

Olympk de Biologia 2026

Biologia • Nível 4 (Livre)

Questão 1

ID: #00000267

Mosquitos *Aedes aegypti* geneticamente modificados para carregar um gene letal condicional foram liberados em áreas urbanas como estratégia de controle populacional. Machos transgênicos, ao acasalarem com fêmeas silvestres, transmitem o gene letal à prole, que não sobrevive até a fase adulta na ausência de um antibiótico específico fornecido apenas em laboratório. Como apenas fêmeas picam e transmitem arboviroses, e os machos transgênicos não picam, a estratégia visa reduzir a população total do vetor sem uso de inseticidas químicos de amplo espectro. Do ponto de vista ecológico e de saúde pública, qual é a principal vantagem dessa estratégia biotecnológica em comparação ao uso tradicional de inseticidas químicos de amplo espectro para controle do *Aedes aegypti*?

- A)** A estratégia elimina totalmente qualquer risco ecológico, pois não interage de nenhuma forma com o restante do ecossistema local.
- B)** A estratégia é espécie-específica, atuando apenas sobre a população-alvo de *Aedes aegypti* por meio do acasalamento, o que reduz o impacto sobre insetos polinizadores e outros artrópodes não-alvo, ao contrário de inseticidas de amplo espectro, que afetam indiscriminadamente múltiplas espécies.
- C)** A estratégia depende de pulverização aérea contínua, o que a torna equivalente em amplitude de efeito aos inseticidas tradicionais.
- D)** Os mosquitos transgênicos eliminam fêmeas silvestres diretamente por predação, sem qualquer relação com reprodução ou genética.
- E)** A principal vantagem é o custo reduzido de produção em massa, sendo esse o único critério ecologicamente relevante da comparação.



Questão 2

ID: #00000266

Duas populações de uma mesma espécie de peixe de água doce ficaram isoladas em bacias hidrográficas diferentes após um evento geológico (soerguimento de uma cadeia de montanhas) há cerca de 500 mil anos. Ao longo desse período, cada população acumulou mutações independentes e foi submetida a pressões seletivas distintas (diferentes predadores, disponibilidade de alimento, temperatura da água). Pesquisadores, ao reintroduzir artificialmente indivíduos das duas populações em contato, observaram que, embora ainda consigam cruzar e gerar descendentes, esses híbridos apresentam viabilidade reduzida e fertilidade comprometida em comparação aos indivíduos de cada população original. Com base no cenário descrito, qual conceito evolutivo está sendo ilustrado, e em que estágio do processo de especiação essas populações provavelmente se encontram?

- A)** As duas populações já são espécies biológicas completamente distintas, pois a definição de espécie exige isolamento reprodutivo total e imediato, sem qualquer possibilidade de cruzamento fértil.
- B)** O cenário ilustra especiação simpátrica em estágio avançado, já que as populações vivem atualmente na mesma bacia hidrográfica.
- C)** O cenário ilustra especiação alopátrica em estágio intermediário: o isolamento geográfico (barreira física) permitiu divergência genética por seleção natural e deriva independentes, e o surgimento de barreiras reprodutivas pós-zigóticas parciais (redução de viabilidade e fertilidade dos híbridos) indica um processo de especiação em curso, ainda não completo.
- D)** A redução de fertilidade dos híbridos é uma barreira reprodutiva pré-zigótica, pois ocorre antes da formação do zigoto.
- E)** Não há evidência de especiação nesse caso, pois a capacidade de gerar qualquer descendente, mesmo que com fertilidade reduzida, significa necessariamente que as populações continuam sendo a mesma espécie de forma inequívoca.



Questão 3

ID: #00000265

A técnica CRISPR-Cas9 permite editar sequências específicas do DNA com alta precisão, cortando a dupla fita no local desejado e permitindo correções, inserções ou deleções de genes. Sua aplicação em células somáticas (por exemplo, para tratar uma doença genética em um paciente adulto) tem sido amplamente aceita em comitês de bioética. Já sua aplicação em células germinativas ou embriões (que altera o DNA transmissível às gerações seguintes) gera controvérsia internacional significativa. Qual é a principal distinção bioética entre a edição gênica em células somáticas e em células germinativas/embriões, que explica o tratamento regulatório mais restritivo dado à segunda modalidade?

- A)** Não há distinção relevante, pois ambas as modalidades apresentam exatamente os mesmos riscos técnicos e éticos, sendo a restrição apenas uma questão de convenção arbitrária.
- B)** A edição em células somáticas afeta apenas o indivíduo tratado, sem transmissão hereditária, enquanto a edição em células germinativas ou embriões introduz alterações que podem ser transmitidas às futuras gerações, levantando questões sobre consentimento de indivíduos ainda não nascidos e sobre efeitos de longo prazo imprevisíveis no patrimônio genético humano.
- C)** A edição somática é sempre mais precisa tecnicamente que a germinativa, o que justifica isoladamente a diferença regulatória.
- D)** A edição em células germinativas é proibida apenas por razões econômicas, relacionadas ao alto custo do procedimento em comparação à edição somática.
- E)** A distinção não tem relação com hereditariedade, e sim exclusivamente com o tamanho do órgão-alvo tratado em cada modalidade.



Questão 4

ID: #00000264

O nitrogênio atmosférico (N_2) constitui cerca de 78% do ar, mas a maioria dos organismos não consegue utilizá-lo diretamente devido à estabilidade da tripla ligação entre os átomos de nitrogênio. Bactérias fixadoras de nitrogênio, como as do gênero *Rhizobium*, associadas simbioticamente às raízes de plantas leguminosas, convertem N_2 em amônia (NH_3), forma que pode ser assimilada pelas plantas. Posteriormente, bactérias nitrificantes convertem compostos nitrogenados em nitrato (NO_3^-), forma preferencialmente absorvida pelas raízes da maioria das plantas. Por fim, bactérias desnitrificantes convertem nitrato de volta a N_2 gasoso, devolvendo-o à atmosfera. Considerando o ciclo do nitrogênio descrito, qual é a consequência ecológica esperada da remoção artificial das bactérias fixadoras de nitrogênio de um solo agrícola, na ausência de adubação nitrogenada sintética?

