

**MATERIAL DO
PROFESSOR**

• **Biologia**

VOLUME

1



PRÉ-VESTIBULAR
SEMIEXTENSIVO

**MATERIAL DO
PROFESSOR**

• **Biologia**

VOLUME

1

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

DOM BOSCO - SISTEMA DE ENSINO
PRÉ-VESTIBULAR SEMIEXTENSIVO 1
Ciências da natureza e suas tecnologias.
© 2019 – Pearson Education do Brasil Ltda.

Vice-presidência de Educação	Juliano Melo Costa
Gerência editorial nacional	Alexandre Mattioli
Gerência de produto	Silvana Afonso
Autoria	Ana Carolina Marinho Mota, Fernanda Lowndes, Sonia Graça Melo, Leandro Magrini
Coordenação editorial	Luiz Molina Luz
Edição de conteúdo	Lauro Tozetto, Egídio Trambaiolli
Assistência de edição	Ana Carolina de Almeida Paulino, Bunni Costa
Leitura crítica	Rafael Simões, Hannah Hamada, Lorena Milock de Freitas, Curso São Carlos Ltda.
Preparação e revisão	Igor Debiasi, Adriana Bairrada, Luzia Leite, Renata Coppolla, Elaine Faires
Gerência de Design	Cleber Figueira Carvalho
Coordenação de Design	Diogo Mecabo
Edição de arte	Alexandre Silva
Coordenação de pesquisa e licenciamento	Maiti Salla
Pesquisa e licenciamento	Andrea Bolanho, Cristiane Gameiro, Heraldo Colon, Maricy Queiroz, Sandra Sebastião, Shirlei Sebastião
Ilustrações	Alex Cói, Carla Viana, Dayane Cabral, Madine Oliveira
Projeto Gráfico	Apis design integrado
Diagramação	Editorial 5
Capa	Apis design integrado
Imagem de capa	mvp64/istock
Produtor multimídia	Cristian Neil Zaramella
PCP	George Baldim, Paulo Campos

Todos os direitos desta publicação reservados à
Pearson Education do Brasil Ltda.

Av. Santa Marina, 1193 - Água Branca
São Paulo, SP – CEP 05036-001
Tel. (11) 3521-3500

www.pearson.com.br

APRESENTAÇÃO

Um bom material didático voltado ao vestibular deve ser maior que um grupo de conteúdos a ser memorizado pelos alunos. A sociedade atual exige que nossos jovens, além de dominar conteúdos aprendidos ao longo da Educação Básica, conheçam a diversidade de contextos sociais, tecnológicos, ambientais e políticos. Desenvolver as habilidades a fim de obterem autonomia e entenderem criticamente a realidade e os acontecimentos que os cercam são critérios básicos para se ter sucesso no Ensino Superior.

O Enem e os principais vestibulares do país esperam que o aluno, ao final do Ensino Médio, seja capaz de dominar linguagens e seus códigos; construir argumentações consistentes; selecionar, organizar e interpretar dados para enfrentar situações-problema em diferentes áreas do conhecimento; e compreender fenômenos naturais, processos histórico-geográficos e de produção tecnológica.

O Pré-Vestibular do Sistema de Ensino Dom Bosco sempre se destacou no mercado editorial brasileiro como um material didático completo dentro de seu segmento educacional. A nova edição traz novidades, a fim de atender às sugestões apresentadas pelas escolas parceiras que participaram do Construindo Juntos – que é o programa realizado pela área de Educação da Pearson Brasil, para promover a troca de experiências, o compartilhamento de conhecimento e a participação dos parceiros no desenvolvimento dos materiais didáticos de suas marcas.

Assim, o Pré-Vestibular Semiextensivo Dom Bosco by Pearson foi elaborado por uma equipe de excelência, respaldada na qualidade acadêmica dos conhecimentos e na prática de sala de aula, abrangendo as quatro áreas de conhecimento com projeto editorial exclusivo e adequado às recentes mudanças educacionais do país.

O novo material envolve temáticas diversas, por meio do diálogo entre os conteúdos dos diferentes componentes curriculares de uma ou mais áreas do conhecimento, com propostas curriculares que contemplem as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura como eixos integradores entre os conhecimentos de distintas naturezas; o trabalho como princípio educativo; a pesquisa como princípio pedagógico; os direitos humanos como princípio norteador; e a sustentabilidade socioambiental como meta universal.

A coleção contempla todos os conteúdos exigidos no Enem e nos vestibulares de todo o país, organizados e estruturados em módulos, com desenvolvimento teórico associado a exemplos e exercícios resolvidos que facilitam a aprendizagem. Soma-se a isso, uma seleção refinada de questões selecionadas, quadro de respostas e roteiro de aula integrado a cada módulo.

SUMÁRIO



383

BIOLOGIA 1



573

BIOLOGIA 2



687

BIOLOGIA 3



BLEND IMAGES / ALAMY STOCK PHOTO

MATERIAL DE ENSINO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

BIOLOGIA 1

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

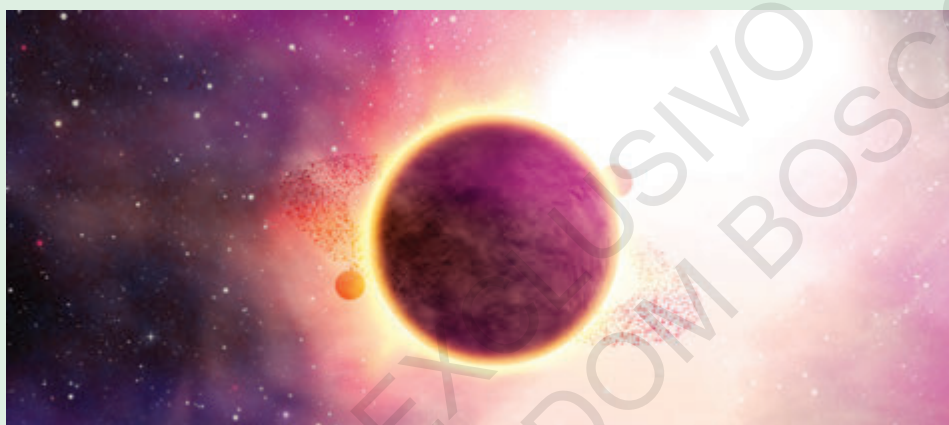
1

ORIGEM DA VIDA NA TERRA E CARACTERÍSTICAS DOS PRIMEIROS SERES VIVOS

- Geração espontânea ou abiogênese
- Biogênese *versus* abiogênese
- Condições na Terra primitiva e a síntese de compostos orgânicos
- Protobiontes
- Origem dos organismos unicelulares

HABILIDADES

- Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos de obtenção e consumo de energia no ambiente primitivo precursor da vida.
- Compreender o método científico e os procedimentos próprios das ciências naturais.
- Descrever as características dos primeiros seres vivos presentes na Terra primitiva.
- Compreender as evidências que elucidam a origem dos organismos celulares.
- Relatar como se deram os processos de obtenção e consumo de energia no ambiente primitivo precursor da vida.
- Explicar como foram originados os seres eucariotos.



Representação do exoplaneta LHS 1140b orbitando sua estrela, a LHS 1140, presentes na constelação Cetus. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Uma das grandes dúvidas do ser humano está no questionamento de como surgiu a vida. Existem várias tentativas para explicar a origem da vida na Terra.

Geração espontânea ou abiogênese

A teoria da geração espontânea, também conhecida como abiogênese (*a* = prefixo de negação; *bio* = vida; *genesis* = origem), fundamenta-se na ideia de que os seres vivos se originam da matéria bruta inanimada. Um dos primeiros a defender tal concepção foi o filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C), noção que perdurou até meados do século XIX.

Essa teoria defendia que a vida se originava de matéria não viva, justificando que os vermes surgiam espontaneamente do corpo de cadáveres em decomposição ou que girinos eram gerados da água parada em poças ou da lama do fundo dos rios.

No século XVII, o belga Jean Baptista Van Helmont realizou um experimento para comprovar a abiogênese. O cientista guardou grãos de trigo no meio de uma roupa suja em um local escuro. Após 21 dias, verificou a presença de ratos e concluiu, então, que os grãos de trigo haviam se transformado em ratos e que esse fenômeno ocorreu em virtude do cheiro exalado pela roupa suja. Para o cientista, isso era um indício da existência de um "princípio vital", que permitia à matéria bruta transformar-se em um ser vivo.

Apesar das conclusões incorretas, Van Helmont não deixou de seguir passos do método científico para testar sua hipótese. Ele consiste em uma série de etapas e procedimentos criados para testar uma teoria, no qual cientistas desenvolvem experimentos com base na observação de um fenômeno para responder a uma pergunta. No caso de Helmont, a questão era se seria possível seres vivos surgirem da matéria bruta. Antes do experimento, foi criada uma hipótese, ou seja, a resposta que ele esperava encontrar. De acordo com a suposição de Helmont, era possível criar seres vivos da matéria bruta.

Para isso, ele criou o experimento dos grãos de trigo envoltos na roupa suja, o que, supostamente, deveria originar ratos. A seguir, analisou se não havia nenhuma falha no experimento e se o resultado fazia sentido. Assim, concluiu que o fenômeno imaginado por ele era possível. Ou seja, para Helmont, sua hipótese estava correta.

Obviamente, o experimento do cientista belga não teve o rigor científico necessário, pois hoje sabemos que os ratos simplesmente foram atraídos pelo cheiro dos grãos de trigo e do suor da roupa.

Biogênese versus abiogênese

Com o passar do tempo, surgiram pesquisadores que contestaram a abiogênese por meio de outra teoria, a **biogênese**. De acordo com eles, os seres vivos surgem de outros organismos preexistentes.

Para comprovar essa teoria, em 1668 o naturalista italiano Francesco Redi (1626-1697) criou um experimento. Ele colocou pedaços de carne em dois frascos, um coberto com gaze e o outro, não. Como resultado, verificou a presença de larvas nos pedaços de carne do frasco aberto, enquanto aquele tampado com gaze não apresentava larvas.

Assim, Redi concluiu que as larvas surgiram de ovos depositados na carne pelas moscas. Portanto, os seres vivos não poderiam ser originados da matéria bruta. Com isso, pela primeira vez, a teoria da geração espontânea foi refutada.

A DÚVIDA RETORNA

Por volta do século XVIII, com um relativo avanço nas técnicas de microscopia, foi possível descrever organismos como bactérias, fungos e protozoários. Isso motivou parte da comunidade científica a considerar novamente a abiogênese como justificativa para a origem desses seres microscópicos.

Muitos cientistas defendiam que os microrganismos surgiam espontaneamente em todos os lugares, independentemente de haver outros preexistentes, o que enfraqueceu a teoria proposta por Redi.

Para testar a origem dos microrganismos, o naturalista inglês John Needham (1713-1781), adepto da abiogênese, colocou caldo de carne em alguns frascos, aqueceu levemente o líquido e tampou os recipientes com rolhas. Após alguns dias, Needham verificou que o caldo estava turvo, o que indicava a presença de microrganismos. Com base nesses resultados, concluiu que os microrganismos se originavam da matéria inanimada e que o caldo seria o princípio vital que possibilitava o fenômeno.

O padre italiano, fisiologista e estudioso das ciências naturais Lazzaro Spallanzani (1729-1799) repetiu os experimentos de Needham, porém com algumas modificações: adicionou o caldo de carne em frascos, fechando-os hermeticamente com rolhas e os aqueceu por mais tempo. Após alguns dias, Spallanzani verificou ao microscópio que o caldo dos frascos permanecia da mesma forma, sem a presença de microrganismos.

Spallanzani acreditava que Needham não havia fervido o caldo o suficiente para matar os microrganismos e que a falta de vedação dos frascos causou a contaminação do conteúdo. Em contrapartida, Needham alegou que

Spallanzani havia aquecido em excesso os frascos, o que teria destruído o princípio vital que possibilitava o surgimento de microrganismos no caldo. Nesse embate, Needham saiu fortalecido.

Esses pesquisadores viveram em uma época na qual a corrente de pensamento vigente era o **vitalismo** (em que se acreditava na existência de uma essência da vida, o chamado **princípio vital**), também usado para justificar o movimento dos astros por uma força invisível. Tal pensamento perdurou até o início do século XX.

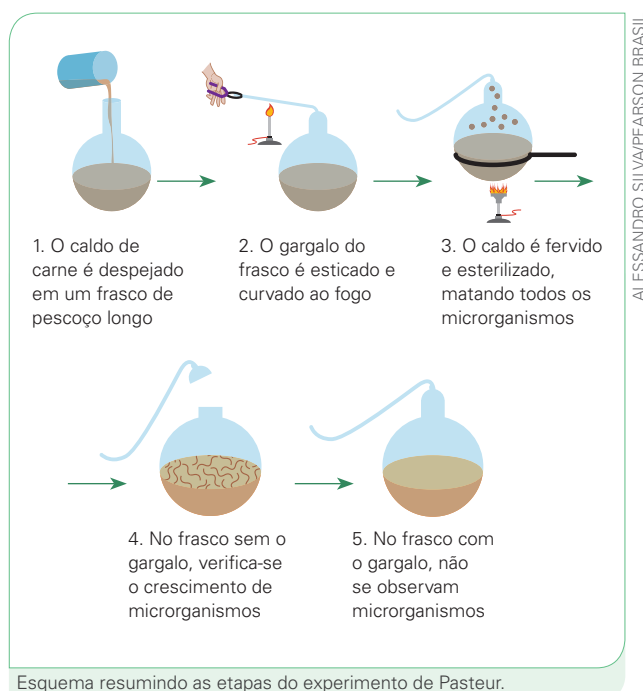
O EXPERIMENTO DE PASTEUR

O cientista francês Louis Pasteur (1822-1895) acompanhou toda a polêmica envolvendo os experimentos de Needham e de Spallanzani. Adepto da teoria da biogênese, Pasteur acreditava que os microrganismos existentes nos frascos dos experimentos de Needham vieram do ar, contaminando o caldo.

Para testar essa hipótese, Pasteur criou outro experimento. Colocou o caldo de carne em frascos de longo gargalo, em forma de “S”, chamados de “pescoço de cisne”. Sem vedação, esse gargalo possibilitava a entrada de ar no frasco, mas não a de microrganismos, isso porque, após aquecer o caldo, gotículas de água condensavam-se no gargalo, formando um tipo de “filtro”, em que os microrganismos ficavam retidos.

Durante o processo, alguns frascos foram mantidos com o gargalo, enquanto outros tiveram o gargalo retirado. Observe a figura a seguir, que simula o experimento de Pasteur.

Após alguns dias, Pasteur percebeu que os caldos dos frascos com gargalo estavam da mesma forma, sem a presença de microrganismos. Já os caldos dos frascos sem gargalo estavam turvos, indicando a presença de microrganismos.



Pasteur concluiu que os frascos com gargalo não foram contaminados por microrganismos em virtude da filtração exercida pelo tubo, de maneira que apenas o oxigênio chegava até o caldo. Nos frascos sem gargalo, houve a contaminação com microrganismos provenientes do ar, por não haver nada que impedisse sua entrada no caldo.

Assim a teoria da abiogênese foi refutada sem contestações. Desde então, a ideia de que os seres vivos são originados de outros organismos preexistentes — a biogênese — passou a ser aceita em definitivo pela comunidade científica.

O experimento de Pasteur propiciou o desenvolvimento da técnica de **pasteurização**, que possibilita a esterilização de alimentos e bebidas por meio de aquecimento, resultando em sua conservação por mais tempo.

Condições na Terra primitiva e a síntese de compostos orgânicos

Com a validação da teoria da biogênese, criou-se um novo questionamento: se todos os seres vivos surgem de outros preexistentes, qual a origem do primeiro de todos?

Em 1920, tanto o bioquímico russo Aleksandr I. Oparin (1894-1980) quanto o geneticista britânico John S. Haldane (1892-1964) propuseram que a atmosfera primitiva terrestre era um ambiente redutor — portanto, doador de elétrons —, no qual moléculas inorgânicas simples poderiam formar compostos orgânicos mais complexos, por meio da constituição de ligações químicas que formam moléculas. Para que essa síntese orgânica ocorresse, a energia provinha dos raios das frequentes tempestades e da intensa radiação ultravioleta (UV), já que a camada de ozônio ainda não existia.

Embora não seja consenso, acredita-se que a atmosfera primitiva era formada por gás hidrogênio (H_2), metano (CH_4), amônia (NH_3) e vapor de água (H_2O). O gás oxigênio não existia, ou estava presente em baixíssimas concentrações.

Haldane sugeriu, também, que a superfície da crosta terrestre era tão quente que levava a um nível intenso de processos, como a evaporação e a condensação da água, originando o ciclo das chuvas. A água das precipitações acumulava-se em depressões na crosta terrestre, formando os oceanos primitivos, que eram rasos e quentes. Nesses oceanos, as moléculas orgânicas trazidas pelo escoamento das chuvas eram diluídas em um longo processo, que formaria, após muito tempo, uma “sopa de nutrientes”, rica em matéria orgânica, na qual surgiu a vida.

Essas moléculas orgânicas (carboidratos simples, aminoácidos, ácidos graxos e nucleotídeos), submetidas ao aquecimento prolongado, possibilitaram a combinação de aminoácidos entre si, formando proteínas envoltas por moléculas de água, os **coacervatos** (do latim *coacervare*: formar grupos). É importante destacar que os coacervatos

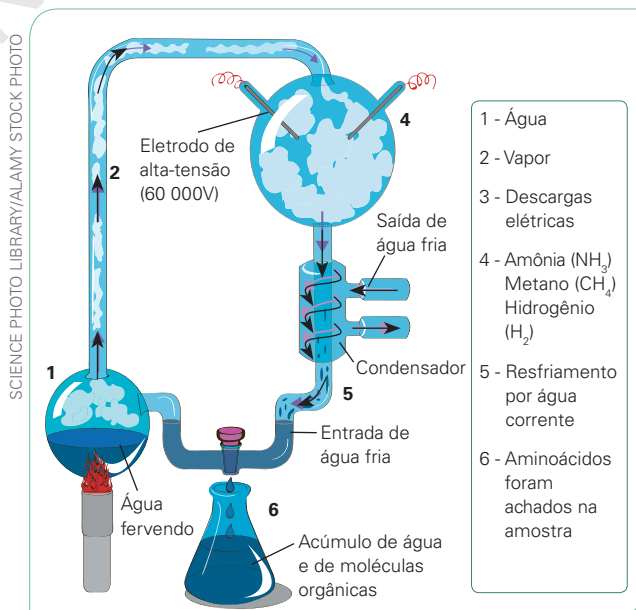
não eram seres vivos, mas sim a primeira organização de substâncias orgânicas em um sistema semi-isolado do meio. Isso possibilitava trocas com o meio externo que resultavam em reações químicas no meio interno, caracterizando um metabolismo rudimentar.

Apesar de não se saber como surgiu a primeira célula, supõe-se que, com base nos coacervatos, se criou um ambiente delimitado (intracelular). A partir de então, outros sistemas equivalentes de delimitações surgiram e proporcionaram o desenvolvimento de locais restritos para reações entre as moléculas, formando sistemas organizados, nos quais uma membrana constituída de lipídios e proteínas envolveu um meio interno que apresentava uma molécula de ácido nucleico. Por meio deste, foram possíveis a reprodução e a regulação das reações internas. É nesse momento que surge o primeiro ser vivo, capaz de originar outros semelhantes a ele.

MILLER E A EVOLUÇÃO MOLECULAR

Em 1953, os cientistas da Universidade de Chicago Stanley Miller e Harold Urey decidiram testar a hipótese de Oparin e Haldane. Para isso, usaram um simulador formado por tubos e balões de vidro interligados. Nesse aparelho foram introduzidos metano (CH_4), amônia (NH_3), hidrogênio (H_2) e vapor de água (H_2O).

Durante uma semana, o aparelho foi exposto à alta intensidade de descarga elétrica. O resultado foi a presença de moléculas orgânicas, incluindo aminoácidos, o que suporta a hipótese de Oparin e Haldane. Posteriormente, vários cientistas repetiram o experimento de Miller e Urey e obtiveram os mes-



Esquema do experimento de Miller. Ao ferver a água, o vapor formado movimentava todo o sistema em um só sentido. Descargas elétricas simulam os raios e a radiação UV no balão com a mistura gasosa. Após as descargas elétricas, a mistura é submetida a um resfriamento, semelhante à condensação nas altas camadas da atmosfera, responsável pelas chuvas. A porção inferior, em forma de U, simula os oceanos primitivos, que recebiam as águas das chuvas e os compostos formados na atmosfera.

mos resultados, comprovando que, se as condições da atmosfera primitiva de fato fossem essas, havia possibilidade de vida.

Ao analisar o conteúdo da parte que simulava os oceanos, os pesquisadores encontraram uma variedade de aminoácidos, os mesmos encontrados nos seres vivos atuais, além de outros compostos orgânicos.

Atualmente, cientistas afirmam que há 4,6 bilhões de anos a Terra possivelmente tinha alto índice de gases derivados de vulcões, como gás carbônico (CO₂), nitrogênio (N₂), hidrogênio (H₂) e sulfeto de hidrogênio (H₂S). No entanto, não se sabe de fato se a atmosfera primitiva continha metano e amônia suficientes para serem reduzidos. Por isso, acredita-se que essa atmosfera não era nem redutora nem oxidante. Possivelmente, pequenas “partes” da atmosfera primitiva — provavelmente perto de vulcões — eram redutoras. É possível que os primeiros compostos orgânicos tenham se formado próximos a vulcões submersos e fontes termais no fundo dos oceanos. Essas regiões são ricas em enxofre inorgânico e compostos ferrosos, usados na síntese de trifosfato de adenosina (ATP) em alguns organismos atuais, como as bactérias extremófilas.

O experimento de Miller e Urey comprovou que é possível a síntese de moléculas orgânicas, com base em compostos inorgânicos. Essa ideia é apoiada também pela análise da composição química de meteoritos. Fragmentos de um meteorito de 4,5 bilhões de anos encontrado em 1969, na Austrália, contêm mais de 80 aminoácidos. Curiosamente as proporções desses aminoácidos são similares às produzidas no experimento de Miller.

Até pouco tempo, o registro mais antigo de um organismo multicelular era datado de 600 milhões de anos. No entanto, fósseis encontrados em 2016 sugerem que organismos multicelulares de longos centímetros existiram há, aproximadamente, 1,56 bilhão de anos.

A descoberta é liderada por Maoyan Zhu, da Academia Chinesa de Ciências de Nanjing, que encontrou um fóssil no norte da China com registros de organismos de até 30 centímetros de comprimento. As células desses seres mediam entre 6 e 18 micrômetros de diâmetro e eram bastante compactas. Ao compará-los com organismos atuais, foi constatado que os fósseis provavelmente eram eucariotos fotossintéticos, similares às algas.

Atualmente, a evidência mais antiga de vida na Terra são microfósseis de procariotos e estruturas rochosas estratificadas muito antigas, produzidas por cianobactérias há 3,5 bilhões de anos denominadas estromatólitos.

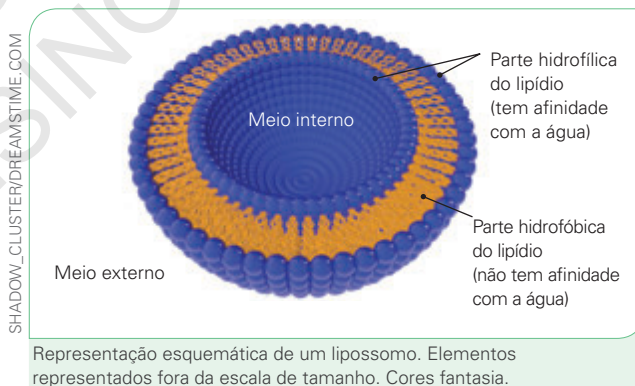
Protobiontes

A reprodução e o metabolismo próprio são características essenciais à vida, por isso uma propriedade não pode existir sem a outra. Ao longo do tempo, pesquisadores repetiram o experimento Miller-Urey e obtiveram algumas bases nitrogenadas de ácido desoxirribonucleico (DNA) e

ácido ribonucleico (RNA). No entanto, ainda não foi produzido nada parecido com nucleotídeos. Uma nova hipótese surgiu: se não havia nucleotídeos na “sopa primitiva”, moléculas autorreplicadoras e algum tipo de metabolismo rudimentar devem ter surgido na mesma época. Como isso pode ter acontecido?

A resposta pode estar nos **protobiontes**, um grupo de moléculas formadas de compostos inorgânicos, rodeadas por uma estrutura semelhante a uma membrana. Diferentemente dos coacervatos, os protobiontes podem exibir algumas características dos seres vivos, como a reprodução simples e um metabolismo capaz de realizar a manutenção do meio interno.

Em laboratório, experimentos demonstraram que os protobiontes são formados de compostos orgânicos produzidos abioticamente. Os **lipossomos** são gotículas rodeadas por uma membrana e são formados quando lipídios e outras moléculas orgânicas são adicionados à água. As moléculas de gordura, por serem hidrofóbicas, organizam-se em uma parede dupla na superfície da água, semelhante à bicamada lipídica da membrana plasmática. Os lipossomos podem multiplicar-se por meio da permeabilidade seletiva dessa camada dupla, que incha ou encolhe conforme as trocas osmóticas com o meio. Também foi observado que, no interior desses lipossomos, há reações metabólicas simples, outra importante característica para a origem da vida.



AUTORREPLICAÇÃO DE RNA E O MEIO COMO UM AGENTE DE SELEÇÃO NATURAL

Muitos questionam qual material genético teria se originado primeiro: o ácido desoxirribonucleico (DNA) ou o ácido ribonucleico (RNA). A ideia mais aceita atualmente é de que o RNA foi a molécula precursora da vida, por conter todas as informações necessárias para montar uma proteína e pelo fato de conseguir catalisar as próprias reações, de maneira similar às enzimas.

Essa ideia foi comprovada pelos cientistas Thomas Cech, da Universidade do Colorado, e Sidney Altman, da Universidade de Yale, que chamaram esse RNA catalítico de **ribozima**. Em seu experimento, Cech observou que algumas ribozimas fazem cópias complementares de pequenas partes do RNA, quando fornecida a matéria-prima para a formação de nucleotídeos.

