-SP)

Levando-se em consideração o texto:

- I. A lei alemã de 1871 é obsoleta, pois ainda não se conhecia a genética mendeliana.
- II. Teria sido uma atitude ética do casal buscar aconselhamento genético e saber das probabilidades de doenças hereditárias.
- III. Com o aconselhamento genético, nenhuma criança do casal teria nascido com problemas genéticos.

Está(ão) correta(s):

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

5 (ENEM-MEC)

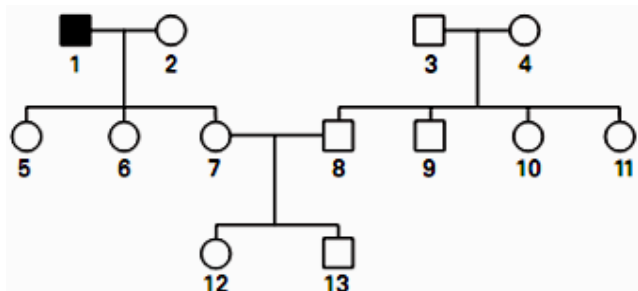
Mendel cruzou plantas puras de ervilha com flores vermelhas e plantas puras com flores brancas, e observou que todos os descendentes tinham flores vermelhas. Nesse caso, Mendel chamou a cor vermelha de dominante e a cor branca de recessiva. A explicação oferecida por ele para esses resultados era a de 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-as 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-as 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-as com plantas de flores vermelhas da geração P. Os cruzamentos com plantas Vv produzirão descendentes de flores brancas.
- (D) Cruzando-as 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-as com plantas recessivas e analisando as características do ambiente onde se dão os cruzamentos, é possível identificar aquelas que possuem apenas fatores V.

6 (FUVEST-SP)

No heredograma abaixo, o símbolo ■ representa um homem afetado por uma doença genética rara, causada por mutação num gene localizado no cromossomo X. Os demais indivíduos são clinicamente normais.



As probabilidades de os indivíduos 7, 12 e 13 serem portadores do alelo mutante são, respectivamente,

- (A) 0,5; 0,25 e 0,25.
- (B) 0,5; 0,25 e 0.
- (C) 1; 0,5 e 0,5.
- (D) 1; 0,5 e 0.
- (E) 0; 0 e 0.

7 (UnB-DF)

O daltonismo é um caráter ligado ao sexo. O cromossomo X transporta um gene recessivo para o daltonismo, não havendo alelo correspondente no cromossomo Y. Isso explica por que:

- (A) existem muito mais homens daltônicos que mulheres daltônicas.
- (B) existem muito mais mulheres daltônicas que homens daltônicos.
- (C) o número de homens e mulheres daltônicos é aproximadamente o mesmo.
- (D) o daltonismo depende do fenótipo racial.
- (E) o daltonismo, embora de caráter genético, é influenciado pelo meio ambiente.

8 (ENEM-MEC)

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. *et al.* Female-specific flightless phenotype for mosquito control. PNAS 107 (10): 4550-4554, 2010.

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.

9 (ENEM-MEC)

Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma “célula sintética”, uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em outra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

GILBSON *et al.* Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically synthesized Genome. *Science*, v. 329, 2010 (adaptado).

A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à

- (A) possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptoras de cromossomos artificiais.
- (B) capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídios.
- (C) possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
- (D) possibilidade de programar geneticamente microrganismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas e combustíveis.
- (E) capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.

Texto para as questões 10 e 11.

A sequência abaixo indica de maneira simplificada os passos seguidos por um grupo de cientistas para a clonagem de uma vaca:

- I. Retirou-se um óvulo da vaca Z. O núcleo foi desprezado, obtendo-se um óvulo anucleado.
- II. Retirou-se uma célula da glândula mamária da vaca W. O núcleo foi isolado e conservado, desprezando-se o resto da célula.
- III. O núcleo da célula da glândula mamária foi introduzido no óvulo anucleado. A célula reconstituída foi estimulada para entrar em divisão.
- IV. Após algumas divisões, o embrião foi implantado no útero de uma terceira vaca Y, mãe de aluguel. O embrião se desenvolveu e deu origem ao clone.

10 (ENEM-MEC)

Considerando-se que os animais Z, W e Y não têm parentesco, pode-se afirmar que o animal resultante da clonagem tem as características genéticas da vaca

- (A) Z, apenas.
- (B) W, apenas.
- (C) Y, apenas.
- (D) Z e da W, apenas.
- (E) Z, da W e da Y.

11 (ENEM-MEC)

Se a vaca Y, utilizada como “mãe de aluguel”, for a mãe biológica da vaca W, a porcentagem de genes da “mãe de aluguel”, presente no clone, será

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

12 (ENEM-MEC)

A Embrapa possui uma linhagem de soja transgênica resistente ao herbicida IMAZAPIR. A planta está passando por testes de segurança nutricional e ambiental, processo que exige cerca de três anos. Uma linhagem de soja transgênica requer a produção inicial de 200 plantas resistentes ao herbicida e destas são selecionadas as dez mais “estáveis”, com maior capacidade de gerar descendentes também resistentes. Esses descendentes são submetidos a doses de herbicida três vezes superiores às aplicadas nas lavouras convencionais. Em seguida, as cinco melhores são separadas e apenas uma delas é levada a testes de segurança. Os riscos ambientais da soja transgênica são pequenos, já que ela não tem possibilidade de cruzamento com outras plantas e o perigo de polinização cruzada com outro tipo de soja é de apenas 1%.

A soja transgênica, segundo o texto, apresenta baixo risco ambiental porque

- (A) a resistência ao herbicida não é estável e assim não passa para as plantas-filhas.
- (B) as doses de herbicida aplicadas nas plantas são três vezes superiores às usuais.
- (C) a capacidade da linhagem de cruzar com espécies selvagens é inexistente.
- (D) a linhagem passou por testes nutricionais e após três anos foi aprovada.
- (E) a linhagem obtida foi testada rigorosamente em relação a sua segurança.

13 (ENEM-MEC)

Os transgênicos vêm ocupando parte da imprensa com opiniões ora favoráveis ora desfavoráveis. Um organismo, ao receber material genético de outra espécie, ou modificado da mesma espécie, passa a apresentar novas características. Assim, por exemplo, já temos bactérias fabricando hormônios humanos, algodão colorido e cabras que produzem fatores de coagulação sanguínea humana.

O belga René Magritte (1896-1967), um dos pintores surrealistas mais importantes, deixou obras enigmáticas. Caso você fosse escolher uma ilustração para um artigo sobre os transgênicos, qual das obras de Magritte, abaixo, estaria mais de acordo com esse tema tão polêmico?

