

Gabarito Definitivo – Fase 3
XXI OLIMPÍADA BRASILEIRA DE BIOLOGIA

Muito obrigado a todos os estudantes e professores por participarem da XXI OBB!

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

Respostas aos Recursos Fase 3

Questão 7. Indeferido.

A legenda do gráfico diz "(C) Ocorrência cíclica de sarampo em uma população humana." e o item I diz "Na imagem (C) é possível observar uma queda na quantidade de casos de sarampo após a vacinação. A relação apresentada é do tipo desarmônica conhecida como parasitismo.", O que deve ser analisada é a relação do vírus com o humano, que é desarmônica, independente da vacinação ou não. A vacinação diminui os casos de doença na população e não altera o tipo de relação ecológica entre o parasita (vírus) e o hospedeiro (humano).

Questão 9 - Indeferido

É esperado que o aluno resolva a questão apenas interpretando visualmente o gráfico e o relacione com seus conhecimentos biológicos, sem a necessidade de realizar operações matemáticas rebuscadas, visto que se trata de uma olimpíada de biologia e que não há todos os dados numéricos no gráfico necessários para a realização de cálculos. Assim, termos como "platô" e "mínimo local" foram usados para descrever regiões do gráfico com taxa de crescimento relativamente baixa e em que a concentração de oxigênio seria a menor em comparação aos períodos adjacentes, respectivamente. Com relação ao uso da expressão "implica que" em algumas afirmativas, entende-se que embora o termo carregue certo determinismo, o que deve ser evitado em biologia, ele não compromete significativamente a interpretação das informações trazidas nas sentenças.

Questão 3 - Indeferido.

Apenas uma casa decimal (centésimo) não é suficiente para haver diferença significativa no resultado, se o estudante tivesse arredondado antes, não traria prejuízos. Como explicado no próprio gabarito comentado e exposto abaixo:

$$\text{Frequência de recombinação} = \frac{\text{número de recombinantes}}{\text{total de descendentes}} \times 100$$

$$\text{Frequência de recombinação} = \frac{151 + 154}{2839} \times 100$$

$$= \frac{305}{2839} \times 100$$

$$\approx 10,75\% \text{ (ou } 10,75 \text{ cM)}$$

Questão 12 - Indeferido.

Segundo o enunciado, a construção das árvores filogenéticas difere apenas na quantidade de genes utilizados na análise. Desse modo, a confiabilidade da árvore será maior na árvore que foi construída com um maior número de genes. A análise da parcimônia de sinapomorfias, caso tivesse sido utilizado esse critério, seria usada para comparar árvores de diferentes topologias que foram construídas a partir dos mesmos dados (i.e. mesmos genes).

Questão 15 - Indeferido.

Apesar de o artigo trazer análises adicionais, como as imagens de fluorescência, as imagens de microscopia de luz que possuem as informações essenciais para análise anatômica requerida pela questão. Essas imagens apresentam qualidade suficiente para a observação do diâmetro diminuto dos feixes vasculares e da ausência de uma bainha bem desenvolvida (em “guirlanda”) em volta deles, características anatômicas que são comumente encontradas em folhas de plantas C3 e não C4.

Questão 18 - Indeferido.

De uma forma mais geral, o tema “peixes” está presente no conteúdo programático da OBB. Além disso, as características mais específicas citadas poderiam ser observadas nas imagens e analisadas pelos estudantes, não demandando exclusivamente de seus conhecimentos prévios. Quanto aos termos como “*Gastrophori*” e “*Urophori*”, esses podem ser devidamente compreendidos por estudantes da fase 3 por interpretação, pois outros termos na biologia usam os prefixos “Gastro” e “Uro”, além do radical “Phori”. Portanto, não houve prejuízo na interpretação da questão.

Questão 19 - Indeferido.

A análise do item II “O processo de passagem nos meios de cultura favorecia a desdiferenciação das células epiteliais em células mesenquimais.” é sustentada pelos dados da questão, já que a desdiferenciação ocorre com a passagem em ambos os meios de cultura, em especial o meio controle.

Questão 20 - Aceito.

Ao contrário do que a afirmativa V traz, a maioria dos promotores de genes eucarióticos, bem como aqueles utilizados em vetores bidirecionais para clonagem de anticorpos, **não** possuem sequências TATA. Desse modo, apenas I, II e III são verdadeiras (letra A).

Gabarito provisório da fase 3 da XXI OBB (antes da análise dos recursos)

1. O experimento de Griffith (1928) foi um importante passo na descrição do material genético, demonstrando a transformação bacteriana, no qual a injeção de extrato de bactérias patogênicas (cepa S) em animais induziu a transformação de bactérias não patogênicas (cepa R) na forma patogênica. Contudo, esse experimento não identificava qual era o componente responsável pela transformação. Para resolver essa questão, Avery, MacLeod e McCarty (1944) realizaram experimentos adicionais. Eles prepararam extratos da cepa S e submetem-nos a diferentes tratamentos enzimáticos que degradam cada um dos respectivos substratos, apresentando resultados conforme a tabela a seguir:

Tabela 1 - Ocorrência ou não de transformação da cepa R após diferentes tratamentos do extrato S.

Tratamento do extrato S	Resultado da transformação da cepa R
Sem nenhuma enzima	Ocorreu transformação (R → S)
+ Protease	Ocorreu transformação (R → S)
+ RNase	Ocorreu transformação (R → S)
+ DNase	Não ocorreu transformação

Modificada de: Avery, MacLeod e McCarty (1944) J. Exp. Med. 79(2), 137–158.

Sobre a identificação do DNA como material genético, considerando o contexto dos experimentos de Griffith, dos tratamentos enzimáticos de Avery *et al.* e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Os experimentos de Griffith forneceram evidência conclusiva de que o DNA era o material transformante, já que a injeção do extrato da cepa S convertia a cepa R em S.
 - II. Nos experimentos de Avery *et al.*, o tratamento do extrato com DNase, que degrada o DNA, impediu a transformação da cepa R, confirmando o papel central do DNA.
 - III. A manutenção da capacidade transformante após o tratamento com protease indica que as proteínas não são responsáveis pela transmissão da virulência.
 - IV. Apesar de o tratamento com RNase não impedir a transformação, isso evidencia que o RNA exerce um papel complementar ao DNA na transmissão da virulência.
 - V. A conjugação dos experimentos de Griffith com os de Avery *et al.* fortalece a ideia de que o DNA é o material hereditário, embora outros fatores celulares possam modular a expressão da virulência.
-
- A. Apenas I, II e IV são verdadeiras;
 - B. Apenas II, III e V são verdadeiras;**
 - C. Apenas II e III são verdadeiras;
 - D. Apenas IV e V são verdadeiras;
 - E. Apenas III e V são verdadeiras.

Resposta: Letra B

Gabarito Comentado

- I. Falso. O experimento de Griffith sugeriu a existência de um “princípio transformante” mas não identificou qual molécula era responsável pela transformação. Assim, ele não forneceu evidência conclusiva de que o DNA era o material transformante.
- II. Verdadeiro. Nos experimentos de Avery et al., o fato de o tratamento com DNase ter impedido a transformação mostra que a degradação do DNA elimina a capacidade transformante do extrato, confirmando o papel central do DNA.
- III. Verdadeiro. A manutenção da transformação mesmo após o tratamento com protease indica que as proteínas não são o agente transformante, pois sua degradação não afetou o fenômeno.
- IV. Falso. O tratamento com RNase não inibiu a transformação, o que demonstra que o RNA não é o material transformante. Não há evidência, nesse contexto, de que o RNA desempenha um papel complementar na transmissão da virulência.
- V. Verdadeiro. A combinação dos resultados dos experimentos de Griffith e dos tratamentos enzimáticos de Avery et al. fornece uma base sólida para a conclusão de que o DNA é o material hereditário, ainda que outros fatores celulares possam influenciar a expressão fenotípica da virulência.

Referências

Griffith, F. (1928). The Significance of Pneumococcal Types. *Journal of Hygiene*, 27(2), 113–159.

Avery, O. T., MacLeod, C. M., & McCarty, M. (1944). Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types. *Journal of Experimental Medicine*, 79(2), 137–158.

CAMPBELL, N. A. et al. *Biologia de Campbell*. 10ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

2. Em *Petunia hybrida*, a cor das pétalas é determinada por antocianinas, pigmentos que conferem tonalidades roxas e vermelhas em diversas flores. O gene PIG codifica uma enzima chave na via bioquímica de síntese dessas antocianinas. Pesquisadores compararam a expressão de PIG, quantificando o nível de RNAm, e a atividade enzimática resultante (por ensaios bioquímicos) em três linhagens:

- WT (Silvestre): pétalas roxas (produção normal de antocianina).
- Mutante 1 (M1): pétalas brancas, sugerindo falha na síntese de antocianinas.
- Mutante 2 (M2): pétalas brancas, também sem acumular pigmento.

Os resultados médios estão na tabela 1, representados em unidades arbitrárias:

Tabela 1 - Comparação de diferentes linhagens de *Petunia hybrida* em três características.

Amostra	Nível de RNAm (gene PIG)	Atividade Enzimática	Cor das Pétalas
WT	100	100	Roxa
Mutante 1	10	10	Branca
Mutante 2	90	0	Branca

Os pesquisadores observaram que, embora as duas linhagens mutantes apresentem pétalas brancas, há diferença considerável entre seus níveis de RNAm (M1 tem baixo RNAm; M2 tem quase o mesmo nível de RNAm que o WT, mas nenhuma atividade enzimática).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. A presença de RNAm em níveis próximos ao da linhagem silvestre (WT) aliado à atividade enzimática igual a zero na Mutante 2 (M2), sugere que a proteína sintetizada esteja não funcional ou que haja uma falha em seu processamento pós-traducional.
 - II. Os valores reduzidos de RNAm e atividade enzimática na Mutante 1 (M1) podem indicar tanto um defeito na transcrição do gene *PIG* quanto na estabilidade do RNAm produzido.
 - III. Se a mutação na Mutante 2 (M2) introduzisse um códon de parada prematuro (*nonsense*), seria impossível manter níveis de RNAm semelhantes ao WT, pois códon de parada antecipado impede a transcrição do gene.
 - IV. O fato de tanto M1 quanto M2 resultarem em pétalas brancas, ilustra que mutações diferentes podem afetar diferentes etapas da expressão gênica, mas ainda culminar em falha na produção de antocianina.
 - V. Esses dados sugerem que todo RNAm com baixa atividade enzimática deve ter obrigatoriamente sofrido uma mutação no sítio de ligação do ribossomo, impedindo o início eficiente da tradução.
- A. Apenas I e II são verdadeiras;
 - B. Apenas I, II, IV e V são verdadeiras;
 - C. Apenas III e V são verdadeiras;
 - D. Apenas são I, II e IV verdadeiras;
 - E. Apenas I, II, III e IV são verdadeiras.

Resposta: Letra D

Gabarito Comentado

- I. Verdadeiro. A Mutante 2 tem nível de RNAm quase normal, mas atividade enzimática nula, o que aponta para um problema após a transcrição – seja na tradução (uma mutação que altere a estrutura proteica) ou no processamento/estabilidade da enzima.
- II. Verdadeiro. Se a quantidade de RNAm é muito baixa, pode haver falha na transcrição (promotor ou fatores de transcrição defeituosos) ou rápida degradação do mRNA, levando a pouca proteína funcional.
- III. Falso. Um códon de parada prematuro (*nonsense*) pode levar à redução de mRNA via mecanismos como *nonsense-mediated decay* (NMD), mas não impede “necessariamente” que o RNAm seja produzido em nível próximo ao normal antes de ser degradado. Além disso, a transcrição pode ocorrer, mas o polipeptídeo gerado seria truncado. Não é “impossível” manter níveis de mRNA altos; depende de fatores como eficiência do NMD.
- IV. Verdadeiro. As pétalas brancas em ambas as mutantes mostram que defeitos em diferentes etapas da rota de expressão gênica (transcrição, processamento, tradução ou estabilidade proteica) podem bloquear a produção do pigmento, resultando em fenótipo semelhante (ausência de cor).
- V. Falso. Uma baixa atividade enzimática pode ter diversas causas (mutação estrutural na proteína, perda de sítio catalítico, falha de dobra, etc.). Não é correto afirmar que todo RNAm baixo ou enzima inativa seja consequência de um defeito no sítio de ligação do ribossomo.

Referências

- CAMPBELL, N. A. et al. *Biologia de Campbell*. 10ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

- HOLTON, T. A., & CORNISH, E. C. (1995). Genetics and Biochemistry of Anthocyanin Biosynthesis. The Plant Cell, 7, 1071–1083.

(Artigo de referência sobre a via de biossíntese de antocianinas em plantas.)

3. A transmissão da informação genética para a prole é essencial para a continuidade dos organismos. Gregor Mendel foi o pioneiro na formulação de regras matemáticas que explicam os padrões de herança de características entre gerações. No entanto, após suas descobertas, um outro cientista, o Thomas Morgan, realizou estudos que mostraram que nem sempre as leis de Mendel explicam as frequências genotípicas e fenotípicas observadas. Para esses casos, Morgan desenvolveu a seguinte fórmula matemática:

$$\text{Frequência de recombinação} = \frac{\text{número de recombinantes}}{\text{total de descendentes}} \times 100$$

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- Se em um cruzamento teste obtemos uma prole com 630 indivíduos de um fenótipo A, 211 do fenótipo B, 202 do fenótipo C e 59 do fenótipo D, isso é um indicativo de que os genes que conferem essas características estão em cromossomos diferentes.
- Ao analisar um gráfico onde o eixo Y representa a frequência de um fenótipo e o eixo X indica a quantidade de indivíduos com determinado fenótipo, a formação de uma curva em sino sugere que a característica em questão segue um padrão de herança poligênica.
- A partir do cruzamento entre uma fêmea diíbrida da F1 e um macho duplo homocigoto recessivo, a prole apresentou a seguinte proporção de gametas: $AB - 1339$, $ab - 1195$, $Ab - 151$ e $aB - 154$. Diante desses resultados, é correto afirmar que os genes estão ligados e a distância entre eles é de 10,75 centimorgans.
- O tipo sanguíneo no sistema ABO é um exemplo de herança poligênica.
- Quando uma característica sempre é herdada das fêmeas para a prole, podemos dizer que ela está ligada ao cromossomo X.

A. Apenas I, II e III são verdadeiras;

B. Apenas I e II são verdadeiras;

C. Apenas I e IV são verdadeiras;

D. Apenas II e III são verdadeiras;

E. Apenas IV e V são verdadeiras.

Resposta: Letra A

Gabarito:

- V – A herança mendeliana diíbrida resulta na proporção observada (9:3:3:1) e a partir dessas observações foi proposta a segunda lei de Mendel, que fala sobre a segregação independente de genes em cromossomos diferentes.

- II. V – Isso ocorre porque traços controlados por múltiplos genes tendem a apresentar uma distribuição contínua na população, com valores intermediários sendo mais comuns e extremos mais raros.
- III. V – A proporção de gametas não é 1:1:1:1, como seria esperado caso eles fossem segregados independentemente, e o cálculo da distância desses genes em centimorgans é feito conforme a conta:

$$\text{Frequência de recombinação} = \frac{\text{número de recombinantes}}{\text{total de descendentes}} \times 100$$

$$\text{Frequência de recombinação} = \frac{151 + 154}{2839} \times 100$$

$$= \frac{305}{2839} \times 100$$

$$\approx 10,75\% \text{ (ou } 10,75 \text{ cM)}$$

- IV. F – O sistema ABO constitui um exemplo de codominância
- V. F – Esse padrão de herança não é ligado ao X mas sim a mitocôndrias.

4. Um estudo publicado na revista *Science Advances* (2025) evidenciou que a ingestão de microplásticos por organismos marinhos pode causar danos fisiológicos e ecológicos significativos. Esses polímeros sintéticos, que variam de tamanho inferior a 5 mm, estão presentes em diversas teias alimentares oceânicas. A presença desses contaminantes emergentes tem sido detectada em diversos ecossistemas, incluindo os das Filipinas, o que representa uma ameaça significativa ao meio ambiente e à saúde humana, como afirma o estudo publicado pela *Marine Pollution Bulletin* (2021). As Filipinas possuem um dos recifes de coral mais extensos do mundo, com uma área de 27.000 quilômetros quadrados, no entanto, é um dos países que tiveram a maior parcela de resíduos plásticos globais descartados no oceano em 2019. O país foi responsável por 36,38% dos resíduos plásticos oceânicos globais, muito mais do que o segundo maior poluidor de plástico, a Índia, que no mesmo ano foi responsável por cerca de 12,92% do total.