Em alguns meios, as moléculas de RNA com determinados nucleotídeos são mais estáveis e conseguem se replicar mais e com menos erros do que outras sequências. Essas moléculas, por serem mais adaptadas ao meio externo, conseguem deixar mais descendentes, que formam uma espécie de família com sequências de nucleotídeos que diferem levemente umas das outras. Eventualmente, um erro de cópia da sequência de nucleotídeos resulta em uma molécula com forma mais estável que a ancestral e vice-versa.

É possível que na Terra primitiva tenham ocorrido eventos de seleção similares. Dessa forma, a biologia molecular atual provavelmente foi precedida por um “mundo de RNA”, no qual moléculas de RNA contendo informações genéticas podiam replicar-se e guardar informações sobre os protobiontes que as carregavam. Os protobiontes primitivos melhor sucedidos aumentaram em número em virtude da capacidade de explorar seus recursos mais eficientemente e passaram essas habilidades para seus descendentes.

Com o aparecimento das sequências de RNA em protobiontes, muitas mudanças foram possíveis. O RNA pode ter fornecido a matriz para a formação dos nucleotídeos de DNA, por exemplo. Com o aparecimento do DNA, é provável que as moléculas de RNA tenham assumido o papel que desenvolvem atualmente, de intermediárias na tradução genética, e o “mundo de RNA” deu lugar ao “mundo de DNA”, possibilitando o surgimento das mais diferentes formas de vida.

Origem dos organismos unicelulares

Os primeiros seres vivos da Terra possivelmente foram procariotos (organismos sem membrana nuclear) primitivos que viveram entre 3,5 e 2,1 bilhões de anos atrás. As primeiras evidências de vida foram encontradas em rochas denominadas **estromatólitos**, que datam de aproximadamente 3,5 bilhões de anos. Os estromatólitos são formações rochosas estratificadas, que podem ter sido formadas da agregação de sedimentos de um grupo de bactérias fotossintetizantes, as cianobactérias.

Se esses organismos unicelulares eram complexos o suficiente para formar estromatólitos que existiram há mais de 3,5 bilhões de anos, é razoável pensar que os procariotos primitivos se originaram bem antes, talvez há 3,9 bilhões de anos.

HIPÓTESE HETEROTRÓFICA VERSUS HIPÓTESE AUTOTRÓFICA

Ao longo do tempo, o meio atuou sobre a forma de obtenção de energia, produzindo e selecionando novos mecanismos, como a respiração e a fotossíntese. No entanto, a maioria do oxigênio atmosférico (O₂) é de origem biológica, o que indica que sua ocorrência era improvável, ao menos em quantidade suficiente para os processos aeróbios antes do surgimento dos seres vivos capazes de sustentar as vias metabólicas desse processo.

Inicialmente acreditava-se que os primeiros organismos eram heterótrofos, por serem simples e, pro-

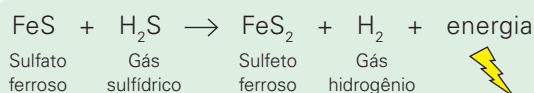
vavelmente, alimentarem-se de moléculas existentes no oceano primitivo. Essa ideia é chamada de **hipótese heterotrófica**. De acordo com ela, em virtude de o ambiente aos poucos se tornar rico em dióxido de carbono, resultado do metabolismo dos seres heterótrofos, os organismos autótrofos surgiram depois, promovendo o aumento de oxigênio na Terra e de organismos aeróbios.

Com o acúmulo de oxigênio na atmosfera, foi originada a camada de ozônio, que reduziu a intensidade de radiação e, assim, possibilitou posteriormente aos organismos viverem fora do ambiente aquático.

Atualmente sabe-se que o oxigênio provém da quebra da molécula de água durante a fotossíntese. Com a evolução da fotossíntese o O₂ produzido possivelmente foi dissolvido na água. Ao atingir uma concentração alta o suficiente para reagir com o ferro, também dissolvido, ocorreu a precipitação em óxido de ferro, que se acumulou nos sedimentos. Após a precipitação do ferro dissolvido, o oxigênio adicional foi dissolvido na água, tornando os mares e lagos ambientes saturados. Da sua volatilização na água, o O₂ conseguiu finalmente entrar na atmosfera. Essa mudança pode ser vista nas marcas de ferrugem em rochas ricas em ferro, processo iniciado há mais de 2,7 bilhões de anos. Isso indica que bactérias semelhantes às atuais cianobactérias (bactérias que liberam oxigênio durante a fotossíntese) originaram-se antes de 2,7 bilhões de anos.

De 2,7 bilhões de anos a 2,2 bilhões de anos atrás, a quantidade de oxigênio atmosférico aumentou gradualmente, com um aumento repentino posterior para mais de 10% do nível atual. Tal fato teve enorme impacto na vida terrestre, especialmente entre muitos grupos procarióticos. Algumas espécies sobrevivem em ambientes anaeróbios, onde se verificam alguns de seus descendentes, como as arqueias extremófilas (organismos procariotos, mas com características diferentes das bactérias), a exemplo das halófilas (adaptadas a ambientes aquáticos e altamente salinos), as termófilas ou hipertermófilas (adaptadas a altas temperaturas, entre 70 °C e 150 °C), as psicrófilas (adaptadas a baixas temperaturas) e as radorresistentes (adaptadas à alta radiação UV).

Em vista da existência desses organismos em ambientes hostis à vida (da perspectiva antropogênica), muito similares àqueles encontrados nos primórdios da formação do planeta, eles tornaram-se uma das principais evidências da hipótese autotrófica: as arqueias, vivendo em ambientes de condições extremas à vida, como fontes termais e fendas vulcânicas, em que realizam a quimiossíntese, produzindo energia do enxofre. Observe a reação da quimiossíntese.



Reação química realizada por arqueias sulfuríferas.

Essa reação provavelmente forneceu energia para os primeiros seres vivos que surgiram na Terra. Os organismos que promovem reações químicas entre substâncias

inorgânicas presentes na crosta terrestre para obtenção de energia são denominados **quimiolitoautotróficos**.

O aumento gradual do oxigênio atmosférico foi, como mencionado, provavelmente protagonizado por ancestrais das cianobactérias. Para os sobreviventes a essa mudança na atmosfera, muitas adaptações surgiram ao longo da evolução, incluindo a respiração celular aeróbia, que usa oxigênio no processo de retirada de energia acumulada em moléculas orgânicas. Centenas de milhões de anos depois, o oxigênio sofreu uma aceleração no aumento de sua concentração atmosférica. E qual teria sido o fator responsável por isso? Uma hipótese é que essa aceleração acompanhou a evolução das células eucarióticas, com uma importante novidade evolutiva: as mitocôndrias e os cloroplastos.

SURGIMENTO DOS EUCARIOTOS

Os seres eucariotos surgiram há aproximadamente 2,1 bilhões de anos, data do fóssil mais antigo e amplamente aceito como eucarioto. As células eucarióticas apresentam organização mais complexa que as procarióticas, pois contêm estruturas como envelope nuclear, retículo endoplasmático e mitocôndrias. Além disso, têm um citoesqueleto que lhes possibilita mudar de forma e, portanto, movimentarem-se e engolfar outras células com maior agilidade.

Acredita-se que as células eucarióticas provavelmente perderam a parede celular e desenvolveram dobramentos da membrana plasmática, originando organelas (várias estruturas que têm diversas funções celulares) e envoltório nuclear, que delimita o núcleo.

Entre as organelas, vale destacar que as mitocôndrias (responsáveis pela respiração celular) e os plastídios (termo geral para os cloroplastos e outras organelas relacionadas à fotossíntese) surgiram de forma diferente. Acredita-se que essas organelas eram inicialmente procariotos heterótrofos (ancestral da mitocôndria) e procariotos autótrofos (ancestral do cloroplasto), que foram engolfados por células procarióticas maiores.

Essa ideia, proposta pela bióloga norte-americana Lynn Margulis (1938-2011) em 1981, é chamada de **teoria da endossimbiose** ou **modelo endossimbionte**. O termo *endossimbionte* refere-se a uma célula que vive dentro de outra célula, chamada de hospedeira. Ambas desenvolveram relações simbióticas, mutuamente benéficas, já que o hospedeiro heterotrófico poderia utilizar componentes liberados pela célula endossimbionte fotossintética. Em um ambiente com concentrações cada vez maiores de oxigênio, um hospedeiro anaeróbio se beneficiaria de um endossimbionte que utiliza o oxigênio vantajosamente. Com o passar do tempo, hospedeiro e endossimbionte tornaram-se extremamente dependentes, formando um único organismo.

Como nem todos os eucariotos têm plastídios, apesar de as mitocôndrias serem comuns a todas as células eucarióticas, o modelo **endossimbionte serial** defende a ideia de que as mitocôndrias associaram-se antes dos plastídios, por meio de vários eventos de endossimbiose.

Uma gama de indícios sustenta essa teoria, como o fato de que ambas as organelas têm DNA próprio e são envoltas por duas ou mais membranas de composições diferentes — como ocorre nas bactérias —, além da capacidade de se autoduplicarem a partir dos DNAs próprios e circulares não associados às histonas.

Panspermia cósmica

No final do século XIX, cientistas propuseram a hipótese denominada **panspermia cósmica**, segundo a qual a vida na Terra surgiu por meio de precursores vindos de outros lugares do espaço, que aqui chegaram em meteoritos e poeira cósmica caídos na Terra.

Embora essa hipótese tenha ganhado força nas últimas décadas, ao serem encontradas substâncias orgânicas como formaldeídos, álcool etílico e alguns aminoácidos em outros locais do espaço, ela ainda não esclarece o surgimento da vida, já que apenas transfere a dúvida para outro local do espaço.

ROTEIRO DE AULA

ORIGEM DA VIDA

Helmont

Criou uma receita para geração espontânea de ratos a partir de grãos e roupa suja:

Redi

Abiogênese

Biogênese

Needham

Spallanzani

Pasteur

Oparin e Raldane

Caldo de carne em frascos levemente aquecidos.

Caldo de carne em frascos com aquecimento prolongado.

Experimento com tubos "pescoço de cisne" que comprovou a biogênese.

Terra primitiva

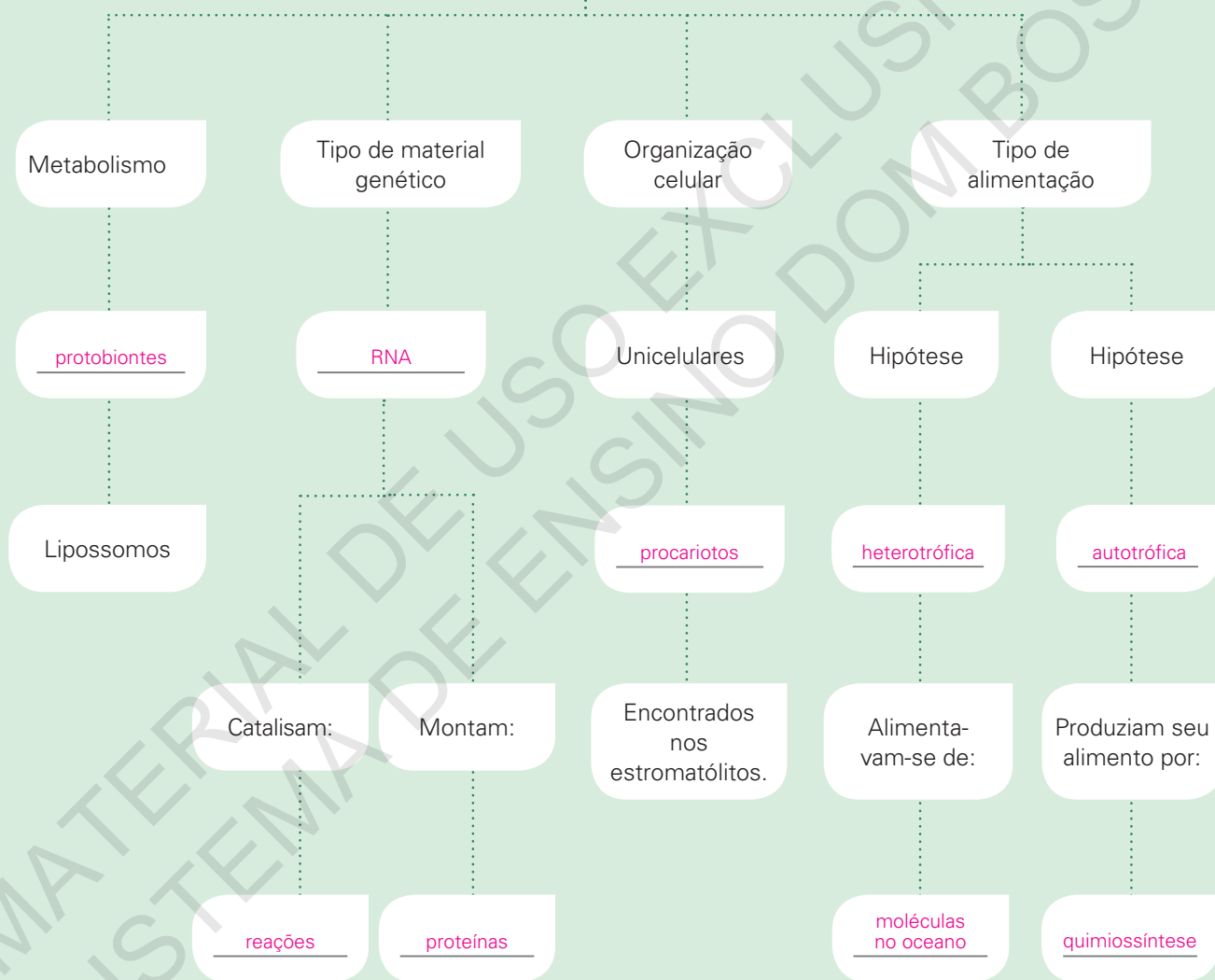
Miley e Urey

Criaram um aparelho simulando essas condições.

Superfície terrestre quente, com descargas elétricas e radiação solar intensas e atmosfera formada por CH_4 , NH_3 , H_2O e H_2 .

ROTEIRO DE AULA

Características dos primeiros seres vivos



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Sistema Dom Bosco – Sobre a hipótese da abiogênese ou geração espontânea é correto afirmar que:

- a) tem como base a ideia que os organismos eram originados a partir de outros organismos preexistentes.
- b) defende que Deus criou todos os organismos.
- c) apoia-se na ideia de que os organismos são originados a partir da matéria bruta.
- d) acredita que os organismos vieram para a Terra por meio de meteoros.

A alternativa A está incorreta porque se trata da hipótese de biogênese. A alternativa B está incorreta porque se refere ao criacionismo. A alternativa D está incorreta porque se refere à panspermia.

2. PUC-MG

C4-H13

Uma das hipóteses da origem da vida admite que a forma mais primitiva de vida se desenvolveu lentamente, a partir de substâncias inanimadas em ambiente complexo, originando um ser extremamente simples, incapaz de fabricar seu alimento.

Essa hipótese é conhecida como:

- a) autotrófica.
- b) heterotrófica.
- c) geração espontânea.
- d) epigênese.
- e) pangênese.

A hipótese heterotrófica defende a ideia de que os primeiros seres vivos eram incapazes de produzir o próprio alimento.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

3. UFPI – Por volta de 1860, um famoso cientista demonstrou que uma suspensão previamente esterilizada de levedo de cerveja em água mantém-se estéril indefinidamente se for conservada em frasco do tipo “pescoço de cisne”. Este resultado expressa a ideia chamada:

- a) teoria da biogênese.
- b) teoria da abiogênese.
- c) teoria da pré-formação.
- d) hipótese heterotrófica.
- e) hipótese autotrófica.

A demonstração feita por Pasteur confirma a teoria de que só os seres vivos podem originar outros.

4. Fuvest-SP – Bactérias do tipo riquétsias são consideradas células procarióticas incompletas, que não possuem capacidade e multiplicação independente da colaboração de células eucarióticas que elas parasitam. Existem organelas das células cuja origem evolutiva é atribuída a parasitas intracelulares semelhantes às riquétsias. Qual organela presente em células animais e vegetais provavelmente teve essa origem?

A organela é a mitocôndria.

5. Unicamp-SP – A hipótese mais aceita para explicar a origem da vida sobre a Terra propõe que os primeiros seres vivos eram heterótrofos.

- a) Que condições teriam permitido que um heterótrofo sobrevivesse na Terra primitiva?

Mares e oceanos continham matéria orgânica, que podia servir como alimento para esses primeiros seres vivos da Terra.

- b) Que condições ambientais teriam favorecido o aparecimento posterior dos autótrofos?

Liberação de CO₂ pelos primeiros heterótrofos anaeróbios (fermentadores).

- c) Além das condições ambientais, qual é o outro argumento para não se aceitar que o primeiro ser vivo tenha sido autótrofo?

Autótrofos dispõem de clorofila e um sistema enzimático complexo para que possam produzir matéria orgânica. Por isso, é improvável que tenham surgido antes dos heterótrofos.

6. UFMT – Sobre a origem dos seres vivos, duas teorias sustentam uma polêmica nos meios científicos, até fins do século XIX: a teoria da geração espontânea (abiogênese) e a teoria da biogênese. Discuta e compare tais teorias, explicando também como foi solucionada a polêmica.

Abiogênese: sustentava a ideia de que a vida se originava da matéria inanimada, de forma contínua, podendo surgir de qualquer tipo de matéria.

Biogênese: postulava que a vida só se originava de vida preexistente, refutando inteiramente a formação de seres com base na matéria bruta.

A polêmica entre essas teorias foi solucionada por um experimento realizado por Pasteur, com o frasco do tipo “pescoço de cisne”. Esse experimento mostrou que um líquido, após ser fervido, não contém seres vivos, pois foram mortos pela fervura. Somente após o resfriamento e a retirada do “pescoço de cisne”, os seres vivos aparecem.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Sistema Dom Bosco – No século XVIII Needham realizou o seguinte experimento: adicionou caldo de carne em um recipiente e o aqueceu levemente. Depois o fechou com rolha. Após alguns dias, foi observado que o caldo estava turvo, indicando que havia microrganismos. Qual foi o propósito desse experimento?

- Testar se os seres vivos surgiam a partir da matéria bruta.
- Testar se os seres vivos surgiam a partir de outros seres vivos.
- Testar se microrganismos eram capazes de crescer no caldo de carne.
- Testar se o caldo de carne mudava de cor ao ser exposto ao fogo.

8. UERJ (adaptada) – Considere a hipótese de que o ambiente marinho primitivo, sem oxigênio, onde viveram os primeiros seres vivos, contivesse moléculas orgânicas produzidas por síntese abiótica. Admita, ainda, que essas moléculas eram por eles decompostas para a obtenção de energia. O tipo de nutrição e a forma de obtenção de energia desses organismos deveriam ser, respectivamente,

- autotrófica / fermentação.
- autotrófica / fotossíntese.
- heterotrófica / fotossíntese.
- heterotrófica / fermentação.

9. UFPB (adaptada) – Na hora do intervalo, alguns estudantes estavam discutindo sobre a origem da vida. Ana argumentou que os primeiros seres vivos deveriam obter energia através de fermentação, um processo simples de obtenção de energia. João discordou de Ana, alegando que os primeiros seres vivos obtinham energia através de quimiossíntese. Gabriel concordou com Ana e falou que inclusive alguns fungos utilizam essa forma de obtenção de energia. Bia argumentou que, independentemente da forma de obtenção de energia, eles vieram de outros planetas. Marina concordou com Bia, mas afirmou que só passou a existir seres fotossintetizantes depois que os organismos aeróbios apareceram.

Com base na discussão, considere as seguintes afirmativas:

- Ana e Gabriel defendem a hipótese heterotrófica e João defende a hipótese autotrófica;
- Marina e Bia defendem a panspermia;
- Marina está correta quanto à origem de seres fotossintetizantes e seres aeróbios.

Estão corretas:

- Todas as alternativas.
- Nenhuma das alternativas.
- Apenas I e II.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.

10. Fuvest-SP – Acredita-se que os microrganismos semelhantes às bactérias heterotróficas anaeróbicas tenham sido os primeiros seres vivos a surgirem na face da Terra. Apresente duas justificativas para essa hipótese.

11. Cefet-MG – A produção industrial de leite pode ocorrer por dois processos: por meio da ultrapasteurização, em que se obtém o leite longa vida (UHT) em caixinhas, cuja validade média é de 180 dias em prateleira; e pela pasteurização que origina o leite em saquinhos que deve ser consumido em até 7 dias, mantido sob refrigeração. O primeiro processo evita a deterioração desse produto porque nele ocorre:

- adição de conservantes durante a produção.
- desnaturação das proteínas pelo aquecimento.
- redução do crescimento de colônias de bactérias.
- eliminação dos microrganismos pela alta temperatura.
- impedimento da contaminação pela embalagem utilizada.

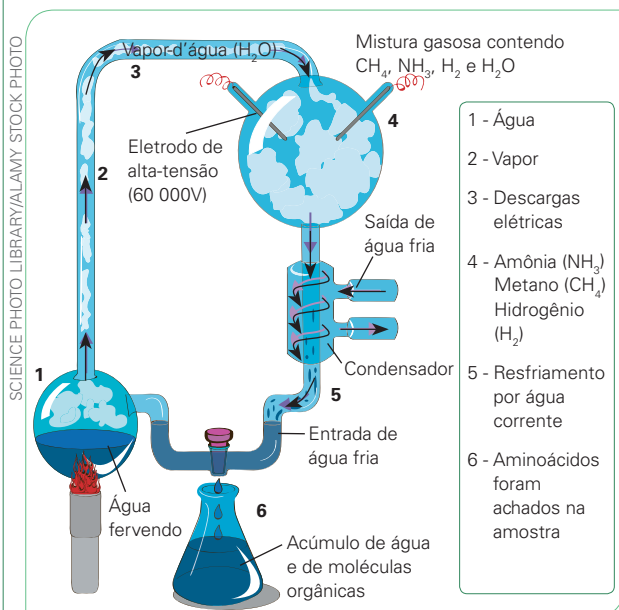
12. UNESP – Uma vez que não temos evidências por observação direta de eventos relacionados à origem da vida, o estudo científico desses fenômenos difere do estudo de muitos outros eventos biológicos. Em relação a estudos sobre a origem da vida, apresentam-se as afirmações seguintes.

- Uma vez que esses processos ocorreram há bilhões de anos, não há possibilidade de realização de experimentos, mesmo em situações simuladas, que possam contribuir para o entendimento desses processos.
- Os trabalhos desenvolvidos por Oparin e Stanley Miller ofereceram pistas para os cientistas na construção de hipóteses plausíveis quanto à origem da vida.
- As observações de Oparin sobre coacervados ofereceram indícios sobre um processo que se constituiu, provavelmente, em um dos primeiros passos para a origem da vida, qual seja, o isolamento de macromoléculas do meio circundante.

Em relação a estas afirmações, podemos indicar como corretas:

- I, apenas.
- II e III, apenas.
- II, apenas.
- I, II e III.
- I e II, apenas.

13. PUC-SP – Na figura abaixo, temos representado um aparelho projetado por Stanley Miller, no início da década de 1950. Por esse aparelho circulavam metano, amônia, vapor de água e hidrogênio e, através de energia fornecida por descarga elétrica, produtos de reações químicas como aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos eram coletados no alçaço.



Através desse experimento, Miller testou a hipótese de que, na atmosfera primitiva sob ação de raios,

- compostos orgânicos puderam se formar a partir de moléculas simples.
- compostos inorgânicos puderam se formar a partir de moléculas orgânicas.
- compostos inorgânicos e orgânicos puderam originar os primeiros seres vivos.
- macromoléculas puderam se formar a partir de moléculas orgânicas simples.
- coacervados puderam se formar a partir de moléculas inorgânicas.

14. Sistema Dom Bosco – Miller e Urey criaram um experimento que simulou as condições da Terra primitiva.

- Qual era a hipótese de Miller e Urey?

- Qual foi o resultado do experimento? A hipótese estava correta ou incorreta?

15. UCDB-MS – Analise as afirmações:

- Quando se deixa um pedaço de carne exposto ao ar, nele podem aparecer vermes.
- Se o frasco que contém os pedaços de carne for coberto por uma gaze, os vermes aparecem na gaze e não na carne.

Essas afirmações fortalecem a teoria de origem da vida chamada:

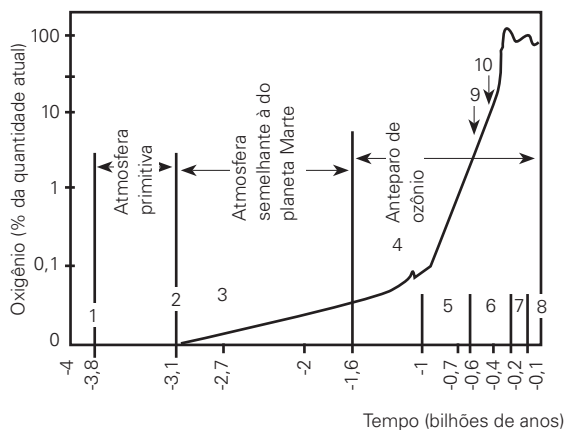
- abiogênese.
- geração espontânea.
- hipótese de Malthus.
- biogênese.
- heliocêntrica.

16. UEL-PR (adaptada) – De acordo com a hipótese heterotrófica, o primeiro ser vivo do planeta Terra obtinha energia para seu metabolismo por meio de um processo adequado às condições existentes na atmosfera primitiva.

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a sequência ordenada dos processos energéticos, desde o surgimento do primeiro ser vivo do planeta de acordo com a hipótese heterotrófica.

- Fotossíntese, respiração aeróbia e fermentação.
- Respiração aeróbia, fermentação e fotossíntese.
- Respiração aeróbia, fotossíntese e fermentação.
- Fermentação, fotossíntese e respiração aeróbia.
- Fermentação, respiração aeróbia e fotossíntese.

17. Enem (adaptada) – O gráfico a seguir mostra a concentração de oxigênio na atmosfera ao longo do tempo.



Fonte: https://sites.google.com/site/biologiaexercicios/_/rsrc/1431306289473/origem-da-vida/tempo-geologico/tempo-geol%C3%B3gico.01.gif

Responda:

- a) O que levou ao aumento inicial de oxigênio na atmosfera primitiva?