(A)



(D)



(B)



(E)



(C)



Anotações

14 (INEP-MEC)



O Globo, 28/5/2009.

A tira acima deriva seu humor do fato de Adão ser o único homem no mundo e, ainda assim, exigir de Eva um exame de DNA, suspeitando que o filho possa não ser dele. O exame de DNA funciona comparando-se sequências de DNA do pai e do filho. Sabendo-se que Adão é o único homem no mundo, pode-se afirmar:

- (A) salvo mutação, espera-se que todas as sequências de nucleotídeos que não provenham de Eva batam com as dele.
- (B) além da paternidade, não haveria como determinar, por exemplo, marcadores de grupos étnicos no DNA de Adão, uma vez que não haveria ainda outros com quem comparar essas sequências.
- (C) se o bebê for do sexo masculino, seu cromossomo Y deve ser idêntico ao de Adão, mas o X não é idêntico ao de Eva, mesmo tendo vindo dela.
- (D) além de Adão, seria necessário testar o DNA de Eva para saber quais sequências vieram de quem.
- (E) todas as alternativas anteriores estão corretas.

Anotações

MÓDULO 3

Evolução – Lamarck, Darwin e o Neodarwinismo

A sobrevivência do mais apto

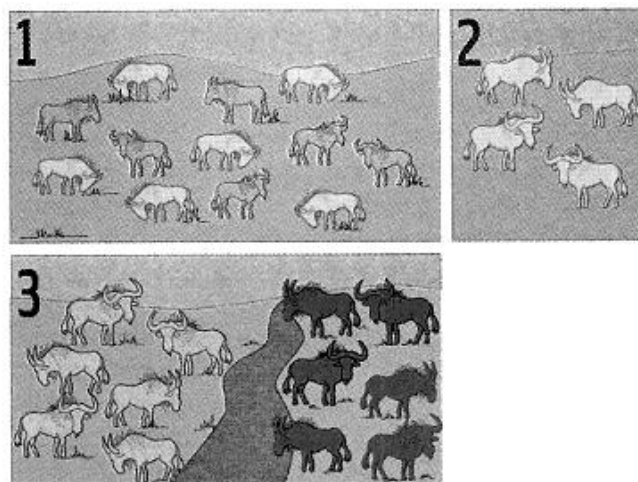
Quando o naturalista britânico **Charles Darwin** resolveu publicar *A Origem das Espécies*, em 1859, estava apreensivo. Ele passou quase 30 anos elaborando sua obra-prima e a levava a público por medo de ser plagiado. Aos 50 anos, era um cientista respeitado por seu trabalho de catalogar **espécies e fósseis**, que havia começado com sua travessia ao redor do mundo no navio HMS Beagle, de 1831 a 1836, viagem na qual passou pelo Brasil e pelas ilhas Galápagos (Equador).

O fato de ele ser um cientista influente foi fundamental para que a **Teoria da Evolução** fosse levada a sério. Num tempo em que os geólogos ainda explicavam os dinossauros como produtos do dilúvio bíblico, a teoria de Darwin abandonava qualquer ideia de intervenção divina na formação de **novas espécies**. O mecanismo darwinista fundamental chama-se **seleção natural**: em qualquer **população de animais**, existe **variação** entre suas **características** — uns são maiores, menores, mais fortes ou fracos, de uma cor ou de outra. Diante das **pressões do ambiente**, alguns animais conseguirão deixar mais descendentes que outros. Essas características tenderão a dominar na **geração** seguinte, até que a espécie inteira acabe tendo um **aspecto novo**. Isso não tem a ver com o animal ser mais forte que os outros: animais mais fortes exigem mais alimentos. Se os alimentos são escassos, a seleção natural favorecerá os mais fracos e econômicos.

Darwin também explicou como **espécies novas** se formam a partir do **isolamento geográfico**. O cientista notou como as espécies de tentilhões das ilhas Galápagos eram similares às da América, assim como os pássaros do Cabo Verde se pareciam com os da África, mas haviam se tornado diferentes o bastante para ser espécies distintas. Assim, quando duas populações passam a viver em locais diferentes e não se cruzam mais entre si, a seleção natural leva a espécies novas.

Depois, Darwin ampliaria sua teoria falando de **seleção sexual**, o que faz, por exemplo, com que o rabo do pavão seja uma característica interessante, mesmo quando parece atrapalhar o bicho. Foi ele que afirmou também que o ser humano descende provavelmente de um tipo de macaco.

Anotações



© ESTÚDIO PINGADO

A seleção em ação

Um exemplo de como podem ter surgido novas espécies

1 DIVERSIDADE

Em determinada população, existe diversidade entre os animais. Certas características podem tornar esses animais mais aptos que outros. Por exemplo, suponha que os gnus resolvam pastar onde existe um tipo de grama venenosa. Alguns deles podem comer essa grama sem adoecer.

2 SELEÇÃO NATURAL

Os animais que são capazes de resistir à grama venenosa se alimentam melhor que os outros. Isso significa que acabam escapando mais facilmente de predadores e sobrevivendo mais a doenças. Em outras palavras, eles têm maior capacidade de sobrevivência e, assim, se reproduzem mais. Nas gerações seguintes, a tendência é que haja mais gnus capazes de comer erva venenosa que incapazes.

SELEÇÃO SEXUAL

Em certas espécies, como muitos mamíferos, os animais mais fortes e bem alimentados também podem vencer em disputas por fêmeas, aumentando ainda mais sua vantagem evolutiva.

3 NOVAS ESPÉCIES

Se há separação geográfica entre as populações, com o tempo a seleção natural diferencial poderá criar espécies completamente novas, caso ocorra isolamento reprodutivo.