Modificado de: RAMOS. D. Disponível em: <https://earth.org/philippines-plastic/>. Acesso em: 06 fev. 2025.

Os impactos antropogênicos, como a poluição por plásticos, afetam significativamente os organismos marinhos e a saúde humana. Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Os microplásticos podem servir como vetores para substâncias tóxicas e podem causar uma redução nos níveis de perfusão sanguínea nos vasos, aumentando os riscos à saúde humana.
- II. A poluição por microplásticos não afeta significativamente os organismos marinhos, pois, por apresentarem tamanhos pequenos, quando ingeridos podem ser logo excretados, interferindo pouco na teia alimentar.
- III. A poluição causada por microplásticos é particularmente notável nos oceanos, onde organismos marinhos como peixes, mariscos e plâncton os ingerem, introduzindo-os assim na cadeia alimentar humana. Em outros sistemas, como de água doce e o ambiente terrestre, por apresentarem uma área definida, os malefícios aos organismos são menores.
- IV. Estudos sugerem que os plásticos em nanoescala podem romper a barreira hematoencefálica, levando a efeitos neurotóxicos, desencadeando ou agravando condições como a doença de Parkinson e outras doenças demenciais neurologicamente relacionadas.

V. O acúmulo de microplásticos nos organismos pode resultar em disfunções teciduais e doenças crônicas, como doenças respiratórias, distúrbios do sistema imunológico, inflamação crônica, efeitos nas glândulas endócrinas que levam ao desequilíbrio hormonal e disfunções metabólicas.

- A. Apenas I, IV e V são verdadeiras;
- B. Apenas I, II e III são verdadeiras;
- C. Apenas III e V são verdadeiras;
- D. Apenas I e V são verdadeiras;
- E. Apenas IV e V são verdadeiras.

Resposta: Letra A

Respostas:

- I. Verdadeiro. Há evidências científicas de que a ingestão de microplásticos pode proporcionar o acúmulo de substâncias químicas nocivas, afetando o organismo e a biodiversidade marinha. Além de ter potencial de inibição da perfusão sanguínea causada por obstrução celular.
- II. Falso. A poluição por plásticos, independente de seu tamanho, demoram a se decompor e gera impactos na cadeia alimentar.
- III. Falso. Os malefícios gerados pela presença dos microplásticos e nanoplásticos são evidentes em qualquer sistema.
- IV. Verdadeiro. Partículas plásticas nanométricas podem penetrar a barreira hematoencefálica e entrar no tecido cerebral, desencadeando ou agravando doenças neurológicas.
- V. Verdadeiro. Microplásticos foram encontrados em fezes humanas e em vários tecidos, incluindo fígado, rim, placenta e sangue. À medida que o sangue circula, essas partículas podem ser transportadas para qualquer órgão.

Leia o contexto a seguir para responder às questões 5 e 6:

A replicação do DNA é um processo fundamental para a divisão celular, garantindo a transmissão da informação genética. Esse mecanismo envolve a atuação coordenada de diversas enzimas, que asseguram a duplicação correta do material genético. Um complexo de várias enzimas se associa para permitir a replicação, e ele é chamado de replissomo.

Além da replicação, a integridade do DNA é essencial para o funcionamento celular. Diferentes fatores podem influenciar a estabilidade do genoma e a análise dessas variações pode ser feita por diversas técnicas laboratoriais. As imagens abaixo exemplificam uma técnica chamada eletroforese que é amplamente utilizada para investigar características de ácidos nucleicos (A) e proteínas (B), permitindo a separação de moléculas com base no tamanho de suas sequências, por exemplo.

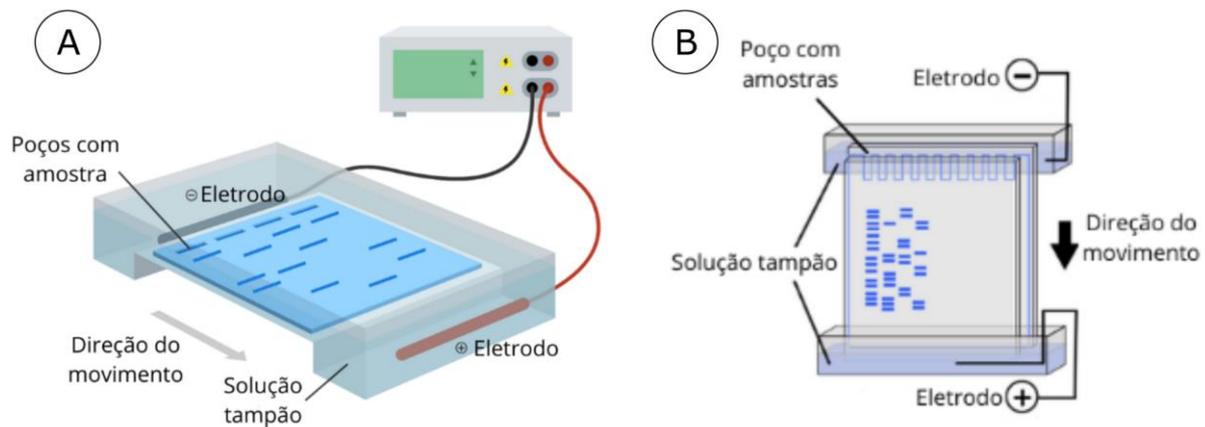


Figura 1 - Eletroforese de DNA (A) e de proteínas (B). Modificada de Genome Research Limited e Khan Academy.

A análise dos resultados dessas técnicas podem auxiliar a entender a presença de mutações no DNA, que também podem estar relacionadas com alterações nas sequências de proteínas. Para essa análise, é importante saber qual o aminoácido codificado por cada códon, como está mostrado na figura a seguir:

1ª Base	2ª Base				3ª Base
	U	C	A	G	
U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr stop stop	Cys Cys stop Trp	U C A G
C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G
A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G

Figura 2 - Tabela de código genético. Modificada de Khan Academy.

5. Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Os *primers* são adicionados no sentido 3' → 5' porque as polimerases de DNA requerem um terminal 5' para iniciar a síntese, e usam os primers como uma plataforma.
- II. Considerando que o 15º aminoácido da Topoisomerase usa como molde a fita de DNA de sequência TTC, uma mutação para TTT nessa mesma fita poderia causar várias quebras na fita de DNA.
- III. A topoisomerase, durante a síntese de DNA atua relaxando a tensão causada pela abertura da dupla fita de DNA.
- IV. Os *primers* adicionados para a replicação do DNA são de RNA.
- V. A replicação do DNA é semiconservativa.

- A. Apenas I, IV e V são verdadeiras;
- B. Apenas II, III e IV são verdadeiras;
- C. Apenas III e V são verdadeiras;
- D. Apenas IV e V são verdadeiras;
- E. Apenas III, IV e V são verdadeiras.

Resposta: Letra E

- I. Gabarito:
F – As DNA polimerases precisam de um terminal 3' para sintetizar DNA, e não 5'.
- II. F – Tanto TTC quanto TTT codificam o mesmo aminoácido, portanto é uma mutação sinônima e a função da topoisomerase não seria afetada.
- III. V – Com a abertura da dupla fita de DNA ocorre uma tensão logo a frente do replissomo, e a topoisomerase relaxa essa tensão evitando que o DNA se rompa
- IV. V – Os primers adicionados na fita descontínua são de RNA e sua função é servir como uma plataforma para que a polimerase sintetize DNA
- V. V – A replicação do DNA é semiconservativa pois preserva uma fita molde (fita “velha”) e sintetiza uma nova a partir dela

6. Como mencionado, a eletroforese é uma técnica muito utilizada e permite a distinção de biomoléculas a partir de diferenças em algumas características.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. () Uma das formas de analisar a paternidade é amplificar o DNA dos possíveis pais e filhos e analisar a presença de bandas do mesmo tamanho entre eles.
- II. () O DNA migra para o polo negativo na eletroforese por causa da carga das bases nitrogenadas.
- III. () Uma mutação na fita molde de DNA que forme a trinca ATT no meio de um gene codificante não alteraria a posição da proteína codificada por este gene em uma eletroforese.
- IV. () A eletroforese de DNA sempre fornece informações sobre a expressão genética.
- V. () A eletroforese de DNA separa as sequências pela massa.

- A. Apenas I, II e V são verdadeiras;
- B. Apenas V é verdadeira;
- C. Apenas III e IV são verdadeiras;
- D. Apenas I e V são verdadeiras;
- E. Todas as proposições são verdadeiras.

Resposta: Letra D

Gabarito

- I. V – Nesse método de determinar a paternidade, marcadores podem ser amplificados por PCR e a presença deles entre os indivíduos é analisada para determinar a paternidade.
- II. F – O que confere a carga negativa para o DNA são os grupos fosfato.
- III. F – A sequência ATT gera um stop códon, e se ele ocorre no meio da sequência da proteína, ela terá o tamanho drasticamente afetado, e portanto terá sua posição alterada na eletroforese, já que sua sequência será menor.
- IV. F – A eletroforese de DNA separa fragmentos de DNA, mas não permite saber diretamente quais os segmentos que são transcritos em RNA.
- V. V – Na eletroforese a matriz semi-sólida usada funciona como uma peneira que atrasa a migração de sequências com alto peso/tamanho.

7. Em ecologia de comunidades, as interações entre organismos são classificadas de acordo com seus efeitos sobre as espécies envolvidas, podendo ser benéficas, prejudiciais ou neutras. As interações podem ocorrer entre indivíduos de uma mesma população ou podem ocorrer entre organismos de diferentes espécies.

Fonte: RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert (2021). A economia da natureza.

A figura 1 representa graficamente diferentes casos de efeito de uma população sobre outra população:

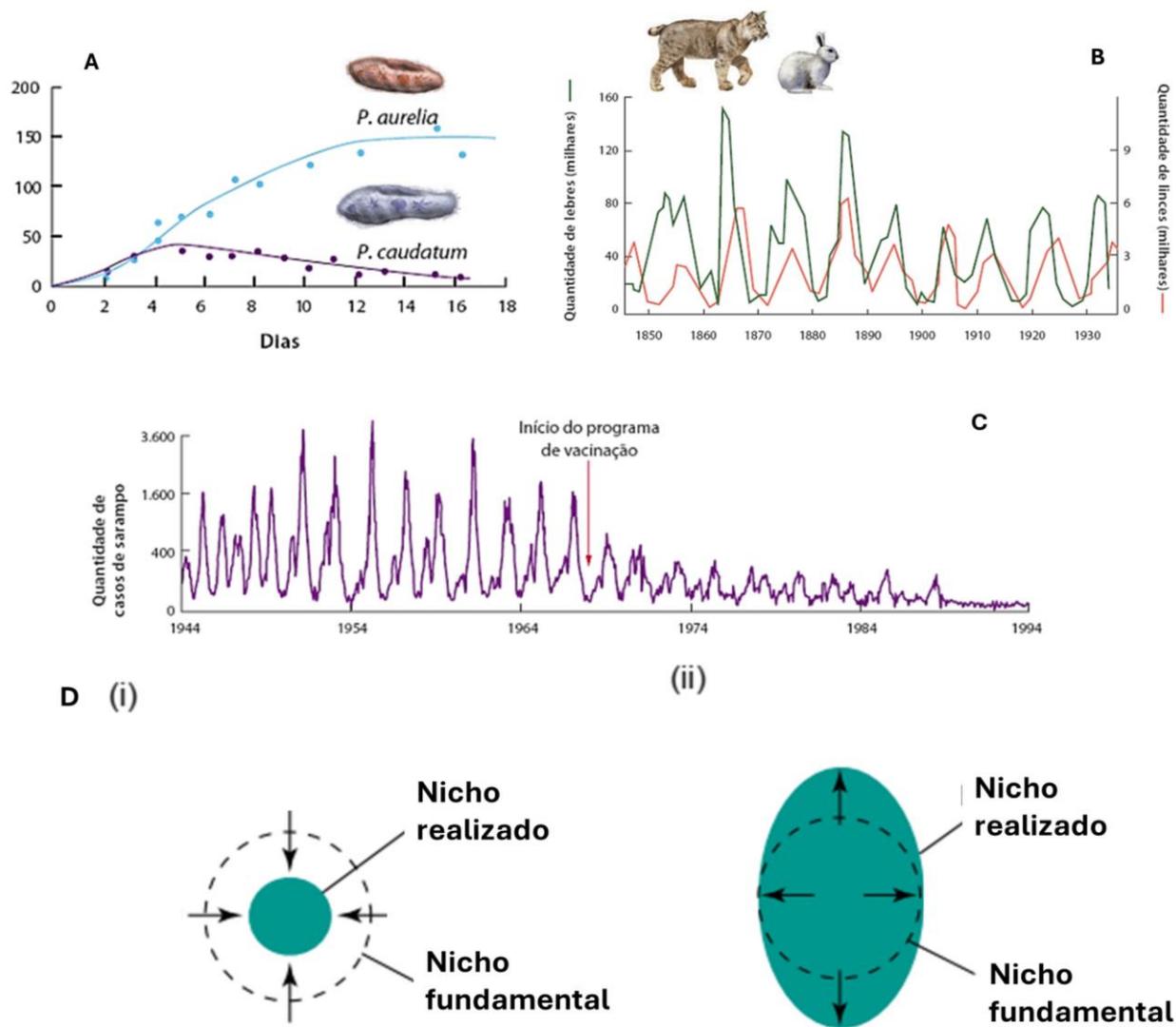


Figura 1 - (A) Crescimento populacional de duas espécies de protistas em um mesmo meio de cultura. (B) Flutuações cíclicas nas populações de lebres-das-neves e linces. (C) Ocorrência cíclica de sarampo em uma população humana. (D) Nicho fundamental e o realizado diante de diferentes interações ecológicas. (A), (B) e (C) modificadas de RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. (2021). A economia da natureza. Figura (D) modificada de Bruno, J. F. *et al.* (2003). [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)00045-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)00045-9)

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Na imagem (C) é possível observar uma queda na quantidade de casos de sarampo após a vacinação. A relação apresentada é do tipo desarmônica conhecida como parasitismo.
- II. Gause, em 1934, descreveu o Princípio da Exclusão Competitiva concluindo que duas espécies competindo pelos mesmos recursos limitantes não podem coexistir permanentemente no mesmo local. Este princípio está representado na figura B.

- III. A figura (B) representa o modelo predador-presa de Lotka-Volterra, onde a densidade da presa é influenciada pela densidade do predador e vice-versa.
- IV. A figura (A) representa uma interação harmônica, onde duas espécies podem co-ocorrer ao longo do tempo.
- V. Na Figura (D), o nicho realizado pode ser maior que o nicho fundamental em interações consumidor-recurso, como predação, competição e parasitismo. Por outro lado, o mutualismo pode reduzir o nicho realizado o tornando menor que o nicho fundamental.

- A. Apenas I, III e V são verdadeiras;
- B. Apenas II e V são verdadeiras;
- C. Apenas II, III e IV são verdadeiras;
- D. Apenas III é verdadeira;
- E. Apenas I e III são verdadeiras.

Resposta: Letra E

Gabarito comentado

- I. Verdadeiro.
- II. Falso. A figura (A) é a que descreve melhor este princípio.
- III. Verdadeiro.
- IV. Falso. Representa uma relação desarmônica que é a competição, onde o *P. aurelia* é melhor competidor do que o *P. caudatum*.
- V. Falso. Na Figura (D), o nicho realizado pode ser menor que o nicho fundamental em interações consumidor-recurso, como predação, competição e parasitismo. Por outro lado, o mutualismo pode expandir o nicho realizado além do nicho fundamental.