- b) E o que fez com que a concentração de oxigênio se elevasse mais ainda por volta de aproximadamente 1,6 bilhão de anos atrás?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C4-H16

Apesar da grande diversidade biológica, a hipótese de que a vida na Terra tenha tido uma única origem comum é aceita pela comunidade científica. Uma evidência que apoia essa hipótese é a observação de processos biológicos comuns a todos os seres vivos atualmente existentes.

Um exemplo de tal processo é o(a):

- a) desenvolvimento embrionário;
- b) reprodução sexuada;
- c) respiração aeróbica;
- d) excreção urinária;
- e) síntese proteica.

19. Sistema Dom Bosco

C5-H17

Cientistas descobriram o que acreditam ser os fósseis de alguns dos primeiros organismos vivos da Terra. São minúsculos filamentos, pedaços e tubos em rochas localizadas no Canadá que teriam até 4,28 bilhões de anos. Caso a estimativa de idade dos microfósseis esteja realmente correta, o surgimento da vida teria acontecido “pouco tempo” depois da formação do planeta, há 4,54 bilhões de anos. Também representaria um salto de centenas de milhões de anos atrás com relação à evidência mais antiga até então conhecida. O estudo foi publicado na revista científica *Nature*. As conclusões ainda são polêmicas, mas a equipe, formada por cientistas internacionais, diz acreditar não ter dúvidas quanto à descoberta.

GHOSH, Pallab. *Cientistas encontram fósseis de 4 bilhões de anos e se aproximam de origem da vida*. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/geral-39140741>>. Acesso em: abr. 2018.

A respeito das primeiras formas de vida existentes em nosso planeta, podemos afirmar que provavelmente

- a) eram todas autótrofas quimiossintetizantes.
- b) eram fermentadoras e utilizavam a energia radiante para produzir suas moléculas orgânicas.
- c) eram heterótrofas e utilizavam substâncias formadas na atmosfera que eram acumuladas nos mares primitivos.
- d) eram aeróbias graças à abundância de átomos de oxigênio existente nas águas do oceano.
- e) eram fungos primitivos com capacidade de atividade fotossintética.

20. Sistema Dom Bosco

C5-H17

“A formação do Atol das Rocas é uma história que exige no mínimo três disciplinas para ser contada: geologia, oceanografia e biologia. O atol fica no topo de um monte submarino de origem vulcânica, de aproximadamente 4 mil metros de altitude (mil metros a mais que o Pico da Neblina, a montanha mais alta do Brasil na superfície). Mas sua estrutura não é vulcânica. Tudo que se vê e se toca em Rocas é de origem biogênica [...]”.

ESCOBAR, Herton. Reportagem especial: Atol das Rocas. In: *Estadão*. Disponível em: <<http://ciencia.estadao.com.br/blogs/herton-escobar/reportagem-especial-atol-das-rocas-2/>>. Acesso em: abr. 2018.

O que significa ter origem biogênica?

- a) Significa que os organismos são originados a partir de outros organismos preexistentes.
- b) Significa que os organismos são originados a partir da matéria bruta.
- c) Significa que os organismos são originados por um ser superior.
- d) Significa que os organismos não existem nesse local.

2

CARACTERÍSTICAS DOS SERES VIVOS ATUAIS - CÉLULAS PROCARIÓTICA E EUCARIÓTICA

- Organização celular
- Características dos seres vivos
- Formas de vida e adaptações
- Formas de vida e adaptações
- Células e organelas membranosas
- Célula procariótica
- Célula eucariótica

HABILIDADES

- Compreender a organização celular dos seres vivos.
- Entender a capacidade de reprodução, evolução, metabolismo e regulação da temperatura corporal.
- Conhecer as variadas formas de obtenção de energia dos seres vivos e parte da estrutura celular.
- Identificar estruturas e tipos celulares em relação à presença de membranas em organelas.
- Reconhecer seres procariotos e eucariotos.
- Diferenciar aspectos estruturais de células animais e vegetais.

Em 1665, o inglês Robert Hooke (1635-1703), ao observar ao microscópio finas fatias de cortiça, descreveu a presença de inúmeras e pequenas cavidades parecidas com favos de mel e preenchidas com ar. Cada uma dessas estruturas foi chamada de **célula** (do latim *cellula*, diminutivo de *cella*, “pequeno quarto” ou “pequena cavidade”).

Após a publicação das descobertas de Hooke em 1665, muitos cientistas passaram a usar os microscópios e observaram que as células não eram espaços vazios, mas sim preenchidos por um líquido viscoso, no qual havia uma estrutura central, que foi chamada de **núcleo**. Mais tarde, esses elementos foram vistos também nas células vegetais. Em 1666, o cientista italiano Marcello Malpighi (1628-1694) observou e descreveu os glóbulos vermelhos do sangue.

Entre os níveis de organização biológica, a célula é a coleção mais simples de matéria capaz de sobreviver, por isso chamada de unidade fundamental da vida.

Organização celular

Da mesma forma que o átomo é a unidade fundamental da Química, para a Biologia a **célula** é a unidade funcional da vida, já que todos os seres vivos são formados por ela.

Muitas formas de vida são constituídas por apenas uma célula, por isso denominadas **unicelulares**, como é o caso das bactérias, das arqueias, dos protozoários e de algumas algas e fungos.

Os organismos **pluricelulares** têm várias células. São seres mais complexos, como as plantas, alguns fungos, algumas algas e todos os animais. Seus corpos funcionam como “cooperativas” de vários tipos celulares, que são especializadas e trabalham em conjunto para executar suas funções. Por esse motivo, diz-se que todas as ações de um organismo são iniciadas em nível celular.

Os vírus são uma grande questão quanto à sua organização, pois eles são **acelulares**, ou seja, não têm células. Por causa disso, muitos pesquisadores acreditam que eles não possam ser considerados seres vivos. Entretanto, isso é tema de grande discussão.

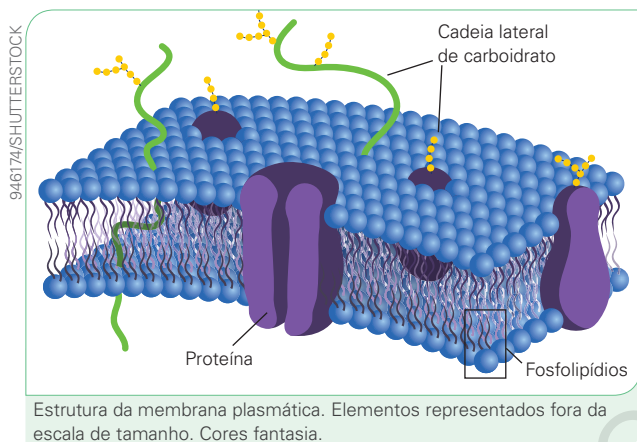
Todos os tipos celulares apresentam alguns elementos básicos



Ilustração de Hooke das estruturas observadas na cortiça (as quais chamou de células), publicada mais tarde em seu livro *Micrographia*, em 1665.

em sua constituição: a **membrana plasmática**, que atua como uma barreira seletiva e envolve o **citoplasma**, ou citosol (também chamado de hialoplasma), um fluido gelatinoso e o **material genético**.

Quando o material genético está disperso no citoplasma sem a presença de membranas o envolvendo, trata-se de uma célula **procarionótica**. No caso oposto, em que esse material é envolvido por membranas caracterizando um núcleo verdadeiro, trata-se de uma célula **eucariótica**. Em todas as células também existem os **ribossomos**, complexos minúsculos sintetizadores de proteínas.



Estrutura da membrana plasmática. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Características dos seres vivos

Os seres vivos passam por diversas etapas e processos durante a vida: nascem, crescem, desenvolvem-se, envelhecem e morrem. Essas etapas constituem o ciclo vital. Conforme a espécie de ser vivo, o ciclo vital pode durar minutos (como acontece com algumas bactérias) ou centenas de anos (como ocorre com algumas árvores).

Algumas características são comuns a todos os seres vivos, como organização celular, respiração, metabolismo, nutrição e crescimento. Além disso, ocorre a transmissão de suas características para as próximas gerações, por meio da reprodução, as quais evoluem ao longo do tempo, pelo processo de mutação genética.

METABOLISMO E RESPIRAÇÃO

A célula é como uma indústria em minúscula, na qual ocorrem milhares de reações químicas em espaços microscópicos. Nos organismos pluricelulares, as células exportam os produtos químicos produzidos para outras células do corpo. A complexidade, a eficiência e a integração das reações químicas que acontecem no interior da célula mantêm o fluxo de energia e matéria nos processos vitais. O conjunto dessas reações químicas é denominado **metabolismo**.

A membrana plasmática e as organelas também estão ligadas diretamente aos processos metabólicos, já que

várias enzimas são produzidas dentro das membranas.

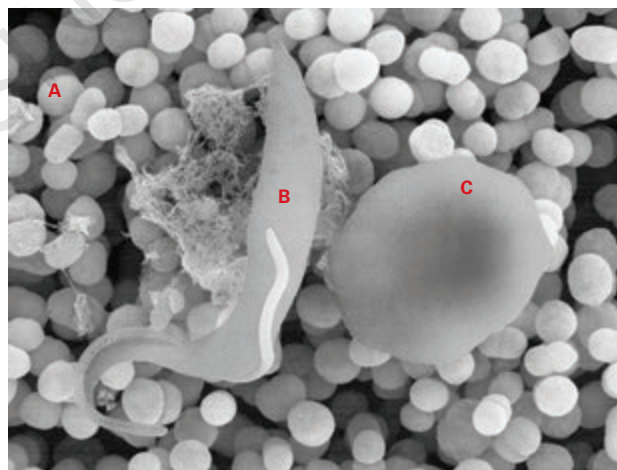
O metabolismo pode ser dividido em **anabolismo**, quando ocorre a síntese de substâncias, ou **catabolismo**, quando acontece a quebra ou degradação de substâncias.

O anabolismo consome energia para produzir moléculas complexas com base em moléculas simples, como acontece na síntese de proteínas a partir de aminoácidos, ou na fotossíntese, que produz glicose para a nutrição das plantas.

O maior processo de catabolismo é a respiração celular aeróbia, que movimenta energia celular utilizando açúcares e outros combustíveis. Essa energia é usada pelas células em diversos tipos de atividades, a exemplo do transporte de solutos por meio da membrana plasmática, um processo ativo que demanda energia. A **respiração** é outra característica comum para a maioria dos seres vivos, seja ela aeróbia (na presença de oxigênio) ou anaeróbia (na ausência de oxigênio).

CRESCIMENTO

Em geral, as células eucarióticas são maiores que as procarionóticas. O formato de uma célula geralmente está relacionado à sua função no organismo. À medida que o tamanho da célula aumenta, o volume também cresce, proporcionalmente à área superficial. Isso ajuda a explicar o tamanho microscópico da maioria das células e a forma estreita e alongada de outras, como as células nervosas.



Célula procarionótica de uma bactéria *Moraxella catarrhalis* (A) e células eucarióticas do protozoário *Trypanosoma* sp. (B) e de um glóbulo vermelho humano (C). Imagem obtida de micrografia eletrônica de varredura.

Os organismos maiores não têm, necessariamente, células maiores que organismos menores, mas sim um número maior de células. Independentemente do número de células, o crescimento celular – e consequentemente o crescimento em tamanho – é uma característica típica dos seres vivos. Em organismos pluricelulares, células mortas são repostas por meio da renovação celular.

Para que o crescimento e a renovação celular aconteçam, o organismo precisa obter substâncias do alimento, já que muitas delas são perdidas e precisam ser repostas.

NUTRIÇÃO

Os organismos diferenciam-se em dois grandes grupos, de acordo com seu modo de nutrição. Como plantas, algas, arqueias e algumas bactérias são capazes de produzir o próprio alimento por meio de fotossíntese ou quimiossíntese, são denominados **autótrofos**.

Os organismos que não têm a capacidade de produzir o próprio alimento são denominados **heterótrofos**. Os fungos crescem em seu alimento ou próximo a ele, alimentando-se por absorção (geralmente lançando enzimas sobre o alimento, as quais iniciam a digestão fora de seus corpos). Protozoários e animais ingerem outros organismos vivos ou matéria orgânica morta para obter as moléculas orgânicas necessárias para seu metabolismo. A maioria dos protozoários e animais, ao contrário dos fungos, ingere o alimento e depois utiliza enzimas dentro de seu corpo, para depois digerir-lo.

Os seres heterótrofos são subdivididos em:

- **carnívoros** (alimentam-se apenas de carne, como o leão, o tigre e a onça);
- **herbívoros** (comem apenas vegetais, como o cavalo, o boi e o coelho);
- **onívoros** (alimentam-se tanto de carne quanto de vegetais, como os humanos e algumas espécies de morcego);
- **hematófagos** (alimentam-se do sangue de outros animais, como o barbeiro, o carrapato e algumas espécies de morcego);
- **ictiófagos** (comem apenas peixes, como o leão-marinho);
- **coprófagos** (alimentam-se de fezes, como o besouro);
- **insetívoros** (comem insetos, como os sapos, algumas espécies de peixes e o tamanduá);
- **detritívoros** (alimentam-se de detritos orgânicos vegetais e animais, como abutres, hienas e urubus).

REPRODUÇÃO

A características dos seres vivos responsável pela perpetuação da espécie é a reprodução, que pode ser assexuada (quando não há formação de gametas; os indivíduos são clones uns dos outros) ou sexuada (quando há formação de gametas, fecundação e troca de material genético para que ocorra a formação de um novo indivíduo).

Embora vários invertebrados realizem reprodução assexuada por **divisão binária** (também denominada fissão ou cissiparidade) e **brotamento**, a maioria dos animais se reproduz sexualmente. Alguns, incluindo os humanos, passam por estágios transitórios de maturação antes de assumir a forma adulta, enquanto outros animais passam pelo menos por um estágio larval.

A larva é um estágio sexualmente imaturo e morfológicamente distinto do adulto. Geralmente apresenta hábitos alimentares e comportamentais diferentes do adulto, inclusive habitando ambientes distintos, como é o caso da larva do *Aedes aegypti*, que tem o estágio inicial aquático antes de se tornar terrestre. Animais

com estágio larval apresentam uma fase de **metamorfose**, a qual os transforma em indivíduos jovens, muito semelhantes a um adulto, mas sexualmente imaturos.

Ainda nos animais, há indivíduos que trocam de sexo durante a vida – principalmente peixes e alguns lagartos –, assim como existem outros que apresentam os dois sexos (masculino e feminino) ao mesmo tempo, com as minhocas. Esta característica é muito comum em protistas, fungos e plantas. Existem, ainda, os casos em que organismos fertilizam os próprios ovos, assim como há outros que podem se reproduzir sem qualquer forma de fecundação, reprodução assexuada denominada **partenogênese**, comum em abelhas, processo em que a reprodução é limitada a poucos indivíduos em uma grande população.

Fungos, protistas e plantas apresentam ciclos de vida sexuados ou assexuados. Independentemente do tipo, a reprodução é a capacidade de os seres vivos transmitirem suas características às gerações seguintes, por meio do material genético, que contém todas as informações necessárias para a produção de proteínas e demais moléculas, manifestando as características no novo indivíduo.

EVOLUÇÃO

Todas as células têm relações de parentesco com suas células ancestrais, que se modificaram ao longo da extensa história da vida na Terra, de várias maneiras diferentes.

Os seres vivos têm a capacidade de evoluir, ou seja, produzir descendentes com modificações que ocorreram ao longo de milhares ou milhões de anos, por meio de mutações no material genético.

Essas modificações só se mantêm ao longo das gerações se forem benéficas para tornar os indivíduos mais bem adaptados a determinado meio, os quais terão acesso a mais recursos (como território e alimentos) e produzirão seus descendentes. No caso de mutações deletérias (desfavoráveis), possivelmente a espécie será extinta. Esse conceito resume sucintamente a seleção natural, que será estudada adiante.

HOMEOSTASE, SENSIBILIDADE E REAÇÃO

É a capacidade de o ser vivo manter seu meio interno relativamente constante. Um exemplo é capacidade de o ser humano começar a tremer quando sente frio ao sair da água gelada, na tentativa de manter sua temperatura corporal constante, sem perder calor para o meio.

Essa característica de tremer é o resultado de outra característica comum aos seres vivos: a de responder aos estímulos do meio. Os seres vivos têm sensibilidade aos estímulos e apresentam capacidade de reagir a esses fatores. Uma forma de reação, por exemplo, é a movimentação, que permite obter recursos como

alimento, território e parceiros sexuais, além de fugir de um estímulo negativo ou atacar uma presa.

Apesar de aparentemente estarem sempre paradas, as plantas também reagem a estímulos do meio ambiente, mas, em geral, com menos rapidez que os animais.

FORMAS DE VIDA E ADAPTAÇÕES

Os seres vivos são homeotérmicos (endotérmicos, conseguem manter a temperatura corporal relativamente constante) ou pecilotérmicos (heterotérmicos ou ectotérmicos, têm temperatura corporal variável). Os seres homeotérmicos (aves e mamíferos) mantêm a temperatura corporal relativamente constante, mesmo havendo variações na temperatura ambiental em virtude da ação de termorreguladores que controlam os processos metabólicos. Uma grossa camada de gordura sob a pele é uma das adaptações de animais homeotérmicos a baixas temperaturas.

Seres pecilotérmicos têm temperatura corporal semelhante à do ambiente. Portanto, se a temperatura ambiental varia, a temperatura corporal também muda. Com exceção das aves e dos mamíferos, todos os outros animais são pecilotérmicos.

Para aumentar a atividade metabólica, muitos animais usam o calor, aquecendo-se ao Sol. É por isso que é comum ver répteis se esquentando sob troncos e rochas.

VIDA LATENTE OU MORTE APARENTE

Alguns seres, como esporos bacterianos, sementes, cistos, esporos de protozoários e os ursos-d'água (tardígrados), reduzem sua atividade metabólica ao extremo quando a temperatura ambiental se reduz muito, ficando quase imperceptível. À medida que a temperatura ambiental aumenta novamente, esses animais retornam normalmente às suas atividades metabólicas.

Há ainda animais que hibernam quando a temperatura ambiental está muito baixa, como alguns peixes, anfíbios, répteis, alguns mamíferos (como castor, marmota, morcego e *hamster*) e algumas aves (como os beija-flores). Os ursos não hibernam, pois sua temperatura corporal não se altera.

Existem também animais que fazem estivação. Quando a temperatura ambiental está muito alta, reduzem suas atividades metabólicas ao extremo. Um exemplo de animal que realiza tal processo é o peixe pirambóia (*Lepidosiren paradoxa*), presente no Norte do Brasil.

Células procariótica e eucariótica

Em 1855, o cientista alemão Rudolf Virchow (1821-1902) elaborou a hipótese de que todas as células eram originadas de outras células preexistentes. Mais tarde Alexander Fleming (1881-1955) confirmou essa hipótese ao analisar e descrever detalhadamente a reprodução celular.

A teoria celular é uma das grandes ideias revolucionárias da Biologia, gerando grande impacto no desenvolvimento da ciência, uma vez que se definiu que a célula desempenha funções estruturais e funcionais nos seres vivos.

Atualmente, sabemos que existem dois tipos celulares, classificados de acordo com a presença ou não de organelas membranosas. Conhecemos também a fundo as distintas estruturas que compõem as células e resultam em diferentes funções e especializações. No entanto, há muito a ser descoberto, visto a imensidão de seres vivos ainda não catalogados e que podem ter células com estruturas ainda não estudadas.

Células e organelas membranosas

As células são unidades básicas funcionais e estruturais que constituem todos os seres vivos. Conforme a presença de organelas com membranas, podem ser classificadas em **procariótica** ou **eucariótica**.

Somente os organismos dos domínios Bacteria e Archaea têm células procarióticas, enquanto os seres dos outros domínios são formados por células eucarióticas.

As células eucarióticas têm maior complexidade do que as procarióticas, pois contêm diversos compartimentos, cada um deles com função específica.

A localização do ácido desoxirribonucleico (DNA) é a principal diferença entre as células procarióticas e as eucarióticas. Nas procarióticas (do grego *pro* = antes e *karion* = núcleo), o DNA não é envolvido por membranas e está concentrado em uma região denominada **nucleoide**. Na célula eucariótica (do grego *eu* = primeiro e *karion*), o DNA é delimitado por uma membrana dupla que circunda o **núcleo**.

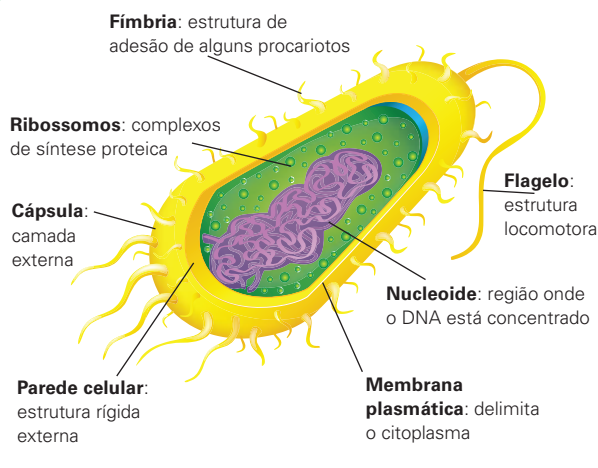
Célula procariótica

As células procarióticas têm como característica principal a ausência de membranas nas organelas, inclusive ao redor do material genético (DNA). Este fica disperso no citoplasma, em uma região denominada **nucleoide**. Os seres constituídos desse tipo celular são denominados **procariotos** (ou procariontes), como as bactérias e as arqueias.

Os procariotos apresentam uma molécula de DNA menor, denominada **plasmídeo**, constituído de genes que conferem resistência aos antibióticos e que podem ser transferidos entre eles por meio da recombinação gênica. Tanto o DNA quanto o ácido ribonucleico (RNA) são circulares, de maneira que não têm extremidades como o DNA das células eucarióticas.

Em geral as células procarióticas são muito simples comparadas às eucarióticas. A **membrana plasmática** separa o meio extracelular do intracelular, além de controlar a passagem de substâncias de forma seletiva (permeabilidade seletiva).

123RF.COM



Esquema de uma célula procariótica. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Sobre a membrana plasmática existe a **parede celular**, um envoltório mais espesso e rígido que exerce a função de proteção e é composto de peptidoglicanos. Algumas bactérias podem ter a parede celular envolta em uma **cápsula**, o que confere maior proteção à célula. Algumas células se locomovem por **flagelos**, estruturas formadas por microtúbulos.

No meio intracelular, encontramos as únicas organelas das células procarióticas: os **ribossomos**. Eles são responsáveis pela síntese de proteínas.

As cianobactérias (eubactérias), procariotos que fazem parte do reino Bacteria, apresentam **lamelas fotossintetizantes**, ou seja, dobras da membrana, associadas a cianossomos, que são granulações com pigmentos (ficocianina e ficoeritrina). Esses pigmentos absorvem a luz, promovendo a fotossíntese. Diferente dos plastídios com essa mesma função, encontrados nas plantas, essas lamelas não têm membranas as envolvendo.

Células eucarióticas

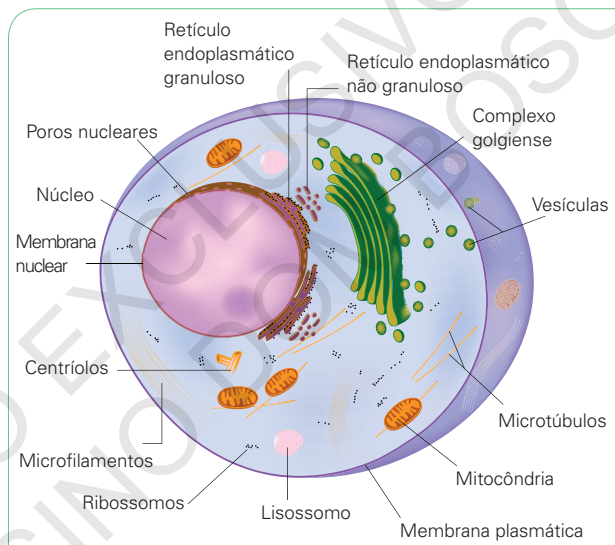
Os compartimentos internos das células eucarióticas (as organelas) fornecem meios diferentes para realizar funções metabólicas específicas. Assim, processos químicos que seriam incompatíveis podem ocorrer ao mesmo tempo dentro da célula.

Além do núcleo, diversas organelas suspensas no citosol são envolvidas por uma membrana e executam funções específicas nas células eucarióticas. Essas organelas estão ausentes na célula procariótica, as quais, junto com um núcleo verdadeiro, demonstram a diferença na complexidade estrutural entre os dois tipos celulares.

Tradicionalmente são estudadas as estruturas celulares de células típicas animais e vegetais, como apresentado a seguir. No entanto, vale destacar que as células de fungos, protozoários e algas (protistas) também apresentam organização eucariótica.

CÉLULA ANIMAL

A célula animal apresenta várias organelas ligadas por membranas. Geralmente a maior organela desse tipo celular é o núcleo, que pode ocupar posição central ou não. Grande parte das atividades metabólicas acontece no citoplasma, região entre o núcleo e a membrana plasmática. Existem outros componentes celulares suspensos no citoplasma, como **centrossomos** (centro organizador próximo do núcleo), que apresentam os **centríolos** (estruturas envolvidas na divisão celular). Os centrossomos e os **lisossomos** (organelas digestivas responsáveis pela hidrólise de macromoléculas) são encontrados somente em células animais.



Esquema de célula eucariótica animal típica, com as principais organelas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Ribossomos

São corpúsculos formados por proteínas e RNA ribossômico que atuam na **síntese de proteínas**. Os ribossomos apresentam duas subunidades isoladas, dispersas no citoplasma e que se unem no momento da síntese, enquanto o RNA ribossomal constituinte dessa estrutura é proveniente do nucléolo.