- **Darwin não foi o primeiro a propor uma teoria da evolução.** Lamarck tinha outra teoria, que acabou se mostrando incorreta, mas abriu caminho para a aceitação da ideia de que os seres vivos se modificam com o passar do tempo.
- **A teoria fundamental na evolução darwinista é a da seleção natural:** seres vivos nascem de todos os jeitos, mas os mais adaptados ao meio geram mais descendentes, que sobrevivem mais. As características serão selecionadas e tenderão a dominar, modificando a espécie.
- **Darwin não conheceu a genética mendeliana** nem sabia que existem mutações, que provocam mudanças aleatórias nos genes dos seres vivos e também são um fator importantíssimo na evolução. As limitações na teoria da evolução original fizeram com que fosse muito contestada após a morte de Darwin, em 1882, até os anos 30, quando surgiu a Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo.
- **O Neodarwinismo** conciliou a seleção natural com a genética mendeliana e o conceito de mutações, além de explicar como se formam espécies com o isolamento geográfico. Desde então, a Teoria da Evolução passou a ser amplamente aceita.
- **A ideia darwinista de que todos os animais descendem de um mesmo ancestral**, formando uma árvore que vai se dividindo, leva a uma dúvida: como surgiu o primeiro ser vivo? Antigamente, acreditou-se que animais como moscas podiam surgir de matéria morta em decomposição. Experiências provaram que isso é impossível. Mas o primeiro ser vivo deve ter surgido da matéria inanimada — o nome dessa ideia é abiogênese.
- **Surgida nos anos 30**, a abiogênese moderna acredita que o primeiro ser vivo pode ter surgido em uma “sopa primordial” de compostos como amônia e metano nos oceanos, sob efeito de tempestades elétricas e raios ultravioleta solares. Experiências provaram que é possível criar certos aminoácidos dessa forma.
- **Uma explicação alternativa para a abiogênese**, que está ganhando força, é a exogênese: a ideia de que a vida veio parar na Terra por meio de um meteorito carregando bactérias ou talvez apenas fragmentos de material genético.

☺ **ATENÇÃO, ESTUDANTE!** 📖

Para complementar o estudo deste Módulo, utilize seu LIVRO DIDÁTICO.

🔗 ATIVIDADES 🔗

Texto para as questões de 1 a 3.

Evolução acelerada

Estudos indicam que, nos últimos 5000 anos, a mudança genética ocorreu de forma 100 vezes mais rápida do que em qualquer período anterior da humanidade

Uma visão popular a respeito da evolução de seres humanos é que, ao menos nos países civilizados, ela não ocorreria mais. Na sociedade urbana atual, praticamente todas as pessoas têm chances de se reproduzir. Não precisamos mais correr de leões nem de hienas, e muitas doenças hereditárias, que condenariam o indivíduo à morte prematura ou a uma vida de sofrimento, podem ser tratadas pela medicina. Assim, as pessoas podem passar esses genes adiante — onde foi parar a seleção natural?

Segundo um estudo conduzido pelos professores John Hawks e Henry Harpending, da Universidade de Utah (EUA), a mudança genética nos últimos 5000 anos ocorreu de forma 100 vezes mais rápida do que em qualquer período anterior da humanidade. Por exemplo, os genes para olhos azuis nas populações nórdicas e a resistência à malária em populações africanas são mutações que surgiram mais ou menos àquela época, mas que hoje atingem até 40% de certos povos. “É como se fosse o ataque dos invasores de corpos”, disse Hawks em artigo no jornal interno da universidade.

Outros exemplos citados pelos cientistas como mudanças recentes foram a diminuição no tamanho do corpo, dos dentes e do cérebro (sim, seu cérebro é menor que o do homem das cavernas). E também o desenvolvimento da tolerância à lactose em adultos, que atinge uma parcela enorme de populações europeias e centro-africanas, mas é praticamente inexistente no Extremo Oriente, no sul da África e na América. O gene surgiu quando esses povos passaram a criar gado, e as pessoas que podiam tomar leite a vida toda sem ter dor de barriga acabaram tendo uma dieta melhor que as outras.

Conforme declarou Harpending à rede britânica BBC, há dois fatores para a evolução estar mais rápida: “Um deles é que há muito mais pessoas — quanto mais pessoas você tem, mais oportunidades existem para uma mutação vantajosa aparecer”. O segundo fator é a mudança de ambiente: “Nossas dietas mudaram, vivemos em ambientes radicalmente diferentes. Com um tamanho de população maior, surgem vários tipos de doenças novas”.

Um estudo de 2009 conduzido por Stephen Stearns, da Universidade de Yale, tentou identificar e descrever algumas mudanças que estão ocorrendo neste momento. A tese de Stearns é que, se, de fato, não estamos sofrendo mais tantas pressões por sobrevivência, as diferenças em reprodução ainda contam como seleção natural. Estudando o registro médico de mulheres norte-americanas desde 1948, sua equipe estabeleceu um

perfil de quem seriam as vencedoras da seleção natural: as mais baixas e gorduchas, que tinham filhos mais cedo, e menopausa mais tarde, e com nível mais baixo de colesterol. A partir daí, a conclusão do estudo é que a tendência para o futuro seria que, em 400 anos, as mulheres aumentem 1 quilo de peso e percam 2 centímetros de altura. Não chega a ser impressionante, mas talvez alguém já comece a dizer que as *top models* magérrimas são fósseis vivos.

Superinteressante, set. 2010.

1 (AED-SP)

Das mudanças evolutivas recentes citadas por Hawks e Harpending, qual não faria sentido ter ocorrido na Idade da Pedra? Por que não seria vantagem alguém possuir esses genes nessa época?

2 (AED-SP)

A resistência à malária é uma característica que seria útil mesmo antes de nos tornarmos agrícolas. Quais razões os cientistas apontam para que uma alteração desse tipo tenha se tornado relativamente comum?

3 (AED-SP)

A frase “as *top models* magérrimas são fósseis vivos” é empregada em tom de humor, mas tem uma razão ligada ao texto. Explique-a.

4 (ENEM-MEC)



Nova Escola, n.º 226, out. 2009.

A tirinha mostra que o ser humano, na busca de atender suas necessidades e de se apropriar dos espaços,

- (A) adotou a acomodação evolucionária como forma de sobrevivência ao se dar conta de suas deficiências impostas pelo meio ambiente.
- (B) utilizou o conhecimento e a técnica para criar equipamentos que lhe permitiram compensar as suas limitações físicas.
- (C) levou vantagens em relação aos seres de menor estatura, por possuir um físico bastante desenvolvido, que lhe permitia muita agilidade.
- (D) dispensou o uso da tecnologia por ter um organismo adaptável aos diferentes tipos de meio ambiente.
- (E) sofreu desvantagens em relação a outras espécies, por utilizar os recursos naturais como forma de se apropriar dos diferentes espaços.

5 (ENEM-MEC)

As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

- (A) movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- (B) sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.
- (C) aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.
- (D) aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.
- (E) recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.

6 (ENEM-MEC)

Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausência de olhos.

Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que

- (A) as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.
- (B) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.
- (C) o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.
- (D) as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitida aos descendentes.
- (E) as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.

7 (ENEM-MEC)

As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural. As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a humanos. Isso se deve ao ruído de seu “chocalho”, que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas.

Ultimamente os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes.