8. As comunidades biológicas podem ser caracterizadas com base em sua diversidade, considerando aspectos como a riqueza de espécies e a abundância relativa. As curvas de abundância ranqueada são bons indicadores das diferenças entre comunidades em termos de riqueza e uniformidade. Além disso, as comunidades podem ser descritas com base em sua estrutura trófica, que representa sua organização e dinâmica por meio das relações alimentares entre os organismos. A alteração das densidades em cada nível trófico pode influenciar a densidade dos níveis tróficos superiores ou inferiores.

Modificado de: RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert (2021). A economia da natureza.

A figura 1 representa a estrutura de diferentes comunidades:

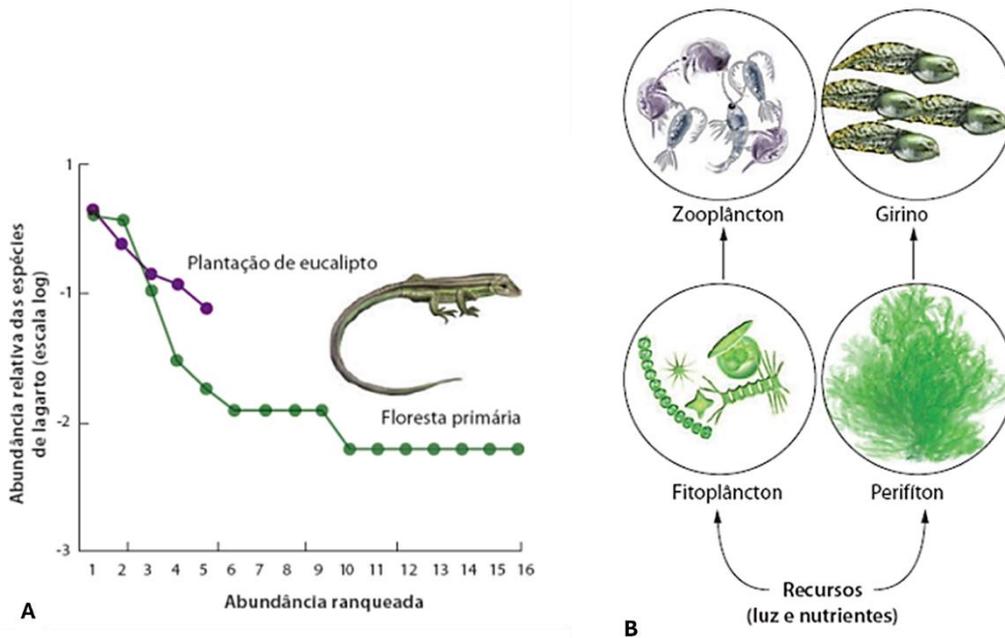


Figura 1 - (A) Riqueza de espécies e distribuição de abundâncias em duas comunidades distintas. (B) Cadeia trófica hipotética em um lago. Modificada de RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. (2021). A economia da natureza.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Na figura A podemos afirmar que a curva de abundância ranqueada para a floresta primária se estende bem mais longe para a direita do que a curva para os lagartos na plantação de eucalipto, o que indica que a floresta primária contém muito mais espécies de lagartos do que a plantação de eucalipto.
- II. Na figura B podemos afirmar que se aplicarmos inseticida com efeito negativo sobre a densidade do zooplâncton teremos um aumento da densidade do fitoplâncton, descrevendo um efeito “de cima para baixo – *top-down*”.
- III. Na figura A, considerando as inclinações das curvas ao longo da ordenação de espécies que as duas comunidades têm em comum (1 - 5) podemos afirmar que a comunidade de lagartos na floresta primária tem uma uniformidade maior do que a da plantação de eucalipto.
- IV. Na figura B, o fitoplâncton e o perifíton pertencem ao mesmo nível trófico, conhecidos como produtores primários e são organismos heterotróficos.
- V. Na figura B, em relação aos recursos, a falta de luz ou o excesso de nutrientes pode causar uma mudança na densidade do fitoplâncton e do perifíton, promovendo um controle conhecido como “de baixo para cima – *bottom-up*”.

- A. Apenas I e V são verdadeiras;
- B. Apenas I, II e V são verdadeiras;
- C. Apenas I, II e III são verdadeiras;
- D. Apenas III e IV são verdadeiras;
- E. Apenas II e IV são verdadeiras.

Resposta: Letra B

Gabarito comentado

- I. Verdadeiro.
- II. Verdadeiro.
- III. Falso. A uniformidade observada nessa situação é menor na floresta primária do que na plantação de eucalipto.
- IV. Falso. Os produtores primários são organismos autotróficos.
- V. Verdadeiro.

9. Os gráficos abaixo representam a concentração de oxigênio ao longo dos períodos geológicos da Terra. Observe que a concentração de O_2 na atmosfera só aparece após o surgimento dos primeiros organismos com funções fotossintetizantes. Em particular, observe o período entre -400 e -200 milhões de anos. O aparecimento das primeiras florestas em -400 milhões (no meio do período Devoniano) de anos e o aparecimento de vertebrados terrestres em -350 milhões de anos, seguidos do aparecimento de animais com sistema pulmonar. Observe também que o segundo gráfico demonstra a extinção da megafauna de insetos no período Triássico em -250 milhões de anos.

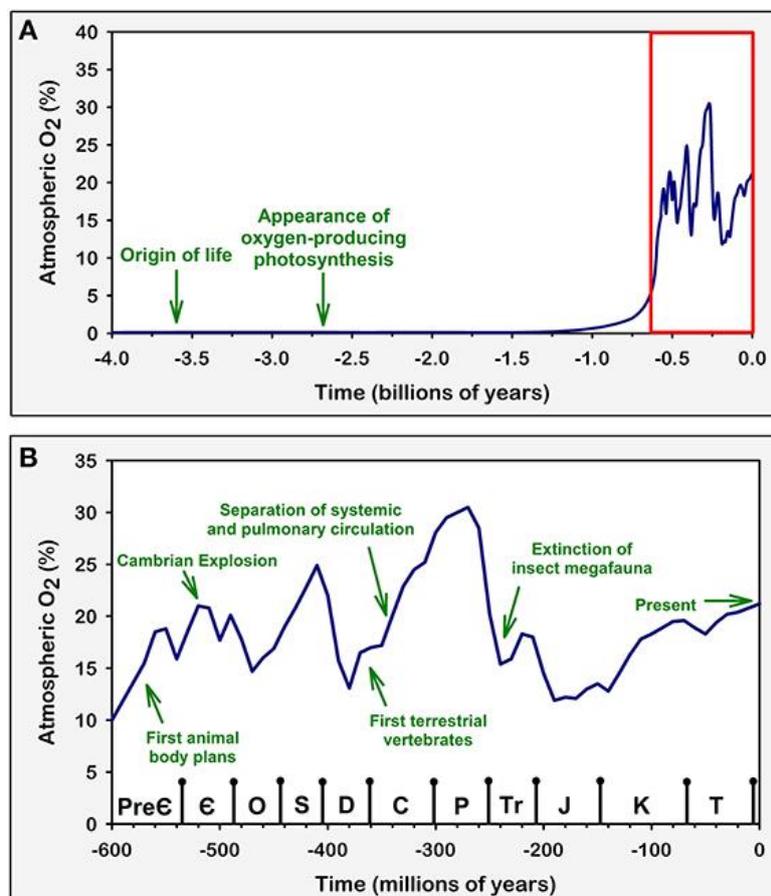


Figura 1 - Variações dos níveis de O_2 atmosférico ao longo do tempo geológico da Terra. Retirada de: Costa, K. M. *et al.* (2014). <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00302>.

Tradução da figura:

Atmospheric O₂ - Gás oxigênio atmosférico.

Time (millions of years) - Tempo (milhões de anos).

Appearance of oxygen-producing photosynthesis - Surgimento de fotossintetizantes produtores de oxigênio.

Origin of life - origem da vida.

First animal body plans - Primeiros animais com planos corpóreos.

Cambrian Explosion - Explosão do Cambriano.

Separation of systemic and pulmonary circulation - Separação de circulação sistêmica e pulmonar.

First terrestrial vertebrates - primeiros vertebrados terrestres.

Extinction of insect megafauna - Extinção da megafauna de insetos.

Present - Presente.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. A presença de oxigênio atmosférico está relacionado com o aparecimento de seres vivos autótrofos.
- II. O aparecimento das primeiras florestas aumentou drasticamente a quantidade de oxigênio na atmosfera, o que proporcionou maior desenvolvimento dos seres heterótrofos, o que permitiu o aparecimento de vertebrados terrestres.
- III. Há um platô na concentração de oxigênio em -350 milhões de anos, o que implica a aparição de seres vertebrados terrestres, mas estes consumiram parte do oxigênio atmosférico produzido, impedindo o crescimento da curva.
- IV. A maior concentração de gás oxigênio na atmosfera terrestre ocorreu no período do Permiano (P).
- V. A extinção do Permiano-Triássico em, aproximadamente, -250 milhões de anos está localizada no ponto de mínimo local da concentração de oxigênio atmosférico. A queda drástica da substância está diretamente relacionada com grandes extinções.

- A. Apenas I, II e III são verdadeiras;
- B. Apenas I, II e IV são verdadeiras;
- C. Apenas II, IV e V são verdadeiras;
- D. Apenas I, II, III e IV são verdadeiras;
- E. Todas as proposições são verdadeiras.

Resposta: Letra E

- I. Verdadeiro A presença de O₂ atmosférico está relacionado com o aparecimento de seres vivos autótrofos.
- II. Verdadeiro O aparecimento das primeiras florestas aumentou drasticamente a quantidade de O₂ na atmosfera, o que proporcionou maior desenvolvimento dos seres heterótrofos, tal biodiversidade permitiu o aparecimento de vertebrados terrestres.
- III. Verdadeiro Há um plateau na concentração de O₂ em -350 milhões de anos, o que implica que a aparição de seres vertebrados terrestres consumiu parte do oxigênio atmosférico produzido, impedindo o crescimento da curva.
- IV. Verdadeiro

- V. Verdadeiro A extinção do Permiano-Triássico em -252 milhões de anos está localizada no ponto de mínimo local da concentração de oxigênio atmosférico. A queda drástica da substância está diretamente relacionada com grandes extinções.

10. Os vírus são agentes infecciosos que dependem de células hospedeiras para se replicar. Eles podem causar uma variedade de doenças, desde resfriados comuns até doenças graves como AIDS e COVID-19. A replicação viral envolve a entrada do vírus na célula hospedeira, a expressão de seus genes, a replicação do genoma viral e a montagem de novas partículas virais. A resposta imune ao vírus inclui a produção de anticorpos neutralizantes e a ativação de células T citotóxicas, que eliminam as células infectadas.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Os retrovírus, como o HIV, possuem um genoma de RNA que é convertido em DNA pela enzima transcriptase reversa, permitindo a integração do genoma viral no DNA da célula hospedeira.
II. Os vírus envelopados, como o vírus da gripe, são mais resistentes a desinfetantes e ao ambiente externo do que os vírus não envelopados, como os bacteriófagos.
III. A resposta imune celular, mediada por células T citotóxicas, é crucial para eliminar células infectadas por vírus, enquanto a resposta humoral, mediada por anticorpos, previne a infecção de novas células.
IV. A varíola, causada pelo vírus *Orthopoxvirus variolae*, foi erradicada globalmente devido a campanhas de vacinação em massa, sendo um exemplo de sucesso no controle de doenças virais.
V. Os vírus bacteriófagos infectam células humanas e são amplamente utilizados na terapia fágica para tratar infecções bacterianas.

- A. Apenas I, II, IV são verdadeiras;
B. Apenas I, III, IV são verdadeiras;
C. Apenas II, III, IV são verdadeiras;
D. Apenas III, IV são verdadeiras;
E. Apenas I, V são verdadeiras.

Resposta: Letra B

Gabarito Comentado:

Afirmativa I – Verdadeira:

Os retrovírus, como o HIV, possuem RNA como material genético e utilizam a transcriptase reversa para converter o RNA em DNA, que é então integrado ao genoma da célula hospedeira.

Afirmativa II – Falsa:

Os vírus envelopados são geralmente menos resistentes a desinfetantes e ao ambiente externo do que os vírus não envelopados, pois o envelope viral é sensível a agentes químicos e físicos, uma vez que é uma camada lipídica.

Afirmativa III – Verdadeira:

A resposta imune celular, mediada por células T citotóxicas, é essencial para eliminar células infectadas por vírus. Por outro lado, a resposta humoral, mediada por anticorpos produzidos por células B, atua neutralizando partículas virais livres e impedindo a infecção de novas células.

Afirmativa IV – Verdadeira:

A varíola foi a primeira doença infecciosa a ser erradicada globalmente devido a campanhas de vacinação em massa. O último caso natural de varíola foi registrado em 1977, e em 1980 a OMS declarou a doença erradicada. Este foi um marco na história da Saúde Pública.

Afirmativa V – Falsa:

Os bacteriófagos são vírus que infectam especificamente bactérias, não células humanas. Eles são utilizados na terapia fágica, uma abordagem terapêutica que usa fagos para tratar infecções bacterianas, especialmente aquelas causadas por bactérias multirresistentes a antibióticos. Seu uso é direcionado exclusivamente a infecções bacterianas, não virais.

11. Xenacoelomorpha é um filo animal cuja posição filogenética ainda causa controvérsia. Isso se deve, em parte, pelo fato de seus representantes apresentarem simetria bilateral, mas não exibirem outras características típicas dos bilatérios, como ânus e nefrídios. Atualmente, a diversidade de Xenacoelomorpha é classificada em três grupos distintos: Xenoturbella, Nemertodermatida e Acoela. Uma hipótese para as relações filogenéticas entre esses três grupos está mostrada na figura 1:

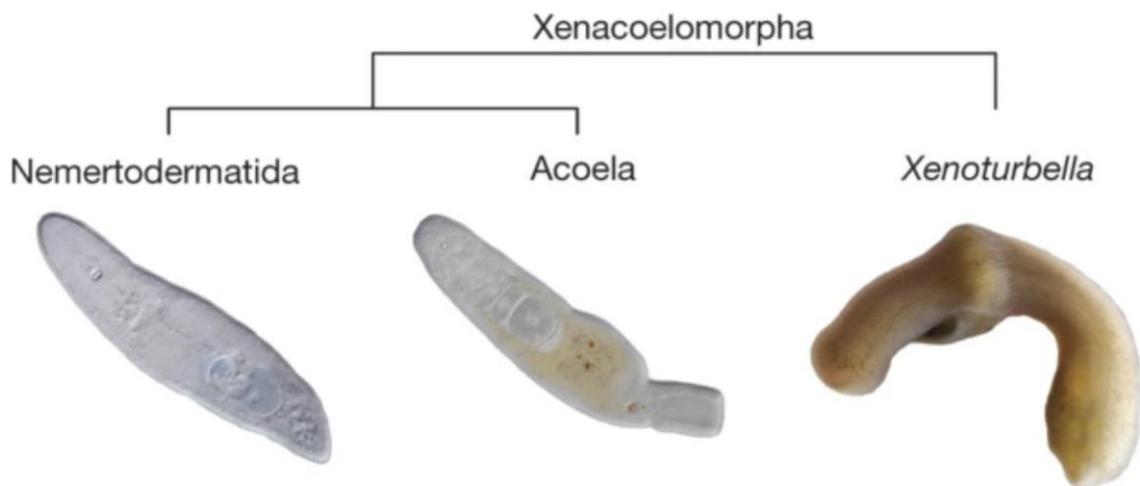


Figura 1 - Relações filogenéticas dos grupos de Xenacoelomorpha. Modificada de: Cannon, J. T. *et al.* (2016). <https://doi.org/10.1038/nature16520>

Devido às incertezas quanto a posição filogenética de Xenacoelomorpha dentro de Metazoa, diversas filogenias, que refletem diferentes hipóteses, foram construídas ao longo do tempo, como está representado na figura 2:

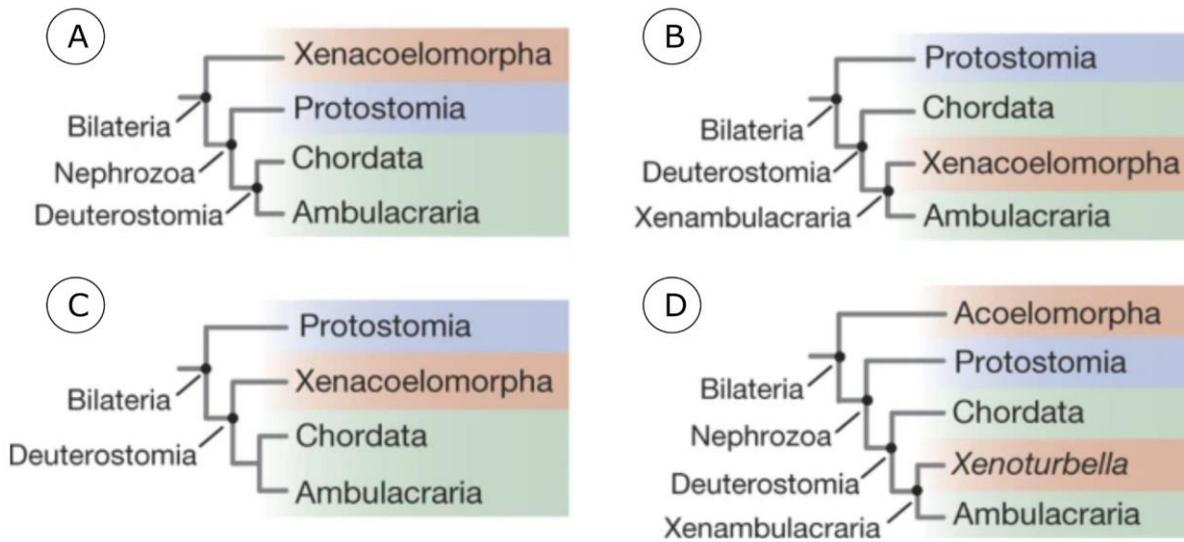


Figura 2 - Diferentes posições filogenéticas de Xenacoelomorpha em Metazoa. Na filogenia D, considere Acoelomorpha como o grupo formado por Acoela e Nemertodermatida. Modificada de: Cannon, J. T. *et al.* (2016). <https://doi.org/10.1038/nature16520>

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- A filogenia mostrada na figura 1 indica que Nemertodermatida e Acoela formam um grupo monofilético.
- Xenoturbella é grupo irmão dos demais Xenacoelomorpha tanto na filogenia da figura 1 quanto na filogenia D da figura 2.
- A distância filogenética entre Xenacoelomorpha e Chordata é a mesma nas filogenias B e C da figura 2.
- A distância filogenética entre Xenacoelomorpha e Protostomia é a mesma nas filogenias A e B da figura 2.
- Xenacoelomorpha é grupo irmão de Nephrozoa apenas nas filogenias A e D da figura 2.

- Apenas I e III são verdadeiras;
- Apenas III e V são verdadeiras;
- Apenas I e IV são verdadeiras;
- Apenas I, II e IV são verdadeiras;
- Apenas I, III e IV são verdadeiras.

Resposta: Letra E

Gabarito:

- V. Um grupo monofilético em uma filogenia pode ser definido por aquele que engloba todos os táxons terminais que compartilham um ancestral comum exclusivo. Nesse sentido, Acoela e Nemertodermatida formam um grupo monofilético pois são os únicos táxons terminais que derivam de seu ancestral comum mais recente.

- II. F. Considerando que grupos irmãos são dois grupos monofiléticos que, juntos, também formam um grupo monofilético, pode-se então concluir que Xenoturbella é grupo irmão do restante dos Xenacoelomorpha (Acoela e Nemertodermatida) apenas na filogenia da figura 1. Na filogenia D da figura 2, Xenoturbella é grupo irmão de Ambulacraria.
- III. V. Em ambos os casos, o ancestral comum mais recente entre os dois grupos é o mesmo (o ancestral comum de todos os deuterostomia), logo a distância filogenética também é a mesma.
- IV. V. Em ambos os casos, o ancestral comum mais recente entre os dois grupos é o mesmo (o ancestral comum de todos os bilateria), logo a distância filogenética também é a mesma.
- V. F. Xenacoelomorpha é o grupo irmão de Nephrozoa apenas na filogenia A. Na filogenia D, o grupo irmão de Nephrozoa é Acoelomorpha.

12. Um dos aspectos que ainda causa discussão dentro da evolução das plantas terrestres (embriófitas) é se as briófitas formam um grupo monofilético ou não. As plantas que são tipicamente chamadas de briófitas são os antóceros, as hepáticas e os musgos, representados na figura 1:

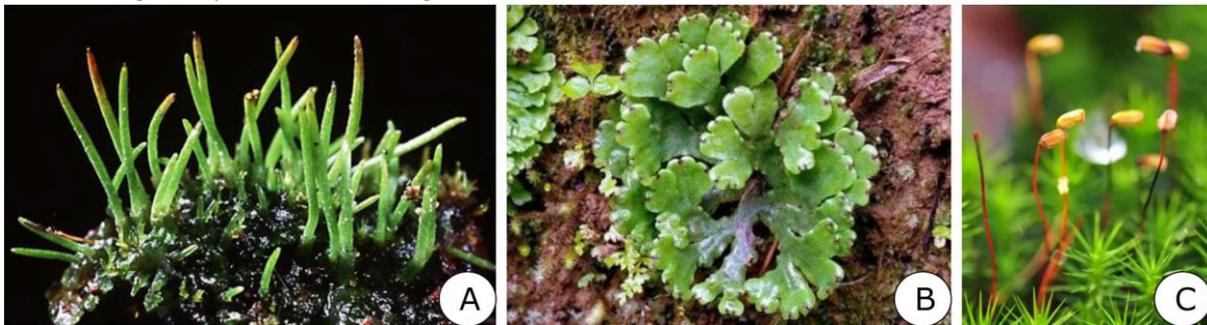


Figura 1 - Diversidade das briófitas. A. Antóceros; B. Hepáticas; C. Musgos. Modificada de: google imagens.

Saber se as briófitas formam ou não um grupo monofilético pode ser importante para compreender o surgimento dos estômatos nas embriófitas. Essas estruturas estão presentes em todas as plantas terrestres, com exceção do grupo das hepáticas. Nesse sentido, dois grupos de pesquisadores resolveram investigar as relações filogenéticas existentes dentro do grupo das briófitas e relacioná-las com a evolução dos estômatos. O primeiro grupo de pesquisadores elaborou como síntese de seus resultados a árvore filogenética I, que foi construída a partir da comparação da sequência de DNA de um gene de representantes de cada um dos táxons terminais representados na árvore. Já o segundo grupo realizou um método de construção de árvore muito semelhante, diferindo apenas que foram analisadas as sequências de dez genes de cada representante para a construção da árvore filogenética II. As duas árvores filogenéticas estão representadas na figura 2:

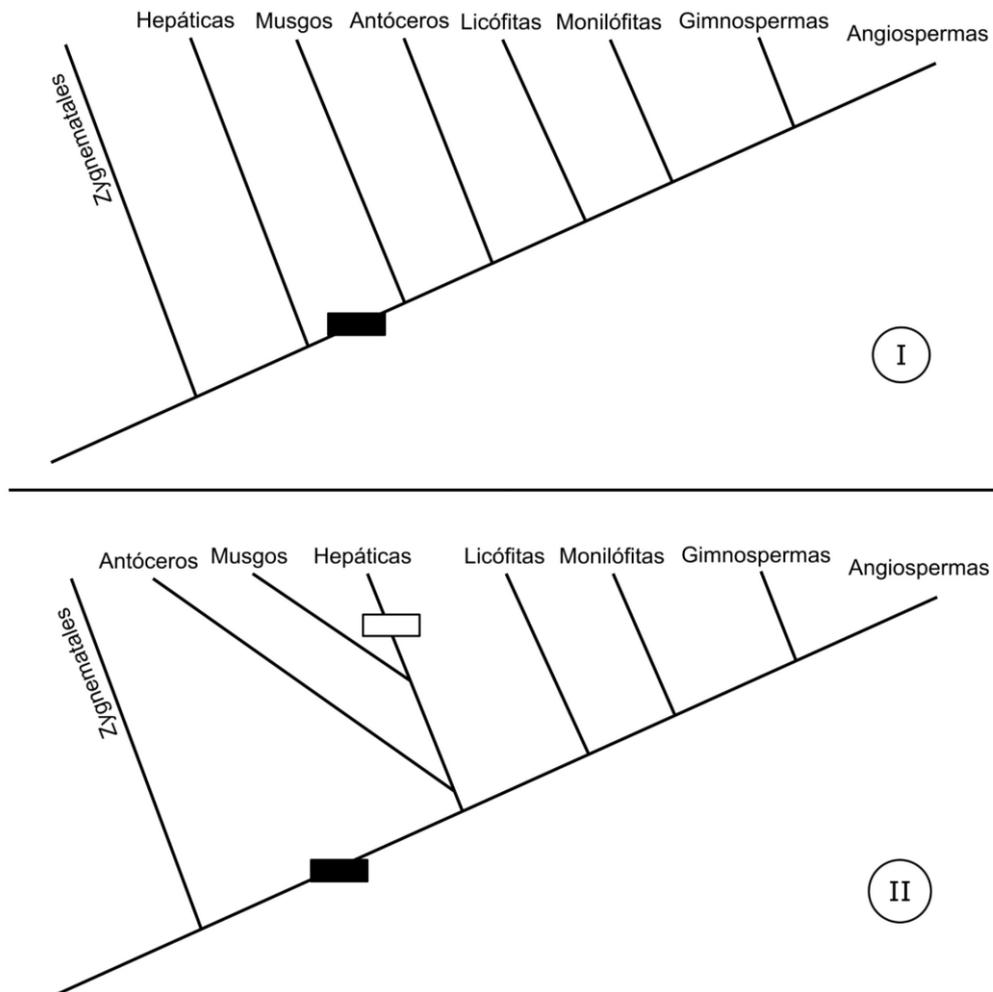


Figura 2 - Árvores filogenéticas I e II. Os retângulos pretos representam o surgimento dos estômatos e o retângulo branco representa a perda dos estômatos. Para ambas as árvores filogenéticas, considere Zygnetatales (ordem de algas verdes) como grupo-externo.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. A monofilia das briófitas está representada apenas na árvore filogenética I.
- II. Sobre a confiabilidade dos dados utilizados para a construção de cada árvore filogenética, é possível afirmar que a hipótese de os musgos e hepáticas serem grupos irmãos possui sustentação mais robusta do que a hipótese das hepáticas serem o grupo irmão do restante das embriófitas.
- III. Na árvore filogenética I, a presença de estômatos pode ser interpretada como uma evidência de que as traqueófitas são filogeneticamente mais próximas dos antóceros do que das hepáticas.
- IV. Na árvore filogenética I, a ausência de estômatos pode ser interpretada como uma evidência de que as hepáticas são filogeneticamente mais próximas das Zygnetatales do que dos musgos.
- V. A descoberta em hepáticas de genes de sequência similar àqueles relacionados com a ontogenia dos estômatos em angiospermas, seria uma evidência que daria maior suporte à árvore filogenética II.

A. Apenas II, III e IV são verdadeiras;

- B. Apenas III e V são verdadeiras;
- C. Apenas II, III e V são verdadeiras;
- D. Apenas II, III, IV e V são verdadeiras;
- E. Apenas I e IV são verdadeiras.

Resposta: Letra C

Gabarito:

- I. F. Um grupo monofilético em uma filogenia pode ser definido por aquele que engloba todos os táxons terminais que compartilham um ancestral comum exclusivo. Considerando isso, as briófitas formam um grupo monofilético apenas na árvore filogenética II.
- II. V. Como a árvore filogenética II foi construída a partir de um número maior de dados (10 genes, ao invés de 1), então ela possui maior confiabilidade que a árvore filogenética I. Considerando que grupos irmãos são dois grupos monofiléticos que, juntos, também formam um grupo monofilético, pode-se então concluir que as hepáticas são grupo irmão dos musgos na árvore filogenética II, que é mais confiável, ao passo que é grupo irmão das traqueófitas na árvore filogenética I, que é menos confiável.
- III. V. Na árvore filogenética I, o surgimento dos estômatos é uma característica derivada que define um grupo monofilético (sinapomorfia). Nesse sentido, grupos que compartilham uma sinapomorfia são mais próximos do aqueles que não a compartilham. Sendo assim, as traqueófitas, que possuem estômatos, possuem maior proximidade com os antóceros, que também possuem estômatos, do que com as hepáticas, que não possuem essas estruturas.
- IV. F. Na árvore filogenética I, a ausência de estômatos é uma característica ancestral (plesiomorfia). No entanto, o compartilhamento de plesiomorfias não pode ser usado para indicar maior proximidade filogenética entre dois grupos. Aliado a isso, nota-se que na árvore filogenética I o ancestral comum mais recente entre hepáticas e musgos é mais recente do que o ancestral comum mais recente entre hepáticas e Zygnematales. Portanto, as hepáticas possuem maior proximidade filogenética com os musgos do que com as Zygnematales.
- V. V. A presença de genes similares entre hepáticas e angiospermas sugere que houve um surgimento dos estômatos antes da divergência entre esses dois táxons com posterior perda secundária nas hepáticas, possivelmente devido a alterações genéticas que levaram a perda da funcionalidade de genes relacionados com os estômatos. Essa hipótese está de acordo com o representado na árvore filogenética II.

Comentário extra para comissão organizadora da OBB: Para mais informações sobre as hipóteses, consultar os seguintes artigos: [https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(20\)30418-8.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(20)30418-8.pdf)
https://www.researchgate.net/publication/323027752_Insights_into_Land_Plant_Evolution_Garnered_from_the_Marchantia_polymorpha_Genome

13. Os fungos constituem um grupo grande e diverso contando com aproximadamente 100.000 espécies descritas e ainda estima-se a possibilidade de existirem até 1 milhão de espécies ainda não estudadas.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Os fungos são quimiorganotróficos.
- II. Hifas são estruturas tubulares formadas por fungos, sendo sempre filamentos de células separadas por suas membranas e paredes.
- III. Algumas espécies de fungos possuem flagelos que se movem de forma semelhante a um chicote. Esses flagelos são compostos por microtúbulos organizados em uma estrutura específica: nove pares dispostos em círculo ao redor de um par central.
- IV. A parede celular dos fungos é formada por feixes microfibrilares de quitina pela polimerização de N-acetilglicosamina. Além da quitina, outros polissacarídeos podem complementar a parede celular.
- V. A reprodução assexuada dos fungos ocorre apenas por duas maneiras: crescimento e disseminação das hifas ou pela produção assexuada de esporos.

- A. Apenas I e III são verdadeiras;
B. Apenas I e IV são verdadeiras;
C. Apenas I, III e IV são verdadeiras;
D. Apenas II e V são verdadeiras;
E. Apenas I, III, IV e V são verdadeiras.

Resposta: Letra C

Gabarito:

V – Os fungos não produzem seu próprio alimento, eles secretam enzimas para digerir nutrientes no meio e depois os absorvem

F – Muitas espécies de fungos apresentam hifas cenocíticas, em que não há divisão das células por membranas e paredes

V – Os flagelos dos fungos apresentam a mesma organização de microtubos observada em outras células, com 9 pares ao redor de um par central

V – Os fungos apresentam uma parede celular de quitina geralmente associada a outros polissacarídeos.