MOLEKUL_BE/SHUTTERSTOCK

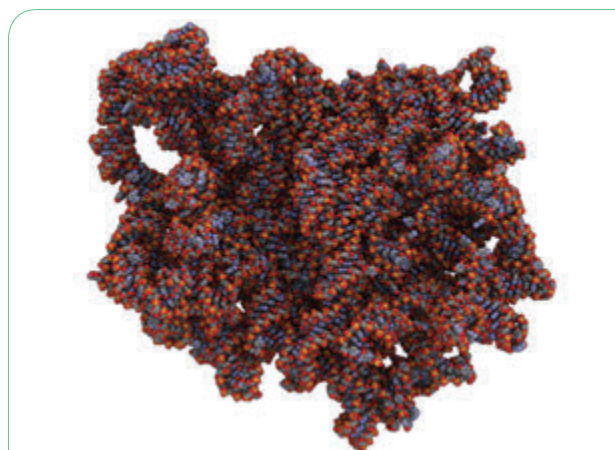
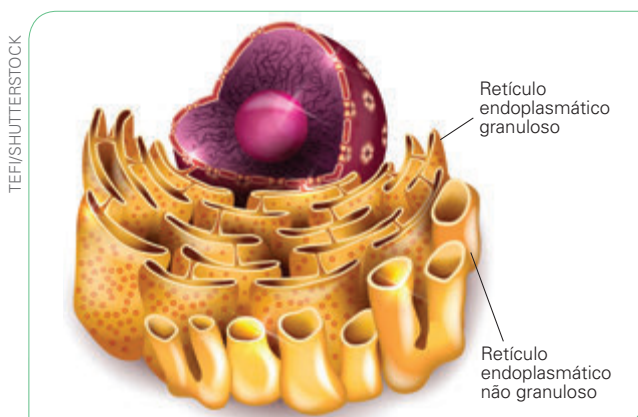


Ilustração representando a estrutura molecular de um ribossomo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Retículo endoplasmático

É formado por membranas dobradas entre si, constituindo canais ou tubos por onde substâncias são transportadas para outras partes da célula. Se houver presença de ribossomos, o retículo é denominado **granuloso**. Caso contrário, é denominado **não granuloso**. Eventualmente, o retículo endoplasmático pode ser chamado de **ergastoplasma**.

No retículo endoplasmático granuloso, os ribossomos se encontram aderidos à superfície e participam da síntese e exportação de proteínas para o meio extracelular.



Retículo endoplasmático granuloso e não granuloso. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O retículo endoplasmático não granuloso não contém ribossomos aderidos à superfície e participa da síntese de lipídios, além da produção de hormônios esteroides e sexuais. Ele também tem enzimas que participam de processos de detoxificação ou destoxificação – que consistem na metabolização de substâncias tóxicas como álcool, agrotóxicos e medicamentos.

Complexo golgiense

É formado por um conjunto de sacos membranosos achatados e empilhados que originam vesículas. Está envolvido em diversas funções, como secreção celular, armazenamento de substâncias na célula, formação do acrossomo etc.

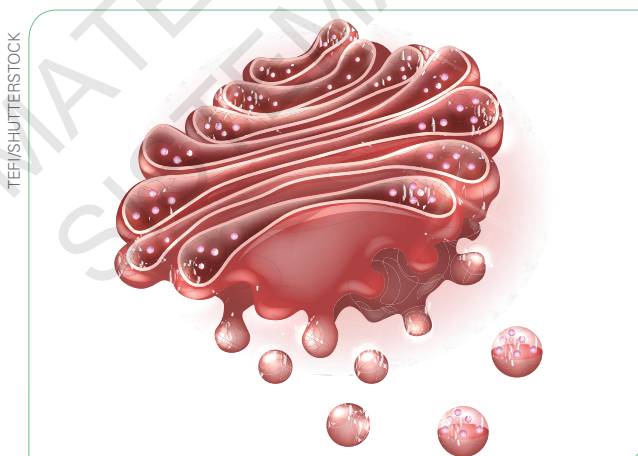


Ilustração de complexo golgiense com suas vesículas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O acrossomo é um grande grânulo secretório que rodeia e recobre a borda anterior do núcleo dos espermatozoides. Contém as enzimas necessárias para fazer com que o espermatozoide penetre ou se fusione com a membrana plasmática do ovócito para realizar a fecundação.

Mitocôndrias

São estruturas membranosas que podem ter o formato de um bastão ou de uma esfera. Estão envolvidas na liberação de energia na célula, utilizando oxigênio nas reações químicas para produzir adenosina trifosfato (ATP) durante a **respiração celular** (aeróbia). Essa estrutura apresenta DNA extranuclear, RNA e ribossomos próprios, além de serem capazes de se autoduplicar.

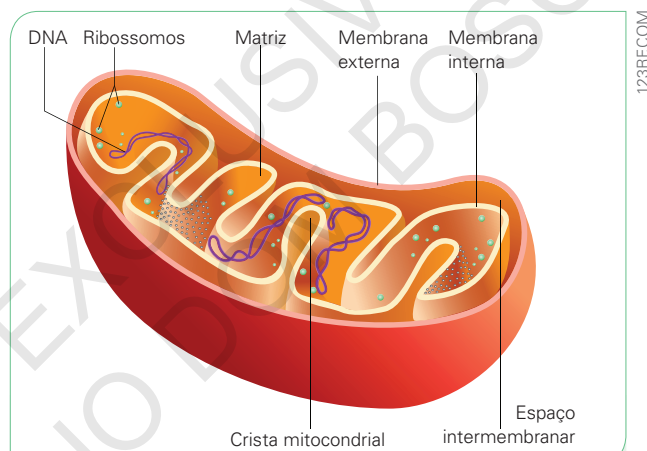


Ilustração de mitocôndria. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Lisossomo

Derivada do complexo golgiense, é uma vesícula membranosas com enzimas que participam da **digestão celular** de substâncias capturadas do meio e de estruturas celulares velhas, sem função.

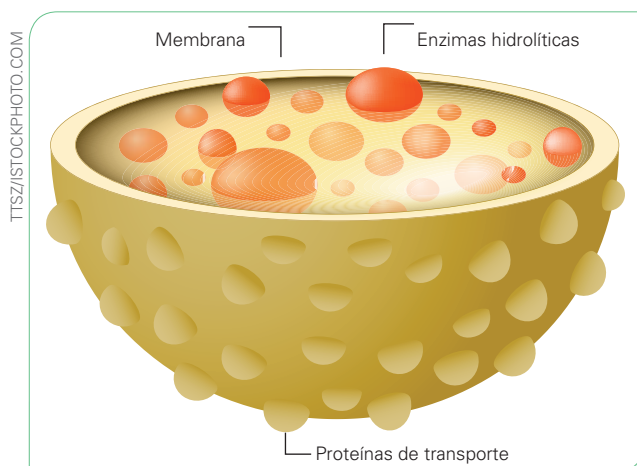
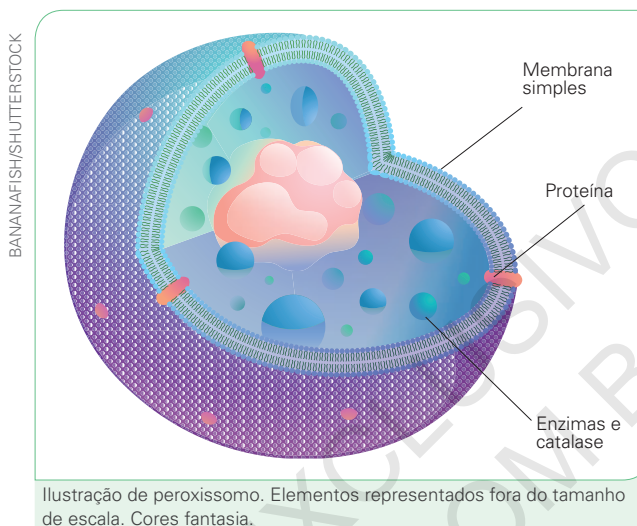


Ilustração de lisossomo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Peroxisomo

Estrutura semelhante ao lisossomo, tem enzimas envolvidas no processo de **detoxificação** ou **destoxificação**, metabolizando substâncias tóxicas. Aproximada-

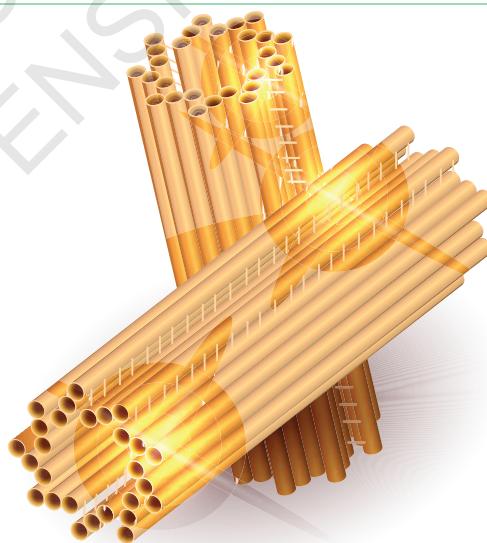
mente 75% do álcool são metabolizados por enzimas do retículo endoplasmático não granuloso, e 25% são metabolizados por enzimas do peroxissomo, principalmente em células do fígado (hepatócitos) e dos rins. Além disso, os peroxissomos metabolizam água oxigenada (peróxido de hidrogênio), proveniente de resíduos de reações químicas celulares. Essa substância é tóxica para a célula, entretanto, o peroxissomo a converte em água e oxigênio por ação da catalase, existente em seu interior.



Centríolos

Estruturas não membranosas constituídas por nove trincas de microtúbulos proteicos em formato cilíndrico. Fazem parte da formação de cílios (como os das células da traqueia) e de flagelos (como nos espermatozoides). Atuam também na divisão celular em células animais, formando o fuso mitótico durante a mitose.

TEFIM/ISTOCKPHOTO.COM

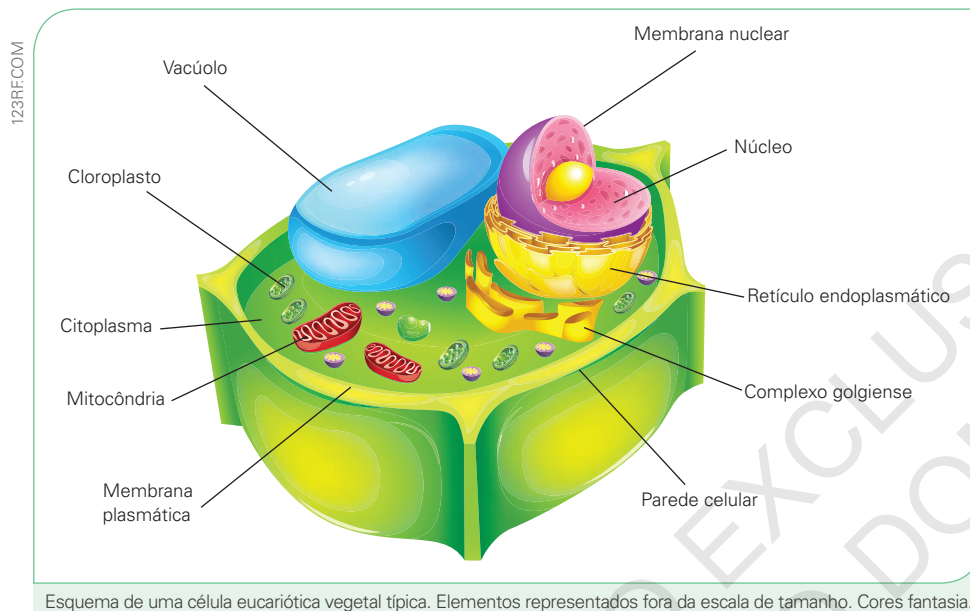


CÉLULA VEGETAL

A célula vegetal apresenta a maioria das características da célula animal (exceto centrossomos e lisossomos), porém apresenta outras organelas envoltas por **plastídios**. O principal tipo de plastídio é o **cloroplasto**, responsável pela fotossíntese.

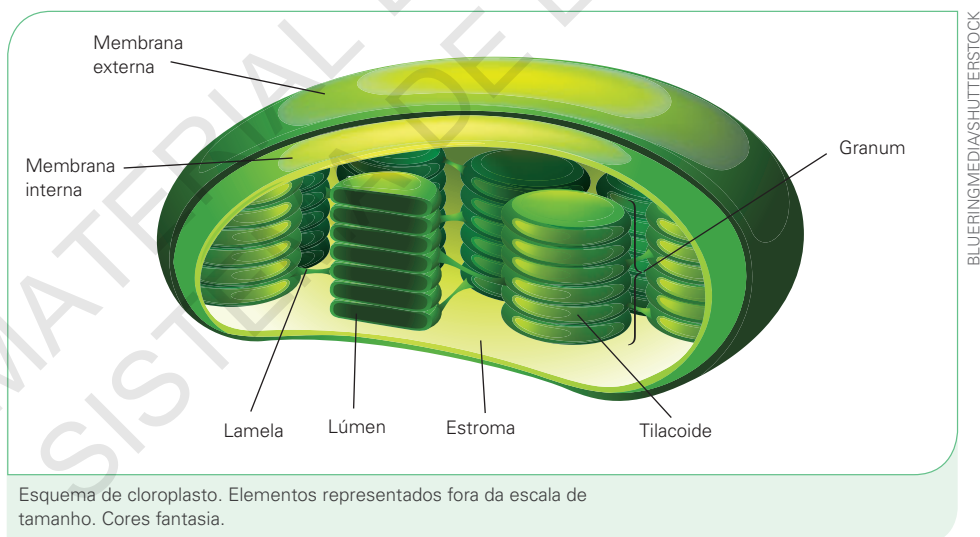
Na maioria das células vegetais, existe um grande **vacúolo central**, também dividido em vacúolos menores em certas espécies de plantas. Os vacúolos realizam a mesma função digestiva dos lisossomos nas células animais, além de armazenar água

e nutrientes. Externa à membrana plasmática, existe a **parede celular** (constituída do polissacarídeo celulose), que confere resistência e proteção celular, impedindo a lise osmótica em meio hipotônico. É espessa e perfurada por canais denominados plasmodesmas, responsáveis pela conexão citoplasmática entre células vizinhas, possibilitando a troca de moléculas de informação funcionais, estruturais ou ainda de xenobióticos entre as células pertencentes a um mesmo grupo.



Cloroplastos

Estruturas que contêm o pigmento **clorofila**, responsável por capturar a energia luminosa para que as plantas realizem a fotossíntese, processo no qual ocorrem reações químicas que utilizam carbono e hidrogênio para sintetizar carboidratos (glicose) e oxigênio. Os cloroplastos têm DNA, RNA e ribossomos próprios e são capazes de realizar autoduplicação, como as mitocôndrias.



Vacúolos

Os vacúolos são espaços no interior das células vegetais que funcionam como reservatório e regulam a entrada e a saída de água, participando do controle osmótico da célula. Vacúolos de suco celular podem conter enzimas envolvidas na digestão intracelular.

Sua membrana é denominada **tonoplasto**. Acredita-se que essa estrutura resulte da fusão de pequenas vesículas derivadas da membrana do retículo endoplasmático.

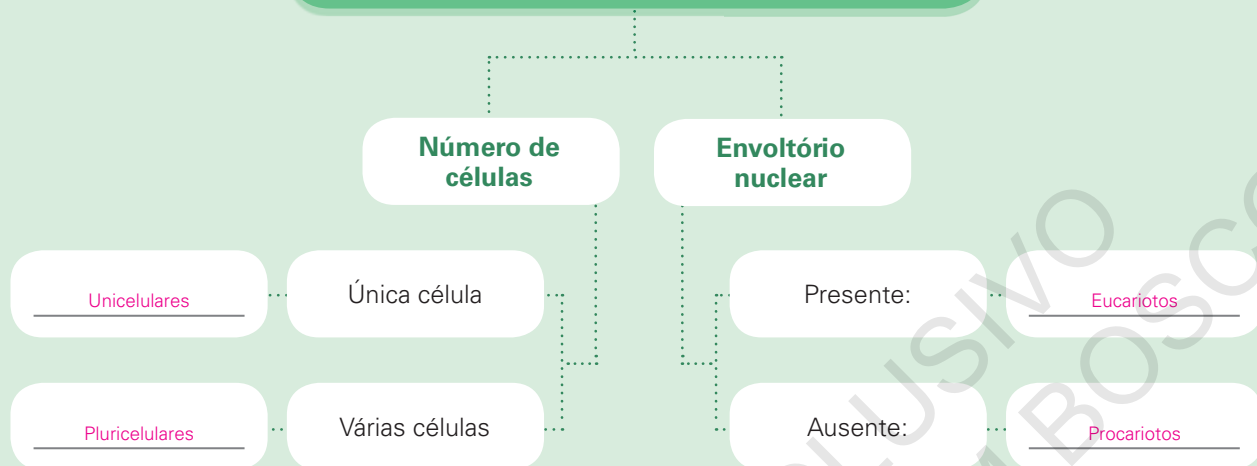
A tabela a seguir resume e relaciona as estruturas e organelas presentes nas células eucarióticas.

Estrutura celular	Função(ões)
Membrana plasmática	Permeabilidade seletiva.
Parede celular	Proteção mecânica, presente somente nas células de vegetais e fungos.
Nucléolo	Síntese de ribossomos.
Ribossomo	Síntese de proteínas.
Retículo endoplasmático granuloso	Síntese de proteínas, armazenamento e transporte de substâncias.
Retículo endoplasmático não granuloso	Síntese de lipídios, detoxificação e transporte de substâncias.
Complexo golgiense	Armazenamento, secreção celular, formação de lisossomos e acrossomos.
Mitocôndria	Respiração celular (usa oxigênio e glicose e os transforma em energia na forma de ATP).
Lisossomo	Digestão intracelular, ausente na célula vegetal.
Peroxissomo	Detoxificação.
Centríolo	Formação de cílios, flagelos e fibras do fuso mitótico na divisão celular, ausente na célula vegetal.
Cloroplasto	Fotossíntese, exclusivo da célula vegetal.
Vacúolo	Armazenamento e controle osmótico, exclusivo da célula vegetal.

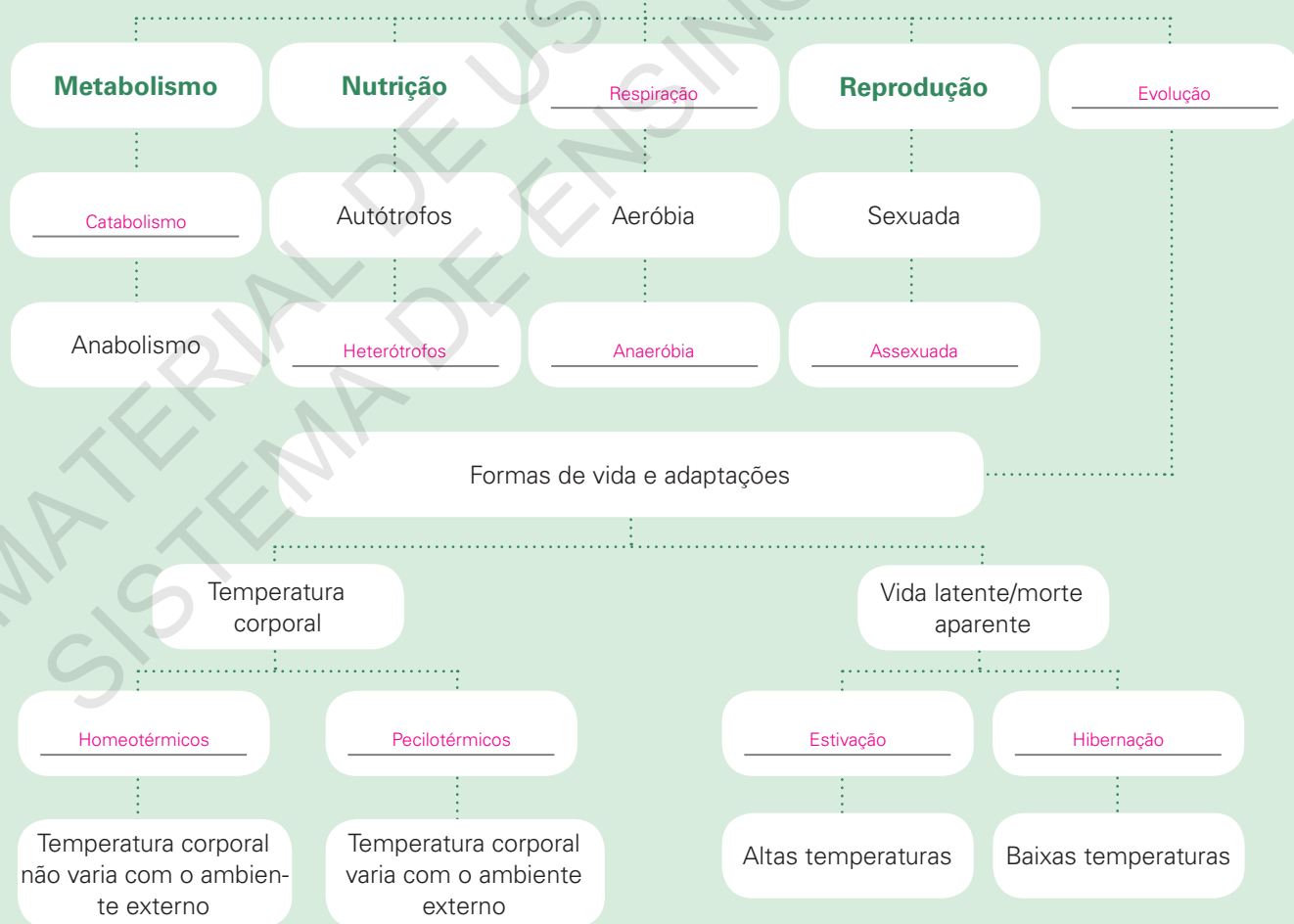
MATERIAL DE USO EDUCACIONAL
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

Organização celular

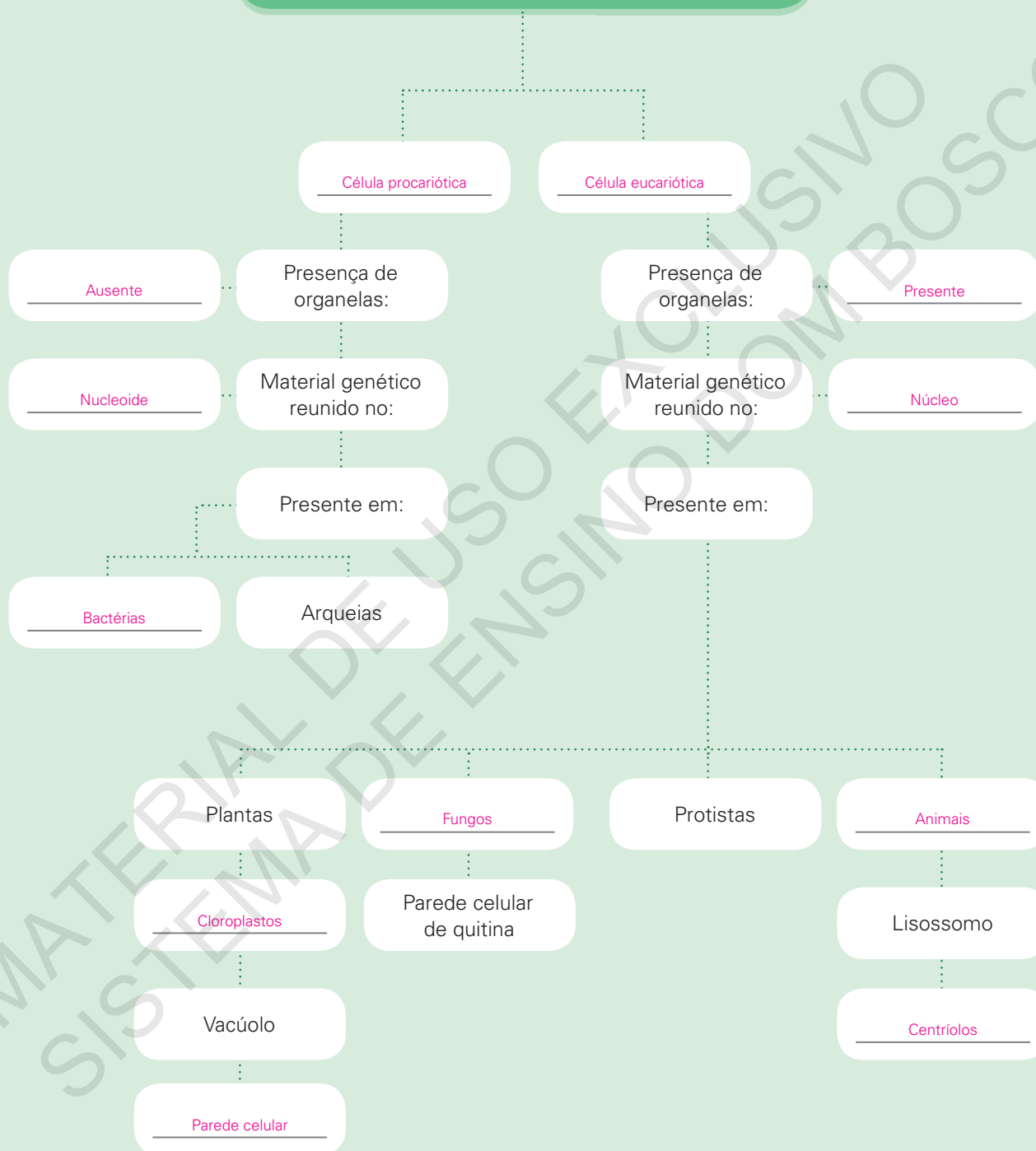


Características gerais dos seres vivos



ROTEIRO DE AULA

Tipos celulares



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **IFS-SE** – Referente às células procarióticas, analise as características abaixo e marque a que está **incorreta**.
- São representadas pelas bactérias e algas azuis.
 - Ausência de cloroplastos.
 - Ausência de um núcleo verdadeiro.
 - Ausência de um sistema organoide membranoso.
 - Ausência de ribossomos.

Seres procariotos têm ribossomos dispersos no hialoplasma.

