

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta.

Não é permitido o uso de corretor. Risque aquilo que pretende que não seja classificado.

Para cada resposta, identifique o grupo e o item.

Apresente as suas respostas de forma legível.

Apresente apenas uma resposta para cada item.

As citações dos itens encontram-se no final do enunciado da prova.

**Nas respostas aos itens de escolha múltipla, selecione a opção correta. Escreva, na folha de respostas, o grupo, o número do item e a letra que identifica a opção escolhida.**

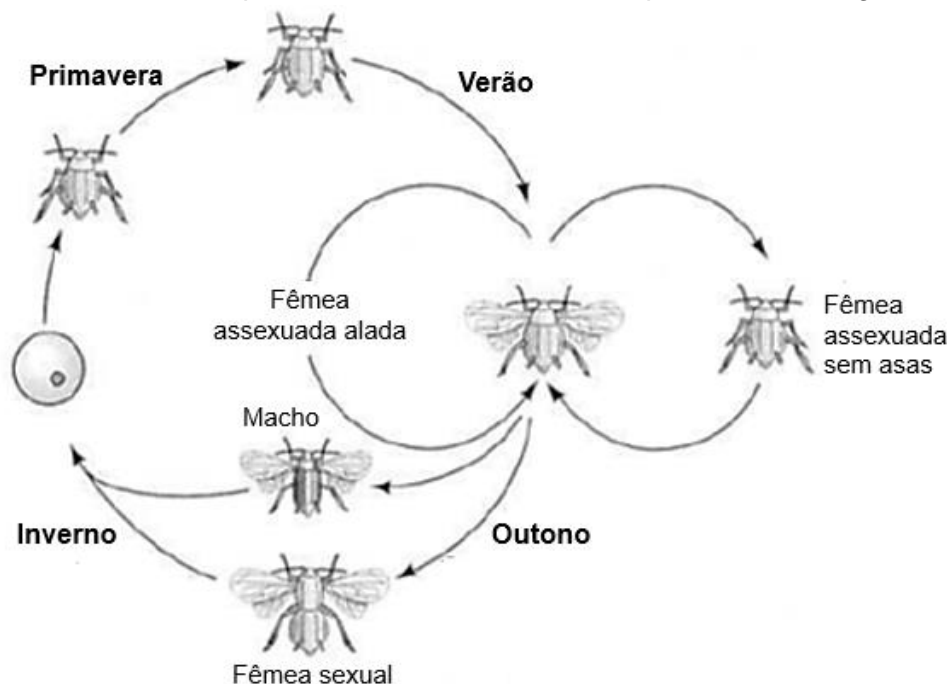
### Grupo I

Thomas Morgan foi um eminente cientista que estudou os cromossomas da mosca da fruta e a forma como transmitiam as suas características à descendência. Ao estudar os cromossomas de uma espécie de afídios (*Megoura viciae*) presentes nas leguminosas, verificou que as fêmeas eram diploides e possuíam 12 cromossomas.

Durante a formação dos óvulos que irão originar as fêmeas, na primavera, apenas um corpo polar sofre degeneração e o segundo corpo polar pode ser retido, permitindo formar uma célula com  $2n$  cromossomas. Nos ovos produtores de machos, um par extra de cromossomas é enviado para o corpo polar que sofre degeneração.

Os machos e as fêmeas podem produzir gâmetas e reproduzir-se sexuadamente. Os machos produzem, por meiose, um conjunto de espermatozoides com 6 cromossomas e outro conjunto com 4 cromossomas. Estes últimos degeneram e não participam na reprodução.

Após o inverno, os ovos formados por reprodução sexuada eclodem e originam só fêmeas. No verão, ao fim de três gerações, algumas das fêmeas desenvolvem asas e colonizam outras plantas. O ciclo de vida desta espécie de afídios encontra-se representado na figura 1.



**Figura 1.** Ciclo de vida do afídio *M. viciae*.

Baseado em Scott F. Gilbert, *Biologia do Desenvolvimento*, 5.ª edição, Swarthmore College

1. No ciclo de vida representado na figura 1,
  - (A) existem machos formados por reprodução sexuada.
  - (B) todas as fêmeas se formaram por reprodução sexuada.
  - (C) algumas fêmeas reproduziram-se por partenogênese.
  - (D) todas as fêmeas se formaram por reprodução assexuada.
  