A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que

- (A) a necessidade de não ser descoberta e morta mudou seu comportamento.
- (B) as alterações no seu código genético surgiram para aperfeiçoá-la.
- (C) as mutações sucessivas foram acontecendo para que ela pudesse adaptar-se.
- (D) as variedades mais silenciosas foram selecionadas positivamente.
- (E) as variedades sofreram mutações para se adaptarem à presença de seres humanos.

8 (FUVEST-SP)

Os resultados de uma pesquisa realizada na USP revelam que a araucária, o pinheiro brasileiro, produz substâncias antioxidantes e fotoprotetoras. Uma das autoras do estudo considera que, possivelmente, essa característica esteja relacionada ao ambiente com intensa radiação UV em que a espécie surgiu há cerca de 200 milhões de anos.

Com base na Teoria Sintética da Evolução, é **correto** afirmar que:

- (A) essas substâncias surgiram para evitar que as plantas sofressem a ação danosa da radiação UV.
- (B) a radiação UV provocou mutações nas folhas da araucária, que passaram a produzir tais substâncias.
- (C) a radiação UV atuou como fator de seleção, de maneira que plantas sem tais substâncias eram mais suscetíveis à morte.
- (D) a exposição constante à radiação UV induziu os indivíduos de araucária a produzirem substâncias de defesa contra tal radiação.
- (E) a araucária é um exemplo típico da finalidade da evolução, que é a produção de indivíduos mais fortes e adaptados a qualquer ambiente.

9 (INEP-MEC)

Os pesquisadores Robert Simmons e Lue Scheepers questionaram a visão tradicional de como a girafa desenvolveu o pescoço comprido. Observações feitas na África demonstraram que as girafas que atingem altura de 4 a 5 metros geralmente se alimentam de folhas a 3 metros do solo. O pescoço comprido é usado como uma arma nos combates corpo a corpo pelos machos na disputa por fêmeas. As fêmeas também preferem acasalar com machos de pescoço grande. Esses pesquisadores argumentam que o pescoço da girafa ficou grande devido à seleção sexual; machos com pescoço mais comprido deixavam mais descendentes do que machos com pescoço mais curto.

Fonte: Simmons and Scheepers, 1996. **American Naturalist** Vol. 148: pp. 771-786 (adaptado).

Sobre a visão tradicional de como a girafa desenvolve um pescoço comprido, é **correto** afirmar que:

- (A) na visão tradicional baseada em Darwin, a girafa adquire o pescoço comprido pela lei de uso e desuso. As girafas que esticam o pescoço geram uma prole que já nasce com pescoço mais comprido e, cumulativamente, através das gerações, o pescoço, em média, aumenta de tamanho.
- (B) na visão tradicional baseada em Lamarck, a girafa adquire o pescoço comprido com a sobrevivência diferencial de girafas. Aquelas com pescoço comprido conseguem se alimentar de folhas inacessíveis às outras e deixam, portanto, mais descendentes.
- (C) na visão tradicional baseada em Lamarck, a girafa adquire o pescoço comprido pela lei do uso e desuso. Aquelas com pescoço comprido conseguem se alimentar de folhas inacessíveis às outras e deixam, portanto, mais descendentes.
- (D) na visão tradicional baseada em Darwin, a girafa adquire o pescoço comprido com a sobrevivência diferencial de girafas. Aquelas com pescoço comprido conseguem se alimentar de folhas inacessíveis às outras e deixam, portanto, mais descendentes.
- (E) na visão tradicional baseada em Darwin, a girafa adquire o pescoço comprido com a sobrevivência diferencial de girafas. As girafas que esticam o pescoço geram uma prole que já nasce com pescoço mais comprido e, cumulativamente, através das gerações, o pescoço, em média, aumenta de tamanho.

Anotações

10 (UNESP)



© FERNANDO GONSALES

O criador de Níquel Náusea, Fernando Gonsales, diz que “Rato Ruter é um rato mutante que tem o peso de um gato gordo, a capacidade digestiva de um tanque de ácido sulfúrico e o temperamento de uma motosserra desgovernada”. Levando-se isso em conta, e as afirmações abaixo:

- I. A mutação de Rato Ruter é necessariamente benéfica, pois ele é mais forte e a evolução é a sobrevivência do mais forte.
- II. A mutação de Rato Ruter talvez seja deletéria, pois pode não haver alimento suficiente.
- III. O quadrinho indica que, em certas situações, de fato a seleção natural pode favorecer o mais forte.
- IV. O quadrinho indica a transmissão de características às gerações seguintes.

Estão **corretas**:

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

11 (INEP-MEC)

A Teoria da Evolução foi formulada por vários pesquisadores durante anos de estudos, tomando como essência as noções de Darwin sobre a seleção natural e incorporando noções de genética. Segundo essa teoria, afirmou-se que:

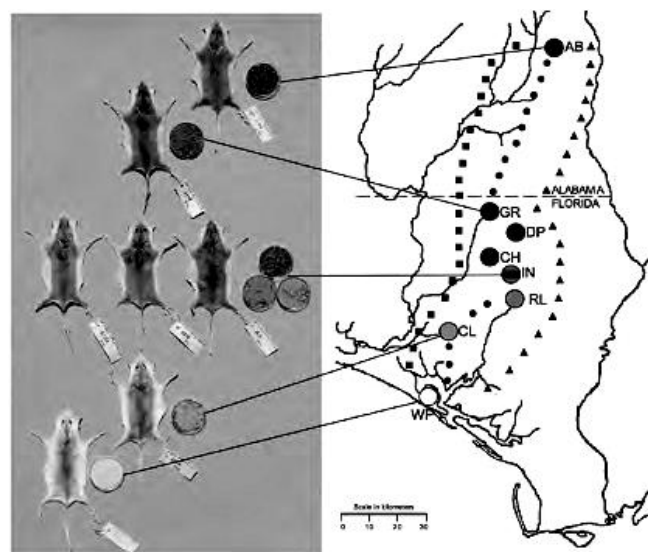
- I. A Teoria Sintética considera a população como unidade evolutiva.
- II. A enorme diversidade de fenótipos em uma população é indicadora da variabilidade dessa população.
- III. Um fator que determina alteração na frequência dos genes de uma população é a mutação.

É **correto** o que se afirma em

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

12 (ENEM-MEC)

Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom-claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul-norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.