2. **IFSul-RS (adaptada)** – Sobre a célula, sua composição, organelas e divisão estão corretas as afirmações:

- As células são unidades básicas funcionais e estruturais que constituem qualquer ser vivo. Somente os organismos dos domínios Bacteria e Archaea consistem em células procarióticas, enquanto os seres dos outros domínios são formados por células eucarióticas.
- Em uma célula animal eucariótica existem três componentes básicos, membrana plasmática ou membrana citoplasmática, o citoplasma e o núcleo.
- Dentre as organelas citoplasmáticas está a mitocôndria, em quase todas as células eucariotas, incluindo animais, plantas, fungos e a maioria dos protistas. Assim como os cloroplastos, estas organelas possuem material genético próprio. A função das mitocôndrias é produzir energia (ATP) a partir de processos metabólicos.
- Os peroxissomos são vesículas membranosas responsáveis por produção de lipídios.

Estão corretas as alternativas:

- I, II, III.
- I, II e IV.
- II, III e IV.
- I, III e IV.

A alternativa IV está incorreta porque os peroxissomos atuam contra os radicais livres.

3. **Sistema Dom Bosco** – As células são os componentes fundamentais de todos os seres vivos, portanto ausentes nos vírus. Quais são os elementos básicos de uma célula e como se chama as células que não possuem núcleo organizado?

Os componentes básicos são membrana, citoplasma, citoplasma, ribossomos e material genético. As células que não têm núcleo organizado são as procarióticas.

4. Sistema Dom Bosco

C4-H13

É comum dizer que todos os organismos são formados por células, estruturas conhecidas como a unidade funcional e estrutural dos seres vivos. Alguns organismos, no entanto, são acelulares e, por isso, alguns autores não os consideram vivos. Entre os seres listados abaixo, qual é o único que não possui células em sua constituição?

- Bactérias.
- Fungos.
- Protozoários.
- Vírus.
- Animais.

Os vírus são seres acelulares.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

5. **IFSul-RS** – Duas estruturas celulares assemelham-se por apresentarem uma membrana externa (lisa) e uma membrana interna (pregueada), porém, em uma das estruturas, as pregas formam lamelas e, em outra, formam cristas.

O enunciado refere-se, respectivamente, às seguintes organelas:

- cloroplastos e lisossomos.
- lisossomos e cloroplastos.
- cloroplastos e mitocôndrias.
- lisossomos e mitocôndrias.

Cloroplastos têm lamela em seu interior, enquanto mitocôndrias apresentam cristas.

6. **UFOP-MG (adaptada)** – Considere a capacidade de os seres vivos obterem alimentos. Os animais existiriam se todas as plantas morressem? Justifique sua resposta.

Não, porque os animais são heterótrofos, isto é, dependem da matéria orgânica produzida pelas plantas (organismos autótrofos) para obter energia.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. **Cefet-MG** – Charles Darwin estudou a distribuição dos tentilhões no Arquipélago de Galápagos e sua relação com o tipo de bico e o hábito alimentar.

A relação entre o tipo de bico e o alimento é definida pela(o):

- possibilidade de extinção das aves.
- espaço geográfico ocupado pelos animais.
- disponibilidade de recursos no ambiente.
- capacidade de adaptação a novos alimentos.
- deslocamento de cada espécie entre as ilhas.

8. **UEM-PR (adaptada)** – Em relação ao comportamento dos animais com os fatores ambientais, marque a alternativa correta:

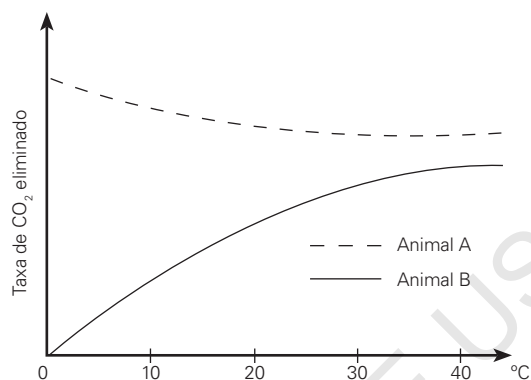
- a velocidade da taxa metabólica não varia em função da temperatura ambiental.
- uma grossa camada de gordura sob a pele é uma das adaptações de animais homeotérmicos a baixas temperaturas.
- o esqueleto de quitina dos artrópodes auxilia no controle da evaporação da água corpórea.

d) hibernação e estivação expressam reações de alguns animais, principalmente em função da umidade relativa do ar.

9. IFPE – Uma das causas da infertilidade masculina é a teratospermia, uma alteração na morfologia dos espermatozoides que passam a ter a cabeça redonda, não havendo a formação do acrossomo, que é uma vesícula repleta de enzimas digestivas, localizada na cabeça do espermatozoide, sendo essencial à sua penetração no ovócito e à fertilização. A organela que produz o acrossomo é denominada:

- a) complexo golgiense.
- b) mitocôndria.
- c) retículo endoplasmático granuloso.
- d) retículo endoplasmático não granuloso.
- e) peroxissomo.

10. Unicamp-SP (adaptada) – O gráfico a seguir representa a eliminação de CO_2 pela respiração dos vertebrados A e B, com relação à temperatura ambiente.



Como são denominados A e B com relação à regulação de temperatura corporal? Cite um exemplo de animal para A e para B.

11. Cefet-MG (adaptada) – Os morcegos são adaptados para o voo por meio de suas asas, da mesma maneira que as baleias e golfinhos adaptaram-se ao ambiente aquático por meio das nadadeiras. Apesar das modificações

ao longo da evolução, todos os mamíferos possuem um ancestral comum.

A estrutura locomotora dos animais citados favorece sua (seu):

- a) hábito alimentar.
- b) reserva de gordura.
- c) funcionalidade sensorial.
- d) adaptação aos ambientes.
- e) resistência a variações térmicas.

12. IFS-SE – Certos tipos de leucócitos são atraídos pelas bactérias invasoras, e vindo a englobar essas bactérias, irão destruí-las pela ação de enzimas na digestão celular. Esse fenômeno, chamado fagocitose, somente se completará permitindo a digestão do material englobado, desde que o vacúolo formado se una à organela celular denominada:

- a) ribossomo;
- b) microfilamento;
- c) microtúbulo;
- d) peroxissomo;
- e) lisossomo.

13. IFMT – A respeito das adaptações observadas em animais de regiões frias, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. A camada de gordura sob a pele costuma ser mais grossa.
- II. As camadas de pelos ou penas são mais espessas que a de animais de outras regiões.
- III. O tamanho dos animais não interfere na adaptação ao ambiente.
- IV. Em muitos casos, a migração serve de adaptação à vida nessas regiões.

Está correto o que se afirma em:

- a) I e II, apenas.
- b) I, III e IV, apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) I, II e IV, apenas.
- e) I, II, III e IV, apenas.

14. IFS-SE – A célula eucariótica é formada por um complexo sistema de compartimentos membranosos, que lhe permite uma maior especialização das atividades metabólicas.

A organização e interação entre estes compartimentos lembra o funcionamento de uma fábrica.

Comparando-se com as atividades da fábrica, quais os compartimentos membranosos com função análoga ao gerador de energia, ao setor de produção e ao setor de embalagem respectivamente:

- a) Ergastoplasma, lisossomo e centríolo.
- b) Ergastoplasma, complexo golgiense e mitocôndria.
- c) Lisossomo, centríolo e ergastoplasma.
- d) Mitocôndria, ribossomos e complexo golgiense.
- e) Mitocôndria, ergastoplasma e complexo golgiense.

15. IFSC (adaptada) – Durante uma aula de laboratório foram colocadas em frente a um aluno três fotografias de células. As fotografias foram obtidas por microscópio eletrônico de transmissão e havia uma lista de algumas estruturas identificadas para cada célula:

Célula 1: parede celular, mitocôndrias, plasmodesmas e vacúolo de suco celular ou central;

Célula 2: mesossoma, plasmídeo, parede celular e ribossomos;

Célula 3: glicocálix, mitocôndrias, ribossomos e lisossomos.

Considerando seus conhecimentos sobre biologia celular, assinale a soma da(s) proposição(ões) correta(s).

- (01) O plasmídeo corresponde a uma molécula circular de DNA existente em células procariontes, sendo assim o organismo representado pela célula 2 pertence a um organismo do reino Monera, que inclui, as bactérias e cianobactérias.
- (02) A presença de parede celular nas células 1 e 2 indica que as duas células pertencem a organismos vegetais.
- (04) Se considerarmos que o organismo representado pela célula 3 é multicelular e não apresenta parede celular, podemos afirmar que se trata de uma célula animal.
- (08) Todas as três células possuem ácidos nucleicos e sintetizam proteínas através dos processos de transcrição e tradução.
- (16) Se considerarmos que as mitocôndrias não existem na célula 2, poderemos então afirmar que esse organismo é fotossintetizante.

16. Unicamp-SP (adaptada) – Os fungos são organismos eucarióticos heterotróficos unicelulares ou multicelulares. Os fungos multicelulares têm os núcleos dispersos em hifas, que podem ser contínuas ou septadas, e que, em conjunto, formam o micélio. Mencione uma característica que diferencie a célula de um fungo de uma célula animal, e outra que diferencie a célula de um fungo de uma célula vegetal.

17. Unicamp-SP (adaptada) – Os fósseis são uma evidência de que nosso planeta foi habitado por organismos que já não existem atualmente, mas que apresentam semelhanças com organismos que o habitam hoje. Cite quatro características que todos os seres vivos têm em comum.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C8-H28

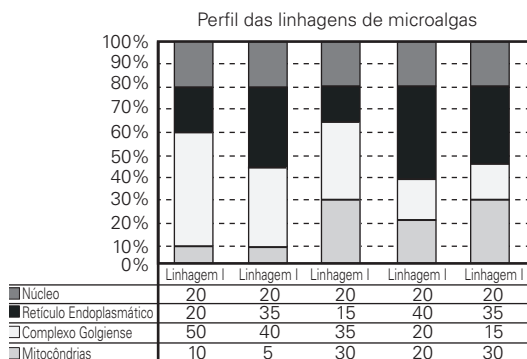
Darwin, em viagem às ilhas Galápagos, observou que os tentilhões apresentavam bicos com formatos diferentes em cada ilha, de acordo com o tipo de alimentação disponível. Lamarck, ao explicar que o pescoço da girafa teria esticado para colher folhas e frutos no alto das árvores, elaborou ideias importantes sobre a evolução dos seres vivos. O texto aponta que uma ideia comum às teorias da evolução, propostas por Darwin e por Lamarck, refere-se à interação entre os organismos e seus ambientes, que é denominada de:

- a) mutação
b) adaptação
c) seleção natural
d) recombinação gênica
e) variabilidade genética

19. Enem

C5-H17

Uma indústria está escolhendo uma linhagem de microalgas que otimize a secreção de polímeros comestíveis, os quais são obtidos do meio de cultura de crescimento. Na figura podem ser observadas as proporções de algumas organelas presentes no citoplasma de cada linhagem.



Qual é a melhor linhagem para se conseguir maior rendimento de polímeros secretados no meio de cultura?

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV
- e) V

20. Enem

C5-H17

COMPANHEIRA VIAJANTE

Suavemente revelada? Bem no interior de nossas células, uma clandestina e estranha alma existe. Silenciosamente, ela trama e aparece cumprindo seus afazeres domésticos cotidianos, descobrindo seu nicho especial em nossa fogosa cozinha metabólica, mantendo entropia em apuros, em

ciclos variáveis noturnos e diurnos. Contudo, raramente ela nos acende, apensar de sua fornalha consumi-la. Sua origem? Microbiana, supomos. Julga-se adaptada às células eucariontes, considerando-se como escrava, uma serva a serviço de nossa verdadeira evolução.

Fonte: McMURRAY, W.C. *The traveler. Trends in Biochemical Sciences*. 1994 (adaptado).

A organela celular descrita de forma poética no texto é o (a):

- a) centríolo.
- b) lisossomo.
- c) mitocôndria.
- d) complexo golgiense.
- e) retículo endoplasmático não granuloso.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS E ORGÂNICAS DA CÉLULA: CARBOIDRATOS, LIPÍDIOS E VITAMINAS

Alguns dos principais componentes químicos que atuam no funcionamento celular do nosso corpo, como a água, os sais minerais, os carboidratos, os lipídios e as vitaminas. Estas são essenciais e qualquer deficiência de alguma delas pode trazer consequências severas ou levar o organismo ao óbito.

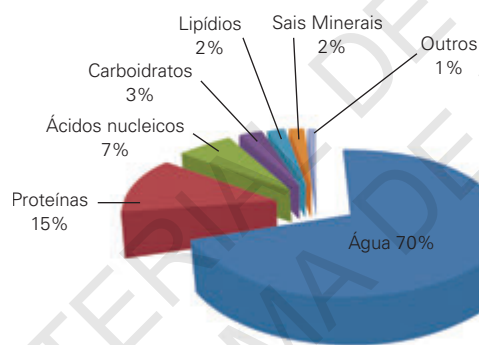
Composição química da célula

Os quatro são os principais constituintes da matéria viva na Terra: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N).

Esses elementos unem-se entre si e a outros, formando substâncias químicas, que podem ser divididas em **substâncias orgânicas** (que têm obrigatoriamente carbono na constituição, sendo consideradas estruturas complexas e ricas em energia) e **substâncias inorgânicas** (derivadas de minerais, com estruturas mais simples e pobres em energia).

Em geral, a quantidade dessas substâncias químicas é muito variável na constituição celular dos seres vivos. Um exemplo é a porcentagem de substâncias presentes nas células eucarióticas animais, como mostra o gráfico a seguir.

Composição química da célula



Composição química da célula eucariótica animal. Pelo menos 70% da constituição celular é água; 15%, proteínas; 7% são ácidos nucleicos; 3%, carboidratos e 4% são, ao todo, lipídios e sais minerais.

SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS

ÁGUA, A MOLÉCULA DA VIDA

A água é a substância mais abundante tanto dentro do corpo humano. Todos os seres vivos são formados por água e vivem em habitats determinados pela quantidade de água existente, o que faz dessa substância o elemento fundamental para a vida.

A quantidade de água presente nos diferentes seres vivos também pode variar entre seus tecidos e órgãos, além de diferir ao longo da vida do indivíduo, diminuindo à medida que envelhece. No cérebro humano, por exemplo, a quantidade de água

- Composição química da célula
- Substâncias inorgânicas
- Carboidratos
- Lipídios
- Vitaminas lipossolúveis

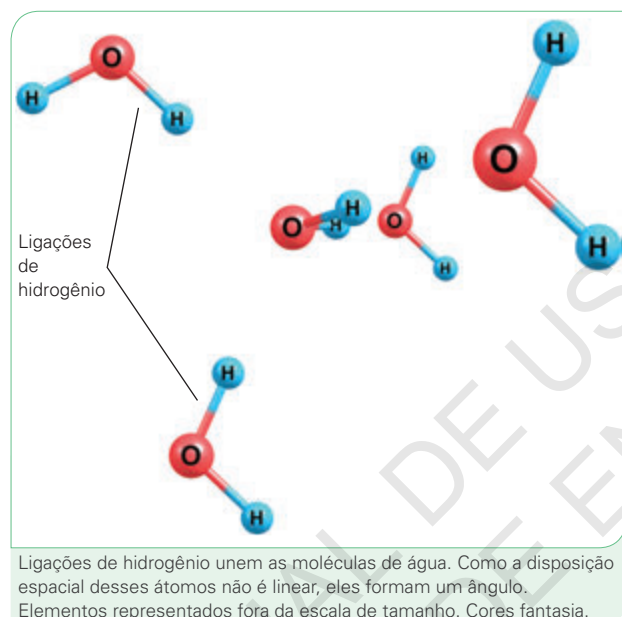
HABILIDADES

- Identificar os elementos químicos mais comuns nos organismos vivos e os principais componentes orgânicos e inorgânicos por eles formados.
- Identificar a importância dos componentes bioquímicos para o metabolismo celular.
- Relacionar as propriedades da água e dos principais minerais com a sua importância para os organismos vivos.
- Analisar a estrutura, as funções dos lipídios, carboidratos, proteínas e vitaminas e as consequências da carência ou do excesso de cada um desses compostos no organismo.

pode ser encontrada em uma taxa de 91%, constituindo, portanto, grande parte da sua massa, enquanto pode atingir até 40% nos ossos. Todos os organismos apresentam diferentes quantidades dessa substância, como o corpo da água-viva, um cnidário formado por 98% de água.

As propriedades da água que contribuem para a vida

A molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de oxigênio, por meio de ligações covalentes. Como os elétrons são deslocados para perto do átomo de oxigênio, formando uma zona negativa e outra positiva do lado oposto, podemos classificá-la como uma molécula **polar**. Outra característica importante é que as moléculas de água fazem **ligações de hidrogênio**, ou seja, os átomos de hidrogênio (com carga positiva) interagem com outro átomo mais eletronegativo, como é o caso do oxigênio (com carga negativa).



Essa ligação, conhecida como propriedade de **coesão**, possibilita que as moléculas fiquem fortemente unidas, garantindo que a água seja estável e fluida em condições normais de temperatura e pressão. A **adesão** é responsável pela aderência das moléculas de água a outras substâncias polares.

A **capilaridade** é um fenômeno físico resultante das interações entre as forças de adesão e coesão da molécula de água. É a capacidade que essa substância tem de ser "contínua" e conseguir atravessar poros, subir por tubos ou descer por superfícies. É graças à capilaridade que a água passa por espaços estreitos, contra a gravidade. Um exemplo disso é a forma como as plantas obtêm água e nutrientes diluídos provenientes do subsolo. A água que as raízes adquirem do solo chega às folhas por meio de uma rede de células condutoras dessa substância. Nas folhas, à medida que a água evapora, as ligações de hidrogênio das moléculas

que deixam as nervuras puxam com força as outras moléculas abaixo, propagando essa força de tração pelas células condutoras de água por todo o caminho até as raízes.

Essa força de atração entre as moléculas possibilita a existência de um fenômeno chamado de **tensão superficial**, que aparenta ser uma película fina na superfície da água, formada pelas ligações de hidrogênio (coesão) entre as moléculas. Por causa dessa característica, muitos insetos e outros pequenos animais conseguem andar sob a água sem afundar. A água tem uma tensão superficial maior que dos outros líquidos.

Outro aspecto importante das moléculas de água é o alto **calor específico**. Ou seja, é necessária muita energia para que ela altere sua temperatura, o que faz com que essas moléculas consigam absorver ou ceder uma grande quantidade de calor sem alterar seu estado físico. Como consequência, a água é considerada **termorreguladora**, por conseguir estabilizar a temperatura corporal dos seres vivos compatíveis às condições ambientais.

A água em qualquer um dos seus estados (sólido, líquido ou gasoso) é considerada um **solvente universal**, por favorecer as reações químicas nas células e por dissolver a maioria dos solutos, dissociando-os ou hidratando-os.

Isso ocorre porque as moléculas de água têm capacidade de **hidrossolubilidade**. Ou seja, conseguem facilmente separar ou dissociar partículas em virtude de seu caráter polar, o que reduz as forças de atração dos íons encontrados em outras substâncias, possibilitando a eles se dissociar. As substâncias que são dissolvidas na água são **hidrofilicas** (*hidro* = água; *philus* = amigo), enquanto as que não se dissolvem são **hidrofóbicas** (*hidro* = água; *phobos* = medo). Por exemplo, a água não adere às moléculas apolares, como as de gordura, de óleo e de cera, que são lipídios. É por isso que a água forma gotas em superfícies enceradas ou oleosas.

Outras funções importantes dessa substância são:

- é a molécula fundamental no processo de hidrólise (*hidro* = água; *lise* = quebra), no qual há quebra de uma molécula na presença de água, para resultar em outros dois compostos distintos com os elementos advindos dessa quebra;
- é necessária para que as enzimas consigam atuar como catalisadoras das reações químicas;
- atua na distribuição das substâncias nas células por meio de seu fluxo (ciclose);
- lubrifica as articulações e os olhos, além de compor a saliva.

SAIS MINERAIS

Os sais minerais são encontrados dissolvidos na água, na forma de íons que atuam no metabolismo. Também podem ser achados em forma molecular nas estruturas esqueléticas dos animais, como em carapaças, conchas, ossos, chifres e cascos, em que há carbonato de cálcio e fosfato de cálcio. Diferentemente dos carboidratos, dos lipídios e das proteínas, os sais

minerais são substâncias inorgânicas. Como o corpo não é capaz de produzir minerais, eles devem ser ingeridos por meio da alimentação que contenha quantidades adequadas dessas substâncias. O excesso de sais

minerais no organismo é eliminado por meio das fezes e da urina.

A tabela a seguir apresenta os íons mais comuns, suas funções e onde podemos encontrá-los.

Íons	Funções	Fontes alimentares
Cálcio	Formação e manutenção dos ossos, dentes e coagulação sanguínea. Transmissão de impulsos nervosos, batimentos cardíacos e contração muscular.	Leite e derivados e vegetais verde-escuros.
Fósforo	Formação e manutenção dos ossos e dentes; constituinte da estrutura dos ácidos nucleicos e da adenosina trifosfato (ATP), principal reserva de energia.	Leite e derivados, carnes, aves, peixes, cereais e legumes.
Potássio	Atua na contração muscular, na regulação da pressão sanguínea, na transmissão de impulsos nervosos e na manutenção do equilíbrio hídrico. Participa da síntese de glicogênio, de proteínas e do metabolismo energético.	Verduras, frutas, legumes, carnes e leite.
Sódio	Regulação do equilíbrio hídrico, relaxamento muscular e transmissão de impulsos nervosos.	Sal de cozinha, algas marinhas.
Cloro	Manutenção do equilíbrio hídrico e componente do suco gástrico.	Sal de cozinha.
Magnésio	Participa da contração muscular e é componente da clorofila.	Cereais, vegetais e frutas.
Ferro	Componente da hemoglobina, que tem grande afinidade com o oxigênio, transportando-o.	Carnes, fígado, vegetais verde-escuros e leguminosas.
Zinco	Constituintes de várias enzimas e hormônios, atuante no processo de cicatrização e na digestão.	Carnes, fígado, ovos, mariscos e cereais.
Cobre	Componente de enzimas que participam do metabolismo da hemoglobina.	Fígado, mariscos, nozes e leguminosas.
Iodo	Constituinte dos hormônios da glândula tireoide.	Peixes, frutos do mar e sal iodado.
Flúor	Manutenção dos ossos e do esmalte dos dentes.	Peixes.

Substâncias orgânicas: carboidratos, lipídios e vitaminas

As substâncias orgânicas desempenham diversas funções: compõem as estruturas dos tecidos e das células, fornecem energia e coordenam as atividades celulares. Todas essas funções estão relacionadas ao **metabolismo**, que é o conjunto de reações químicas que ocorrem dentro de um organismo e podem ser classificadas em **anabolismo** (síntese de moléculas complexas com uso de muita energia) ou **catabolismo** (degradação de moléculas com liberação de energia).

Os compostos orgânicos naturais estão presentes em todos os alimentos que ingerimos e nos combustíveis derivados do petróleo (como a gasolina e o óleo *diesel*). Também estão no próprio corpo humano, cuja massa é constituída em mais de 60% por compostos orgânicos.

Esses compostos são formados por macromoléculas biológicas, uma forma de **polímero** constituído pela união de várias moléculas menores, denominadas **monômeros**. Em alguns carboidratos, um mesmo monômero é repetido inúmeras vezes. Em outros casos, como nas proteínas e nos ácidos nucleicos, monômeros diferentes unem-se em uma ordem particular. Cada um desses monômeros é adicionado por meio da repetição da mesma

reação catalisada por enzimas. Dessa maneira, todos os monômeros de uma macromolécula são alinhados na mesma direção, e as terminações da macromolécula são quimicamente distintas.

É por esse motivo que as macromoléculas têm propriedades muito diferentes das dos monômeros que as constituem.

Carboidratos

Os carboidratos também são conhecidos como açúcares, hidratos de carbono, sacarídeos ou glicídeos. Esse grupo inclui todos os açúcares simples (monossacarídeos) e seus polímeros (polissacarídeos). Tanto os monossacarídeos como os resíduos de polissacarídeos contêm grupos hidroxila, por isso são classificados como álcoois.

Em geral são observados, principalmente, na **composição estrutural** ou como **reserva e fornecimento de energia**, de modo que, ao serem decompostos, geram CO_2 e H_2O . Essas moléculas são compostas classicamente por átomos de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). Alguns têm como característica o gosto adocicado nos alimentos quando são derivados de glicose (mel) ou frutose (frutas), outros fazem parte da constituição de muitos alimentos e, além de não terem gosto adocicado, podem não ser digeríveis e têm estruturas mais complexas.

Em geral, os carboidratos são classificadas de acordo com o número de moléculas em sua constituição, como monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.

MONOSSACARÍDEOS

São carboidratos simples, com fórmula geral $C_nH_{2n}O_n$, solúveis em água. Seu nome é dado pelo valor de n (número de átomos), que pode variar entre 3 e 7. Os monossacarídeos mais comuns apresentam de 5 a 6 átomos de carbono. A tabela a seguir apresenta alguns exemplos.

Quantidade de átomos de carbono (n)	Nome do monossacarídeo	Fórmula estrutural	Exemplo
3	Triose	$C_3H_6O_3$	Aldeído fosfoglicérico – tipo de gliceraldeído (PGA) –, utilizado na fotossíntese.
4	Tetrose	$C_4H_8O_4$	Eritrose, um açúcar em forma de xarope.
5	Pentose	$C_5H_{10}O_5$	Ribose (constituente do RNA) e desoxirribose (constituente do DNA).
6	Hexose	$C_6H_{12}O_6$	Glicose, frutose e galactose.

A maioria dos carboidratos disponíveis na natureza são as hexoses, que são encontradas, respectivamente, nos pães, nas frutas e no leite. Esse tipo de carboidrato é a principal fonte de energia para os seres vivos. Entre as hexoses, a glicose é a mais abundante, pois é a unidade monomérica da celulose, um polissacarídeo estrutural, bem como do glicogênio e do amido, que são polissacarídeos de armazenamento.

DISSACARÍDEOS (OLIGOSSACARÍDEOS)

São moléculas formadas pela união entre 2 e 10 monossacarídeos com função energética. Quando dois monossacarídeos se unem para formar um dissacarídeo, há liberação de uma molécula de água, por isso a reação é chamada de **síntese por desidratação**. Já na quebra de um dissacarídeo ocorre a entrada de uma molécula de água, falando-se em uma **quebra por hidrólise**, processo comum na digestão química dos alimentos.