- A) Nenhuma consequência relevante, pois as plantas conseguem absorver e utilizar diretamente o N_2 atmosférico sem qualquer intermediação bacteriana.
- B) A disponibilidade de nitrogênio biologicamente utilizável no solo tenderia a diminuir ao longo de tempo, já que a principal via de entrada de nitrogênio novo (a partir do reservatório atmosférico inerte) para o ciclo seria interrompida, limitando o crescimento vegetal a longo prazo.
- C) A desnitrificação aumentaria compensatoriamente, devolvendo nitrogênio ao solo na forma de amônia utilizável pelas plantas.
- D) A nitrificação passaria a ocorrer diretamente a partir do N_2 atmosférico, substituindo completamente a função das bactérias fixadoras.
- E) O ciclo do nitrogênio se tornaria fechado exclusivamente entre nitrificação e desnitrificação, sem qualquer perda de eficiência para as plantas.

Questão 5

ID: #00000263

Uma população de coelhos introduzida em uma ilha sem predadores cresce inicialmente de forma quase exponencial. Com o passar do tempo, à medida que os recursos alimentares (vegetação) se tornam mais escassos e a competição intraespecífica se intensifica, a taxa de crescimento populacional desacelera gradualmente, até que o tamanho da população se estabilize em torno de um valor máximo sustentado pelo ambiente. O padrão de crescimento populacional descrito é mais bem representado por qual modelo matemático, e qual conceito ecológico corresponde ao valor de estabilização mencionado no texto?

- A) Modelo de crescimento exponencial (curva em J), no qual o valor de estabilização representa a taxa intrínseca de crescimento (r) da população.
- B) Modelo de crescimento logístico (curva em S), no qual o valor de estabilização representa a capacidade de suporte (K) do ambiente — o tamanho populacional máximo que os recursos disponíveis conseguem sustentar de forma estável.
- C) Modelo de crescimento logístico, no qual o valor de estabilização representa a taxa de natalidade bruta da população, independente de recursos ambientais.
- D) Modelo de crescimento exponencial, que por definição nunca apresenta estabilização, contradizendo o próprio enunciado do problema.
- E) Nenhum modelo matemático padrão descreve esse fenômeno, pois populações introduzidas seguem sempre um crescimento imprevisível e não modelável.



Questão 6

ID: #00000262

Em recifes de kelp (algas gigantes) do Pacífico Norte, lontras-marinhas se alimentam predominantemente de ouriços-do-mar. Em áreas onde as lontras foram historicamente caçadas até quase a extinção, observou-se explosão populacional de ouriços, que consomem as algas kelp em sua base, formando 'clareiras' desprovidas de vegetação (barrens). Nessas clareiras, a diversidade de peixes, invertebrados e outras espécies associadas às florestas de kelp despencou drasticamente. Onde as lontras foram reintroduzidas, as florestas de kelp se recuperaram. O papel ecológico exercido pela lontra-marinha nesse sistema é um exemplo clássico de qual conceito ecológico, e por que esse conceito se aplica mesmo a lontras representando uma fração pequena da biomassa total do ecossistema?

- A)** Espécie-chave (keystone species), pois seu impacto sobre a estrutura e a biodiversidade do ecossistema é desproporcionalmente grande em relação à sua abundância ou biomassa — sua remoção desencadeia uma cascata trófica que reorganiza todo o ecossistema.
- B)** Espécie dominante, pois sua elevada biomassa controla diretamente a disponibilidade de recursos para todas as demais espécies do sistema.
- C)** Espécie invasora, pois sua presença provoca desequilíbrio e redução artificial da biodiversidade nativa do recife de kelp.
- D)** Espécie generalista, pois se alimenta de qualquer recurso disponível no ambiente, sem preferência por presas específicas.
- E)** Produtor primário, pois sua presença está diretamente ligada à taxa de fotossíntese das algas kelp.

Questão 7

ID: #00000261

Animais aquáticos de água doce, como certos peixes teleósteos, vivem em ambiente hipotônico em relação aos seus fluidos corporais, absorvendo água constantemente por osmose através das brânquias e da pele. Já animais terrestres, como répteis e aves, enfrentam o risco oposto: perda excessiva de água para o ambiente, e frequentemente excretam seus resíduos nitrogenados na forma de ácido úrico, pouco solúvel em água. Considerando as pressões seletivas distintas enfrentadas por esses dois grupos, qual alternativa explica corretamente a relação entre o ambiente e a estratégia excretora de cada grupo?

- A)** Peixes de água doce excretam grandes volumes de urina diluída, eliminando o excesso de água absorvida, e utilizam amônia (altamente tóxica, mas solúvel) como principal resíduo nitrogenado, já que a diluição constante evita seu acúmulo tóxico no organismo.
- B)** Répteis e aves excretam amônia diluída em grande volume de urina, pois vivem em ambientes secos que favorecem a diluição rápida desse composto tóxico.
- C)** Peixes de água doce produzem ácido úrico para conservar água, já que vivem em ambiente com escassez hídrica equivalente à dos répteis terrestres.
- D)** A excreção de ácido úrico por répteis e aves aumenta a perda de água corporal, sendo uma estratégia desvantajosa para a vida terrestre.
- E)** Não há relação entre o ambiente (aquático ou terrestre) e a forma química do resíduo nitrogenado excretado por esses grupos.