2. Relativamente a um núcleo que se divida por meiose, é possível afirmar que ocorreu
  - (A) apenas uma divisão reducional.
  - (B) uma única replicação do material genético.
  - (C) a disjunção de cromatídios, mas não dos cromossomas homólogos.
  - (D) apenas uma divisão equacional.
  
3. Na reprodução assexuada dos seres vivos por \_\_\_\_\_, as células dividem-se por \_\_\_\_\_, originando duas células com dimensões semelhantes.
  - (A) bipartição ...mitose
  - (B) bipartição ... meiose
  - (C) gemulação ... mitose
  - (D) gemulação ... meiose
  
4. A partenogênese é um processo reprodutivo que apresenta como vantagem
  - (A) originar um reduzido número de indivíduos.
  - (B) a descendência ser geneticamente semelhante ao progenitor.
  - (C) não depender da ocorrência de fecundação e da existência de machos.
  - (D) permitir uma elevada recombinação genética.
  
5. No ciclo de vida do afídio, a fecundação
  - (A) marca a passagem da fase diploide para a fase haploide.
  - (B) permite ocorrência de recombinação genética.
  - (C) facilita a ocorrência de *crossing-over*.
  - (D) não contribui para a variabilidade dos seres vivos.
  
6. Considere as seguintes afirmações referentes aos dados.
  - I. Os afídios podem reproduzir-se por partenogênese, com óvulos não fecundados.
  - II. Os afídios macho possuem  $2n = 12$  cromossomas.
  - III. Os afídios possuem um ciclo de vida haplodiplonte.
  - (A) II é verdadeira; I e III são falsas.
  - (B) II e III são verdadeiras; I é falsa.
  - (C) I e III são verdadeiras; II é falsa.
  - (D) I é verdadeira; II e III são falsas.
  
7. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos que ocorrem durante a gametogênese em afídios.
  - A. Ocorrência de *crossing-over*.
  - B. Formação de 4 células.
  - C. Disjunção dos cromossomas homólogos.
  - D. Replicação do DNA.
  - E. Ascensão polar dos cromatídios.
  
8. Explique a importância de apenas os espermatozoides com 6 cromossomas participarem na reprodução sexuada.

## Grupo II

Desde 1960 que o protista *Naegleria gruberi* é usado em estudos de diferenciação celular. Este ser vivo unicelular com forma ameboide habita a água doce e alimenta-se de bactérias. Contudo, quando a forma ameboide é transferida para um meio sem bactérias, quase todas as células formam flagelos, de forma a aumentarem a sua mobilidade e a procurarem alimento.

O movimento da forma ameboide depende da polimerização de actina, um dos constituintes do citoesqueleto, mas a formação do flagelo depende de tubulina. Esta transição implica a síntese dos centríolos, que depois permitem a formação dos flagelos.

Foi realizada uma experiência para acompanhar a transição do estado ameboide para o flagelado, mediante a transferência das células para um meio sem alimento, e cujos resultados estão representados na figura 2.

Os investigadores determinaram a percentagem de células dos dois estados referidos e quantificaram o teor de mRNA que codificava duas subunidades de tubulina ( $\alpha$  e  $\beta$ ). Adicionalmente, os investigadores também determinaram a posição e movimentação de mRNA que codificava a tubulina ao longo da experiência.