Nesta tabela são relacionadas as unidades formadoras dos três principais dissacarídeos.

Dissacarídeos	Unidades formadoras	Fonte
Sacarose	Glicose + frutose	Açúcar da cana.
Maltose	Glicose + glicose	Açúcar obtido industrialmente pela fermentação de cereais em germinação, como a cevada.
Lactose	Glicose + galactose	Açúcar do leite.

POLISSACARÍDEOS

São moléculas constituídas por mais de 10 monossacarídeos, insolúveis em água. Podem servir para armazenar grande quantidade de energia, como o **glicogênio** ou o **amido**. O glicogênio é armazenado no fígado e nos músculos dos animais. Já o amido, de origem vegetal, encontra-se nas células do parênquima amilífero de caules (batata-inglesa), raízes (mandioca) e sementes (feijão, lentilha, soja). Ambos são compostos de várias moléculas de glicose e, para serem mais bem aproveitados pelo nosso metabolismo, passam por algumas modificações.

O amido se transforma em maltose por meio da enzima amilase. Depois, a maltose é transformada em glicose com base na enzima maltase.

Os polissacarídeos também podem ter função estrutural, como a **celulose** (presente na parede celular das células vegetais) e a **quitina** (encontrada no exoesqueleto dos artrópodes e na parede celular dos fungos). A celulose é o polissacarídeo mais abundante na Terra, mas, ao nos alimentarmos de um vegetal, não conseguimos digeri-la por não produzirmos a enzima celulase. Por outro lado, os herbívoros (cavalos e vacas) e alguns insetos, como cupins e baratas, conseguem digerir a celulose por terem microrganismos em seus tubos digestórios capazes de produzir a enzima celulase.

Lipídios

Os lipídios são outra classe de macromoléculas formadas por estruturas muito variadas e diferem dos carboidratos por apresentarem menor quantidade de oxigênio e **eventualmente** conter átomos de fósforo. Além disso, eles são pouco solúveis em água (hidrofóbicos). Em contrapartida são mais solúveis em compostos orgânicos apolares, como éter, benzeno, álcool e clorofórmio.

Alguns lipídios, como os fosfolipídios, apresentam uma “cabeça” polar, hidrofílica (que tem atração pela água) e uma “cauda” apolar, hidrofóbica. Em um meio aquoso, as “caudas” hidrofóbicas se associam, enquanto as “cabeças” hidrofílicas ficam expostas à água, formando uma

lâmina chamada bicamada lipídica, que forma a base estrutural das membranas biológicas. Essas membranas são flexíveis porque as bicamadas lipídicas são estabilizadas por forças não covalentes.

Essas macromoléculas são encontradas no tecido adiposo, nas membranas celulares e na bainha de mielina dos neurônios. Atuam como precursoras de vitaminas e hormônios, como impermeabilizadores de superfícies de folhas e frutos e como reserva energética. Além disso, contribuem para a proteção de órgãos.

Os lipídios têm várias funções, mas as principais são **reserva energética** (realizada pela gordura nos animais e óleos nos vegetais) e **função estrutural** (ceras presentes em folhas e frutos). Além disso, essas moléculas podem ser usadas como isolantes térmicos ou mecânicos ou contribuir para a flutuação.

Os lipídios são classificados em diferentes tipos. Os lipídios mais simples são os **ácidos graxos** – longas cadeias de hidrocarbonetos com um grupo carboxila no final. Se houver carboidrato em sua constituição, esses lipídios são denominados glicolípido. Quando há um grupo fosfato na composição, esses lipídios são chamados **fosfolipídios**. Os esteroides e as vitaminas lipídicas também são lipídios complexos.

GLICERÍDEOS (TRICILGLICERÓIS)

Também são chamados de triacilgliceróis (ou triglicerídeos) em virtude dos três resíduos de ácidos graxos que se ligam a uma molécula de glicerol (um álcool), por meio da reação de esterificação. São altamente hidrofóbicos.



Os glicerídeos são formados pela união entre três ácidos graxos e uma molécula de glicerol. Essa reação é conhecida como reação de esterificação.

São utilizados como reserva energética nas sementes (óleos) e no tecido adiposo (gordura) dos animais. Essa molécula aumenta a massa corporal do organismo, visto que, quando carboidratos e proteínas são consumidos em excesso, aglomeram-se sob a forma de gotículas de gordura na célula. Nos mamíferos, a maioria da gordura recém-sintetizada é estocada em forma de triglicerídeo no tecido adiposo que é constituído por células especializadas, os adipócitos. O tecido adiposo se concentra em maior volume logo abaixo da pele e na cavidade abdominal.

Os óleos são as principais formas de reserva energética das plantas. São derivados de sementes de girassol, soja, milho e azeitona (fruto da oliveira), sendo muito utilizados em nossa alimentação, na forma de óleo de cozinha e azeite de oliva e na produção de margarinas. Podem ser encontrados também nos animais, como o óleo de fígado de bacalhau.

FOSFOLIPÍDIOS

Os fosfolipídios são formados por duas moléculas de ácidos graxos, uma molécula de glicerol e um grupo fosfato. Constituem a membrana celular, composta de duas camadas de fosfolipídios e algumas proteínas que permitem a passagem de substâncias. Em geral, uma parte das moléculas de fosfolipídios tem afinidade com a água e a outra não, de maneira que, ao entrarem em contato com a água, a parte hidrofílica fica em contato com ela. Já a parte hidrofóbica, que não tem afinidade com a água, isola-se para evitar contato.

ESTERÓIDES

São outra classe de lipídios encontrada nas membranas de eucariotos e, muito raramente, em bactérias. São formados por anéis de carbono. O colesterol é um importante esteroide presente na membrana plasmática dos animais, embora em menor quantidade na membrana plasmática dos vegetais e ausente em procaríotos, protistas e fungos.

Em mamíferos, o colesterol exerce a função essencial de precursora dos hormônios esteroides ou sexuais (progesterona, estradiol e testosterona) e dos sais biliares. Também modula a fluidez das membranas celulares e reduz a permeabilidade, graças à sua configuração repleta de anéis de carbono.

CERÍDEOS

Os cerídeos são um tipo de lipídios não encontrados em membranas biológicas. As ceras são formadas por ácidos graxos de cadeia longa e um álcool, também de cadeia longa. São amplamente distribuídos na natureza e fornecem proteção impermeável às folhas, flores e frutos dos vegetais e à pele, ao pelo, às penas e aos exoesqueletos dos animais.

A cera de ouvido é secretada por células que revestem o canal auditivo. Ela lubrifica esse canal e retém partículas que poderiam prejudicar a membrana timpânica.

VITAMINAS LIPÍDICAS

Assim como os esteroides, as quatro vitaminas lipídicas (A, D, E e K) são formadas por anéis de carbono. Também chamadas de lipossolúveis (solúveis em óleos e gorduras), são altamente hidrofóbicas, embora apresentem pelo menos um grupo polar.

As vitaminas são substâncias orgânicas fundamentais para o metabolismo, pois atuam na regulação de enzimas (coenzimas), ativando-as ou inibindo-as, e participam da síntese de outras substâncias como os anticorpos.

Nos mamíferos, as vitaminas lipídicas ingeridas são absorvidas no intestino por um processo semelhante à absorção de outros nutrientes lipídicos. Após a digestão de quaisquer proteínas capazes de ligarem-se a elas, essas vitaminas são levadas para a interface celular do intestino sob a forma de micelas formadas com sais biliares.

As quatro vitaminas lipossolúveis diferem bastante entre si, como apresentado na tabela a seguir, que relaciona suas funções, suas fontes e os distúrbios que ocorrem pela falta dessas substâncias.

	Vitamina	Funções	Fonte	Distúrbio por carência
Lipossolúveis	A (retinol)	Componente de pigmentos visuais. Mantém a integridade dos epitélios.	Ovos, leite e derivados, vegetais amarelos e vermelhos.	Cegueira noturna; espessamento da córnea; ressecamento da pele, mucosa e olhos.
	D (calciferol)	Forma ativa é produzida sob ação de raios ultravioleta. Atua na mineralização dos ossos, além de facilitar a absorção de cálcio.	Ovos, leite e derivados.	Raquitismo (descalcificação e alterações ósseas).
	E (tocoferol)	Antioxidante. Previne lesões na membrana celular.	Sementes oleaginosas, folhas verdes e olhos vegetais.	Esterilidade e aborto.
	K (naftoquinona)	Atua na produção de fatores coagulantes.	Folhas verdes, cereais e fígado.	Sangramentos.

Vitaminas hidrossolúveis

Existe outra classe de vitaminas que apresentam diferente composição, as chamadas hidrossolúveis (solúveis na água). São todas do complexo B, C e biotina. Essas vitaminas são, na verdade, coenzimas,

uma outra classe de macromoléculas que estudaremos adiante.

Assim como a tabela anterior, está relacionado a seguir essas vitaminas com suas funções, suas fontes e os distúrbios que ocorrem pela falta dessas substâncias.

	Vitamina	Funções	Fonte	Distúrbio por carência
Hidrossolúveis	B1 (tiamina)	Participa das reações de oxidação dos carboidratos; auxilia no funcionamento dos músculos e do sistema nervoso.	Carnes, cereais integrais, leguminosas e cogumelos.	Beribéri (insuficiência cardíaca, neurite e destruição do sistema nervoso).
	B2 (riboflavina)	Precursora da coenzima dinucleótido de flavina e adenina (FAD) atuante na respiração celular e no metabolismo de proteínas, lipídios e glicídios.	Leite, carnes, grãos integrais, vegetais.	Lesões na pele; lacrimajamento; queimação e coceira nos olhos; síndrome urogenital.
	B3 (niacina)	Precursora de Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo (NADH) atuante no metabolismo energético.	Cereais, leite, grãos enriquecidos, carne magra e fígado.	Pelagra (diarreia crônica, dermatite e alterações neurológicas).
	B5 (ácido pantatênico)	Componente da coenzima A, atuante na respiração celular e no metabolismo de lipídios.	Fígado, rim, gema de ovo, carnes, brócolis, trigo e batata.	Fadiga; distúrbios do sono e falta de coordenação motora.
	B6 (piridoxina)	Atua no metabolismo dos aminoácidos e lipídios.	Carnes, cereais integrais e fígado.	Alterações neurológicas, dermatite e fraqueza muscular.
	B9 (ácido fólico)	Atua no metabolismo de aminoácidos e ácidos nucleicos.	Carnes, fígado, leguminosas, vegetais de folhas escuras, banana e melão.	Anemia e distúrbios gastrointestinais.
	B12 (cianocobalamina)	Atua no metabolismo de ácidos nucleicos e na divisão celular.	Fígado, rim, ostra, ovos, peixes, leite, carnes de porco e frango.	Anemia perniciosa e alterações neurológicas.
	Biotina	Coenzima no metabolismo de aminoácidos e lipídios. Produz queratina, especialmente.	Leveduras, arroz integral, frutas, nozes, ovos, carne e leite.	Fadiga; depressão; náusea; dermatite; dores musculares.
	C (ácido ascórbico)	Participa da síntese de colágeno, atua como antioxidante, facilita a absorção de ferro e fortalece o sistema imunológico.	Frutas cítricas, mamão, goiaba, caju, alface, tomate, cenoura, pimentão, espinafre e folhas verdes.	Escorbuto (lesões na pele e nas articulações, sangramento do nariz e da gengiva).

ROTEIRO DE AULA

SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS

ÁGUA

Considerada uma molécula:

Solvente
universal

Polar

Com alto calor específico

Unida por forças intermoleculares denominadas

Pontes de H⁺

Que possibilitam alta

tensão

capilaridade

Sais minerais

Cálcio

Fósforo

Potássio

Atua na contração muscular

Sódio

Cloro

Componente do suco gástrico

Magnésio

Ferro

Componente da hemoglobina

Cobre

Iodo

Forma os hormônios da tireoide

Zinco

Flúor

Manutenção de ossos e esmalte dental

ROTEIRO DE AULA

Substâncias orgânicas

Têm em sua
composição:

C, H, O.

Carboidratos

Monossacarídeos

Pentoses

Hexoses

Dissacarídeos

Sacarose

Maltose

Lactose

Polissacarídeos

Função

Energética

Estrutural

Glicogênio

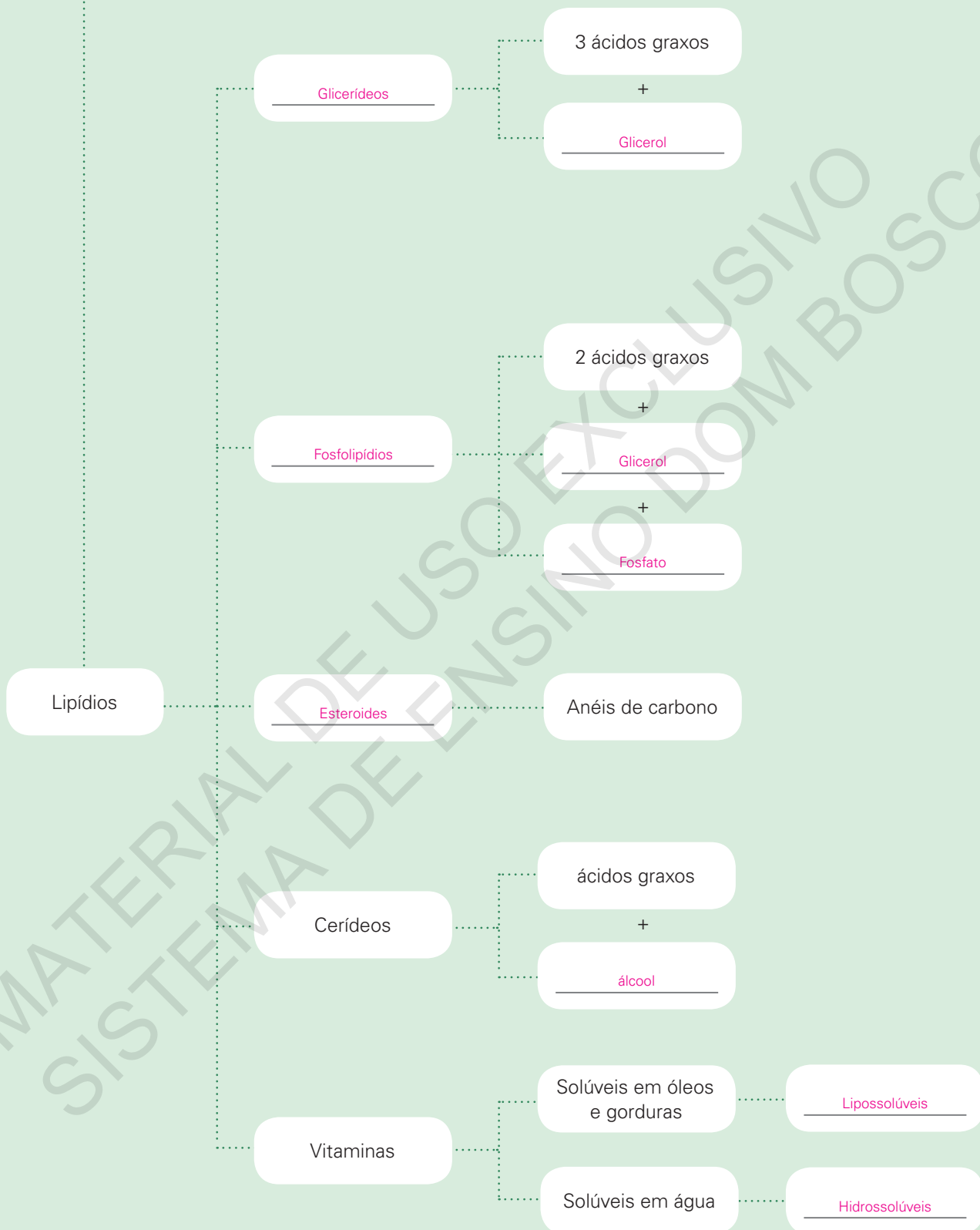
Amido

Quitina

Celulose

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **IFAM** – Os elementos químicos mais abundantes na matéria viva são:

- a) carbono, hidrogênio, oxigênio e cloro.
- b) carbono, hidrogênio, oxigênio e enxofre.
- c) carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.
- d) carbono, hidrogênio, cloro e sódio.
- e) carbono, hidrogênio, cloro e magnésio.

Os seres vivos são constituídos principalmente de substâncias orgânicas, isto é, que têm na composição carbono, hidrogênio e oxigênio. Além disso, boa parte da composição dos seres vivos são as proteínas, que têm nitrogênio em sua composição.

2. **PUC-MG (adaptada)** – As vitaminas funcionam como coenzimas. A deficiência de vitaminas provoca enfermidades chamadas de doenças de carências. Os sintomas carências a seguir estão relacionados, respectivamente, com a deficiência das seguintes vitaminas:

I. Córnea ressecada

II. Raquitismo na infância

a) K, E, B2 e B12

b) B1, D, C e E

III. Deficiência na coagulação sanguínea

IV. Anemia perniciosa

c) A, D, K e B12

d) A, E, K e C

A falta da vitamina A (retinol) causa xerofthalmia, caracterizada pelo ressecamento da córnea. A carência da vitamina D (calciferol) leva ao raquitismo. A vitamina K (filoquinona) age na coagulação do sangue, por isso sua ausência ocasiona deficiência na coagulação. Na anemia perniciosa, há redução do número dos glóbulos vermelhos. Ela é decorrente de uma deficiência da vitamina B12 (cobalamina).

3. **Sistema Dom Bosco** – Os lipídios compõem um grupo heterogêneo de compostos orgânicos cuja única característica comum é sua pequena solubilidade em água (hidrofóbicos). Cite os principais grupos e dê exemplos.

Os lipídios são divididos em glicerídeos, fosfolipídios, esteróides e cerídeos. Exemplos deles, respectivamente, são: os triglicerídeos, a membrana celular, os hormônios sexuais e as ceras.

4. **UFPA (adaptada)** – Em córregos de água e leitos de rios é possível ver pequenos insetos pousados sobre a água. Esses insetos não afundam devido ao(à):

- a) presença de pontes de hidrogênio, em função da elevada polaridade da molécula de água.
- b) fato de os insetos apresentarem uma densidade menor que a de água.
- c) elevada intensidade das forças de dispersão de London, em consequência da polaridade das moléculas de água.
- d) interação ion-dipolo permanente, originada pela presença de substâncias iônicas na água.
- e) imiscibilidade entre a substância inorgânica que recobre as pernas e asas dos insetos e a água.

A tensão superficial da água ocorre em virtude da força das interações entre suas moléculas (ligações de hidrogênio).

5. **IFMG**

C4-H14

A coagulação sanguínea, em condições normais, acontece após o rompimento de um vaso sanguíneo. O processo forma um coágulo no local da ruptura, interrompendo o sangramento e evitando, muitas vezes, hemorragias que podem causar a morte. Uma pessoa com problemas na coagulação do sangue apresenta carência em vitamina:

a) B1.

b) K.

c) A.

d) E.

A vitamina K atua no processo de coagulação. A alternativa A está incorreta, porque a vitamina B1 atua no metabolismo de carboidratos, lipídios e na respiração celular. A alternativa C está incorreta, porque a vitamina A atua na síntese de pigmentos da retina, além de ser importante na manutenção da pele e de epitélios. A alternativa D está incorreta, porque a vitamina E age como antioxidante, prevenindo lesões na membrana celular.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

6. **Sistema Dom Bosco** – Descreva a função do fósforo nos seres vivos.

O fósforo atua na formação e manutenção dos ossos e dentes. Além disso, ele é constituinte da estrutura dos ácidos nucleicos e do ATP, principal reserva de energia.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. IFNMG – A hemorragia decorrente da ingestão de trevo doce por bovinos e ovinos se deve ao dicumarol, substância presente nesse vegetal e que exerce ação antagonista à vitamina:

- a) B12.
- b) B1.
- c) E.
- d) K.

8. Sistema Dom Bosco – Á água é considerada uma substância de suma importância para a vida pois:

- a) devido à sua característica apolar, é possível acontecer reações de hidrólise.
- b) sem ela é impossível ocorrer a maioria das reações metabólicas.
- c) pelo fato de ser solvente universal ela consegue interagir com moléculas hidrofóbicas.
- d) devido ao seu baixo calor específico, ela pode atuar na termorregulação.

9. IFG-GO – Os lipídios mais comuns nas células são os triglicerídeos (triacilgliceróis), fosfolipídios, glicolipídios e esteroides. Em relação aos lipídios, analise as seguintes afirmações:

- I. Trata-se de um grupo de moléculas caracterizadas por sua insolubilidade em água e solubilidade em solventes orgânicos;
- II. Os triacilgliceróis servem como reserva energética para o organismo, e seus ácidos graxos, quando oxidados, liberam pequena quantidade de energia em comparação aos carboidratos.
- III. Um dos esteroides mais importantes é o colesterol, presente nas membranas de células animais.

Está(ão) correta(s):

- a) Somente a afirmação I.
- b) Somente a afirmação II.
- c) Somente as afirmações I e II.
- d) Somente as afirmações I e III.
- e) Somente as afirmações II e III.

10. Acafe-SC (adaptada)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) pediu aos governos que aumentem o imposto sobre as bebidas açucaradas para combater o problema da obesidade no mundo, onde um adulto em cada três está com excesso de peso. Em um novo relatório, a agência nacional da ONU afirma que existem provas contundentes de que novos impostos cobrados sobre as bebidas açucaradas, como refrigerantes, “reduziria, proporcionalmente, seu consumo”. Um aumento de 20% dos preços desse tipo de bebida teria uma redução do consumo da ordem de 20%. Em escala mundial, o número de casos de obesidade duplicou desde 1980. Em 2014, mais de 1,9 bilhão de adultos - pessoas de 18 anos ou mais - estavam com excesso de peso, e deles mais de 600 milhões eram obesos.

Fonte: g1.globo, 11/10/2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com>>.

Nesse sentido, é correto afirmar, **exceto**:

- a) Como problemas de saúde que a obesidade pode causar pode-se citar: pressão alta, diabetes, câncer e infertilidade.

b) Os carboidratos são moléculas que desempenham uma ampla variedade de funções, dentre elas: fonte de energia, reserva energética e estrutural. São formados principalmente por carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), apresentando a fórmula geral $(CH_2O)_n$.

c) Os lipídios são moléculas orgânicas formadas a partir da associação entre ácidos graxos e álcool. São insolúveis em água, mas se dissolvem em solventes orgânicos, como a benzina e o éter. São exemplos de lipídios: os óleos, as gorduras, as ceras e os hormônios esteroides.

d) Os oligossacarídeos são lipídios formados a partir da união de muitos monossacarídeos. Exemplos de oligossacarídeos são celulose e amido*.

11. Cefet-MG

O ovo é um recipiente biológico perfeito que contém material orgânico e inorgânico em sua constituição. Um de seus componentes é a clara ou albúmen, formada predominantemente por água e também por proteínas. Caso a galinha se reproduza antes da liberação do óvulo ocorrerá a formação de um embrião no interior do ovo. Porém, para que este se desenvolva é necessária uma transferência de calor, que ocorre durante o período em que essas chocam ovos.

Disponível em: <<http://super.abril.com.br>>. (Adaptado).

Caso a galinha saia do ninho temporariamente durante esse período, o desenvolvimento do embrião não cessará em virtude da água no interior do ovo:

- a) diluir substâncias tóxicas.
- b) ser um solvente universal.
- c) possuir um alto calor específico.
- d) participar de reações de hidrólise.
- e) apresentar elevado valor nutricional.

12. Fuvest-SP – Entre os elementos mais abundantes que ocorrem nos oceanos estão:

- a) sais minerais, gases dissolvidos e ácidos húmicos.
- b) metais pesados, terras raras e gases nobres.
- c) carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre.
- d) hidrogênio, oxigênio, cloro e sódio.
- e) água, cloreto de sódio e sulfato de magnésio.

13. Sistema Dom Bosco – Na 93ª Corrida Internacional de São Silvestre, 30 mil atletas disputaram a tradicional competição pelas ruas de São Paulo. Os vencedores foram o etíope Dawitt Admasu entre os homens e a queniana Flomena Cheyech no feminino. Em geral, observa-se que, após eventos como esses, os participantes encontram-se com intensa sudorese. Qual é a função desse fenômeno biológico?

- a) Aliviar a excreção renal.
- b) Manter a temperatura corporal.
- c) Eliminar os resíduos metabólicos.
- d) Controlar a pressão arterial.

14. UFRJ – Os lipídios são os nutrientes de maior teor calórico, seguidos por carboidratos e proteínas. A elevação dos níveis sanguíneos de insulina é um dos principais sinais responsáveis pela mobilização dos excedentes nutricionais sob forma de lipídios pelo tecido adiposo.

Com o intuito de evitar esse efeito da insulina, muitas pessoas recorrem a uma dieta baseada na ingestão exclusiva de lipídios e proteínas. Apesar de seus efeitos sobre a saúde serem discutíveis, esse tipo de dieta pode conduzir efetivamente a uma perda de massa corporal (peso).

Explique por que uma dieta baseada na exclusão total dos carboidratos, apesar do seu alto valor calórico, não leva ao acúmulo de lipídios no tecido adiposo.

15. Sistema Dom Bosco – Com o aumento do consumo de produtos industrializados, houve conseqüentemente um crescimento na ingestão de iodo, um importante íon acrescentado ao sal para evitar doenças como o bócio. Com base em seus conhecimentos sobre o assunto, marque a alternativa correta.

- a) O iodo é o principal componente dos hormônios produzidos pela glândula tireoide.
- b) O bócio é uma doença cardiovascular, com grande incidência em pessoas obesas.
- c) Os hormônios produzidos pela glândula tireoide são a tiroxina e a testosterona.
- d) A única fonte de iodo é o sal de cozinha.

16. IFSC (adaptada) – Todos os seres vivos são formados por componentes químicos básicos: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e fósforo. Estes elementos podem formar os compostos orgânicos que constituem nossos corpos e possuem diversas relações com a nossa alimentação e metabolismo. Sobre os principais componentes químicos dos seres vivos, assinale a soma da(s) proposição(ões) correta(s).