F – Os fungos podem se reproduzir assexuadamente por brotamento também, como muito observado em leveduras

14. A bromélia *Tillandsia landbeckii* que habita o deserto do Atacama, no Chile, é capaz de sobreviver absorvendo a água da névoa por meio de tricomas foliares. Para realizar essa função, os tricomas devem apresentar grande permeabilidade para a passagem da água. No entanto, isso pode levar ao seguinte questionamento: será que esses tricomas também possuem grande permeabilidade para a saída de água? Para responder a essa pergunta, um grupo de pesquisadores realizou uma série de estudos em *T. landbeckii*, cujos principais resultados estão expostos na figura 1:

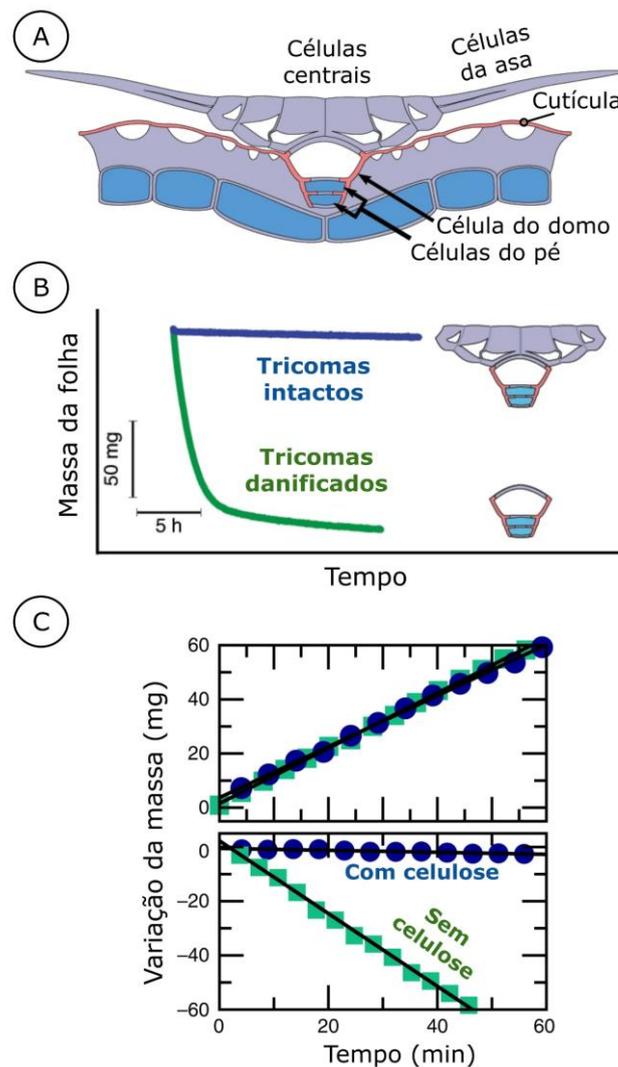


Figura 1 - **A.** Esquema da visão lateral de um tricoma de *T. landbeckii* (apenas as células marcadas em azul são as que possuem protoplasto vivo). **B.** Massa foliar em condição de perda de água por evaporação em folhas com tricomas intactos e danificados. **C.** Variação de massa em situação de absorção de água (em cima) e evaporação (embaixo) de uma estrutura sintética que mimetiza um tricoma de *T. landbeckii* na presença (círculos) ausência (quadrados) de uma camada de celulose. Modificada de: Raux, P. S., et al. (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14236-5>

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Os tricomas analisados podem ser classificados como multicelulares.
- II. A ausência de cutícula nos tricomas deve contribuir para uma menor resistência à absorção de água.
- III. Os tricomas de *T. landbeckii* oferecem resistência à saída de água e, portanto, reduzem a perda de água por transpiração nas folhas.
- IV. A função exercida pelos tricomas de *T. landbeckii* requer o consumo de uma grande quantidade de ATP.
- V. A presença de celulose deve ser crucial para facilitar a absorção de água pelos tricomas de *T. landbeckii*.

● A. Apenas I, II e III são verdadeiras;

- B. Apenas I, II e IV são verdadeiras;
- C. Apenas II, III e V são verdadeiras;
- D. Apenas I, II, III e IV são verdadeiras
- E. Apenas II, III e V são verdadeiras.

Resposta: Letra A

Gabarito:

- a) V. O esquema do tricoma mostra que ele é formado por mais de uma de uma célula, o que caracteriza um tricoma multicelular.
- b) V. O esquema mostra que a superfície de contato do tricoma com o meio não apresenta cutícula, a qual consiste numa camada composta majoritariamente por moléculas hidrofóbicas, que dificultam a passagem da água.
- c) V. Em B, folhas com tricomas danificados tiveram maior perda de massa, ou seja, perderam mais água por transpiração. Desse modo, os tricomas intactos, além de auxiliarem na absorção de água, também ajudam a reduzir a perda de água por transpiração por dificultarem a saída de água.
- d) F. A passagem de água usualmente não ocorre por meio de transportes ativos, que requerem gasto de energia. Portanto, a função dos tricomas estudados requer pouco gasto de ATP. Isso se reflete até na própria estrutura do tricoma, que é formado principalmente por células mortas e que, portanto, não apresentam metabolismo ativo.
- e) F. Em C, o gráfico demonstra que a ausência de celulose não altera a absorção de água pelo tricoma, mas aumenta a perda de água por transpiração. Desse modo, a presença de celulose deve ser importante apenas para aumentar a resistência à saída de água da folha por transpiração.

15. A família Portulacaceae é conhecida por ter representantes com diferentes tipos de fotossíntese. Sabendo disso, a análise de diferentes espécies do grupo pode ser importante para a compreensão de como se deu a evolução da fotossíntese em Portulacaceae. Para isso, cientistas investigaram a anatomia e alguns parâmetros fisiológicos de três espécies do gênero *Portulaca*, sendo elas: *P. cryptopetala*, *P. mucronata* e *P. hirsutissima*. A anatomia foliar dessas três espécies está mostrada na figura 1:

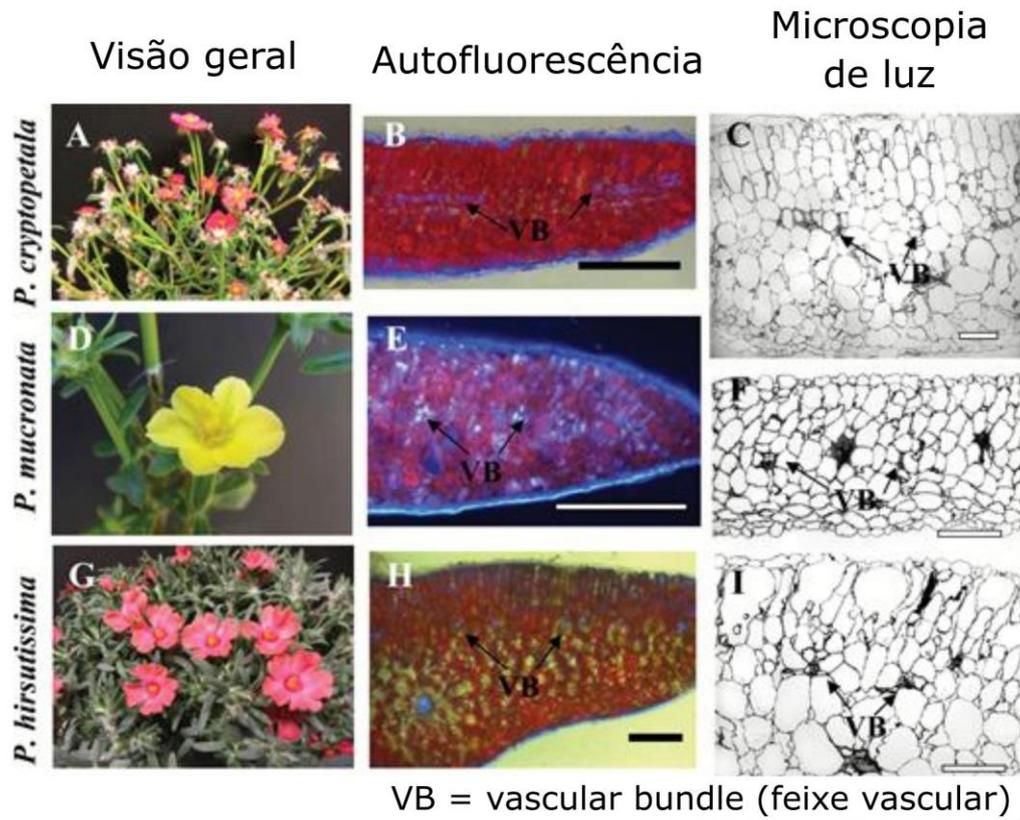


Figura 1 - Visão geral das três espécies do gênero *Portulaca* analisadas no estudo e suas respectivas secções transversais das folhas vistas em autofluorescência e microscopia de luz. Modificada de: Voznesenskaya, E. V., *et al.* (2017). <https://doi.org/10.1093/jxb/erw393>

Além de analisar a anatomia foliar, os cientistas ainda analisaram, por meio de um experimento de imunomarcção, a densidade da enzima glicina descarboxilase mitocondrial (GDC), que participa de uma das etapas da fotorrespiração, nas mitocôndrias de células das mesmas três espécies, comparando-as com outras duas espécies com tipo de fotossíntese conhecido. O resultado está mostrado na figura 2:

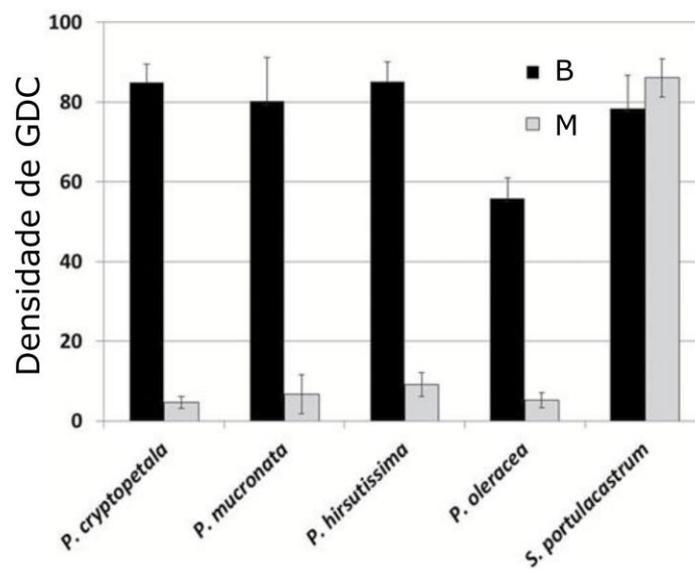


Figura 2 - Densidade de GDC nas mitocôndrias de células da bainha (B) e do mesófilo (M) de folhas de cinco espécies de plantas. *Portulaca oleracea* e *Sesuvium portulacastrum* são espécies com anatomia e fisiologia típicas de plantas C4 e C3, respectivamente. Modificada de: Voznesenskaya, E. V., et al. (2017). <https://doi.org/10.1093/jxb/erw393>

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. A figura 1 mostra que as três espécies possuem folhas com periderme espessa.
- II. A organização anatômica dos feixes vasculares e das bainhas das três espécies mostradas na figura 1 deve ser semelhante a de *S. portulacastrum*.
- III. A proteína marcada no experimento de imunomarcacão deve fazer parte do complexo liberador de oxigênio.
- IV. O resultado do experimento de imunomarcacão sugere que *P. cryptopetala*, *P. mucronata* e *P. hirsutissima* devem ter algum mecanismo de separacão espacial entre as etapas de fixacão de carbono.
- V. O teste de imunomarcacão revela que a quantidade de proteína GDC deve ser maior nas células que realizam a etapa fotoquímica da fotossíntese do que naquelas que não realizam esse processo ou que o realizam em menor intensidade.

A. Apenas II e IV são verdadeiras;

B. Apenas II, IV e V são verdadeiras;

C. Apenas III e IV são verdadeiras;

D. Apenas II é verdadeira;

E. Apenas I e V são verdadeiras.

Resposta: Letra A

Gabarito:

- I. F. As folhas das três espécies apresentam epiderme (sistema de revestimento primário) e não periderme. Essa é a condição comumente encontrada nas folhas de uma forma geral.
- II. V. As três espécies mostradas apresentam anatomia foliar muito semelhante a de uma planta C3, com feixes reduzidos, esparsos e sem a presença de uma bainha proeminente. Como *S. portulacastrum* é uma planta com anatomia típica da fotossíntese C3, então ela também apresenta essas características.
- III. F. A GDC foi a proteína marcada no experimento de imunomarcacão. Como o enunciado informa que essa é uma enzima mitocondrial, ela não pode fazer parte de nenhum complexo envolvido com a fotossíntese (como o complexo liberador de oxigênio que está associado ao fotossistema II), que ocorre nos cloroplastos.
- IV. V. O resultado indica que a expressão de GDC nas três espécies analisadas é semelhante ao encontrado em *P. oleracea*, uma planta que faz fotossíntese C4, sugerindo que as espécies analisadas podem ter alguns processos fisiológicos semelhantes ao de uma planta C4, mesmo sem apresentarem anatomia Kranz. Nesse sentido, a fotossíntese C4 é caracterizada justamente por apresentar um mecanismo de separacão espacial entre as etapas de fixacão de carbono que reduz a atividade oxigenase da rubisco e, conseqüentemente, a ocorrência da fotorrespiracão.

- V. F. Nas 4 espécies do gênero *Portulaca* se observou que ocorreu menor expressão de GDC nas células do mesofilo. Nas plantas C4, as células do mesofilo são as principais responsáveis por realizar a etapa fotoquímica da fotossíntese, enquanto que as células da bainha realizam principalmente o ciclo de Calvin.

16. Em girassóis, as numerosas flores de uma mesma inflorescência se abrem no decorrer do tempo da periferia para o centro. Quando uma flor de girassol abre, inicialmente ela expõe os seus estames para liberação do pólen e, só após algum tempo, é que o gineceu cresce a ponto de se tornar exposto para os agentes polinizadores, normalmente insetos. A fim de entender melhor como a luz influencia na abertura dos botões florais em girassóis, um grupo de pesquisadores realizou uma série de experimentos, cujos resultados estão mostrados nas figuras 1 e 2:

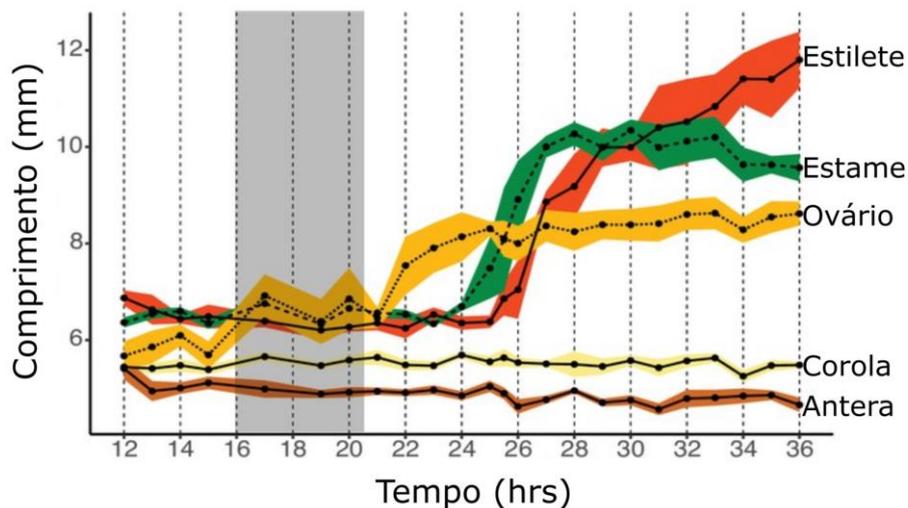


Figura 1 - Comprimento das estruturas florais das flores de girassol ao longo do tempo no processo de abertura dos botões florais. No período marcado em cinza (entre 16h e 20,5h) as flores ficaram no escuro. Modificada de: Marshall, C.M., et al. (2023). <https://doi.org/10.7554/eLife.80984>.

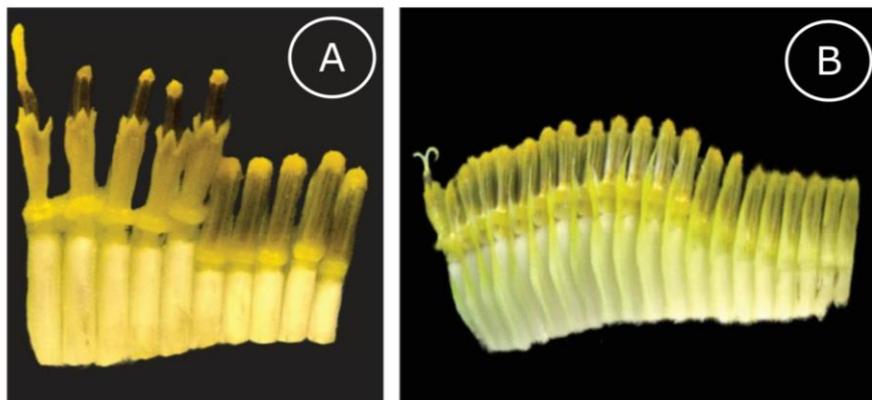


Figura 2 - Secções transversais de inflorescências de girassol sob diferentes condições de iluminação diária. A - Tipo de secção obtida em plantas que são mantidas em alternância de 16h de luz e 8h de escuro ou em escuro constante. B - Tipo de secção obtida em plantas mantidas em luz contínua. Modificada de: Marshall, C.M., et al. (2023). <https://doi.org/10.7554/eLife.80984>.