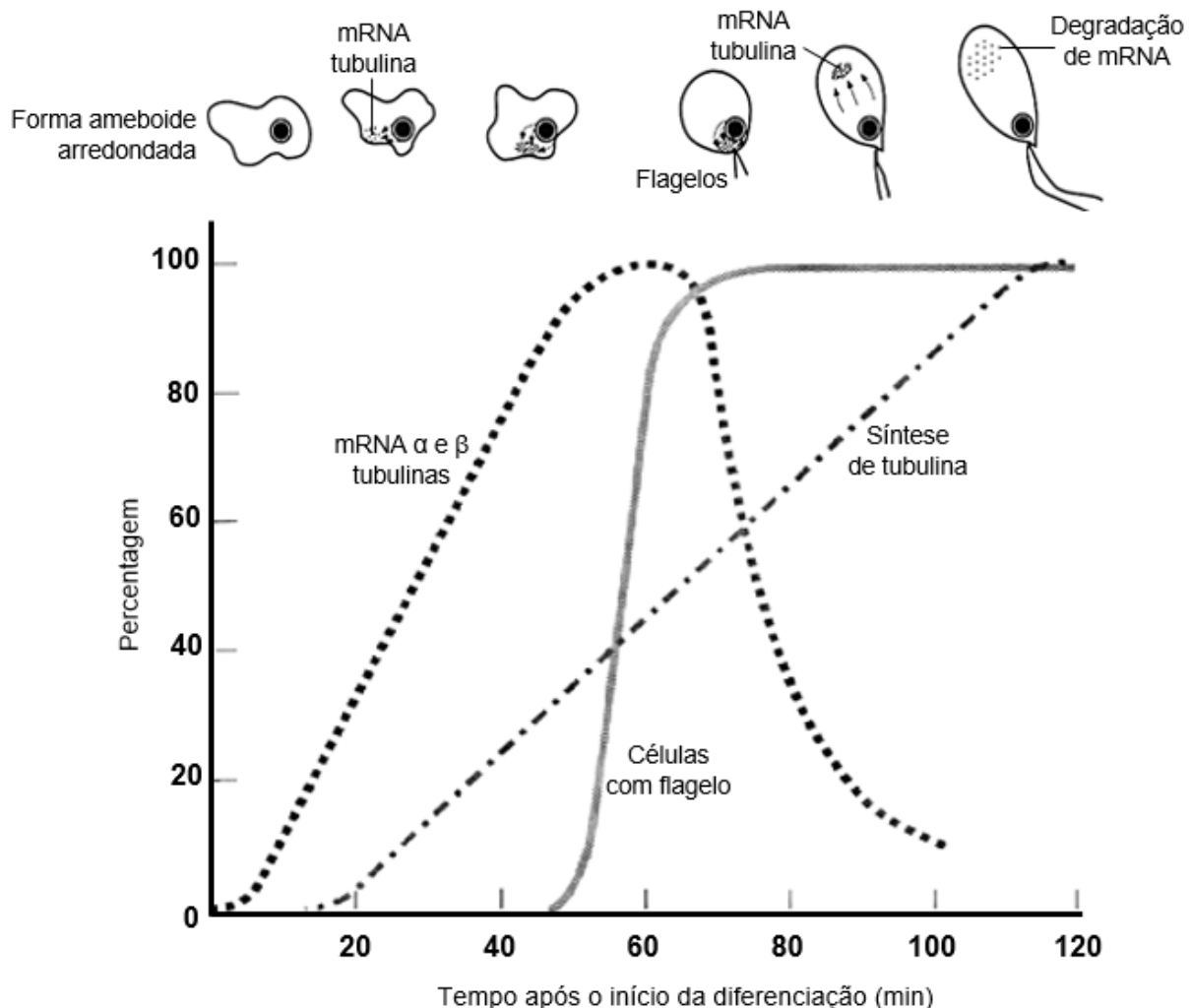


Figura 2.

Baseado em <http://jcb.rupress.org/content/137/4/871> (consult. nov. 2018);  
<http://www.bio.brandeis.edu/faculty/fulton.html> (consult. nov. 2018).