- 01. Os polissacarídeos podem ter função de reserva energética. A espécie humana é capaz de armazenar um polissacarídeo, chamado glicogênio, no fígado e nos músculos. Quando necessário, nosso organismo converte glicogênio em glicose para fornecer energia ao corpo.
- 02. Atualmente, as necessidades vitamínicas de um indivíduo já podem ser supridas unicamente através do consumo de comprimidos concentrados. A vantagem é garantir que não falem vitaminas para manutenção do organismo. E praticamente não existem desvantagens, pois o excesso de qualquer vitamina será eliminado por meio da urina.
- 04. Para que uma pessoa engorde é necessário que ela faça ingestão de gordura (lipídios), pois através da ingestão de carboidratos e proteínas nosso metabolismo não pode sintetizar lipídios e a pessoa não engorda.
- 08. O fósforo é um sal mineral que atua na manutenção de ossos e dentes, além de ser constituinte dos ácidos nucleicos e do ATP, principal reserva de energia.

17. Sistema Dom Bosco – A diabetes mellitus é um distúrbio metabólico devido à falta da quantidade adequada de insulina, produzido pelo pâncreas. Cite qual substância é estocada pela insulina e o que esse distúrbio metabólico pode gerar.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Em seres humanos, a fonte primária de obtenção de energia e a principal reserva energética são, respectivamente:

- a) lipídios e proteínas.
- b) carboidratos e proteínas.
- c) proteínas e lipídios.
- d) carboidratos e lipídios.

19. Sistema Dom Bosco

C5-H18

Alimentos ácidos, condimentados e gordurosos costumam cair como uma bomba em estômagos mais sensíveis. É comer para logo sentir aquela azia ou queimação. Cafeína, bebidas alcoólicas, cigarro e até o nervosismo também podem piorar problemas como gastrite e úlcera. Segundo uma enquete feita aqui no *site*, 34% das pessoas disseram que o estresse é o fator que mais desencadeia crises estomacais. Isso ocorre porque, em situações de tensão, o sistema nervoso é acionado e estimula a produção de sucogástrico no estômago, tornando-o mais ácido, de maneira que a agressão é maior.

Fonte: <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2012/04/excesso-de-acidez-no-estomago-causa-ulceras-e-gastrite.html>

O principal constituinte do suco gástrico é o:

- a) magnésio.
- b) potássio.
- c) sódio.
- d) ferro.
- e) cloro.

20. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Carboidratos e lipídios são os principais fornecedores de energia para as plantas e para os animais. A glicose, um carboidrato, é o principal combustível celular, enquanto amido e glicogênio (carboidratos) e gorduras (lipídios) representam reservas energéticas.

A capacidade dos animais de estocarem energia na forma de carboidratos é

- a) grande e, por isso, eles apresentam abundantes estoques de glicogênio no fígado e nos músculos; plantas também estocam muito carboidratos na forma de amido.
- b) reduzida e, por isso, apresentam grandes estoques de gordura; já as plantas armazenam grande quantidade de amido.
- c) maior que a das plantas, que têm suas reservas constituídas, principalmente, de óleos armazenados em todo o organismo.
- d) menor que a das plantas – enquanto os animais têm pequenos estoques de amido, as plantas apresentam grandes reservas de glicogênio.
- e) igual à das plantas, sendo que os animais apresentam maiores reservas de gordura.

4

SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS: PROTEÍNAS, ENZIMAS E ACELERAÇÃO DAS REAÇÕES DE METABOLISMO

- Função e estrutura das proteínas
- Desnaturação proteica
- Enzimas
- Prion ou príon

HABILIDADES

- Compreender que as proteínas são macromoléculas constituídas de monômeros.
- Relacionar propriedades químicas das proteínas às finalidades a que se destinam.
- Identificar a ampla gama de estruturas e funções das proteínas.
- Relacionar informações apresentadas em várias formas de linguagem com os conteúdos de Biologia e Química.
- Compreender que enzimas são uma classe de proteínas.
- Relacionar a função das enzimas com o aumento da velocidade das reações químicas.
- Entender os fatores que afetam a ação enzimática.
- Conhecer o que é um príon e as principais doenças relacionadas a ele.

As proteínas contribuem com mais de 50% da massa seca da maioria das células e são imprescindíveis em praticamente todos os processos metabólicos. Assim como essa substância, algumas proteínas têm papel estrutural, enquanto outras aceleram reações químicas ou estão envolvidas no armazenamento, transporte, comunicação, movimento e defesa do organismo.

Função e estrutura das proteínas

A palavra **proteína** vem do grego *proteios*, que significa “em primeiro lugar”. De fato, a importância dessas grandes moléculas biológicas é tão grande que quase todas as funções dinâmicas dos seres vivos dependem delas.

As proteínas podem desempenhar função **estrutural** (como a queratina e o colágeno) ou **energética** (como a albumina, presente no plasma sanguíneo), além de outras importantes funções, exemplificadas na tabela a seguir. Na maioria dos casos, a função da proteína depende da habilidade de reconhecer e ligar-se a outra molécula.

Classes	Função	Exemplos
Proteínas enzimáticas	Aumentam a velocidade das reações químicas, ou seja, catalisam as reações	Tripsina, amilase, protease
Proteínas de defesa	Proteção do organismo contra agentes invasores	Anticorpos (também conhecidos como imunoglobulinas, abreviadas Ig), como IgA, IgD, IgE, IgG e IgM
Proteínas hormonais	Coordenação das atividades do organismo	Insulina e glucagon
Proteínas de transporte	Transporte de substâncias	Hemoglobina (transporte de oxigênio) e outras proteínas que realizam o transporte de moléculas na membrana celular
Proteínas estruturais	Sustentação	Queratina (componente de unhas, cascos, penas, chifres, pelos e cabelos), colágeno e elastina (resistência na pele e nas cartilagens)

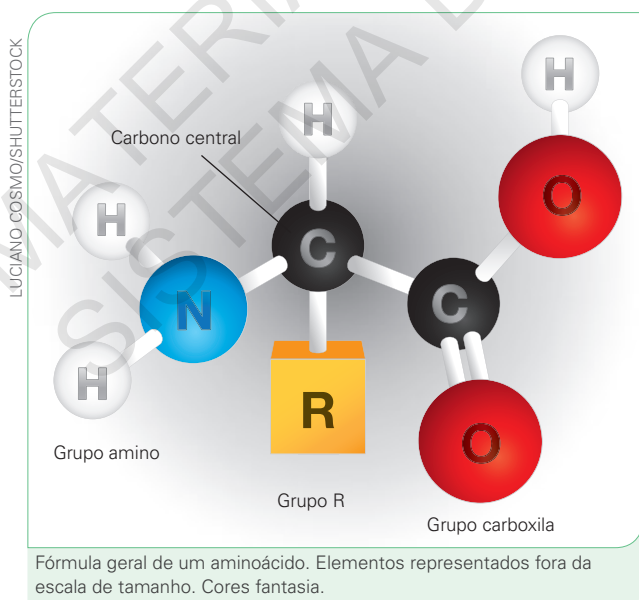
Proteínas de armazenamento	Armazenamento de aminoácidos	Ovoalbumina (presente na clara do ovo e fonte de aminoácidos para o embrião) e caseína (presente no leite e fonte de aminoácidos para filhotes de mamíferos). As sementes das plantas gimnospermas e angiospermas têm esses tipos de proteína
Proteínas receptoras	Resposta a estímulos químicos	Receptores em células nervosas que detectam sinais químicos
Proteínas motoras e contráteis	Movimento	Actina e miosina (contração muscular), proteínas formadoras de cílios e flagelos

CAMPBELL, Neil A.; REECE, Jane B. *Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

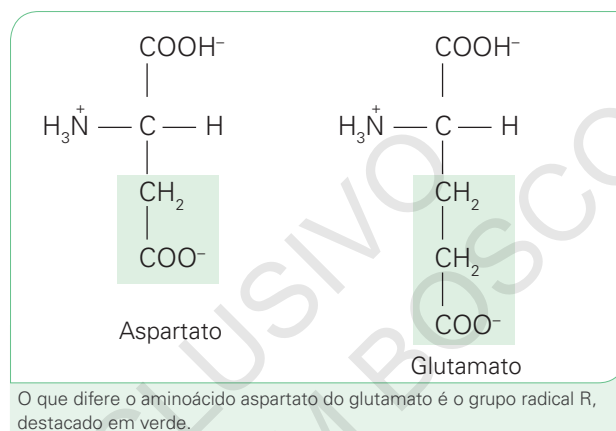
Todas as proteínas são macromoléculas formadas por carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N), podendo apresentar também enxofre (S). São polímeros formados pela união entre moléculas menores denominadas **aminoácidos**, as unidades básicas das proteínas. Os polímeros de aminoácidos são denominados **polipeptídeos**. Um ou mais polipeptídeo, cada um enovelado e estruturado em uma estrutura tridimensional específica, forma uma proteína.

AMINOÁCIDOS

Os aminoácidos, também chamados de mono-peptídeos, são monômeros formados por um átomo de carbono (C) central, ligado a um grupo carboxila (COOH) – que atribui a característica ácida –, um grupo amino (NH₂), um átomo de hidrogênio e um grupo variável, simbolizado pelo radical R.



O que diferencia uma proteína da outra é, basicamente, o número e a sequência de aminoácidos que constitui cada uma delas e o grupo R presente em cada mono-peptídeo. Por exemplo, o que difere o aminoácido aspartato do glutamato é a composição do radical de cada um deles, que são, respectivamente, um grupo CH₂COO⁻ e um grupo (CH₂)₂COO⁻.



Existem na natureza 20 aminoácidos, usados pela célula para construir milhares de proteínas. Eles são classificados em **naturais**, também denominados **não essenciais** (aqueles que o organismo consegue sintetizar sozinho) e **essenciais** (os quais o organismo não é capaz de sintetizar, necessitando adquiri-los via alimentação). Alguns aminoácidos naturais são considerados essenciais em quadros de enfermidades ou em determinadas fases da vida (geralmente na juventude), em que não são produzidos naturalmente.

O ser humano, por exemplo, não é capaz de sintetizar nove aminoácidos, por isso eles devem ser adquiridos por meio de uma alimentação rica em proteína, seja de origem vegetal ou animal. Alimentos como leite, ovos, carne, gelatina e soja são boas fontes desses aminoácidos.

Acompanhe na tabela a comparação das duas classes de aminoácidos para a espécie humana.

Não essenciais	Essenciais condicionais*	Essenciais
Alanina (Ala)	Arginina (Arg)	Isoleucina (Ile)
Asparagina (Asn)	Cisteína (Cis)	Leucina (Leu)
Aspartato (Asp)	Glutamina (Gln)	Lisina (Lys)
Glutamato (Glu)	Glicina (Gli)	Metionina (Met)
Serina (Ser)	Prolina (Pro)	Fenilalanina (Phe)
	Tirosina (Tyr)	Triptofano (Trp)
		Treonina (Thr)
		Histidina (His)
		Valina (Val)

* Necessários em certo grau para indivíduos jovens em crescimento e/ou durante certas doenças.

LEHNINGER, Albert; NELSON, David L.; COX, Michael. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Polímeros de aminoácidos: a ligação peptídica

Quando dois aminoácidos se posicionam de maneira que o grupo carboxila de um fique adjacente ao grupo amino do outro, ocorre uma reação de **desidratação**. No grupo carboxila de um dos aminoácidos acontece a quebra da ligação entre o carbono e a hidroxila. No outro aminoácido, a ligação entre o nitrogênio e o hidrogênio do grupo amino é quebrada. Nessa reação, ocorre a condensação entre o carbono do grupo carboxila e o nitrogênio do grupo amino, enquando uma molécula de água é retirada.

Essa interação entre dois ou mais monômeros de aminoácidos é denominada **ligação peptídica**, que terá em uma terminação da cadeia polipeptídica um grupo amino livre e, no lado oposto, um grupo carboxila livre. Repetida inúmeras vezes, a ligação peptídica gera um polipeptídeo, um polímero formado por inúmeros aminoácidos, que constituirá uma **proteína**.

O número de ligações peptídicas de uma proteína depende da quantidade de aminoácidos que ela tem. O composto formado com base em dois aminoácidos é chamado **dipeptídeo**. Cadeias entre três e dez aminoácidos são denominadas **oligopeptídeos**; as maiores são designadas **polipeptídeos**, que, por convenção, são chamadas de proteínas. Por exemplo, se uma proteína tem 350 aminoácidos, ela contém 349 ligações peptídicas entre elas, cuja formação liberou 349 moléculas de água. Assim, temos que:

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ de ligações peptídicas} &= \\ &= \text{N}^\circ \text{ de aminoácidos} - 1 \end{aligned}$$

Duas proteínas com o mesmo número e os mesmos tipos de aminoácidos ainda podem ser diferentes entre si, em virtude da sequência em que eles se encontram, mostrando que nesses casos a ordem dos aminoácidos gera uma proteína diferente, com funções distintas.

ESTRUTURA ESPACIAL DAS PROTEÍNAS

Polipeptídeo não é sinônimo de *proteína*, já que uma proteína funcional não é apenas uma cadeia polipeptídica, mas sim um ou mais polipeptídeos ordenadamente torcidos, enovelados e arranjos em uma estrutura especial. É essa estrutura que resulta nas funções das proteínas. Estas recebem diferentes classificações de acordo com sua estrutura.

A **estrutura primária** corresponde à sequência linear de aminoácidos, determinada pela informação genética hereditária. Um exemplo de estrutura primária é a endorfina – hormônio neurotransmissor produzido pela hipófise, formado por 17 aminoácidos e que atua como um analgésico natural. Esse hormônio é produzido principalmente quando o corpo está praticando atividade física, em que a quantidade de endorfina liberada é alta e produz sensação de bem-estar, conforto e melhora do humor.

A **estrutura secundária** corresponde aos segmentos das cadeias polipeptídicas que se enrolam ao redor de um eixo, formando uma escada helicoidal (alfa-hélice), estável e mantida por ligações de hidrogênio. Em geral,

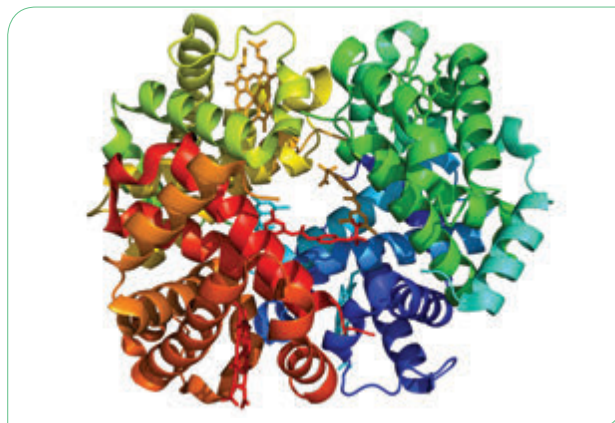
quando uma célula sintetiza um polipeptídeo, a cadeia se dobra espontaneamente, assumindo a estrutura funcional da proteína. Essas estruturas podem ser filamentosas (proteínas fibrosas), como o colágeno, ou esféricas (proteínas globulares), como as imunoglobulinas. Apesar de proteínas fibrosas terem só um tipo de estrutura secundária, as proteínas globulares podem ter diversos tipos de estrutura secundária na mesma molécula.



O colágeno é uma proteína com estrutura secundária, formada por três cadeias polipeptídicas de mesmo tamanho, que se enrolam uma em torno da outra, formando um cabo rígido com conformação helicoidal. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A **estrutura terciária** (frequentemente referida apenas como “estrutura”) corresponde a dobramentos entre o filamento de aminoácidos, o que possibilita à proteína adquirir uma conformação espacial tridimensional. Esse tipo de conformação geralmente ocorre em virtude de outros tipos de ligações entre suas partes, como as ligações dissulfeto. A mioglobina, fundamental no transporte de oxigênio nos músculos, é um tipo de proteína com essa estrutura.

Proteínas com **estrutura quaternária** são formadas por associações de duas ou mais cadeias polipeptídicas agregadas em uma macromolécula funcional. Essa é a estrutura final da proteína, que resulta da agregação das subunidades polipeptídicas. A molécula hemoglobina é uma proteína globular com essa conformação, formada por quatro subunidades polipeptídicas, responsável pelo transporte de oxigênio dos tecidos. Cada subunidade tem um componente não polipeptídico, chamado de heme, com um átomo de ferro que se liga ao oxigênio.



Representação da hemoglobina. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Desnaturação de proteínas

As condições físicas e químicas no ambiente são essenciais para determinar a estrutura de uma proteína.

Elevação da temperatura, variação do potencial hidrogeniônico (pH) e concentração de sal ou introdução de determinados compostos químicos podem fazer com que a proteína se desenrole e perca sua forma original, em uma alteração denominada **desnaturação**. Nesse processo, ao assumir um formato errôneo, a proteína perde sua atividade biológica, tornando-se inativa.

Algumas proteínas podem retornar à configuração espacial original em um processo denominado **renaturação**, se permanecem dissolvidas e o agente desnaturante é removido. No entanto, na maioria dos casos, as modificações são irreversíveis.

A clara do ovo, por exemplo, torna-se sólida ao ser cozida e continua nesse estado físico quando esfria, pois o calor excessivo aumenta a energia da cadeia polipeptídica o suficiente para romper as interações fracas que estabilizam a estrutura. Esse é o mesmo motivo de febres excessivamente altas serem fatais: as proteínas sanguíneas desidratam sob condições de altas temperaturas corporais.

Na maioria dos casos, durante a desnaturação as proteínas tornam-se insolúveis em virtude da quebra das ligações originais e da constituição de novos dobramentos, mas a sequência de aminoácidos e as ligações peptídicas permanecem.

Enzimas e aceleração das reações do metabolismo

As **enzimas** são uma classe de proteínas que atuam como catalisadores, acelerando seletivamente as reações químicas sem serem consumidas pela reação. São moléculas essenciais à vida, já que regulam os processos metabólicos que mantêm a célula viva.

Enzimas

As proteínas enzimáticas, ou simplesmente enzimas, são macromoléculas altamente numerosas nos seres vivos, constituídas por uma ou mais cadeias polipeptídicas, com afinidade intra ou extracelular.

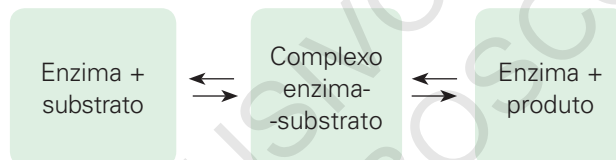
Essas moléculas atuam como **catalisadores** de diversas reações químicas que ocorrem no metabolismo celular, **acelerando** a velocidade de uma reação química sem sofrer alteração em sua conformação. Além disso, são capazes de participar de uma reação química inúmeras vezes.

Para que os organismos consigam aproveitar os aminoácidos, por exemplo, enzimas proteases (enzimas que quebram ligações peptídicas) digerem as proteínas no estômago e no intestino por meio de reações de hidrólise.

INTERAÇÃO ENTRE ENZIMA E SUBSTRATO

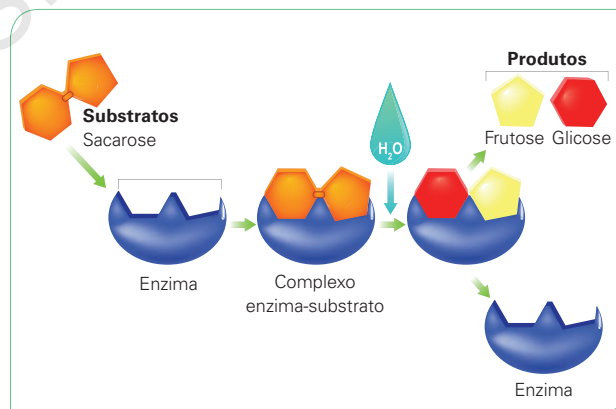
O nome de uma enzima pode indicar o tipo da reação que ela catalisou (hidrolases, transaminases, desidrogenases etc.) ou o **substrato** – reagente sobre o qual ela atua (amilase, protease, lipase etc.).

O mecanismo de atuação da enzima se inicia quando ela se liga ao substrato (ou substratos, quando há dois ou mais reagentes), formando o complexo **enzima-substrato**. Durante essa ligação, a ação catalítica da enzima converte o substrato no(s) produto(s) da reação.



As reações catalisadas pelas enzimas são muito específicas. Mesmo entre isômeros, uma enzima é capaz de reconhecer seu substrato específico. Como são proteínas, as enzimas apresentam uma conformação tridimensional única, formada por uma ordem de aminoácidos, a qual resulta nessa especificidade.

Somente uma região restrita da enzima se liga ao substrato, denominada **centro ativo** ou **sítio ativo**, onde ocorre a catálise. A especificidade da enzima é resultado do ajuste entre a forma do sítio ativo e a forma do substrato.



Em uma reação rápida, a enzima combina-se com o substrato, formando o complexo enzima-substrato. Em reação mais lenta, esse complexo se desfaz, originando o produto da reação e liberando a enzima. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Alterações na estrutura da enzima podem torná-la inativa porque não será possível o substrato se encaixar no centro ativo. Essa grande especificidade entre o substrato e a enzima é denominada **complexo chave-fechadura**.

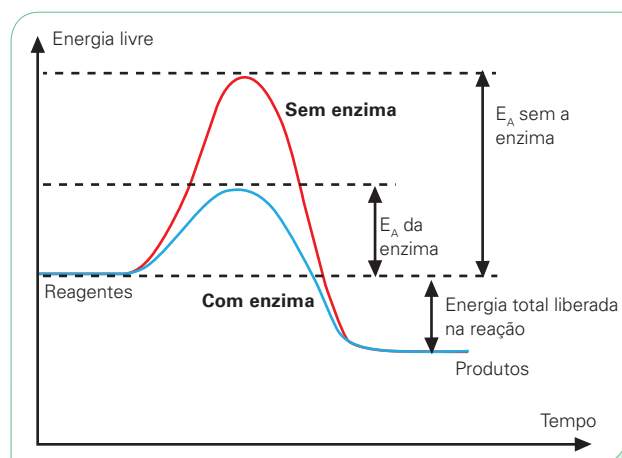
ENERGIA DE ATIVAÇÃO (E_A)

As reações químicas ocorrem originando novas moléculas por meio do rompimento de ligações que existiam nos reagentes e da formação de novas li-

gações entre eles. Para transformar uma molécula, geralmente é preciso mudar sua conformação original em outra altamente instável antes de a reação acontecer.

Para isso, os reagentes precisam de mais energia que o normal, geralmente absorvendo energia de seu entorno na forma de calor. Quando as novas ligações da molécula do produto são formadas, a energia é liberada como calor, e as moléculas voltam à conformação estável com menor energia.

Essa quantidade de energia necessária para iniciar a reação é denominada **energia de ativação (E_A)**.



As reações necessitam de menos energia com a ação de enzimas.

As enzimas são catalisadoras porque aumentam a velocidade da reação e diminuem a energia de ativação necessária. Quando os produtos são formados, as enzimas se desprendem e mantêm suas formas inalteradas. Assim, pequenas quantidades de enzimas podem ter um enorme impacto sobre o metabolismo, agindo repetidamente nos ciclos catalíticos.

CICLO CATALÍTICO NO SÍTIO ATIVO DA ENZIMA

Durante o ciclo catalítico, o substrato é retido no sítio ativo pelas interações fracas na maioria das reações enzimáticas, como pontes de hidrogênio e forças iônicas.

A energia de ativação é diminuída pelo sítio ativo e pela reação acelerada. Dessa maneira, o sítio ativo atua com um molde para a orientação do substrato e fornece um microambiente favorável ou participa diretamente na reação catalítica.

Após a conversão dos substratos em produtos, que são liberados, o sítio ativo fica disponível para a entrada de novas moléculas de substrato. A duração do ciclo catalítico é tão rápida que uma única molécula de enzima atua em cerca de mil moléculas de substrato por segundo.

No entanto, há um limite para a velocidade, atingido quando a concentração de substrato é alta o suficiente para que todos os sítios ativos estejam

ocupados. Nessa concentração, diz-se que a enzima está **saturada**, e a velocidade da reação será determinada pela velocidade com que os produtos são liberados dos sítios ativos.

A única maneira de aumentar a velocidade de formação de produtos nessas condições de saturação é adicionando mais enzimas.

FATORES QUE INTERFEREM NA AÇÃO ENZIMÁTICA

A funcionalidade de uma enzima é influenciada por fatores ambientais. Agentes químicos também são responsáveis por afetar a ação enzimática, assim como a presença de moléculas auxiliares não proteicas, denominadas cofatores.

Fatores físicos: temperatura e pH

Quanto maior for a temperatura, maior será a velocidade das reações químicas. No entanto, se houver aumento excessivo, ocorrerá a desnaturação das enzimas, como em toda proteína.

Há uma temperatura na qual a atividade enzimática é máxima, denominada **temperatura ótima**. Em animais homeotérmicos, a temperatura ótima costuma ser entre 35 °C e 40 °C, o que corresponde à faixa de temperatura natural do corpo.

Quando a temperatura diminui, a velocidade das reações também é reduzida, mas a atividade catalítica reaparece quando a temperatura se eleva e chega à condição ótima. A redução da atividade enzimática e da taxa metabólica em baixas temperaturas é útil para o congelamento de sêmen e embriões e para a preservação de órgãos para transplantes.

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), em valores abaixo (mais ácido) ou acima (mais básico) do pH ótimo (no qual a atividade biológica é máxima), a atividade enzimática é reduzida porque a estrutura tridimensional é afetada. Lembrando que o pH ótimo varia de enzima para enzima. Por exemplo: a enzima ptialina encontrada na boca (na saliva principalmente) tem pH ótimo igual a 7, enquanto a pepsina encontrada no estômago tem pH ótimo igual a 2, visto que se encontra em ambiente ácido, graças à presença de ácido clorídrico (HCl) do estômago.

Fatores químicos: inibidores de enzima

A ação enzimática pode ser inibida seletivamente por alguns compostos químicos. Quando estes se ligam às enzimas por meio de ligações fracas, a inibição é reversível. Por alguns inibidores serem parecidos com a molécula de substrato, ocorre competição pelo sítio ativo, por isso denominados **inibidores competitivos**. Essa inibição é revertida ao aumentar a concentração de substrato, que, em maior concentração, ganha a entrada no sítio ativo.