Questão 8

ID: #00000260

Em insetos holometábolos, como as borboletas, a metamorfose é regulada por dois hormônios principais: a ecdisona, que desencadeia cada muda (ecdise), e o hormônio juvenil (HJ), produzido pelos corpos alados. Enquanto os níveis de hormônio juvenil permanecem altos, as mudas resultam em novas formas larvais. Quando os níveis de hormônio juvenil caem drasticamente, a próxima muda desencadeada pela ecdisona resulta na formação da pupa, e uma muda subsequente sem hormônio juvenil resulta no adulto. Considerando o papel hormonal descrito, o que aconteceria, hipoteticamente, se uma larva de inseto holometábolo fosse artificialmente tratada com altas doses contínuas de hormônio juvenil durante todo o seu desenvolvimento?

- A)** A larva pararia completamente de realizar mudas, permanecendo indefinidamente no mesmo estágio sem qualquer alteração morfológica.
- B)** A larva sofreria mudas sucessivas, mas continuaria produzindo novas formas larvais (supranumerárias) em vez de avançar para pupa e adulto, já que a ecdise ocorre independentemente do HJ, mas o resultado morfológico da muda depende dos níveis desse hormônio.
- C)** A larva se transformaria imediatamente em adulto reprodutivo, pulando a fase de pupa, pois o excesso de hormônio juvenil aceleraria a maturidade sexual.
- D)** A ecdisona deixaria de ser produzida, interrompendo permanentemente qualquer processo de muda no organismo.
- E)** O hormônio juvenil em excesso converteria diretamente a larva em pupa sem qualquer muda física, alterando apenas a fisiologia interna.

Questão 9

ID: #00000259

Peixes possuem circulação simples, com o sangue passando uma única vez pelo coração a cada volta completa pelo corpo (coração ! brânquias ! corpo ! coração). Já em mamíferos a circulação é completa: o sangue passa duas vezes pelo coração a cada ciclo (circuito pulmonar e circuito sistêmico), sem mistura entre sangue arterial e venoso. Qual é a principal vantagem fisiológica da circulação dupla e completa dos mamíferos em relação à circulação simples dos peixes, especialmente relevante para animais endotérmicos de alta demanda metabólica?

- A)** Na circulação dupla, o sangue perde pressão apenas uma vez (nas brânquias), chegando aos tecidos com maior velocidade do que nos peixes.
- B)** Na circulação dupla, o sangue recebe um novo impulso de pressão do coração após passar pelos pulmões e antes de seguir para os tecidos, permitindo maior pressão e velocidade de fluxo sistêmico, o que sustenta a alta demanda metabólica de animais endotérmicos.
- C)** A circulação dupla elimina completamente a necessidade de hemoglobina no transporte de oxigênio, tornando o processo mais eficiente.
- D)** Nos peixes, o sangue passa três vezes pelo coração a cada ciclo, o que já garante pressão suficiente, tornando a circulação dupla desnecessária evolutivamente.
- E)** A circulação simples dos peixes é mais eficiente para grandes demandas metabólicas, pois reduz o número de vasos sanguíneos necessários.



Questão 10

ID: #00000258

Nas angiospermas, o grão de pólen germina sobre o estigma e forma um tubo polínico que cresce em direção ao óvulo. Dentro do tubo polínico, dois núcleos espermáticos são conduzidos até o saco embrionário. Um deles fecunda a oosfera, formando o zigoto ($2n$); o outro se funde com os dois núcleos polares centrais, formando uma célula triploide ($3n$) que dará origem ao endosperma. O processo descrito é conhecido como dupla fecundação, exclusivo das angiospermas. Qual é a principal vantagem evolutiva desse mecanismo em comparação à reprodução das gimnospermas, que não formam endosperma triploide?

- A) A dupla fecundação elimina completamente a necessidade de polinização, permitindo autofecundação obrigatória em todas as angiospermas.
- B) A formação do endosperma triploide só ocorre após a fecundação da oosfera, garantindo que o investimento energético em tecido nutritivo abundante seja direcionado apenas a óvulos efetivamente fecundados, otimizando o uso de recursos da planta-mãe em comparação a estruturas nutritivas formadas antes da fecundação, como ocorre nas gimnospermas.
- C) O endosperma triploide impede qualquer variabilidade genética na prole, tornando todos os descendentes clones geneticamente idênticos à planta-mãe.
- D) A dupla fecundação substitui completamente a necessidade de um embrião diploide, sendo o endosperma a própria futura planta.
- E) Nas gimnospermas, o tecido nutritivo do óvulo (megagametófito) também só se forma após a fecundação, tornando esse aspecto idêntico entre os dois grupos.

Questão 11

ID: #00000257

Uma árvore de eucalipto pode transportar água do solo até folhas situadas a mais de 30 metros de altura, sem gasto direto de ATP nesse transporte de longa distância. O processo depende da coesão entre moléculas de água (pontes de hidrogênio), da adesão da água às paredes dos vasos do xilema e da perda contínua de vapor d'água pelos estômatos das folhas. Qual é o nome do mecanismo descrito, responsável pelo transporte ascendente da seiva bruta no xilema, e qual é a força motriz inicial que o desencadeia?

- A) Pressão radicular; a força motriz é o bombeamento ativo de água pelas raízes, com gasto direto de ATP em todas as etapas do trajeto.
- B) Teoria da coesão-tensão-adesão; a força motriz é a transpiração foliar, que gera uma tensão (pressão negativa) que se propaga por toda a coluna contínua de água no xilema, puxando-a desde as raízes, sustentada pela coesão entre as moléculas de água e pela adesão às paredes dos vasos.
- C) Fluxo de pressão positiva constante, gerado exclusivamente pelas raízes, sem qualquer participação das folhas no processo.
- D) Osmose reversa ativa nos vasos do xilema, dependente de proteínas transportadoras específicas de água ao longo de todo o tronco.
- E) Capilaridade isolada, suficiente por si só para explicar a ascensão da água a alturas superiores a 30 metros sem qualquer contribuição da transpiração.