1. Mencione um possível controlo para a experiência indicada.

2. A percentagem de células com flagelo constitui uma variável \_\_\_\_\_ e a taxa de síntese de tubulina corresponde a uma variável \_\_\_\_\_.
- (A) dependente ... independente  
 (B) independente ... dependente  
 (C) dependente ... dependente  
 (D) independente ... independente
3. O principal objetivo do estudo foi
- (A) caracterizar o processo de diferenciação celular em *Naegleria gruberi*.  
 (B) associar a síntese de tubulina à expressão do mRNA para a tubulina.  
 (C) identificar genes essenciais à diferenciação de *Naegleria gruberi*.  
 (D) estudar os processos reprodutivos de *Naegleria gruberi*.
4. Os resultados demonstram que
- (A) após a formação dos flagelos, o mRNA para a tubulina é armazenado no citoplasma.  
 (B) o mRNA que codifica a tubulina se desloca para a região onde se vão formar os flagelos.  
 (C) a síntese de tubulina antecede a síntese do correspondente mRNA.  
 (D) o mRNA que codifica a tubulina é muito estável e resistente à degradação.
5. Considere as seguintes afirmações referentes aos dados.
- I. A conversão da forma ameboide em flagelada pode demorar 60 a 100 minutos.  
 II. A tubulina está acumulada num estado inativo, na forma ameboide.  
 III. O mRNA que codifica a tubulina é degradado na fase final de diferenciação.
- (A) II é verdadeira; I e III são falsas.  
 (B) II e III são verdadeiras; I é falsa.  
 (C) I e III são verdadeiras; II é falsa.  
 (D) I é verdadeira; II e III são falsas.
6. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir a sequência cronológica dos acontecimentos relacionados com a síntese de tubulina em *Naegleria gruberi*, representada na figura 2.
- A. Transporte do mRNA para uma zona específica da célula.  
 B. A RNA polimerase sintetiza uma cadeia polinucleotídica.  
 C. Degradação do mRNA para a tubulina.  
 D. Síntese da  $\alpha$  e da  $\beta$ -tubulina.  
 E. Formação completa de dois flagelos.

7. Faça corresponder cada uma das afirmações da coluna A ao respetivo termo, na coluna B. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

COLUNA A	COLUNA B
(a) Os cromátídeos-filhos migram para os polos da célula.	(1) Prófase
(b) Crescimento da célula.	(2) Anáfase
(c) Os cromossomas alinham-se dentro da célula.	(3) Fase G1
	(4) Metáfase
	(5) Telófase

8. Considere que um investigador aplicava a uma cultura de células do protista *N. gruberi* um inibidor específico para a polimerização da tubulina, sem afetar a actina. Explique os resultados previstos ao nível da forma e diferenciação do protista *N. gruberi*.

### Grupo III

O emparelhamento e a disjunção dos cromossomas durante a meiose estão dependentes da associação de proteínas aos cromossomas. Existem diversas proteínas com esta função, mas as mais importantes são as coesinas.

As coesinas associam-se aos cromossomas na fase S do ciclo celular e nas divisões I e II da meiose são degradadas pela ação da separase (fig. 3).