Após analisarem os resultados desses experimentos, os mesmos pesquisadores ainda avaliaram como as condições de luminosidade podem modificar o processo de abertura floral e a visita de polinizadores. Assim, foram comparados

girassóis mantidos em condições de alternância de luz e escuro (como as da figura 2A) e de luz contínua (como as da figura 2B). Os resultados foram plotados no gráfico da figura 3. No entanto, os pesquisadores cometeram um deslize e esqueceram de indicar no gráfico a qual grupo se refere cada resultado.

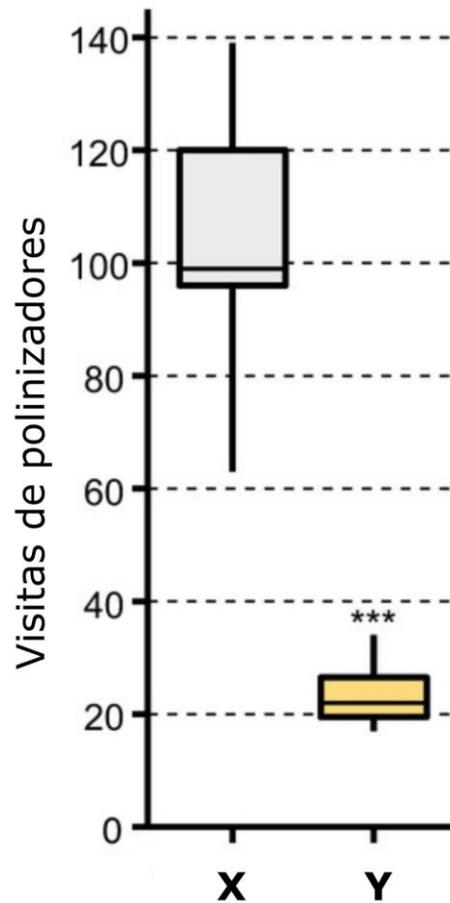


Figura 3 - Visita total de polinizadores em girassóis mantidos em duas condições distintas de luminosidade, as quais não foram indicadas corretamente pelos pesquisadores. Os asteriscos indicam diferença estatística significativa. Modificada de: Marshall, C.M., et al. (2023). <https://doi.org/10.7554/eLife.80984>.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. O crescimento dos estames associado a fase de liberação de pólen das flores de girassol ocorre predominantemente devido ao aumento do comprimento do filete.
- II. A condição de luz contínua inibe a abertura dos botões florais da inflorescência do girassol.
- III. Na figura 3, o X representa a condição de luz contínua e o Y a condição de alternância de luz e escuro.
- IV. Na figura 3, a diferença observada nas visitas dos polinizadores pode ser explicada principalmente por um retardo no desenvolvimento das pétalas na condição Y, o que leva a menor atração de polinizadores.
- V. Caso um agricultor queira produzir uma grande quantidade de sementes de girassol, ele deverá cultivar suas plantas sob condições de luz contínua (B).

A. Apenas I, II e IV são verdadeiras;

- B. Apenas II, III e V são verdadeiras;
- C. Apenas I, II e III são verdadeiras;
- D. Apenas I e II são verdadeiras;
- E. Apenas II e IV são verdadeiras.

Resposta: Letra D

Gabarito:

- I. V. Os estames são formados por duas regiões: as anteras e os filetes. Segundo a figura 1, após um período de escuro, os estames começam a aumentar de comprimento, mas sem haver aumento do tamanho da anteras. Com isso, o aumento de comprimento dos estames pode ser explicado pelo alongamento do filete.
- II. V. Na figura 2, nota-se que há menos flores abertas na seção de plantas expostas à luz contínua do que quando há escuro constante ou alternância de luz e escuro, indicando que a condição de luz contínua inibe a abertura dos botões florais (antese).
- III. F. Espera-se que a inibição da abertura dos botões florais provocada pela exposição contínua à luz provoque a redução da visitação de polinizadores. Desse modo, X corresponde a condição de alternância de luz e escuro e Y corresponde à condição de luz contínua.
- IV. F. A diferença é explicada principalmente pelo fato dos botões florais não abrirem. Segundo a figura 1, a exposição ao escuro e a consequente abertura do botão floral está associada ao crescimento de outras estruturas florais, mas não das pétalas (corola).
- V. F. A produção de sementes requer a ocorrência da polinização, que é dificultada na condição de luz contínua devido a inibição da abertura floral.

Contexto das questões 17 e 18.

O Brasil apresenta um extenso litoral, com mais de 7000 km de extensão, e mais da metade da população brasileira vive em regiões litorâneas. Por isso, os estudos sobre a biodiversidade marinha, a preservação e a cultura oceânica são importantes para o país. Os cavalos-marinhos, que pertencem à família Syngnathidae, são animais que vivem em ambientes costeiros e estuarinos e, algumas espécies, estão em risco iminente de extinção. O derramamento de mais de 5000 toneladas de petróleo bruto que aconteceu no litoral do nordeste do país no ano de 2019 agravou esse risco. Essa região, que é conhecida pela ocorrência desses organismos, foi tomada por manchas de petróleo bruto (Hidrocarboneto Aromático Policíclico - PHA). Os efeitos desse desastre ambiental seguem sendo estudados e os dados são preocupantes. Algumas informações já coletadas por cientistas brasileiros sobre a biologia dos cavalos-marinhos e os efeitos dos PHAs estão representadas nas imagens.

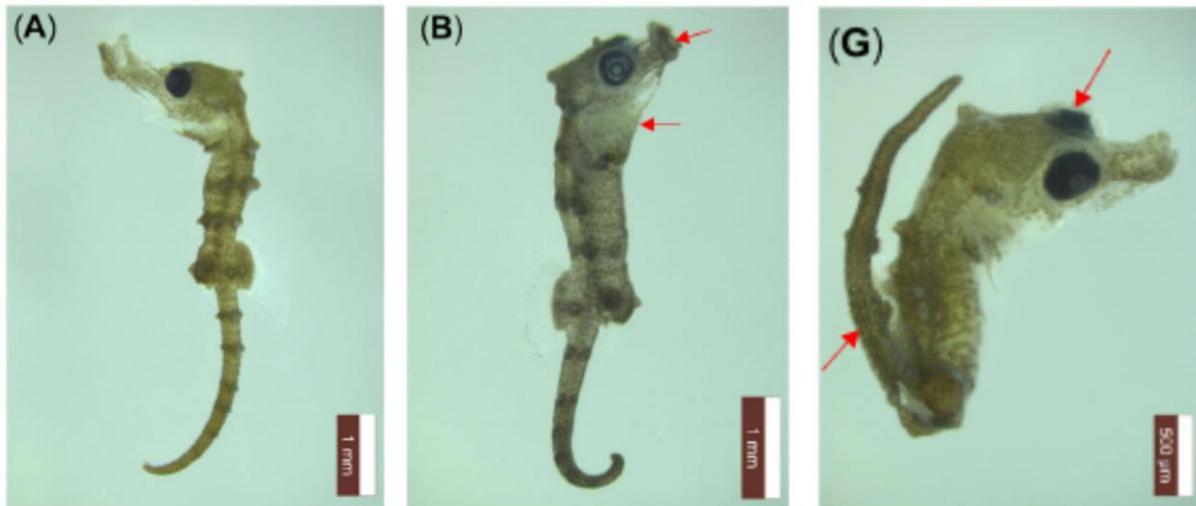


Figura 1. recém-nascidos de *Hippocampus reidi* coletados em julho de 2021. (A) Fenótipo normal de um recém-nascido. (B) Indivíduo com malformações, com a região oral encurtada e deformidade na região oromandibular; (G) Indivíduo com malformações dos tipos lordose severa e edema ocular.

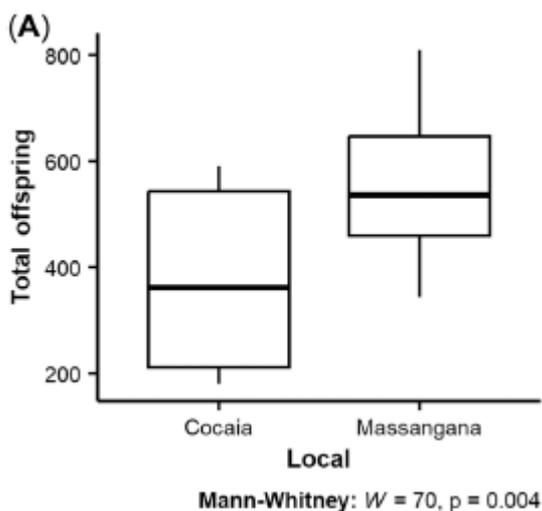


Figura 2: Total de filhotes de *Hippocampus reidi*. (A) Comparação do número de filhotes (*Total offspring*) em dois locais, Ilha Cocaia (Cocaia) e rio Massangana (Massangana). Considere que a diferença estatística é significativo para Teste de Mann-Whitney quando $p < 0,05$.

Figuras 1 e 2 retiradas de: SILVEIRA, ROSANA BEATRIZ, R. B.; Silva, J. R. S.; Silva, R. B. & Santos, G. A. P. 2024. First Record of Malformation in Seahorses Attributed to the Oil Spill off the Brazilian Coast in 2019. *Environmental Toxicology and Chemistry*.

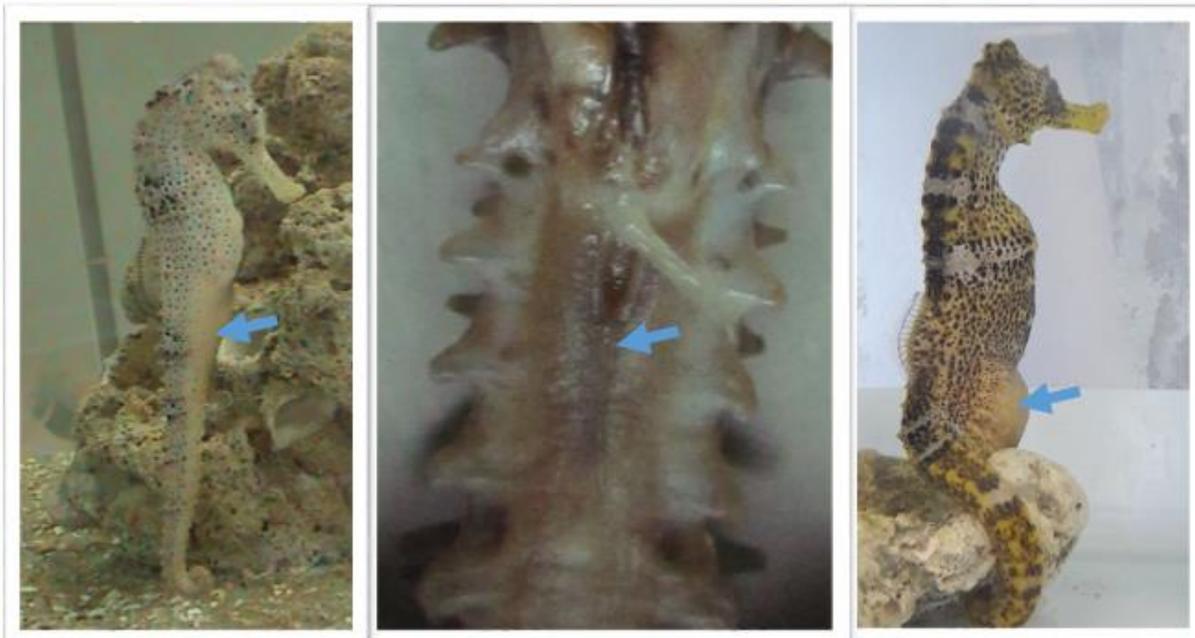


Figura 3: Indivíduos machos do gênero *Hippocampus*. Esquerda: bolsa incubadora recentemente formada e imatura. Centro: bolsa incubadora fechando, último estágio de formação. Direita: bolsa incubadora grávida.

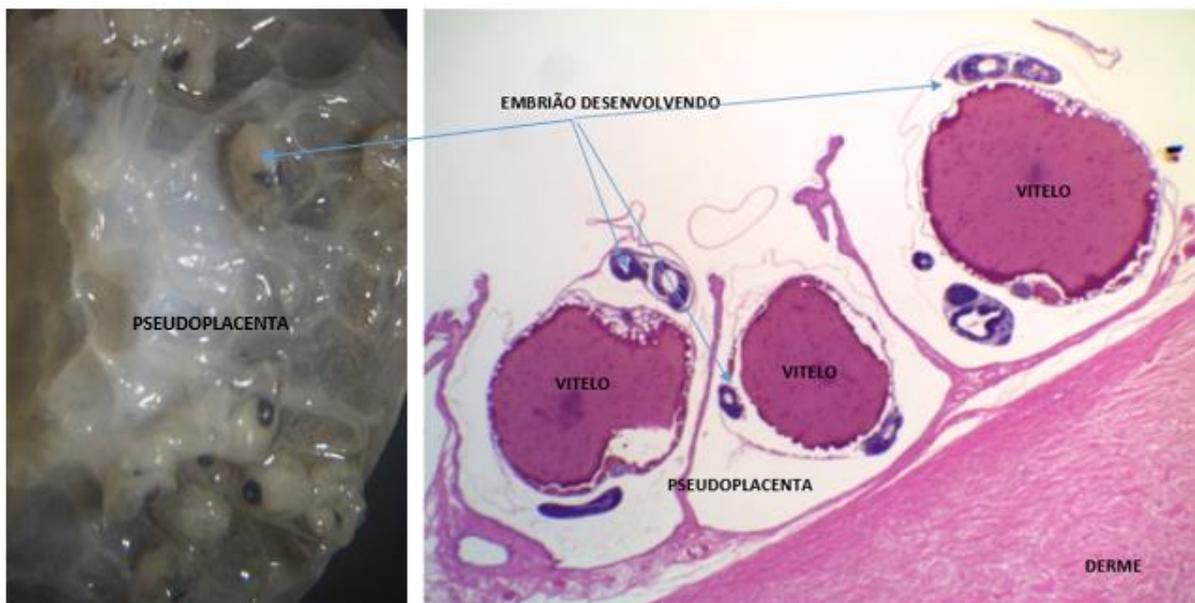


Figura 4: Esquerda: Bolsa incubadora recortada de *H. reidi* exibindo a pseudopelvic, onde a maioria dos embriões foi removida para visualização. Direita: Corte longitudinal da bolsa grávida de *H. reidi*: note a estrutura de “casinhas” altamente vascularizadas (pseudopelvic) onde cada compartimento recebe e desenvolve um ovo.

Figuras 3 e 4 retiradas de: Como é a bolsa incubadora do macho?. Projeto Hippocampus. disponível em: <https://projetohippocampus.org/como-e-a-bolsa-incubadora-do-macho/>

17. Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. O indivíduo da figura 1B teria dificuldade para se alimentar e o indivíduo da figura 1G teria dificuldade para nadar, mas não para se alimentar.
 - II. Na figura 2, é possível afirmar que houve diferença significativa entre o número de filhotes nos diferentes locais analisados.
 - III. Com os resultados da figura 2 podemos afirmar que a Ilha Cocaia é um local mais preservado e provavelmente não foram verificados derramamentos de petróleo bruto no local.
 - IV. As malformações encontradas nas figuras 2B e 2G não influenciam na reprodução dos cavalos-marinhos.
 - V. Além do efeito tóxico direto dos HPAs em causar malformações em indivíduos de cavalos-marinhos, também devem ser considerados os efeitos negativos causados na população de *Hippocampus reidi*.
- A. Apenas I e III são verdadeiras;
B. Apenas II e IV são verdadeiras;
C. Apenas V é verdadeira;
D. Apenas II é verdadeira;
E. Apenas II e V são verdadeiras.