Questão 12

ID: #00000256

Em um experimento clássico, coleóptilos de aveia (*Avena sativa*) foram expostos à luz unilateral. Observou-se que o crescimento se curvava em direção à fonte luminosa. Quando a ponta do coleóptilo era removida, a curvatura não ocorria. Quando a ponta era coberta por um capuz opaco, também não havia curvatura, mas quando a ponta era exposta e apenas a base era coberta, a curvatura ocorria normalmente. Experimentos posteriores mostraram que a luz unilateral provoca migração lateral do hormônio auxina para o lado sombreado do coleóptilo. Com base no experimento clássico descrito, qual é a explicação correta para o fototropismo positivo observado, integrando o papel da ponta do coleóptilo e a distribuição da auxina?

- A) A ponta do coleóptilo é o local de percepção da luz e de síntese/redistribuição da auxina; a luz unilateral causa maior concentração de auxina no lado sombreado, estimulando o alongamento celular nesse lado e curvando o coleóptilo em direção à luz.
- B) A base do coleóptilo é o local de percepção luminosa, e a ponta atua apenas como estrutura de sustentação mecânica, sem qualquer papel hormonal.
- C) A auxina se concentra igualmente nos dois lados do coleóptilo, e a curvatura resulta exclusivamente da fotossíntese desigual entre os lados iluminado e sombreado.
- D) A luz destrói quimicamente a auxina no lado iluminado, sem qualquer redistribuição ou migração lateral do hormônio.
- E) A curvatura ocorre porque a luz inibe diretamente o alongamento celular no lado iluminado, independentemente da presença ou ausência da ponta do coleóptilo.

Questão 13

ID: #00000255

Ao se cortar o dedo com uma faca contaminada, uma pessoa desenvolve, em poucos minutos, vermelhidão, calor e inchaço local, com neutrófilos migrando rapidamente para o local do ferimento e fagocitando bactérias invasoras. Dias depois, caso a mesma bactéria persista, células B específicas passam a produzir grandes quantidades de anticorpos direcionados contra antígenos específicos daquele patógeno. Qual alternativa diferencia corretamente os dois tipos de resposta imunológica descritos no texto?

- A) Ambas as respostas são idênticas em velocidade e especificidade, diferindo apenas no tipo celular envolvido.
- B) A resposta inicial (neutrófilos, inflamação) é da imunidade inata — rápida, inespecífica e presente desde o nascimento; a resposta posterior (produção de anticorpos por células B) é da imunidade adaptativa — mais lenta para se estabelecer, altamente específica para o antígeno e capaz de gerar memória imunológica.
- C) A resposta inflamatória inicial é adaptativa, pois envolve reconhecimento específico de antígenos pelos neutrófilos.
- D) A produção de anticorpos é parte da imunidade inata, pois ocorre em todos os indivíduos de forma idêntica, sem variação individual.
- E) Neutrófilos e células B atuam exclusivamente em conjunto, sendo impossível separar temporalmente ou funcionalmente as duas respostas.



Questão 14

ID: #00000254

Após um período prolongado sem ingerir água, a osmolaridade do plasma sanguíneo aumenta. Osmorreceptores no hipotálamo detectam essa alteração e estimulam a liberação do hormônio antidiurético (ADH, ou vasopressina) pela hipófise posterior. O ADH atua nos túbulos coletores dos néfrons, inserindo canais de aquaporina na membrana das células tubulares. Qual é o efeito fisiológico direto do ADH sobre os túbulos coletores, e como esse efeito contribui para a restauração da osmolaridade plasmática normal?

- A)** O ADH aumenta a filtração glomerular, elevando o volume total de urina produzida, o que dilui rapidamente o plasma sanguíneo.
- B)** O ADH insere aquaporinas na membrana dos túbulos coletores, aumentando a permeabilidade dessas estruturas à água; isso permite maior reabsorção de água de volta à corrente sanguínea, produzindo urina mais concentrada e reduzindo a osmolaridade plasmática ao aumentar a proporção de água no sangue.
- C)** O ADH bloqueia completamente a reabsorção de sódio no néfron, forçando a eliminação osmótica de água junto ao sódio excretado.
- D)** O ADH atua exclusivamente nos glomérulos, impedindo a filtração de qualquer substância, o que interrompe a formação de urina.
- E)** O ADH estimula a sede por ação direta sobre os rins, sem qualquer efeito sobre a permeabilidade tubular à água.

Questão 15

ID: #00000253

Após uma refeição rica em carboidratos, a glicemia se eleva, estimulando as células beta do pâncreas a liberarem insulina, que promove a captação de glicose pelas células e sua conversão em glicogênio no fígado, reduzindo a glicemia. Horas depois, em jejum, a glicemia cai, estimulando as células alfa a liberarem glucagon, que ativa a glicogenólise hepática, elevando novamente a glicemia. O mecanismo descrito é um exemplo clássico de qual tipo de controle fisiológico, e qual é a principal vantagem adaptativa desse tipo de mecanismo?

- A)** Retroalimentação positiva, pois cada hormônio amplifica seu próprio estímulo de liberação, gerando um ciclo de aumento contínuo da glicemia.
- B)** Retroalimentação negativa, pois a resposta hormonal se opõe à variação inicial da glicemia, o que permite manter esse parâmetro dentro de uma faixa estreita (homeostase), evitando oscilações extremas.
- C)** Reflexo condicionado, pois a liberação hormonal depende de aprendizado prévio associado à alimentação.
- D)** Controle nervoso somático exclusivo, sem qualquer participação de hormônios circulantes no processo.
- E)** Retroalimentação negativa, mas com a função de aumentar continuamente a glicemia até um novo patamar permanente mais alto.