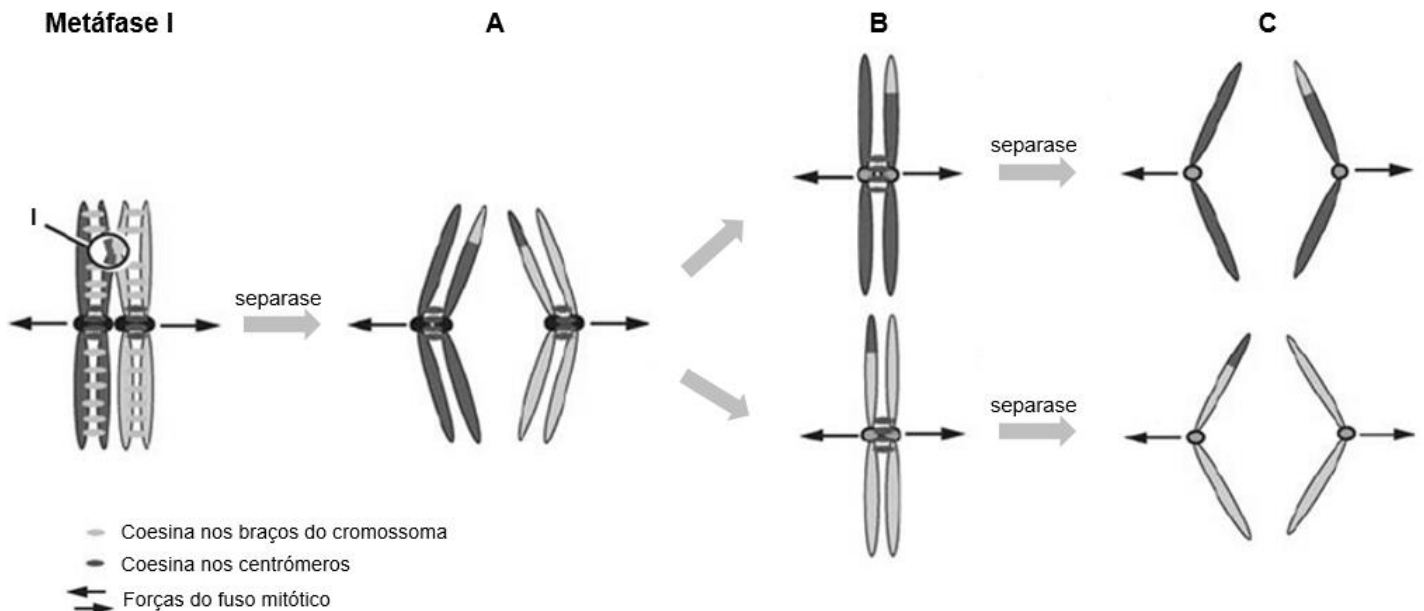


Figura 3.

Baseado em Annu (2006). *Rev. Biochem.* 75:211–4.

1. Indique a designação da estrutura representada pelo número I.
2. Os esquemas A, B e C da figura 3 representam, respetivamente
  - (A) anáfase I, metáfase II e anáfase II.
  - (B) telófase I, metáfase II e anáfase II.
  - (C) metáfase II, anáfase II e telófase II.
  - (D) anáfase II, anáfase I e telófase II.
3. De acordo com os dados, na divisão I da meiose,
  - (A) os cromossomas ficaram ligados pelas coesinas e não ocorreu *crossing-over*.
  - (B) não ocorreu formação de tétradas cromatídicas nem a disjunção dos cromossomas homólogos.
  - (C) ocorreu desagregação da coesina associada aos braços dos cromossomas homólogos.
  - (D) a separase não atuou ao nível das coesinas.
4. Na divisão II da meiose representada na figura 3, não é correto afirmar que
  - (A) os cromatídios-irmãos estavam unidos pelas coesinas ao nível dos centrômeros.
  - (B) a separação das coesinas permitiu a separação dos centrômeros.
  - (C) ocorreu separação dos cromatídios-irmãos.
  - (D) ocorreram fenómenos de *crossing-over*.

5. A coesina é adicionada ao DNA durante a \_\_\_\_\_, em que o DNA se associa a outras proteínas com função estrutural, designadas por \_\_\_\_\_.
- (A) replicação ... histonas
  - (B) transcrição ... histonas
  - (C) replicação ... DNA polimerase
  - (D) transcrição ... DNA polimerase
6. Comparando a meiose com a mitose, é possível verificar que, na primeira,
- (A) ocorre redução para metade do número de cromossomas.
  - (B) não ocorre recombinação genética.
  - (C) não ocorre migração dos cromátídios-irmãos para cada polo da célula.
  - (D) não se verifica citocinese no final da divisão nuclear.
7. Num ser vivo com um ciclo de vida haplodiplonte, é possível estudar a função das separases durante a formação
- (A) dos gâmetas.
  - (B) dos esporos.
  - (C) do zigoto.
  - (D) de célula somáticas.
8. Estudos moleculares e celulares demonstraram que mutações nos genes que codificam as enzimas separases causam instabilidade no genoma e aumentam a suscetibilidade a cancros epiteliais.
- Relacione estes dados com a função enzimática das separases e com as fases do ciclo celular em que estão mais ativas.