Resposta: Letra E

Comentários:

I - Falsa, pois o indivíduo da imagem G também teria dificuldades para se alimentar, devido ao edema ocular e à falta de mobilidade dificultam a movimentação para a captura da presa.

II - Verdadeira. É possível ver o P valor menor que 0,05 indicado na figura.

III - Falsa. Apenas com as informações da figura 2 não podemos afirmar o estado de conservação dos locais, caso isso fosse verdadeiro, o Rio Massanguana seria o mais preservado por ter maior número de filhotes, ou seja, sem o efeito da toxicidade na reprodução com mortes devido à má formação.

IV - Falsa. Essas malformações podem influenciar a reprodução, principalmente a lordose, que em um indivíduo macho dificultaria a formação da bolsa incubadora.

V - Verdadeira.

18. Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Nos cavalos-marinhos (família Syngnathidae) (Figura 3), o corpo é envolvido por uma série de anéis ósseos articulados e possuem uma nadadeira dorsal formada apenas por raios.
- II. Os singnatídeos apresentam uma bolsa incubadora (figura 3) e quando essa bolsa se desenvolve no abdome do macho, o grupo é chamado Gastrophori e quando é na cauda, Urophori.
- III. Os cavalos-marinhos machos apresentam alto cuidado parental apenas até o nascimento da prole.
- IV. O revestimento interno da bolsa (figura 4), chamado de pseudoplacenta é formado por tecido conjuntivo frouxo e é vascularizado para receber os ovos que serão incubados.
- V. O embrião é nutrido pelo vitelo do ovo, que é uma herança materna, entretanto a bolsa incubadora do macho serve de proteção contra choques mecânicos e choques osmóticos.

- A. Todas as proposições são verdadeiras;
- B. Apenas I, II e III são verdadeiras;
- C. Apenas IV e V são verdadeiras;
- D. Apenas I, II, III e V é verdadeira;
- E. Apenas I, III, IV e V são verdadeiras.

Resposta: Letra A

Comentário:

I - Verdadeiro - as informações podem ser vistas nas imagens e estão em: BONECKER, ACT., et al. Ordem Syngnathiformes. In *Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos* [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2014, pp. 169-174. Zoologia: guias e manuais de identificação series. ISBN 978-85-98203-10-2. Available from SciELO Books .

II - Verdadeiro - A bolsa incubadora é uma das principais características dessa família.

III - Verdadeiro.

IV - Verdadeiro. Possível perceber essas informações na imagem.

V - Verdadeiro. A bolsa incubadora dos pais protege os filhotes contra choques mecânicos e osmóticos, ligados à mudança de salinidade nos estuários.

19. O desenvolvimento de modelos de cultura de tecidos pode ser de extrema utilidade para a compreensão de diversos processos fisiológicos e patogênicos. Um estudo de 2022 de Yang e colaboradores apresentou os resultados de um meio de cultura, denominado SMC, que permitia o desenvolvimento de tecido epitelial alveolar *in vitro* com análises de diferenciação e plasticidade celular. No estudo, proteínas de membrana foram utilizadas como marcadores de tipos celulares específicos: a proteína EpCAM foi usada como marcador de células do epitélio alveolar e a Vimentina como marcador de células mesenquimais. Alguns dos resultados são mostrados na figura 1:

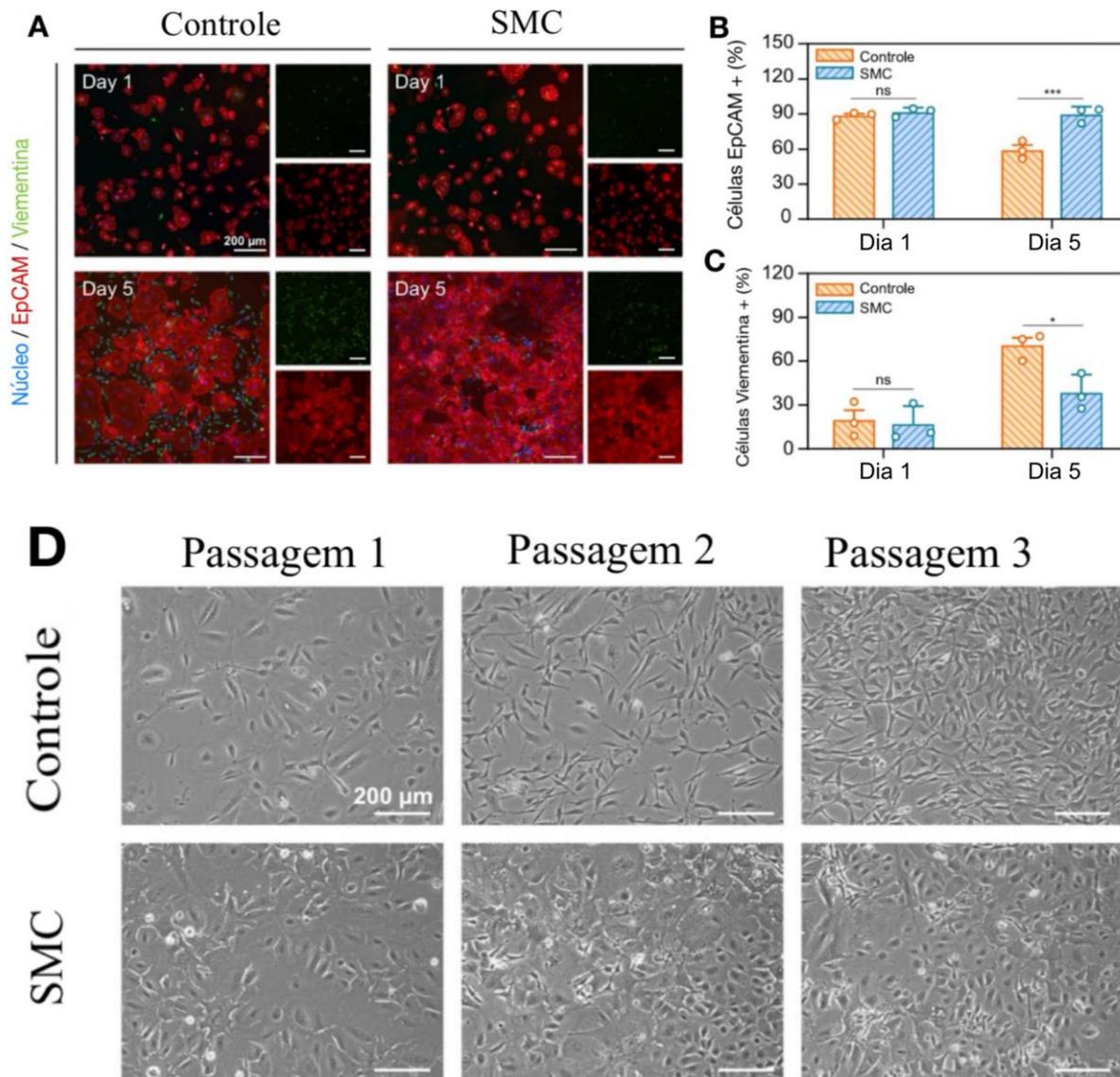


Figura 1 - **A**.

Imagens de microscopia de fluorescência em diferentes dias com os marcadores proteicos em diferentes cores. **B.** e **C.** Gráficos que quantificam a proporção de células que apresentam os marcadores. ns = não significativo e asteriscos = diferença estatística significativo. **D.** Imagens de microscopia após diferentes passagens comparando os meios de cultura. Modificada de: Yang, JW. *et al.* (2022). <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03026-3>

Tradução da imagem:

Day - Dia.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Desde o primeiro dia em que as proteínas de membrana foram analisadas, o meio SMC apresentava mais células diferenciadas em epitélio alveolar.
- II. O processo de passagem nos meios de cultura favorecia a desdiferenciação das células epiteliais em células mesenquimais.

- III. No quinto dia de análise, há diferença significativa entre os dados das análises (controle e tratamento) para as duas proteínas de membrana.
- IV. Em condições homeostáticas em um indivíduo adulto, não pode haver transdiferenciação entre pneumócitos tipo I e II ou entre pneumócitos e células mesenquimais.
- V. Uma das funções do pneumócito tipo II é produzir o surfactante alveolar, substância que aumenta a tensão superficial e assim impede o colapso alveolar.

- A. Apenas II e V são verdadeiras;
- B. Apenas II, III e IV são verdadeiras;
- C. Apenas II e III são verdadeiras;
- D. Apenas I, II e III são verdadeiras;
- E. Apenas I, III e V são verdadeiras.

Resposta: Letra C

- I. No primeiro dia não há diferença estatística entre a proporção de células marcadas com EpCAM ou vimentina, portanto não é possível afirmar que já havia diferença no índice de diferenciação
- II. Como é possível ver na imagem b, após três passagens há mais células mesenquimais indiferenciadas no meio controle do que no SMC
- III. Embora haja diferença no valor de P entre os diferentes parâmetros, em ambos é possível rejeitar a hipótese nula.
- IV. Em adultos saudáveis pode haver transdiferenciação de pneumócitos do tipo II em tipo I para a reposição celular e remodelamento alveolar.
- V. O surfactante na verdade diminui a tensão superficial e assim dificulta o colapso do alvéolo.

20. Diversos anticorpos monoclonais (mAbs) são utilizados na clínica em diferentes contextos patológicos. O desenvolvimento de mAbs para fins terapêuticos é resultado da evolução biotecnológica de anticorpos murinos, quiméricos e humanizados. Atualmente, os avanços e desafios do desenvolvimento de anticorpos monoclonais terapêuticos estão nas técnicas da clonagem e expressão dos genes produtores de imunoglobulinas obtidos diretamente de células B sensibilizadas com o antígeno de interesse.

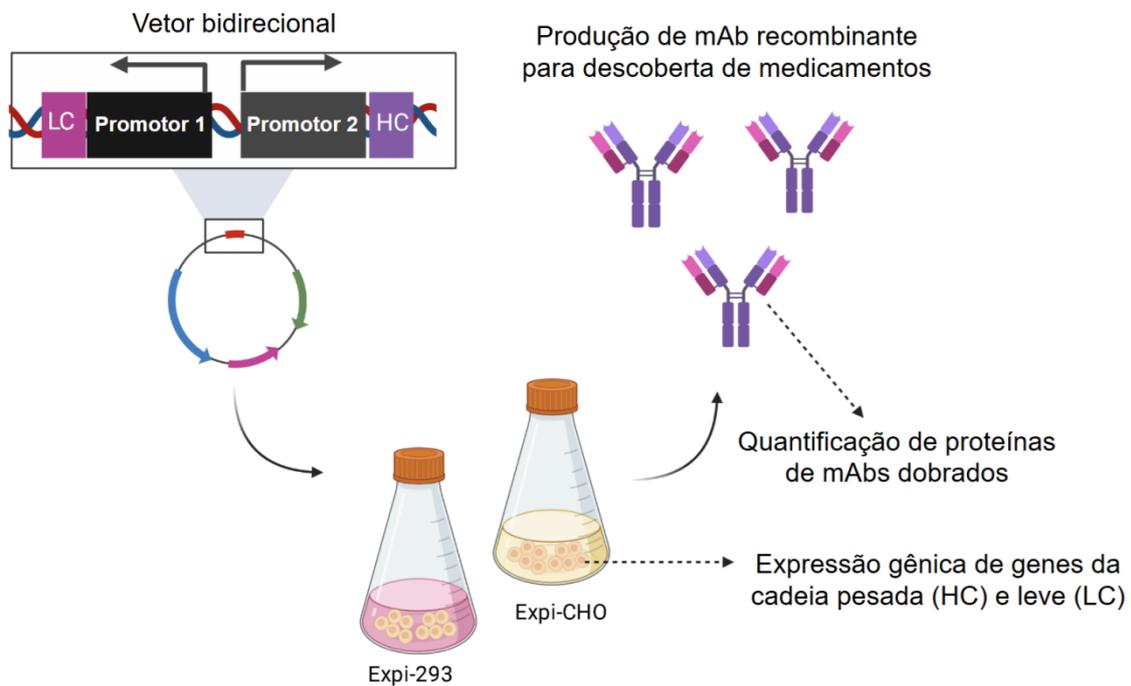


Figura 1 - Esquema simplificado da produção de mAbs. Expi-293 e Expi-CHO são linhagens de células de mamíferos. Modificada de STEFANIA C. CARRARA (2021).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. A produção de mAbs inteiros e recombinantes é feita utilizando um sistema de vetor mamífero para facilitar o dobramento de anticorpos nativos e modificações pós-traducionais.
- II. As RNA-polimerases eucarióticas não se ligam a sequência de DNA sozinha, elas necessitam de fatores proteicos adicionais para se ligarem de forma eficiente ao promotor.
- III. Expi-293 e Expi-CHO podem ser substituídos por um sistema de expressão microbiano, como o da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, em casos de expressão de fragmentos de anticorpos não-glicosilados.
- IV. Fatores de transcrição de famílias gênicas de imunoglobulinas atuam apenas no núcleo e estabilizam a estrutura dobrada dos mAbs.
- V. Apesar de não especificado, a maioria dos promotores são compostos por sequências TATA, onde a RNA polimerase se liga.

- A. Apenas I, II e III são verdadeiras;
- B. Apenas II, III e IV são verdadeiras;
- C. Apenas IV e V são verdadeiras;
- D. Apenas I, II, III e V são verdadeiras;**
- E. Todas as proposições são verdadeiras.

Resposta: Letra D

Comentário: Não existem fatores de transcrição de família de imunoglobulinas, ou mesmo, que atuem especificamente estruturando a molécula de imunoglobulina. Ademais, os processos de glicosilação ocorrem no retículo endoplasmático, ou seja, no citoplasma. A glicosilação é um processo bioquímico onde ocorre a adição de açúcares na proteína, prevenindo o dobramento incorreto e a agregação de proteínas.

21. A teoria da endossimbiose propõe que as mitocôndrias se originaram de uma relação simbiótica entre um organismo ancestral e uma bactéria aeróbica. Essa bactéria foi englobada por uma célula ancestral e passou a viver dentro dela em uma relação mutualística. A vantagem evolutiva dessa relação foi enorme: a bactéria fornece maior capacidade de produção de ATP por meio da fosforilação oxidativa, enquanto a célula hospedeira fornece um ambiente estável e nutrientes.

Atualmente, as mitocôndrias são responsáveis por uma série de processos bioquímicos fundamentais, incluindo o Ciclo de Krebs, a cadeia transportadora de elétrons e a beta-oxidação dos ácidos graxos, todos essenciais para a produção de energia em células eucarióticas.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. As mitocôndrias, por possuírem DNA próprio e maquinaria de síntese proteica, conseguem viver e se replicar independentemente fora de uma célula eucariótica.
- II. O Ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial e tem como principal função a produção de ATP.
- III. A beta-oxidação ocorre na matriz mitocondrial e converte ácidos graxos em acetil-CoA, que pode ser utilizado no Ciclo de Krebs para a geração de energia.
- IV. A cadeia transportadora de elétrons ocorre na membrana mitocondrial interna e é responsável por criar um gradiente de prótons que impulsiona a síntese de ATP.
- V. A teoria da endossimbiose também explica a origem dos cloroplastos encontrados em algas e vegetais.

- A. Apenas I e II são verdadeiras;
- B. Apenas III e V são verdadeiras;
- C. Apenas I, II e IV são verdadeiras;
- D. Apenas IV e V são verdadeiras;
- E. Apenas III, IV e V são verdadeiras.

Resposta: Letra E

- I. Falso. Apesar de possuírem DNA próprio e algumas proteínas codificadas por seus genes, as mitocôndrias dependem do núcleo da célula hospedeira para muitas de suas proteínas essenciais e não conseguem sobreviver ou se replicar fora de uma célula eucariótica.
- II. Falso. O Ciclo de Krebs tem como principal função a produção de intermediários ricos em energia (NADH e FADH₂), que posteriormente alimentam a cadeia transportadora de elétrons, onde a maior parte do ATP é gerado.