Questão 16

ID: #00000252

Em um heredograma de uma família, um homem afetado por uma condição rara tem todas as suas filhas afetadas e nenhum de seus filhos homens afetado. As filhas afetadas, ao se casarem com homens não afetados, geram tanto filhos quanto filhas afetados, em proporções variadas. Qual padrão de herança é mais compatível com o heredograma descrito?



- A) Herança autossômica recessiva, pois a condição pula gerações de forma aleatória.
- B) Herança dominante ligada ao cromossomo X, pois o pai afetado (hemizigoto) transmite obrigatoriamente o alelo dominante a todas as filhas (que recebem seu único X) e a nenhum filho (que recebe o Y do pai); as filhas afetadas, por sua vez, podem transmitir a condição a filhos de ambos os sexos.
- C) Herança recessiva ligada ao cromossomo Y, pois apenas indivíduos do sexo masculino podem ser portadores.
- D) Herança mitocondrial, pois a transmissão ocorre exclusivamente por via materna, sem qualquer contribuição paterna.
- E) Herança autossômica dominante, pois metade dos descendentes de qualquer cruzamento é sempre afetada, independentemente do sexo dos pais.

Questão 17

ID: #00000251

Em uma população grande e em equilíbrio de Hardy-Weinberg, a frequência de indivíduos homozigotos recessivos (aa) para uma doença metabólica rara é de 1 em 10.000 nascimentos. Assume-se acasalamento ao acaso, ausência de mutação, seleção, migração e deriva genética significativas. Com base nos princípios do equilíbrio de Hardy-Weinberg, qual é, aproximadamente, a frequência de indivíduos heterozigotos (portadores assintomáticos, Aa) nessa população?



- A) Aproximadamente 1 em 10.000, igual à frequência de homozigotos recessivos, pois $p^2 = q^2$ em populações grandes.
- B) Aproximadamente 1 em 50, pois $q^2 = 0,0001$, logo $q = 0,01$, $p = 0,99$, e 50 indivíduos).
- C) Aproximadamente 1 em 100, pois a frequência de heterozigotos é sempre numericamente igual à raiz quadrada da frequência de homozigotos recessivos.
- D) Aproximadamente 1 em 5.000, pois heterozigotos correspondem sempre ao dobro exato da frequência de homozigotos recessivos.
- E) É impossível estimar a frequência de heterozigotos sem conhecer o tamanho exato da população.

Questão 18

ID: #00000250

Em uma espécie de planta ornamental, a cor da flor é determinada por dois genes independentes: o gene A (alelo A = pigmento presente, dominante; alelo a = ausência de pigmento) e o gene B (alelo B = pigmento vermelho, dominante; alelo b = pigmento azul, recessivo), sendo que o gene B só se expressa fenotipicamente quando o alelo A está presente (epistasia recessiva do gene a sobre o gene B). Um cruzamento entre duas plantas duplo-heterozigotas (AaBb x AaBb) foi realizado. Qual é a proporção fenotípica esperada na descendência (flores brancas : vermelhas : azuis), considerando a epistasia descrita?

- A) 9 vermelhas : 3 azuis : 4 brancas — pois o genótipo aa (branco) é epistático sobre o gene B, mascarando os fenótipos vermelho e azul.
- B) 9 brancas : 3 vermelhas : 4 azuis, seguindo diretamente a proporção clássica de 9:3:3:1 sem qualquer ajuste.
- C) 12 vermelhas : 3 azuis : 1 branca, pois o alelo A é sempre epistático sobre B independentemente do estado alélico.
- D) 15 vermelhas : 1 azul, pois epistasia recessiva elimina completamente a expressão do fenótipo azul.
- E) 3 brancas : 9 vermelhas : 4 azuis, com a proporção de brancas reduzida por segregação independente incompleta.

Questão 19

ID: #00000249

Gêmeos monozigóticos compartilham sequência de DNA idêntica ao nascer. No entanto, estudos longitudinais mostram que, ao longo da vida, esses gêmeos podem desenvolver perfis distintos de metilação do DNA e de modificações em histonas, especialmente quando expostos a ambientes, dietas ou hábitos diferentes. Essas marcas químicas não alteram a sequência de nucleotídeos, mas influenciam quais genes são ativamente transcritos em cada tecido e momento da vida. O fenômeno descrito exemplifica um princípio central da epigenética. Qual alternativa explica corretamente esse princípio e sua relação com a expressão gênica?

- A) As diferenças observadas resultam de mutações pontuais espontâneas no DNA de cada gêmeo, que alteram diretamente a sequência de aminoácidos das proteínas.
- B) Modificações epigenéticas, como metilação de DNA (geralmente associada à repressão gênica) e modificações de histonas (que alteram a compactação da cromatina), regulam a acessibilidade dos genes à maquinaria de transcrição sem modificar a sequência de bases, permitindo que o mesmo genoma produza padrões de expressão diferentes conforme o ambiente.
- C) A metilação do DNA converte genes em pseudogenes de forma permanente e irreversível ao longo de toda a vida do organismo.
- D) As modificações epigenéticas ocorrem exclusivamente durante a meiose, sendo impossíveis de se estabelecer em células somáticas adultas.
- E) A cromatina menos compactada é sempre transcricionalmente inativa, pois impede fisicamente a ligação da RNA polimerase.



Questão 20

ID: #00000248

A reação em cadeia da polimerase (PCR) amplifica exponencialmente uma sequência específica de DNA por meio de ciclos repetidos de aquecimento e resfriamento: desnaturação (95°C, separação das fitas), anelamento de primers (temperatura mais baixa, ligação de sequências iniciadoras complementares) e extensão (72°C, síntese da nova fita pela DNA polimerase). A enzima utilizada, a Taq polimerase, é extraída de uma bactéria termófila que vive em fontes hidrotermais. Por que a Taq polimerase, e não a DNA polimerase humana, é utilizada na técnica de PCR?