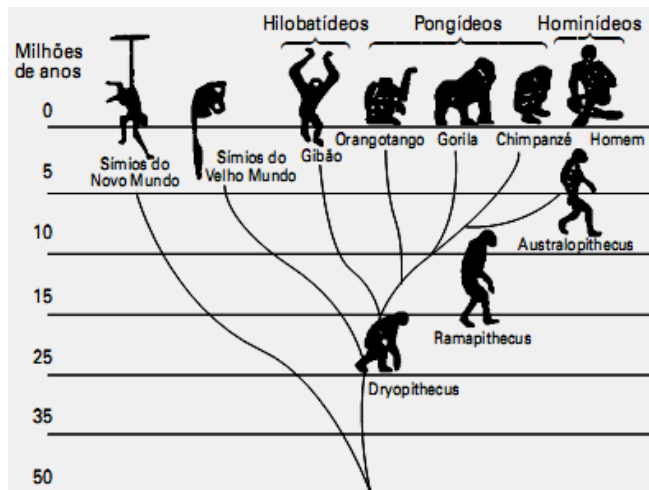
MULLEN, L. M.; HOEKSTRA, H. E. **Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation.** Evolution, 2008.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é

- (A) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.
- (B) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.
- (C) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.
- (D) a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, tem maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.
- (E) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

Texto para as questões de 13 a 15.

O assunto na aula de Biologia era a evolução do Homem. Foi apresentada aos alunos uma árvore filogenética, igual à mostrada na ilustração, que relacionava primatas atuais e seus ancestrais.



Mamíferos insetívoros
Árvore filogenética provável dos antropóides

13 (ENEM-MEC)

Após observar o material fornecido pelo professor, os alunos emitiram várias opiniões, a saber:

- I. os macacos antropóides (orangotango, gorila, chimpanzé e gibão) surgiram na Terra mais ou menos contemporaneamente ao Homem.
- II. alguns homens primitivos, hoje extintos, descendem dos macacos antropóides.
- III. na história evolutiva, os homens e os macacos antropóides tiveram um ancestral comum.
- IV. não existe relação de parentesco genético entre macacos antropóides e homens.

Analisando a árvore filogenética, você pode concluir que

- (A) todas as afirmativas estão corretas.
- (B) apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- (C) apenas as afirmativas II e IV estão corretas.
- (D) apenas a afirmativa II está correta.
- (E) apenas a afirmativa IV está correta.

14 (ENEM-MEC)

Foram feitas comparações entre DNA e proteínas da espécie humana com DNA e proteínas de diversos primatas. Observando a árvore filogenética, você espera que os dados bioquímicos tenham apontado, entre os primatas atuais, como nosso parente mais próximo o

- (A) Australopithecus.
- (B) Chimpanzé.
- (C) Ramapithecus.
- (D) Gorila.
- (E) Orangotango.

15 (ENEM-MEC)

Se fosse possível a uma máquina do tempo percorrer a evolução dos primatas em sentido contrário, aproximadamente quantos milhões de anos precisaríamos retroceder, de acordo com a árvore filogenética apresentada, para encontrar o ancestral comum do homem e dos macacos antropóides (gibão, orangotango, gorila e chimpanzé)?

- (A) 5.
- (B) 10.
- (C) 15.
- (D) 30.
- (E) 60.

Anotações

MÓDULO 4

Evolução – A ação do homem

Efeitos colaterais

Existem duas formas de **seleção artificial**. Uma é o trabalho milenar que o ser humano realiza voluntariamente, tentando adequar **plantas e animais** à sua necessidade, o **melhoramento genético**. A outra são as **consequências indesejadas** das tentativas do homem de se livrar das **pragas** que o afligem.

Ao introduzir elementos estranhos em um meio, o homem pode induzir seus habitantes a entrar em um tipo de **competição** com consequências prejudiciais a seus interesses. Isso ocorre marcadamente na **pecuária** e na **agricultura**, que utilizam intensamente as técnicas de melhoramento genético.

O uso de **inseticidas** e **fungicidas** em lavouras pode ter um efeito perverso. Em vez de exterminarem pragas, esses venenos podem acabar selecionando os **parasitas** resistentes a eles e contaminando os **predadores naturais** desses insetos. Os insetos que sobrevivem a uma aplicação de inseticida vão cruzar entre si e gerar **descendentes** mais resistentes — exatamente como ocorre na **seleção artificial**, em que as pessoas selecionam animais a seu gosto para cumprir funções específicas. Com o tempo, o agrotóxico não vai mais surtir efeito nessas pragas, que formarão linhagens cada vez mais difíceis de serem combatidas.

Os **efeitos no ambiente** também podem ser drásticos, uma vez que esses agrotóxicos não permanecem nas plantações. Eles são levados pelas **chuvas**, pelos **lençóis freáticos** e pelos próprios **insetos** contaminados por eles. Insetos que polinizam as plantas podem ser atingidos pelo veneno e morrer, levando até mesmo à extinção de **espécies vegetais**. E predadores de insetos, como pássaros, podem ser intoxicados pelo acúmulo do produto no ambiente. Esses animais não se reproduzem tão rápido quanto as pragas e não têm tempo de se adaptar.

A mesma coisa ocorre dentro do **organismo humano** sob efeito de remédios. Desde o início da medicina moderna, travamos uma corrida contra os agentes causadores de doenças. Uma doença surge, criamos um tratamento, e alguma cepa do agente infeccioso resistente ao tratamento acaba se sobrepondo à versão anterior, por seleção natural. A partir daí, um novo tratamento deve ser pesquisado.

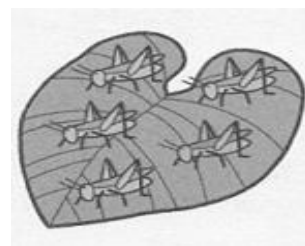
Anotações

Eles têm a força

Entenda como as novas gerações de gafanhoto se tornam cada vez mais resistentes a inseticidas, que vão perdendo a eficácia

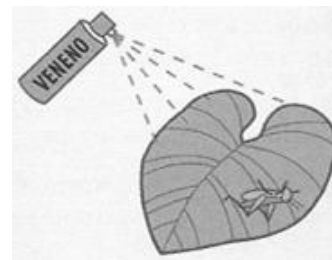
INFESTAÇÃO

Plantações fornecem uma quantidade de alimento que gafanhotos não encontrariam na natureza. Assim, sua população aumenta.



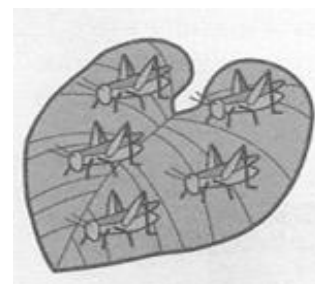
COMBATE

Inseticidas conseguem, a princípio, controlar a população de gafanhotos. Mas isso tem seu preço: o veneno se espalha pelo meio ambiente.