#### Grupo IV

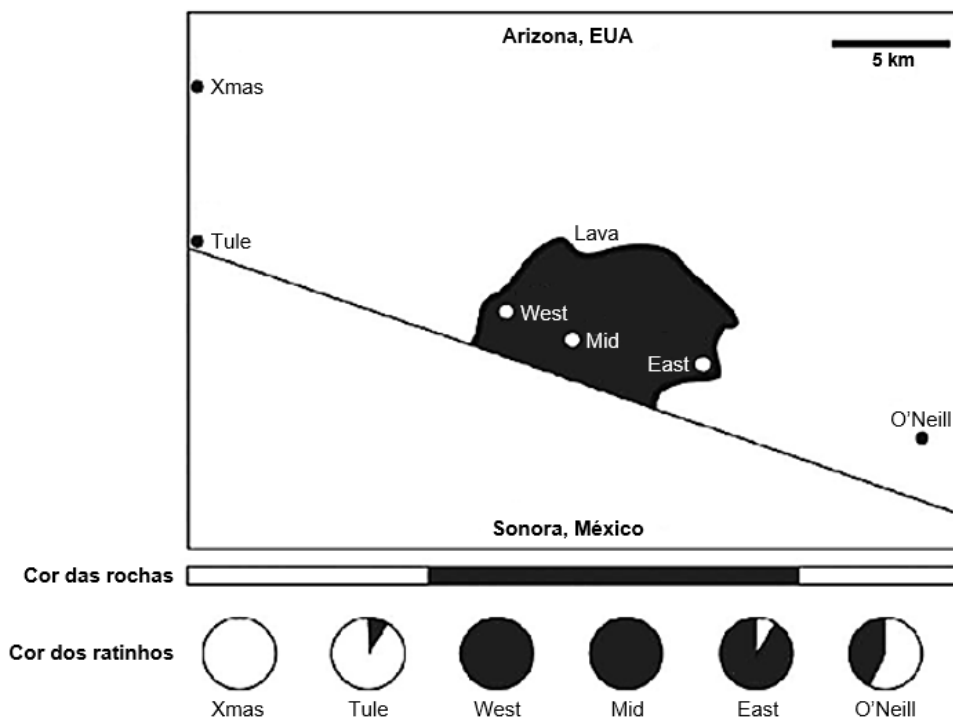
A evolução é considerada um processo lento e gradual, sendo difícil de estudar em condições laboratoriais ou de campo. Contudo, existem alguns exemplos de evolução que têm ocorrido de forma relativamente rápida e que têm sido estudados pelos investigadores.

O rato-de-bolso do deserto (*Chaetodipus penicillatus*) é um dos melhores exemplos para analisar os processos moleculares e celulares que ocorrem durante a evolução. Estes ratinhos notívagos são comuns em desertos dos EUA, alimentando-se de sementes, da qual obtêm a matéria orgânica e a água de que necessitam.

Estudos liderados por Nachman permitiram verificar que a maioria dos ratinhos possui cor clara, o que permite a camuflagem com as rochas graníticas abundantes no seu habitat. Contudo, a sua cor é diferente quando o substrato é formado por rochas vulcânicas escuras, formadas há poucos milhares de anos. As corujas são um dos seus principais predadores noturnos, predando mais facilmente os ratinhos que não se encontram camuflados. A distribuição dos ratinhos em função da cor encontra-se representada no gráfico da figura 4.

A equipa liderada por Nachman também descobriu as mutações responsáveis pelo aparecimento de ratinhos com pelo escuro. Um dos principais genes envolvidos é o Mc1r, um recetor membranar que influencia a produção de melanina, um pigmento de cor escura que se acumula no pelo dos ratinhos.

A sequência do gene Mc1r de ratinhos que habitavam as rochas basálticas foi comparada com ratinhos que habitavam zonas com rochas mais claras adjacentes, para encontrar as mutações associadas ao aparecimento de ratinhos com pelo escuro.



**Figura 4.** Identificação do local de obtenção dos ratinhos estudados, relacionando com a distribuição da cor do pelo e da cor do substrato na região em estudo.

Baseado em *Ecological genetics of adaptive color polymorphism in pocket mice: geographic variation in selected and neutral genes*. Evolution. 2004 Jun;58(6):1329-41

**Tabela I.** Código genético

Aminoácido	Sequência de bases do RNA	Aminoácido	Sequência de bases do RNA
Alanina	GCU, GCC, GCA, GCG	Lisina	AAA, AAG
Arginina	CGU, CGC, CGA, CGU, AGA, AGG	Metionina	AUG
Asparagina	AAU, AAC	Fenilalanina	UUU, UUC
Ácido aspártico	GAU, GAC	Prolina	CCU, CCC, CCA, CCG
Cisteína	UGU, UGC	Serina	UCU, UCC, UCA, UCG
Glutamina	CAA, CAG	Treonina	ACU, ACC, ACA, ACG
Ácido glutâmico	GAA, GAG	Triptofano	UGG
Glicina	GGU, GGC, GGA, GGG	Tirosina	UAU, UAC
Histidina	CAU, CAC	Valina	GUU, GUC, GUA, GUG
Isoleucina	AUU, AUC, AUA	Terminação	UAA, UAG, UGA
Leucina	UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG	Iniciação	AUG

- É possível afirmar, relativamente aos dados, que
  - a idade das rochas indica que a evolução necessita de milhões de anos para atuar.
  - as mutações são sempre prejudiciais para os seres vivos portadores.
  - as aves predadoras correspondem à principal pressão seletiva dos ratinhos.
  - a alteração de cor do pelo não se deveu a mutações no gene *Mc1r*.