- A) Porque a DNA polimerase humana não é capaz de sintetizar DNA a partir de primers, apenas de RNA.
- B) Porque a Taq polimerase é termoestável, mantendo sua atividade catalítica mesmo após repetidos ciclos de aquecimento a 95°C, temperatura que desnaturaria e inativaria irreversivelmente a DNA polimerase humana.
- C) Porque a Taq polimerase não necessita de primers para iniciar a síntese, o que simplifica o protocolo.
- D) Porque a DNA polimerase humana só atua corretamente em pH básico, incompatível com o tampão de PCR.
- E) Porque a Taq polimerase sintetiza DNA na direção 3' para 5', o que permite maior velocidade de replicação.

Questão 21

ID: #00000247

O óperon lac de *Escherichia coli* controla a expressão dos genes necessários à digestão de lactose. Na ausência de lactose, uma proteína repressora se liga ao operador e bloqueia a transcrição. Quando a lactose está presente, um de seus derivados (alolactose) se liga ao repressor, alterando sua conformação e impedindo sua ligação ao operador. Além disso, na presença simultânea de glicose, a expressão do óperon permanece baixa mesmo com lactose disponível, devido à ação de outra proteína reguladora, a CAP, que depende de AMP cíclico (cAMP) para se ligar ao promotor e facilitar a transcrição — e os níveis de cAMP caem quando há glicose abundante. Considerando os dois mecanismos regulatórios descritos, em qual condição a transcrição do óperon lac ocorre em seu nível MÁXIMO, e por quê?

- A) Alta glicose e alta lactose, pois a presença simultânea dos dois açúcares maximiza a atividade enzimática da RNA polimerase, independentemente das proteínas reguladoras.
- B) Baixa glicose e alta lactose, pois a ausência do repressor ligado ao operador (devido à alolactose) permite a transcrição, e os altos níveis de cAMP (por baixa glicose) ativam a CAP, que facilita a ligação da RNA polimerase ao promotor — controle negativo e positivo atuando na mesma direção.
- C) Alta glicose e baixa lactose, pois nessas condições o repressor permanece inativo e a CAP está fortemente ativada.
- D) Baixa glicose e baixa lactose, pois a ausência de ambos os açúcares remove qualquer inibição sobre o operador.
- E) A concentração de glicose não influencia esse óperon, apenas a presença de lactose determina isoladamente o nível de transcrição.



Questão 22

ID: #00000246

Células cancerosas frequentemente apresentam mutações no gene TP53, que codifica a proteína p53. Em células normais, danos ao DNA ativam a p53, que interrompe o ciclo celular no ponto de checagem G1/S até que o reparo seja concluído; se o dano for irreparável, a p53 pode induzir apoptose. Em células com TP53 mutado, esse mecanismo de vigilância é perdido. Qual é a consequência mais direta, em termos de biologia celular, da perda de função da p53 sobre células que sofreram dano ao DNA?

- A) As células param permanentemente em G0, entrando em senescência replicativa protetora.
- B) As células com DNA danificado podem prosseguir para a fase S e se dividir sem reparo adequado, propagando mutações às células-filhas e favorecendo o acúmulo de alterações genéticas características de tumores.
- C) As células perdem a capacidade de realizar mitose, permanecendo indefinidamente em intérfase sem se dividir.
- D) A ausência de p53 acelera exclusivamente a replicação das mitocôndrias, sem qualquer efeito sobre o núcleo.
- E) As células passam a se dividir por meiose em vez de mitose, o que reduz o número cromossômico pela metade a cada divisão.

Questão 23

ID: #00000245

Células acinares do pâncreas são especializadas na síntese e secreção de enzimas digestivas, como o tripsinogênio. Ao serem observadas por microscopia eletrônica, essas células revelam retículo endoplasmático rugoso extremamente desenvolvido e complexo de Golgi proeminente, além de numerosas vesículas de secreção próximas à membrana plasmática voltada para o ducto pancreático. Mutações que comprometem proteínas do complexo COPII, responsáveis pelo brotamento de vesículas do retículo endoplasmático, resultam em acúmulo anormal de proteínas mal processadas dentro da célula. Considerando a via secretora clássica das células eucarióticas, qual é a sequência correta do trajeto percorrido pelo tripsinogênio, desde sua síntese até a secreção, e qual é a consequência funcional esperada da mutação em COPII descrita?

- A) Núcleo !' mitocôndria !' complexo de Golgi !' membrana plasmática; a mutação causa a duplicação do DNA mitocondrial, interrompendo a síntese proteica.
- B) Ribossomos livres !' citosol !' lisossomo !' exocitose direta; a mutação bloqueia a fusão com a membrana plasmática.
- C) Retículo endoplasmático rugoso !' vesículas de transporte !' complexo de secreção !' membrana plasmática (exocitose); a mutação em COPII impede o brotamento das vesículas do retículo, causando retenção e acúmulo de proteínas mal processadas.
- D) Complexo de Golgi !' retículo endoplasmático liso !' peroxissomo !' membrana plasmática; a mutação interrompe a degradação de lipídios necessária à secreção.
- E) Ribossomos do retículo liso !' núcleo !' complexo de Golgi !' secreção com lisossomos; a mutação interrompe a replicação do envelope nuclear.



Questão 24

ID: #00000244

Hemácias humanas foram colocadas em três soluções diferentes: solução A (mais concentrada em soluto que o citoplasma da hemácia), solução B (isotônica) e solução C (menos concentrada que o citoplasma). Após alguns minutos, observou-se ao microscópio que as células na solução A murcharam (crenação), as da solução B mantiveram sua forma normal, e as da solução C incharam, algumas chegando a se romper (lise). Qual explicação relaciona corretamente o comportamento das hemácias com o processo físico envolvido em cada solução?