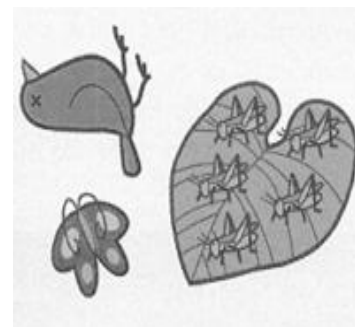
RETORNO

Por variação genética, alguns gafanhotos são resistentes ao veneno. Resultado: esses são selecionados, geram descendentes, e o veneno perde sua eficácia.



CONTAMINAÇÃO

Para piorar, o veneno, a essa altura, atingiu inocentes: insetos polinizadores e animais que se alimentam de gafanhotos. Como eles se reproduzem mais devagar, não terão a mesma chance que os gafanhotos de se adaptar ao veneno.



© ESTÚDIO PINGADO

- **Ao tentar controlar pragas**, o ser humano influencia a evolução delas, fazendo com que sejam selecionados indivíduos resistentes ao veneno ou remédio utilizados. Por essa razão, com o tempo, os antibióticos e agrotóxicos tendem a perder sua eficácia.
- **Os agrotóxicos podem contaminar o meio ambiente** e, pela ação das chuvas, contaminar os lençóis freáticos, causando problemas a vertebrados, que podem não sentir seu efeito de imediato, acumulando-os no corpo, o que provoca doenças e mutações a longo prazo e pode levar a extinções.
- **Os agrotóxicos também não diferenciam entre insetos úteis e pragas**, matando polinizadores de

plantas silvestres, como borboletas e abelhas. Isso pode levar à extinção não apenas desses insetos, mas das próprias plantas que eles polinizam.

- **Inseticidas químicos em geral são inespecíficos** e atingem muitas espécies diferentes, matando insetos úteis. Inseticidas biológicos ou predadores introduzidos costumam ser específicos, atingindo apenas a espécie-alvo. Isso não significa que eles sejam totalmente livres de riscos, mas isso tem a vantagem de preservar os insetos desejáveis.
- **O ser humano pode extinguir espécies de diversas formas.** Ele pode caçá-las até o último exemplar, pode destruir seu ambiente para abrir espaço para fazendas e cidades, pode contaminar seu ambiente com agrotóxicos e poluição industrial e pode introduzir espécies invasivas no ambiente, que caçam os animais locais até a extinção ou concorrem com eles por recursos.
- **Exceto pela pesca predatória de espécies marinhas,** a principal forma de extinção não é mais caçar até o último exemplar. Atualmente, a causa mais frequente é a destruição de ambientes, seguida pela introdução de espécies invasivas.
- **Desde tempos remotos,** o ser humano seleciona animais domésticos para adequá-los a suas necessidades. O nome disso é melhoramento genético ou seleção artificial. Não confunda seleção artificial, conforme definida por Darwin, isto é, melhoramento genético, com aquela que acontece contra a vontade do ser humano, a de bactérias e outras pragas.
- **O primeiro animal domesticado foi o cão,** que era originalmente o lobo-cinzento-asiático. Cruzamentos orientados pelo homem (melhoramento genético) e isolamento geográfico levaram ao surgimento das centenas de raças atuais.
- **Mutações também são importantes** para o melhoramento genético, pois geram novas características que podem ser interessantes para o homem. Diversas raças de cachorro surgiram da seleção de características originadas por mutações.
- **Com a invenção da agricultura,** há 10.000 anos, o ser humano passou a realizar melhoramento genético em plantas.
- **O melhoramento genético tem seus problemas.** Ao buscarmos uniformidade, nós podemos criar animais e plantas com pouca variedade genética, que são suscetíveis a doenças.
- **No caso das plantas, realizamos clonagem há milhares de anos.** Para clonar uma planta, basta criar uma muda, isto é, tirar um ramo de uma planta e colocá-lo no solo, onde ele passa a crescer até se tornar uma árvore inteira. A planta que surge daí tem o mesmo DNA da original. Isso é diferente de uma semente, que é gerada por reprodução sexuada e tem o DNA diferente da planta de origem.

- **O problema em clonar plantas** é que todas acabam ficando com o mesmo DNA, e, assim, todos os indivíduos são igualmente suscetíveis a doenças. Muitas variações de bananeira foram perdidas por causa de uma única praga, capaz de matar todos os pés, diferentemente do que ocorreria se eles tivessem DNAs diferentes.

☺ **ATENÇÃO, ESTUDANTE!** 🖱

Para complementar o estudo deste Módulo, utilize seu LIVRO DIDÁTICO.

🔄 ATIVIDADES ↗

Texto para as questões de 1 a 3.

Luta inglória

A batalha da humanidade contra pragas como os gafanhotos não tem vitórias – apenas períodos de trégua

No mundo inteiro, e o Brasil não é exceção, os gafanhotos são uma das piores pragas da agricultura. Em 2004, uma infestação de gafanhotos do deserto (*Schistocerca gregari*) no norte da África causou nuvens com 230 quilômetros de extensão que atingiram o Egito, Israel e a Jordânia e até Creta e Portugal, provocando prejuízos estimados em 2,5 bilhões de dólares. A situação só não foi pior porque os gafanhotos foram controlados com inseticida aplicado de aviões e do solo.

No Brasil, desde os anos 1990, a Embrapa, em parceria com diversas universidades, vem tentando desenvolver uma solução biológica para o controle de gafanhotos (aqui a espécie-problema é o *Rhammatocerus schistocercoides*), e até agora a melhor solução tem sido o fungo do arroz *Metarhizium anisopliae*. O fungo é capaz de destruir os órgãos internos do gafanhoto e espalhar seus esporos a partir do animal morto ou vivo, contaminando os insetos próximos. O *Rhammatocerus* ataca nos estados de Mato Grosso e Rondônia, em culturas de arroz e cana-de-açúcar. Para combatê-lo, tem sido usada grande quantidade de inseticida.

A humanidade aprendeu a duras penas o efeito dos inseticidas na evolução. Em 1939, um inseticida chamado DDT (diclorodifeniltricloroetano) passou a ser empregado no combate a mosquitos e foi considerado uma panaceia que nos livraria para sempre de insetos indesejáveis. Afinal, o DDT, aparentemente, não era tóxico para vertebrados, ainda que fizesse os insetos ter convulsão até a morte.