2. A cor dos ratinhos estudados na região identificada na figura 4 foi comparada com a cor dos ratinhos que habitavam zonas com rochas mais claras adjacentes, tendo-se verificado que estes possuíam cores mais claras. Este resultado é importante
- (A) para garantir que os ratinhos não sofram evolução.
  - (B) para a fiabilidade dos resultados.
  - (C) para a validade das conclusões.
  - (D) como controlo experimental.
3. Noutras regiões não foi possível associar a evolução a mutações no gene *Mc1r*, indicando que serão alterações noutros genes a originar o aparecimento de pelo escuro nos ratinhos. Este exemplo demonstra uma evolução \_\_\_\_\_, em resultado de pressões seletivas \_\_\_\_\_.
- (A) divergente ... semelhantes
  - (B) convergente ... semelhantes
  - (C) divergente ... distintas
  - (D) convergente ... distintas
4. Considere as seguintes afirmações referentes aos dados.
- I. A seleção natural elimina os fenótipos que são favoráveis.
  - II. Uma mutação é uma alteração aleatória numa sequência de DNA.
  - III. O ambiente determina se uma mutação é vantajosa ou prejudicial.
- (A) II é verdadeira; I e III são falsas.
  - (B) II e III são verdadeiras; I é falsa.
  - (C) I e III são verdadeiras; II é falsa.
  - (D) I é verdadeira; II e III são falsas.
5. De acordo com o modelo
- (A) autogénico, as mitocôndrias dos ratinhos resultaram de membranas que se destacaram do núcleo.
  - (B) endossimbiótico, bactérias heterotróficas aeróbias são semelhantes às mitocôndrias dos ratinhos.
  - (C) endossimbiótico, as mitocôndrias dos ratinhos resultaram de membranas que se destacaram do núcleo.
  - (D) autogénico, bactérias heterotróficas aeróbias são semelhantes às mitocôndrias dos ratinhos.
6. O ratinho do deserto obtém a quase totalidade da água das sementes de que se alimenta, produzindo uma urina muito escassa e concentrada. Numa perspetiva neodarwinista, o aparecimento desta característica deveu-se à
- (A) seleção natural exercida sobre a espécie.
  - (B) adaptação individual à alteração ambiental.
  - (C) necessidade de sobreviver num ambiente adverso.
  - (D) ocorrência de mutações na população ancestral.
7. A seguinte sequência nucleotídica corresponde a um fragmento do gene *Mc1r* dos ratinhos com cor clara, entre o codão 15 e o codão 22:

**3`TTG AGG TGG GCG TGT CCG CAA GGA 5`**

7.1. Determine a sequência polipeptídica primária do fragmento indicado.



7.2. Da análise da sequência, verifica-se que

- (A) a substituição da primeira guanina por citosina do codão 18 substituiu o aminoácido.
- (B) não podem ocorrer mutações sem modificação da estrutura primária da proteína.
- (C) a redundância do código genético não se aplica.
- (D) vários aminoácidos podem ser codificados pelo mesmo codão.

7.3. A replicação da sequência representada

- (A) não decorrerá na ausência de nucleótidos de uracilo.
- (B) ocorrerá por leitura da sequência no sentido 3' → 5'.
- (C) necessita apenas de RNA polimerase.
- (D) necessita apenas de DNA polimerase.

8. Explique em que medida os resultados de Nachman apoiam a evolução da cor dos ratinhos numa perspetiva darwinista.

– FIM –

### COTAÇÕES

Grupo	Item									
	Cotação (pontos)									
I	1	2	3	4	5	6	7	8		
	5	5	5	5	5	5	5	10		45
II	1	2	3	4	5	6	7	8		
	5	5	5	5	5	5	5	15		50
III	1	2	3	4	5	6	7	8		
	5	5	5	5	5	5	5	15		50
IV	1	2	3	4	5	6	7.1	7.2	7.3	8
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
<b>TOTAL</b>										<b>200</b>