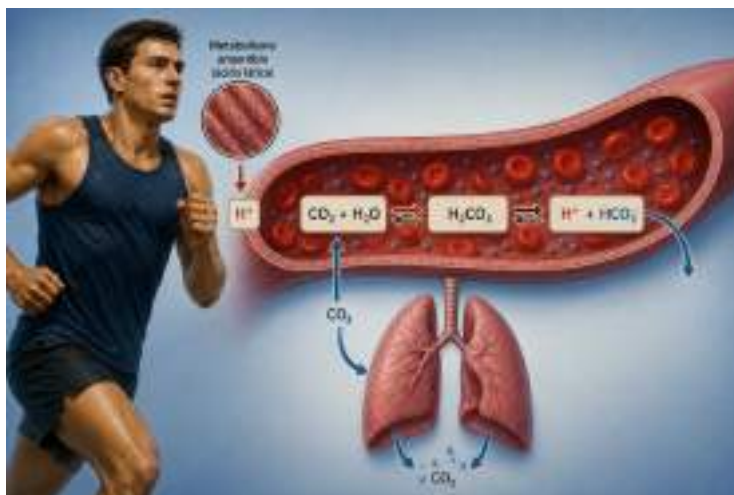
- A)** Em todas as soluções, o transporte ativo de água, dependente de ATP, direciona o fluxo para dentro ou para fora da célula conforme a necessidade metabólica.
- B)** Na solução A, a água se move da hemácia (menos concentrada em soluto) para o meio extracelular (mais concentrado) por osmose, causando a crenação; na solução C, ocorre o inverso, com entrada de água e possível lise.
- C)** Na solução A, ocorre plasmólise por difusão facilitada de proteínas transportadoras específicas de sódio, sem relação com a concentração de água.
- D)** O fenômeno observado depende exclusivamente da permeabilidade da membrana a íons, e não à água, já que a água não atravessa membranas biológicas livremente.
- E)** A hemácia incha na solução A porque solutos hipertônicos atraem quimicamente a membrana celular, deformando-a mecanicamente.



Questão 25

ID: #00000243

O sangue humano mantém o pH próximo de 7,4 graças, em grande parte, ao sistema tampão bicarbonato: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. Durante um exercício físico intenso, o ácido láctico, que libera H^+ no sangue. Em resposta, a frequência respiratória aumenta rapidamente, mesmo antes de qualquer alteração perceptível na concentração de oxigênio arterial. Com base no princípio de Le Chatelier aplicado ao sistema tampão bicarbonato, qual é a explicação correta para o aumento da frequência respiratória diante do acúmulo de H^+ proveniente do ácido láctico?

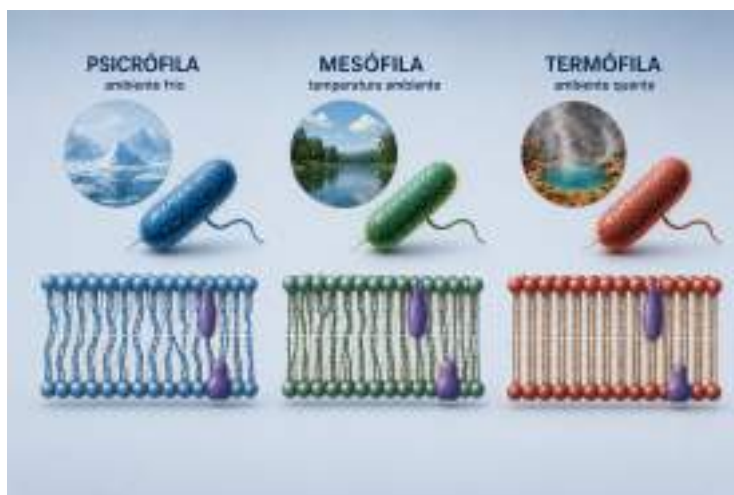


- A) O excesso de H^+ desloca o equilíbrio da reação no sentido de formação de HCO_3^- e CO_2 , e a eliminação do CO_2 pela respiração acelerada retira produto do sistema, deslocando o equilíbrio para a direita e consumindo o H^+ em excesso.
- B) O excesso de H^+ inibe diretamente os quimiorreceptores centrais, reduzindo a frequência respiratória para conservar CO_2 no sangue.
- C) O aumento da frequência respiratória visa exclusivamente aumentar a entrada de O_2 , já que o ácido láctico consome oxigênio diretamente no sangue.
- D) O ácido láctico se combina quimicamente com o oxigênio no plasma, formando CO_2 diretamente, sem qualquer participação do sistema bicarbonato.
- E) O aumento de H^+ não influencia o sistema bicarbonato, pois esse tampão atua apenas em nível renal, não pulmonar.

Questão 26

ID: #00000242

Um bioquímico compara três amostras de lipídios de membrana extraídos de bactérias que vivem em diferentes temperaturas: uma espécie psicrófila (vive no gelo antártico), uma mesófila (temperatura ambiente) e uma termófila (fontes hidrotermais). A análise revela que a espécie psicrófila possui membrana rica em ácidos graxos insaturados (com dobras na cadeia de carbono), enquanto a termófila apresenta predominância de ácidos graxos saturados (cadeias retas). Qual é a explicação bioquímica correta para essa diferença na composição lipídica das membranas conforme a temperatura do ambiente?



- A) Ácidos graxos insaturados formam empacotamento mais compacto entre as caudas, o que mantém a membrana rígida mesmo em baixas temperaturas.
- B) As dobras causadas pelas duplas ligações nos ácidos graxos insaturados impedem o empacotamento compacto das caudas lipídicas, mantendo a membrana fluida em baixas temperaturas; já as cadeias saturadas, retas, empacotam-se mais e evitam fluidez excessiva em altas temperaturas.
- C) Ácidos graxos saturados conduzem calor com maior eficiência, protegendo bactérias termófilas do superaquecimento interno.
- D) A insaturação está relacionada exclusivamente à síntese de esteroides, sem relação com a fluidez da membrana.
- E) Bactérias termófilas não possuem membrana lipídica, e sim uma parede rígida de quitina que substitui essa função.