Em 1955, a OMS iniciou uma campanha massiva de aplicação do DDT, na tentativa de erradicar a malária, doença causada por um protozoário e transmitida por um mosquito. A princípio, o programa teve enorme sucesso, eliminando a malária em regiões como o Caribe, o Mediterrâneo, o sul dos Estados Unidos e em alguns

estados brasileiros. Em cinco anos, no entanto, começaram a aparecer insetos que não morriam com a aplicação do veneno. O uso massivo havia selecionado cepas resistentes de pernilongos, para os quais o DDT não fazia mais efeito. Dessa forma, apenas países com certa infraestrutura puderam aproveitar essa janela sem mosquitos e curar os pacientes existentes, erradicando a malária — quando os mosquitos voltaram, não havia mais doentes a quem picar nem contaminar.

Descobriu-se, além disso, que o DDT é absorvido pelos animais e não é mais expelido, acumulando-se no organismo. A contaminação prolongada por DDT pode causar câncer e problemas hormonais em vertebrados — inclusive em pessoas que se alimentavam de caça e peixes contaminados.

Em 1962, a zoóloga norte-americana Rachel Carson (1907-1964) lançou o livro *Silent Spring (A Primavera Silenciosa)*, em que denunciava os efeitos do DDT. A obra levou à proibição do uso agrícola do DDT nos anos 1970 e é considerada o marco do movimento ecológico moderno. O veneno ainda é utilizado, no entanto, em países como a Índia, para tentar conter surtos de doenças transmitidas por mosquitos, como malária, leishmaniose e dengue.

Mundo Estranho, set. 2008 (adaptado).

1 (AED-SP)

A Embrapa defende o uso de fungos no lugar de inseticidas químicos. Existe um precedente histórico que justifique a adoção dessa proposta?

2 (AED-SP)

Quando o DDT começou a ser usado extensivamente, acreditava-se que ele fosse tóxico para o ser humano? É possível dizer que a decisão de usá-lo foi bem embasada cientificamente?

3 (AED-SP)

Com o tempo, o DDT perdeu seu efeito. A que se pode atribuir isso? A fórmula ficou mais fraca?

4 (ENEM-MEC)

Um agricultor, buscando o aumento da produtividade de sua lavoura, utilizou o adubo NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) com alto teor de sais minerais. A irrigação dessa lavoura é feita por canais que são desviados de um rio próximo dela. Após algum tempo, notou-se uma grande mortalidade de peixes no rio que abastece os canais, devido à contaminação das águas pelo excesso de adubo usado pelo agricultor.

Que processo biológico pode ter sido provocado na água do rio pelo uso do adubo NPK?

- (A) Lixiviação, processo em que ocorre a lavagem do solo, que acaba disponibilizando os nutrientes para a água do rio.
- (B) Acidificação, processo em que os sais, ao se dissolverem na água do rio, formam ácidos.
- (C) Eutrofização, ocasionada pelo aumento de fósforo e nitrogênio dissolvidos na água, que resulta na proliferação do fitoplâncton.
- (D) Aquecimento, decorrente do aumento de sais dissolvidos na água do rio, que eleva sua temperatura.
- (E) Denitrificação, processo em que o excesso de nitrogênio que chega ao rio é disponibilizado para a atmosfera, prejudicando o desenvolvimento dos peixes.

5 (ENEM-MEC)

A ocupação predatória associada à expansão da fronteira agropecuária e acelerada pelo plantio da soja tem deflagrado, com a perda da cobertura vegetal, a diminuição da biodiversidade, a erosão do solo, a escassez e a contaminação dos recursos hídricos no bioma Cerrado. Segundo ambientalistas, o Cerrado brasileiro corre o risco de se transformar em um deserto.

A respeito desse assunto, analise as afirmações a seguir.

- I. Considerando-se que, em 2010, restem apenas 20% da cobertura vegetal original do Cerrado e que, desse percentual, 3% sejam derrubados a cada ano, estima-se que, em 2030, o Cerrado brasileiro se transformará em deserto.
- II. Sabe-se que a eventual extinção do bioma Cerrado, dada a pobreza que o caracteriza, não causará impacto sistêmico no conjunto dos biomas brasileiros.
- III. A substituição de agrotóxicos por bioinseticidas reduz a contaminação dos recursos hídricos no bioma Cerrado.

É **correto** o que se afirma

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

6 (ENEM-MEC)

Na região sul da Bahia, o cacau tem sido cultivado por meio de diferentes sistemas. Em um deles, o convencional, a primeira etapa de preparação do solo corresponde à retirada da mata e à queimada dos tocos e das raízes. Em seguida, para o plantio da quantidade máxima de cacau na área, os pés de cacau são plantados próximos uns dos outros. No cultivo pelo sistema chamado cabruca, os pés de cacau são abrigados entre as plantas de maior porte, em espaço aberto criado pela derrubada apenas das plantas de pequeno porte.

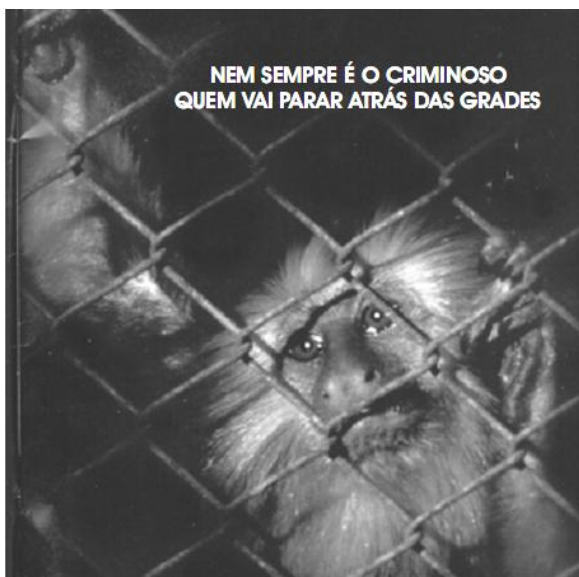
Os cacauzeiros dessa região têm sido atacados e devastados pelo fungo chamado vassoura-de-bruxa, que se reproduz em ambiente quente e úmido por meio de esporos que se espalham no meio aéreo.

As condições ambientais em que os pés de cacau são plantados e as condições de vida do fungo vassoura-de-bruxa, mencionadas acima, permitem supor que sejam mais intensamente atacados por esse fungo os cacauzeiros plantados por meio do sistema

- (A) convencional, pois os pés de cacau ficam mais expostos ao sol, o que facilita a reprodução do parasita.
- (B) convencional, pois a proximidade entre os pés de cacau facilita a disseminação da doença.
- (C) convencional, pois o calor das queimadas cria as condições ideais de reprodução do fungo.
- (D) cabruca, pois os cacauzeiros não suportam a sombra e, portanto, terão seu crescimento prejudicado e adoecerão.
- (E) cabruca, pois, na competição com outras espécies, os cacauzeiros ficam enfraquecidos e adoecem mais facilmente.