- III. Verdadeiro. A beta-oxidação quebra ácidos graxos em unidades de acetil-CoA, que entram no Ciclo de Krebs para posterior conversão de energia.
- IV. Verdadeiro. A cadeia transportadora de elétrons bombeia prótons para o espaço intermembrana, criando um gradiente eletroquímico utilizado pela ATP sintase para produzir ATP.
- V. Verdadeiro. Assim como as mitocôndrias, os cloroplastos também possuem DNA próprio e características semelhantes às bactérias, o que sustenta a hipótese de que se originaram por endossimbiose. Evidências sugerem que uma célula ancestral eucariótica englobou uma bactéria fotossintetizadora, possibilitando a evolução das células vegetais e algas com a capacidade de realizar fotossíntese.

22. A raiva é uma doença viral grave, com letalidade próxima de 100% após o início dos sintomas, é transmitida por mordidas, arranhões e lambidas de animais infectados. Seu período de incubação varia de 2 a 10 dias, com sintomas iniciais como febre baixa, mal-estar, dor de cabeça e náuseas.

Entre 2010 e 2024, o Brasil registrou 48 casos de raiva humana, sendo 9 deles causados por mordidas de cães, 24 por morcegos, 6 por primatas não-humanos, 2 por raposas, 4 por felinos e 1 por bovino. Pernambuco estava há oito anos sem registro de raiva humana no estado, quando uma mulher de 56, residente do Agreste pernambucano, foi mordida por um sagui próximo a área urbana. A vítima deu entrada na unidade de saúde com sintomas iniciais de dormência pelo corpo, fraqueza e dores, até chegar a óbito. O Instituto Pasteur, em São Paulo, confirmou que o vírus encontrado era de origem silvestre, proveniente de um primata não-humano, o sagui. Em casos como esse é fundamental buscar assistência médica para a aplicação da vacina e, se necessário, do soro antirrábico.

Modificado de: CNN Brasil, 2025 e Instituto Pasteur, 2021.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. A raiva é uma doença de notificação obrigatória, exigindo comunicação imediata aos serviços de vigilância sanitária.
- II. A transmissão da raiva por morcegos hematófagos é um dos fatores mais preocupantes para surtos em animais de produção pecuária na América Latina.
- III. O bloqueio da transmissão sináptica dos neurônios infectados contribui para os sintomas clínicos característicos da raiva, como hidrofobia e hiperexcitabilidade.
- IV. A disseminação do vírus pode ocorrer através de junções neuromusculares antes de atingir o sistema nervoso central, justificando a importância da profilaxia pós-exposição com imunoglobulinas aplicadas.
- V. A vacinação pré-exposição é recomendada apenas para pessoas que já foram mordidas por animais suspeitos de raiva.

A. Apenas I, II e IV são verdadeiras;

B. Apenas I, II, III e IV são verdadeiras;

C. Apenas III e IV são verdadeiras;

D. Apenas II e III são verdadeiras;

E. Apenas IV e V são verdadeiras.

Resposta: Letra B

Comentários:

- I. Verdadeiro. Devido à sua alta letalidade e importância para a saúde pública, a raiva humana é de notificação compulsória, requerendo comunicação imediata às autoridades de saúde.
- II. Verdadeiro. Morcegos da espécie *Desmodus rotundus* são importantes vetores da raiva para bovinos e equinos, gerando impactos na pecuária e riscos zoonóticos para humanos que entram em contato com esses animais.
- III. Verdadeiro. O vírus interfere na neurotransmissão ao alterar a expressão de receptores de neurotransmissores, especialmente aqueles relacionados ao GABA, levando a hiperexcitabilidade e sintomas como espasmos musculares involuntários diante da tentativa de deglutição.
- IV. Verdadeiro. O vírus infecta inicialmente células musculares antes de atingir os nervos periféricos. Aplicar imunoglobulinas antirrábicas na ferida neutraliza o vírus antes que ele alcance as terminações nervosas e inicia sua migração para o sistema nervoso central.
- V. Falso. A vacinação pré-exposição é recomendada para indivíduos com risco elevado de exposição ao vírus da raiva, como veterinários, biólogos e profissionais que lidam com animais, independentemente de terem sido mordidos.

23. A vacinação é uma das estratégias mais eficazes em Saúde Pública na prevenção de doenças infecciosas. As vacinas podem ser classificadas em diferentes tipos, como as vacinas de vírus atenuados, vacinas de subunidades e vacinas de RNAm. A resposta imune gerada por uma vacina envolve a ativação de células B e T, que produzem anticorpos específicos e células de memória, respectivamente. No entanto, a eficácia da vacinação pode variar dependendo de fatores como idade, estado imunológico, fatores genéticos e histórico de exposição prévia ao patógeno.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Vacinas de RNAm, como as desenvolvidas para a COVID-19, induzem a produção de proteínas virais diretamente nas células do hospedeiro, desencadeando uma resposta imune sem a necessidade de usar o vírus ativo.
- II. As células T de memória são responsáveis pela produção rápida de anticorpos após uma segunda exposição ao antígeno, enquanto as células B de memória são responsáveis pela resposta celular.
- III. Vacinas de vírus atenuados, como a vacina contra o sarampo, são compostas por vírus que foram modificados para perder sua capacidade de causar doenças, mas ainda podem se replicar no organismo.
- IV. A eficácia de uma vacina é determinada exclusivamente pela quantidade de anticorpos neutralizantes produzidos, sem levar em conta a resposta imune celular mediada por células T.
- V. Vacinas de subunidades, como a vacina contra a hepatite B, contém apenas fragmentos do patógeno, mas podem requerer adjuvantes para estimular uma resposta imune eficaz, já que não replicam no organismo.

- A. Apenas I e III são verdadeiras;
- B. Apenas I, III e V são verdadeiras;**
- C. Apenas II, IV e V são verdadeiras;
- D. Apenas III e IV são verdadeiras;
- E. Apenas II e III são verdadeiras.

Resposta: Letra B

Gabarito Comentado:

Afirmativa I – Verdadeira:

As vacinas de mRNA funcionam por meio da introdução de RNA mensageiro viral no citoplasma das células do hospedeiro, onde ele é traduzido em proteínas virais. Essas proteínas são então reconhecidas pelo sistema imunológico, desencadeando uma resposta imune no hospedeiro.

Afirmativa II – Falsa:

As células B de memória são responsáveis pela resposta humoral, produzindo rapidamente anticorpos após uma segunda exposição ao antígeno, enquanto as células T de memória estão envolvidas na resposta celular em funções como a coordenação da resposta imune e a eliminação de células infectadas.

Afirmativa III – Verdadeira:

Vacinas de vírus atenuados contêm vírus vivos que foram modificados para perder sua patogenicidade, mas ainda podem se replicar no organismo. Essa replicação limitada estimula uma resposta imune robusta e duradoura, sem causar a doença.

Afirmativa IV – Falsa:

A eficácia de uma vacina não depende apenas da produção de anticorpos neutralizantes. A resposta imune celular mediada por células T, como as células T citotóxicas (CD8+) e auxiliares (CD4+), é crucial para a eliminação de células infectadas e para a formação de memória imunológica de longo prazo.

Afirmativa V – Verdadeira:

As vacinas de subunidades contêm apenas antígenos específicos, como proteínas ou polissacarídeos, e não têm capacidade de replicação no organismo. Por isso, frequentemente necessitam de adjuvantes, que são substâncias adicionadas para estimular uma resposta imune mais forte, ativando padrões moleculares associados a patógenos (ou PAMPs) e aumentando a sinalização inflamatória necessária para a ativação de células apresentadoras de antígenos (ou APCs).

24. Pesquisadores investigaram a frequência de um alelo de resistência (R) a um antibiótico em populações de *Escherichia coli* dentro de um hospital. As amostras foram coletadas ao longo de nove meses, divididos em dois períodos distintos:

1. Uso intensivo de antibiótico (0 a 6 meses): O antibiótico foi administrado com alta frequência nos pacientes.
2. Suspensão do antibiótico (6 a 9 meses): O uso do antibiótico foi interrompido ou muito reduzido.

A figura abaixo mostra a variação da frequência do alelo R nas amostras de *E. coli* ao longo dos períodos avaliados:

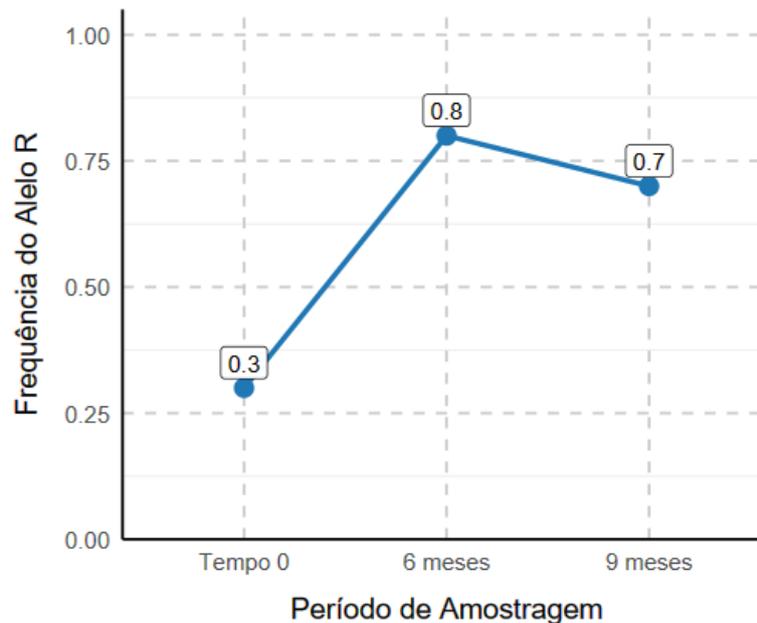


Figura 1 - Frequência do alelo de resistência (R) em uma população de *Escherichia coli* ao longo de três tempos de amostragem (0, 6 meses e 9 meses). Os pontos indicam os valores observados em cada amostragem, conectados por uma linha para evidenciar a variação temporal (períodos). Os rótulos numéricos acima de cada ponto indicam a frequência do alelo R em cada momento da coleta (respectivamente 0,3; 0,8 e 0,7). Modificada de: Levin B. R. (2001) <https://doi.org/10.1086/321843>.

Observações de campo sugerem que as bactérias resistentes crescem mais lentamente do que as bactérias sensíveis quando o antibiótico não está presente, mas também houve relatos de migração de bactérias de fora do hospital.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. O aumento da frequência do alelo R de 0,30 para 0,80 em seis meses é compatível com a ação de seleção estabilizadora favorecendo bactérias resistentes durante o uso intensivo do antibiótico.
- II. A redução da frequência do alelo R para 0,70 após a interrupção do antibiótico sugere um possível custo associado à resistência, fazendo com que bactérias sensíveis levem vantagem adaptativa na ausência do fármaco.
- III. Como a população bacteriana de um hospital é tipicamente grande, a deriva genética é a principal explicação para as mudanças nas frequências alélicas observadas.
- IV. O fluxo gênico pode ter alterado as frequências do alelo R, especialmente se cepas resistentes ou sensíveis migraram para dentro ou para fora do ambiente hospitalar.
- V. A manutenção de um alelo R em frequência alta (0,70) mesmo após a suspensão do antibiótico refuta a hipótese de seleção natural, indicando que os processos evolutivos não atuam em populações microbianas de forma mensurável.

A. Apenas são II e IV verdadeiras;

B. Apenas I e IV são verdadeiras;

C. Apenas II, III e IV são verdadeiras;

- D. Apenas I, IV e V são verdadeiras;
E. Apenas II e III são verdadeiras.

Resposta: Letra A

Gabarito Comentado

- I. Falso. O aumento acentuado de 0,30 para 0,80 durante o período de uso intensivo do antibiótico é consistente com seleção direcional a favor das bactérias resistentes, pois elas sobrevivem e se reproduzem em maior proporção.
- II. Verdadeiro. Quando o antibiótico é removido, o alelo R diminui de 0,80 para 0,70, sugerindo um custo adaptativo (*fitness*) para as bactérias resistentes em ausência do fármaco, possibilitando que as bactérias sensíveis se tornem relativamente mais competitivas.
- III. Falso. A deriva genética tem efeito mais pronunciado em populações pequenas. Em grandes populações bacterianas, mudanças tão marcantes em curto período são mais plausivelmente explicadas pela seleção natural (e possivelmente fluxo gênico), não pela deriva.
- IV. Verdadeiro. A entrada ou saída de cepas bacterianas (por exemplo, transferências de pacientes, superfícies contaminadas provenientes de outros locais etc.) pode alterar as frequências alélicas. Este é um caso de fluxo gênico.
- V. Falso. A manutenção de uma frequência relativamente alta (0,70) do alelo R após a suspensão do antibiótico não “refuta” a seleção natural. Em vez disso, indica que fatores como custo moderado da resistência, fluxo gênico ou outras pressões podem manter o alelo R em frequência considerável, ainda sob a ação de mecanismos evolutivos mensuráveis.

Referências

- CAMPBELL, N. A. et al. *Biologia de Campbell*. 10ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- LEVIN, B. R. (2001). Minimizing potential resistance: A population dynamics view. *Clinical Infectious Diseases*, 33(Supplement_3), S161-S169

25. Um estudo com participação da USP, publicado na Nature Communications, desenvolveu uma nova técnica que complementa o diagnóstico de bactérias resistentes a antibióticos, uma preocupação crescente nos serviços de saúde. Os pesquisadores testaram com sucesso em laboratório uma tecnologia que realiza o sequenciamento genético desses microrganismos em tempo real, enquanto os métodos existentes podem levar horas e até dias para fazer a identificação. De acordo com os pesquisadores, os diagnósticos clínicos atuais, em geral, são baseados em culturas de bactérias. Embora sejam muito úteis para identificar patógenos e resistências, o método atual também é limitado em termos de velocidade e que pode gerar detecção incompleta. A genômica em tempo real, baseada no sequenciamento por nanoporos, permite detectar rapidamente espécies bacterianas e genes de resistência diretamente do DNA, reduzindo o tempo de diagnóstico. O processo inclui a extração do DNA, preparo da biblioteca genômica e sequenciamento automático, identificando espécies em minutos e a resistência em cerca de uma hora. Contudo, a implementação da técnica por nanoporos exige validação e viabilidade econômica, especialmente em países de baixa e média renda.

Modificado de: *Jornal USP*, 2024

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F) e assinale a alternativa correta:

- I. Plasmídeos são elementos genéticos móveis que podem transferir genes de resistência entre diferentes espécies bacterianas através da conjugação.
- II. Biofilmes bacterianos aumentam a resistência aos antibióticos devido à baixa penetração dos fármacos e à presença de células persistentes.
- III. A presença de genes de resistência em bactérias sempre resulta em resistência fenotípica aos antibióticos correspondentes.
- IV. O sequenciamento por nanoporos permite a identificação de genes associados à resistência a antibióticos.
- V. A cultura microbiológica continua sendo a mais utilizada para a identificação bacteriana e testes de susceptibilidade a antibióticos.

- A. Apenas I, II, IV e V são verdadeiras;
 B. Apenas I, III, IV e V são verdadeiras;
 C. Apenas II, III e IV são verdadeiras;
 D. Apenas I, II e V são verdadeiras;
 E. Apenas I, II, III e V são verdadeiras.

Resposta: Letra A

Comentários:

- I. Verdadeiro. Plasmídeos são moléculas de DNA extracromossômicas que podem ser transferidas entre bactérias por conjugação, facilitando a disseminação de genes de resistência a antibióticos entre diferentes espécies.
- II. Verdadeiro. Biofilmes criam um ambiente protegido contra antibióticos e o sistema imunológico, além de conter células em estado de latência, que sobrevivem mesmo em presença do antibiótico.
- III. Falso. A presença de genes de resistência não garante necessariamente a expressão desses genes ou a manifestação de resistência fenotípica, pois fatores regulatórios e ambientais podem influenciar a expressão gênica.
- IV. Verdadeiro. O sequenciamento por nanoporos permite a leitura direta do DNA sem necessidade de amplificação, possibilitando a detecção de SNPs que podem alterar a susceptibilidade bacteriana a antibióticos.
- V. Verdadeiro. Apesar do avanço das técnicas moleculares, o cultivo bacteriano ainda é a referência para identificação e teste de susceptibilidade, pois permite avaliação fenotípica da resistência.