Questão 27

ID: #00000241

A fosfofrutoquinase-1 (PFK-1) catalisa uma das etapas limitantes da glicólise. Essa enzima possui sítios regulatórios além do sítio ativo: altas concentrações de ATP e citrato reduzem sua atividade, enquanto o AMP e o ADP a estimulam, mesmo sem competir diretamente pelo sítio onde o substrato (frutose-6-fosfato) se liga. A curva de velocidade de reação da PFK-1 em função da concentração de substrato tem formato sigmoide, e não hiperbólico, como o previsto pelo modelo clássico de Michaelis-Menten. O comportamento cinético e regulatório da PFK-1 descrito no texto é característico de qual mecanismo enzimático, e o que explica a diferença entre a curva sigmoide observada e a curva hiperbólica esperada para uma enzima michaeliana simples?

- A)** Inibição competitiva, pois ATP e citrato disputam o sítio ativo com a frutose-6-fosfato, o que reduz a afinidade aparente da enzima pelo substrato.
- B)** Regulação alostérica cooperativa, pois a ligação de moduladores em sítios distintos do sítio ativo altera a conformação da enzima, modificando a afinidade das subunidades pelo substrato à medida que ele se liga — o que gera a curva sigmoide.
- C)** Inibição irreversível, pois o ATP se liga covalentemente à enzima, inativando-a permanentemente até sua degradação.
- D)** Catálise não específica, pois a enzima aceita múltiplos substratos diferentes, o que explica o desvio do comportamento hiperbólico.
- E)** Efeito exclusivo de temperatura, pois a curva sigmoide reflete apenas a desnaturação parcial da enzima em condições fisiológicas.



Questão 28

ID: #00000240

Um recife de coral abriga pólipos de coral (que formam colônias), peixes-palhaço, algas simbiontes (zooxantelas) que vivem dentro dos tecidos dos pólipos, cardumes de peixes-cirurgião e a interação entre todos esses organismos com a água do mar, a luz solar e a temperatura local. Assinale a alternativa que relaciona corretamente cada elemento descrito ao seu nível de organização biológica correspondente.



- A)** Uma única colônia de pólipos de coral = população; o recife inteiro com água, luz e temperatura = comunidade.
- B)** As zooxantelas dentro de um único pólipos = órgão; o cardume de peixes-cirurgião = ecossistema.
- C)** O conjunto de todos os cardumes de peixes-cirurgião do recife = população; o conjunto de corais, peixes e algas interagindo entre si = comunidade (biocenose).
- D)** O recife de coral com fatores físicos incluídos = bioma; um único peixe-palhaço = população.
- E)** A interação simbiótica entre pólipos e zooxantela = ecossistema; o cardume de peixes-cirurgião = indivíduo.

Questão 29

ID: #00000239

Um grupo de pesquisadores investiga se um probiótico reduz a incidência de diarreia em bezerros recém-nascidos. Eles dividem 200 animais aleatoriamente em dois grupos: um recebe o probiótico misturado ao leite; outro recebe apenas leite, sem qualquer aditivo. Os veterinários que avaliam os sintomas dos animais não sabem a qual grupo cada bezerro pertence. Após 30 dias, o grupo tratado apresentou incidência significativamente menor de diarreia. Do ponto de vista da lógica experimental, qual é a função metodológica do grupo que recebeu apenas leite, e por que o desconhecimento dos avaliadores quanto à alocação dos animais é relevante para a validade do estudo?

- A)** O grupo sem aditivo é o experimental, pois representa a condição de interesse; o desconhecimento dos avaliadores serve apenas para agilizar a coleta de dados.
- B)** O grupo sem aditivo funciona como controle negativo, isolando o efeito da variável testada (probiótico); o cegamento dos avaliadores reduz o viés de confirmação na classificação dos sintomas.
- C)** O grupo sem aditivo é dispensável, pois a comparação estatística poderia ser feita apenas com dados históricos de outros rebanhos, tornando o desenho atual redundante.
- D)** O grupo sem aditivo serve para determinar a dose letal do probiótico, e o cegamento evita que os animais percebam diferenças no sabor do leite.
- E)** O cegamento dos avaliadores invalida o experimento, pois impede que eles ajustem o diagnóstico de acordo com o tratamento recebido por cada animal.

Questão 30

ID: #00000238

Biofilmes bacterianos, como os formados por *Pseudomonas aeruginosa* em superfícies úmidas, não são simples aglomerados de células isoladas. As bactérias se comunicam por meio de moléculas sinalizadoras chamadas autoindutores, cuja concentração aumenta proporcionalmente à densidade populacional. Ao atingir um limiar crítico, essas moléculas desencadeiam, de forma coordenada, a expressão de genes ligados à produção de matriz extracelular, virulência e resistência a antibióticos — fenômeno conhecido como quorum sensing. Isoladamente, uma única bactéria não produziria esse efeito coletivo. Considerando os níveis clássicos de organização biológica, o quorum sensing descrito no texto é uma propriedade emergente que só pode ser corretamente atribuída a qual nível de organização, e por quê?

- A)** Ao nível celular, pois cada bactéria processa individualmente toda a informação necessária para decidir sua resposta, independentemente das demais.
- B)** Ao nível populacional, pois o comportamento coordenado depende da soma das concentrações de sinal liberadas por múltiplos indivíduos e não pode ser explicado a partir de uma célula isolada.
- C)** Ao nível de comunidade (biocenose), pois envolve interação entre diferentes espécies bacterianas competindo pelo mesmo nicho.
- D)** Ao nível de ecossistema, pois inclui necessariamente fatores abióticos como temperatura e umidade da superfície colonizada.
- E)** Ao nível molecular apenas, pois o fenômeno se resume à difusão passiva de uma substância química no meio.



Gabarito

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