7 (ENEM-MEC)

A figura abaixo é parte de uma campanha publicitária.



Com Ciência Ambiental, n.º 10, abr. 2007.

Essa campanha publicitária relaciona-se diretamente com a seguinte afirmativa:

- (A) O comércio ilícito da fauna silvestre, atividade de grande impacto, é uma ameaça para a biodiversidade nacional.
- (B) A manutenção do mico-leão-dourado em jaula é a medida que garante a preservação dessa espécie animal.
- (C) O Brasil, primeiro país a eliminar o tráfico do mico-leão-dourado, garantiu a preservação dessa espécie.
- (D) O aumento da biodiversidade em outros países depende do comércio ilegal da fauna silvestre brasileira.
- (E) O tráfico de animais silvestres é benéfico para a preservação das espécies, pois lhes garante a sobrevivência.

8 (ENEM-MEC)

Se a exploração descontrolada e predatória verificada atualmente continuar por mais alguns anos, pode-se antecipar a extinção do mogno. Essa madeira já desapareceu de extensas áreas do Pará, de Mato Grosso, de Rondônia, e há indícios de que a diversidade e o número de indivíduos existentes podem não ser suficientes para garantir a sobrevivência da espécie a longo prazo. A diversidade é um elemento fundamental na sobrevivência de qualquer ser vivo. Sem ela, perde-se a capacidade de adaptação ao ambiente, que muda tanto por interferência humana como por causas naturais.

www.greenpeace.org.br (com adaptações).

Com relação ao problema descrito no texto, é **correto** afirmar que

- (A) a baixa adaptação do mogno ao ambiente amazônico é causa da extinção dessa madeira.
- (B) a extração predatória do mogno pode reduzir o número de indivíduos dessa espécie e prejudicar sua diversidade genética.
- (C) as causas naturais decorrentes das mudanças climáticas globais contribuem mais para a extinção do mogno que a interferência humana.
- (D) a redução do número de árvores de mogno ocorre na mesma medida em que aumenta a diversidade biológica dessa madeira na região amazônica.
- (E) o desinteresse do mercado madeireiro internacional pelo mogno contribuiu para a redução da exploração predatória dessa espécie.

Anotações

9 (ENEM-MEC)

A biodiversidade é garantida por interações das várias formas de vida e pela estrutura heterogênea dos *habitats*. Diante da perda acelerada de biodiversidade, tem sido discutida a possibilidade de se preservarem espécies por meio da construção de “bancos genéticos” de sementes, óvulos e espermatozoides.

Apesar de os “bancos” preservarem espécimes (indivíduos), sua construção é considerada questionável do ponto de vista ecológico-evolutivo, pois se argumenta que esse tipo de estratégia:

- I. não preservaria a variabilidade genética das populações;
- II. dependeria de técnicas de preservação de embriões, ainda desconhecidas;
- III. não reproduziria a heterogeneidade dos ecossistemas.

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.

10 (ENEM-MEC)

A biodiversidade diz respeito tanto a genes, espécies, ecossistemas, como a funções, e coloca problemas de gestão muito diferenciados. É carregada de normas de valor. Proteger a biodiversidade pode significar:

- a eliminação da ação humana, como é a proposta da ecologia radical;
- a proteção das populações cujos sistemas de produção e cultura repousam num dado ecossistema;
- a defesa dos interesses comerciais de firmas que utilizam a biodiversidade como matéria-prima, para produzir mercadorias.

GARAY, I. & DIAS, B. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais** (adaptado).

De acordo com o texto, no tratamento da questão da biodiversidade no Planeta,

- (A) o principal desafio é conhecer todos os problemas dos ecossistemas, para conseguir protegê-los da ação humana.
- (B) os direitos e os interesses comerciais dos produtores devem ser defendidos, independentemente do equilíbrio ecológico.
- (C) deve-se valorizar o equilíbrio do meio ambiente, ignorando-se os conflitos gerados pelo uso da terra e seus recursos.
- (D) o enfoque ecológico é mais importante do que o social, pois as necessidades das populações não devem constituir preocupação para ninguém.
- (E) há diferentes visões em jogo, tanto as que só consideram aspectos ecológicos, quanto as que levam em conta aspectos sociais e econômicos.

11 (ENEM-MEC)

Para evitar o desmatamento da Mata Atlântica nos arredores da cidade de Amargosa, no Recôncavo da Bahia, o Ibama tem atuado no sentido de fiscalizar, entre outras, as pequenas propriedades rurais que dependem da lenha proveniente das matas para a produção da farinha de mandioca, produto típico da região. Com isso, pequenos produtores procuram alternativas como o gás de cozinha, o que encarece a farinha.

Uma alternativa viável, em curto prazo, para os produtores de farinha em Amargosa, que não cause danos à Mata Atlântica nem encareça o produto é a

- (A) construção, nas pequenas propriedades, de grandes fornos elétricos para torrar a mandioca.
- (B) plantação, em suas propriedades, de árvores para serem utilizadas na produção de lenha.
- (C) permissão, por parte do Ibama, da exploração da Mata Atlântica apenas pelos pequenos produtores.
- (D) construção de biodigestores, para a produção de gás combustível a partir de resíduos orgânicos da região.
- (E) coleta de carvão de regiões mais distantes, onde existe menor intensidade de fiscalização do Ibama.

12 (ENEM-MEC)

Os progressos da medicina condicionaram a sobrevivência de número cada vez maior de indivíduos com constituições genéticas que só permitem o bem-estar quando seus efeitos são devidamente controlados através de drogas ou procedimentos terapêuticos. São exemplos os diabéticos e os hemofílicos, que só sobrevivem e levam vida relativamente normal ao receberem suplementação de insulina ou do fator VIII da coagulação sanguínea.

SALZANO, M. Francisco. **Ciência Hoje**: SBPC: 21(125), 1996.

Essas afirmações apontam para aspectos importantes que podem ser relacionados à evolução humana. Pode-se afirmar que, nos termos do texto,

- (A) os avanços da medicina minimizam os efeitos da seleção natural sobre as populações.
- (B) os usos da insulina e do fator VIII da coagulação sanguínea funcionam como agentes modificadores do genoma humano.
- (C) as drogas medicamentosas impedem a transferência do material genético defeituoso ao longo das gerações.
- (D) os procedimentos terapêuticos normalizam o genótipo dos hemofílicos e diabéticos.
- (E) as intervenções realizadas pela medicina interrompem a evolução biológica do ser humano.

Anotações