Outro tipo de inibidor não compete com o substrato, mas impede as reações enzimáticas, ao se ligar a outra

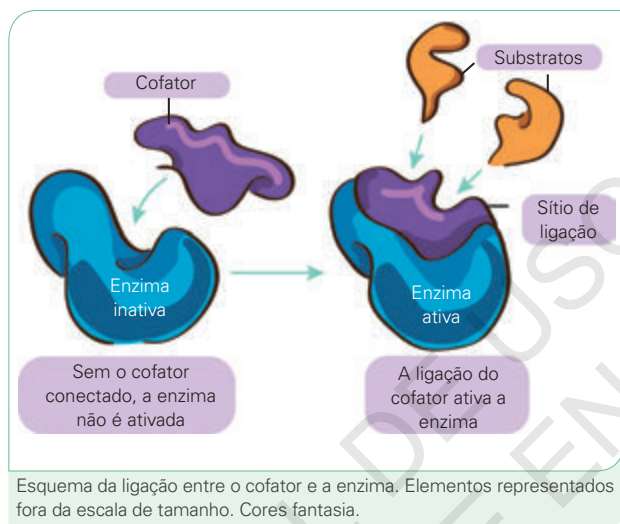
parte da enzima. São os **inibidores não competitivos**, que alteram o formato da enzima, causando uma inibição irreversível. Um exemplo desses inibidores são as toxinas e os venenos, assim como muitos antibióticos que inibem enzimas específicas nas bactérias.

Cofatores enzimáticos

Muitas enzimas precisam de moléculas adjuvantes não proteicas para desempenhar sua função catalítica. Esses auxiliares são denominados **cofatores**. Esses compostos podem ser inorgânicos como os íons metálicos (Zn, Fe, Mg etc.) ou alguma molécula orgânica complexa, chamado de **coenzima**. Os cofatores podem ligar-se de forma permanente ou de forma reversível ao substrato.

Um exemplo de coenzimas são as vitaminas hidrossolúveis estudadas anteriormente, pois elas ativam enzimas importantes no metabolismo celular.

Os cofatores atuam de diferentes maneiras, mas em todas elas têm papel essencial na catálise.



Príon ou príão

Em 1982, o cientista Stanley Prusiner nomeou como príon (*proteinaceous infection*) infecções por forma proteica.

Até então, acreditava-se que os vírus eram os agentes infecciosos de estrutura mais simples, já que são formados basicamente por uma molécula de ácido nucleico revestida por uma cápsula proteica.

No entanto, o príon é um agente infeccioso de estrutura mais simples que os vírus, visto que não apresenta material genético. Ele é formado por proteínas com seu dobramento alterado, que interagem com outras proteínas da membrana plasmática de células nervosas e as tornam novos príons.

Essa proteína está associada a algumas doenças degenerativas do sistema nervoso, como a encefalopatia espongiforme bovina, popularmente chamada de "doença da vaca louca". Essa enfermidade é neurodegenerativa, causando distúrbios comportamentais e motores. Em seres humanos esse príon é causador da doença de Creutzfeldt-Jakob (também chamada de CJD), doença extremamente grave que atinge o sistema nervoso central, em que as células nervosas são deformadas e depois desaparecem, resultando no aspecto espongiforme do encéfalo.

Ainda hoje o mecanismo bioquímico envolvido na alteração na proteína que resulta nos príons não é totalmente compreendido. Algumas encefalopatias espongiformes são hereditárias, porém em humanos são conhecidos dois outros tipos de doenças degenerativas provocadas por príons que não são herdadas geneticamente.

Em alguns casos, os príons podem ser transmitidos por manipulações clínicas em procedimentos hospitalares, já que estas partículas são muito resistentes à esterilização, ou mesmo em órgãos transplantados. A propagação também pode acontecer pela ingestão da carne de organismos contaminados.

ROTEIRO DE AULA

Aminoácidos

Ligam-se por meio de:

Ligações peptídicas

Criando cadeias:

Polipeptídicas

Formam as:

Proteínas

Classificados em:

Essenciais

Essenciais
condicionais

Não essenciais

Estruturas:

Primária

Sequência de aminoácidos

Cadeias polipeptídicas em formato helicoidal unidas por ligações de H⁺.

Secundária

Formato de um polipeptídeo resultado de ligações de dissulfeto.

Terciária

Estrutura final, resultado da

agregação de subunidades

polipeptídicas.

Quaternária

Função:

Enzimática

Hormonal

Estrutural

Defesa

Transporte

ROTEIRO DE AULA

Compostos proteicos

Um ou mais polipeptídeos

Enzimas

Catalisadores

Função:

Substratos

Atuam em reagentes denominados:

Enzima-substrato

Formam o complexo:

Modelo chave-fechadura

Tem alta especificidade, por isso denominado:

Ação enzimática é afetada por:

Concentração do substrato

Fatores físicos

Temperatura

pH

Proteínas alteradas

Prions

Causam doenças:

Infecciosas

Que atacam o:

Sistema nervoso

A exemplo da:

Doença da vaca louca

Fatores químicos

Cofatores

Inibidores

Competitivos

Não competitivos

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UFU-MG – O rúmen ou pança dos ruminantes e o ceco dos roedores são estruturas que se assemelham funcionalmente porque:

- ambos possuem a enzima pepsina, que transforma as proteínas em unidades menores.
- ambos secretam HCL, que, ao longo do tubo digestório, irá ativar as enzimas inativas.
- ambos possuem microrganismos que secretam enzimas para a digestão de celulose.
- suas mucosas secretam a enzima celulase, que atua na digestão da celulose.
- ambos possuem pH ótimo para a ação da tripsina sobre a digestão da celulose.

8. IFMT

Arroz e feijão, dois alimentos riquíssimos em nutrientes, podem ser consumidos separadamente, de diversas maneiras, mas, quando consumidos juntos, tornam-se uma combinação perfeita, pois se completam. Além de fornecerem diversos nutrientes, os aminoácidos que faltam em um alimento podem ser encontrados no outro. Por exemplo: o arroz é pobre no aminoácido lisina, que por sua vez é encontrado em abundância no feijão, já o aminoácido metionina é pobre no feijão, mas existe em abundância no arroz, por este motivo, eles se completam, tornando-se um par perfeito.

Fonte: <http://cyberdiet.terra.com.br/arroze-feijao-u-par-perfeito-2-1-1-44.html>.

A importância da dupla “arroz-feijão” reside no fato de fornecer ao organismo aminoácidos:

- que são utilizados na construção das moléculas de DNA.
- como metionina, utilizado na síntese dos nucleotídeos do RNA.
- essenciais, necessários para a síntese de proteínas.
- naturais que entram na composição dos carboidratos.
- sintéticos que constituem os triglicerídeos.

9. IFMT – Analise a figura abaixo:



A principal proteína constituinte do cabelo é a queratina que, quando aquecida pelas altas temperaturas da chapinha:

- incorpora novos aminoácidos à molécula, alongando-se.
- sofre um processo denominado desnaturação, sofrendo alteração na sua estrutura.

- transforma a forma globular em fibrosa.
- quebra as pontes de hidrogênio que liga o grupo amina de um aminoácido ao grupo carboxila do aminoácido seguinte.
- provoca modificação na sequência dos aminoácidos que a constituem.

10. UFRJ – A proteína 1 foi isolada a partir do sangue de um vertebrado e a proteína 2 foi isolada a partir de um meio de cultura de bactérias. Após estudos de sequenciamento, foi observado que ambas as proteínas apresentavam, cada uma, 471 resíduos de aminoácidos em sua estrutura.

Com base nessas informações, podemos afirmar que as duas proteínas são iguais entre si? Explique.

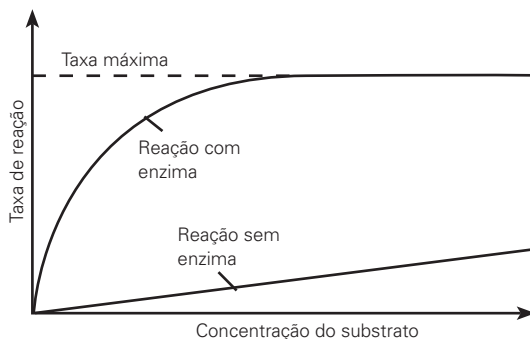
11. UPF-RS – A maioria das reações metabólicas de um organismo somente ocorre se houver a presença de enzimas. Sobre as enzimas, analise as afirmativas abaixo.

- A ação enzimática sofre influência de fatores como temperatura e potencial de hidrogênio; variações nesses fatores alteram a funcionalidade enzimática.
- São formadas por aminoácidos e algumas delas podem conter também componentes não proteicos adicionais, como, por exemplo, carboidratos, lipídios, metais ou fosfatos.
- Apresentam alteração em sua estrutura após a reação que catalisam, uma vez que perdem aminoácidos durante o processo.
- A ligação da enzima com seu respectivo substrato tem elevada especificidade. Assim, alterações na forma tridimensional da enzima podem torná-la afunçional, porque impedem o encaixe de seu centro ativo ao substrato.

Está correto apenas o que se afirma em:

- I, II e IV.
- II, III e IV.
- I, III e IV.
- I, II e III.
- III e IV.

12. FMP-RS – O gráfico a seguir mostra como a concentração do substrato afeta a taxa de reação química.



O modo de ação das enzimas e a análise do gráfico permitem concluir que:

- todas as moléculas de enzimas estão unidas às moléculas de substrato quando a reação catalisada atinge a taxa máxima.
- com uma mesma concentração de substrato, a taxa de reação com enzima é menor que a taxa de reação sem enzima.
- a reação sem enzima possui energia de ativação menor do que a reação com enzima.
- o aumento da taxa de reação com enzima é inversamente proporcional ao aumento da concentração do substrato.
- a concentração do substrato não interfere na taxa de reação com enzimas porque estas são inespecíficas.

- 13. IFNMG** – Um técnico de laboratório colocou, separadamente, em seis tubos de ensaio, soluções de amido e soluções de proteína, juntamente com suas respectivas enzimas digestivas. As soluções apresentavam diferentes índices de pH e diferentes temperaturas, de acordo com a tabela seguinte:

Tubo	pH	Temperatura (°C)
I	2	20
II	7	40
III	8	80
IV	2	40
V	8	20
VI	7	80

Passados alguns minutos, observou-se a ocorrência do processo digestivo. A digestão do amido e a digestão da proteína ocorreram, respectivamente, nos tubos:

- IV e VI.
- II e III.
- I e III.
- II e IV.

- 14. Sistema Dom Bosco** – Descreva como uma enzima catalisa as reações químicas.

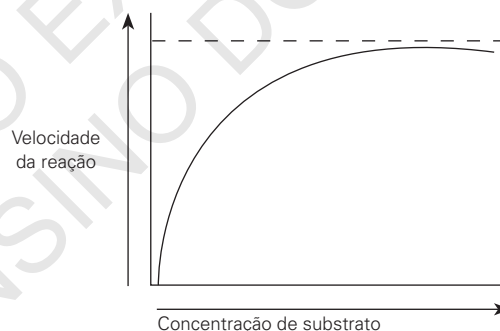
- 15. Unirio-RJ** – A purificação e análise de uma molécula biológica indicou a presença de nove diferentes monômeros. Podemos afirmar que se trata de um(a):

- ácido nucleico.
- glicerídeo.
- esteróide.
- proteína.
- vitamina.

- 16. EFOA-MG** – Além de serem as macromoléculas mais abundantes nas células vivas, as proteínas desempenham diversas funções estruturais e fisiológicas no metabolismo celular. Com relação a essas substâncias, é correto afirmar que:

- são todas constituídas por sequências monoméricas de aminoácidos e monossacarídeos.
- além de função estrutural, são também as mais importantes moléculas de reserva energética e de defesa.
- são formadas pela união de nucleotídeos por meio dos grupamentos amina e hidroxila.
- cada indivíduo produz as suas proteínas, que são codificadas de acordo com o material genético.
- a sua estrutura é determinada pela forma, mas não interfere na função ou especificidade.

- 17. Sistema Dom Bosco** – O gráfico a seguir mostra a atividade enzimática de acordo com a concentração do substrato.



De acordo com seus conhecimentos, marque a alternativa correta.

- À medida que a concentração do substrato aumenta, a velocidade da reação também aumenta.
- À medida que a concentração do substrato aumenta, a velocidade da reação diminui.
- Se a concentração da enzima for constante, a velocidade da reação aumentará repentinamente.
- Se a concentração da enzima for pequena, a velocidade da reação reduzirá.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C5-H17

Uma bebê australiana conhecida apenas por “Baby Z” tornou-se a primeira pessoa da história a ser curada de uma doença fatal chamada deficiência do cofator de molibdênio, que conduz a comprometimento neurológico logo após o nascimento. O tratamento experimental, desenvolvido pela Universidade de Colônia, na Alemanha, havia sido até então testado apenas em camundongos. O anúncio do sucesso na primeira aplicação humana foi feito nesta quinta-feira [05/11/2009]. Normalmente, esta forma de erro inato do

metabolismo mata seus portadores em apenas alguns meses após o nascimento. “Baby Z” tem agora 18 meses de vida, in forma o jornal australiano “Herald Sun”.

G1: BEBÊ australiana é a primeira da história a ser curada de doença genética rara. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL1367623-5603,00-BEBE+AUSTRALIANA+E+A+D+A+HISTORIA+A+SER+CURADA+DE+DOENCA+GENETICA+RARA.html>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

A respeito da deficiência do cofator de molibdênio, pode-se afirmar corretamente que:

- a) é uma doença na qual o indivíduo não consegue produzir molibdênio.
- b) é uma doença na qual o indivíduo não consegue produzir a enzima que se liga ao molibdênio.
- c) é uma doença na qual o indivíduo produz molibdênio em excesso.
- d) é uma doença na qual o indivíduo produz excesso da enzima que atua como cofator do molibdênio.

19. Enem

C8-H30

Recentemente, um estudo feito em campos de trigo mostrou que níveis elevados de dióxido de carbono prejudicam a absorção de nitrato pelas plantas. Consequentemente, a qualidade nutricional desses alimentos pode diminuir à medida que os níveis de dióxido de carbono na atmosfera atingirem as estimativas para as próximas décadas.

BLOOM, A. J. et al. Nitrate assimilation is inhibited by elevated CO₂ in field-grown wheat. *Nature Climate Change*, n. 4, abr, 2014 (adaptado).

Nesse contexto, a qualidade nutricional do grão de trigo será modificada primariamente pela redução de:

- a) amido.
- b) frutose.
- c) lipídios.
- d) celulose.
- e) proteínas.

20. Sistema Dom Bosco

C8-H30

O veneno da cascavel contém uma proteína chamada crotoxina, que há muitas décadas desafia a ciência. Desde 1938, os pesquisadores têm dificuldade para entender seu mecanismo de ação. Mas um artigo publicado em março na *Scientific Reports*, uma publicação do grupo *Nature*, pode ter dado um grande passo para explicar como ela funciona. Assinado por cientistas brasileiros, o trabalho traz uma nova descrição da estrutura da molécula da crotoxina. A principal novidade do artigo é que a estrutura proposta é da molécula de crotoxina em uma solução líquida – e não em forma de cristal, que é como os cientistas costumam estudar as proteínas. Para chegar ao resultado, os pesquisadores combinaram dados da cristalografia da proteína com informações obtidas em experimentos com a molécula em solução. Por meio de uma técnica chamada espalhamento de raio-X a baixo ângulo, cujos experimentos foram feitos no Instituto de Física da USP, foi possível modelar partes da crotoxina que nunca haviam sido vistas.

Fonte: <<http://ciencia.usp.br/index.php/2017/04/24/2586/>>.

Sobre as estruturas das proteínas, marque a melhor alternativa:

- a) A estrutura primária é aquela que tem forma semelhante a uma hélice.
- b) A estrutura secundária é formada por ligações de enxofre.
- c) A estrutura terciária é simples e linear.
- d) A estrutura quaternária é formada pela união de várias estruturas terciárias.
- e) Moléculas de proteínas em estruturas secundárias não sofrem desnaturação.

MATERIAL DE USO EDUCACIONAL
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS: ÁCIDOS NUCLEICOS - RNA

- Composição química dos ácidos nucleicos
- Ácido desoxirribonucleico (DNA)
- Ácido ribonucleico(RNA)

HABILIDADES

- Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.
- Interpretar textos, imagens, gráficos e esquemas dos ácidos nucleicos.
- Relacionar estrutura tridimensional das moléculas de DNA e de RNA com as funções por elas desempenhadas.
- Compreender o que é o método científico e reconhecer sua importância.
- Relacionar a estrutura das moléculas de diferentes classes de RNA com as funções por elas desempenhadas.

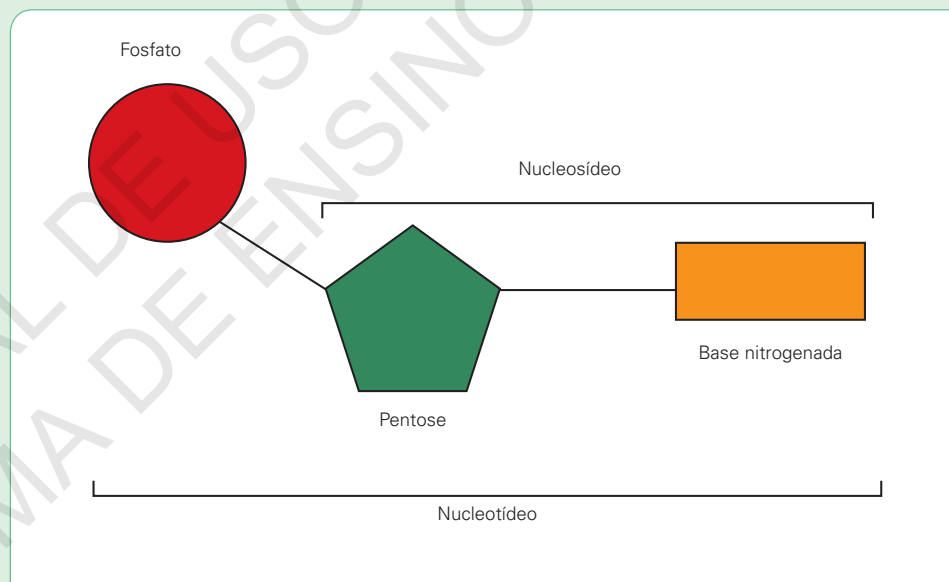
ÁCIDOS NUCLEICOS

Ácidos nucleicos podem ser DNA ou RNA, cada um com suas funções e características muito específicas.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÁCIDOS NUCLEICOS

Os ácidos nucleicos são formados por **nucleotídeos** constituídos por um **grupo fosfato**, uma **pentose** (monossacarídeo formado por cinco carbonos) e uma **base nitrogenada**.

Se houver a retirada do grupo fosfato, essa molécula é denominada **nucleosídeo**, que constitui uma forma degradada do nucleotídeo e cuja função é reciclar os componentes do ácido nucleico (pentose e base nitrogenada) para uso na síntese de novos ácidos nucleicos.



Os nucleotídeos são formados por um grupo fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada.

GRUPO FOSFATO

É originado com base no ácido fosfórico (H_3PO_4), por meio da perda de átomos de hidrogênio. Ele constitui os ácidos nucleicos num geral, tanto ácido desoxirribonucleico (DNA) quanto o ácido ribonucleico (RNA).

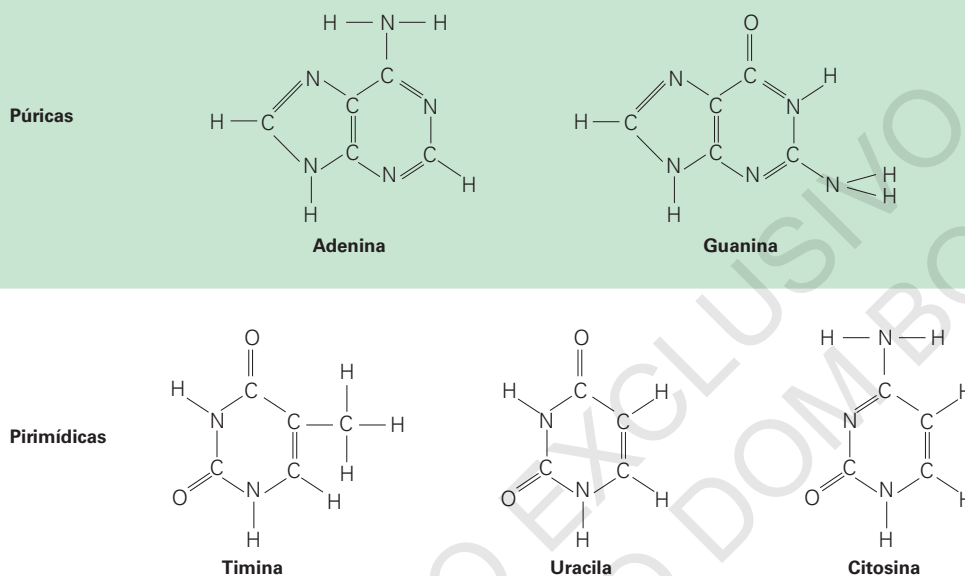
PENTOSE

A pentose é um açúcar, mais especificamente um monossacarídeo, composto de cinco átomos de carbono. As pentoses encontradas nos ácidos nucleicos podem ser a **desoxirribose** ($C_5H_{10}O_4$) – no DNA – e a **ribose** ($C_5H_{10}O_5$) – no RNA. A diferença entre elas é a presença de um átomo de oxigênio a menos na desoxirribose.

BASES NITROGENADAS

As bases nitrogenadas são moléculas compostas de anéis formados de carbono e nitrogênio. Essas estruturas são classificadas em **bases púricas** ou **purinas**, constituídas por dois anéis centrais (adenina e guanina) e **bases pirimídicas** ou **pirimidinas**, constituídas por um anel central (citosina, timina e uracila).

Bases nitrogenadas



Bases nitrogenadas e suas fórmulas estruturais.

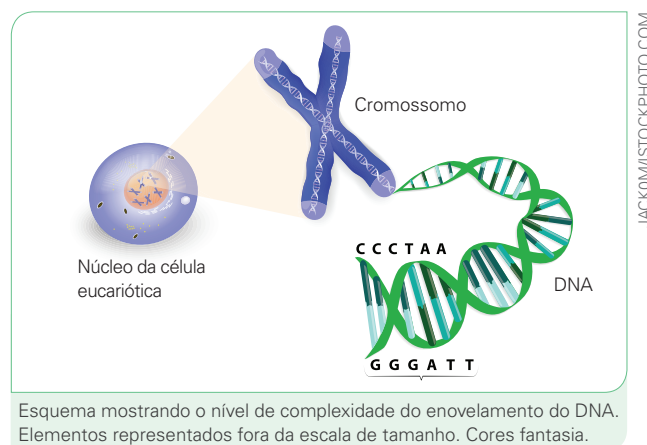
No DNA estão as bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e timina, enquanto no RNA encontramos adenina, guanina, citosina e uracila, no lugar da timina, constituindo uma das importantes diferenças entre o DNA e o RNA, conforme veremos adiante.

Ácido desoxirribonucleico (DNA)

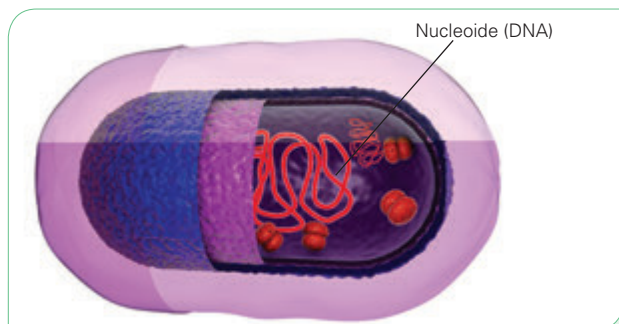
O DNA é fundamental para a vida porque é por meio dele que é transmitida toda a informação genética para as próximas gerações, garantindo a perpetuação das espécies.

O DNA atua no funcionamento das células e na produção de proteínas, por meio das quais ele controla as reações e estruturas do nosso organismo. Para tanto é capaz de duplicar-se, gerando cópias de si mesmo. Ocasionalmente, durante este processo, ele pode sofrer mutações, as quais produzem variabilidade na síntese de proteínas e, conseqüentemente, dentro de uma população. Essa variabilidade genética proveniente das mutações pode refletir em novas características para o indivíduo, mas também conferir alterações metabólicas e patogênicas.

Em células eucarióticas, o DNA é encontrado associado às proteínas presentes no núcleo, o que dá origem à **cromatina**, em filamentos chamados **cromossomos**. Nas mitocôndrias e cloroplastos é encontrado um DNA próprio e específico, diferente do que reside no núcleo da célula eucariótica.



Em células procarióticas, essa molécula é encontrada no citoplasma, em formato circular, sem a delimitação de um núcleo verdadeiro em uma região denominada **nucleoide**.



Representação da localização do DNA em uma célula procariótica. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

KATERYNA KONJ/DREAMSTIME.COM

A NATUREZA QUÍMICA DO DNA

O DNA é uma molécula formada por **duas fitas complementares** (compostas do grupo fosfato), por uma pentose do tipo **desoxirribose** e por combinações entre as bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e timina.

As fitas complementares são ligadas entre si, complementando-se por meio de ligações de hidrogênio. A quantidade de adenina era semelhante à de timina, assim como a quantidade de guanina era igual à de citosina. Essa relação é denominada **regra de Chargaff**, que pode ser expressa da seguinte maneira:

$$A = T \quad G = C \quad \text{ou} \quad \frac{A + G}{T + C} = 1$$

DESCOBERTA DA ESTRUTURA DO DNA: UMA HISTÓRIA POLÊMICA

Por volta de 1951, a cristalógrafa britânica Rosalind Franklin (1920-1958) realizou um trabalho com difração de raios X sobre a molécula de DNA, na tentativa de descrever sua estrutura. Um raio X foi disparado sobre o DNA em sua forma hidratada, e a dispersão dos raios foi observada em um filme fotográfico em virtude da produção de pontos. Assim, era obtida a posição dos átomos constituintes da molécula.

Com base nos resultados obtidos por ela, o DNA aparentava ser longo e fino, com duas partes iguais paralelas existentes ao longo da molécula.

ÁCIDOS NUCLEICOS

Ácidos nucleicos podem ser DNA ou RNA, cada um com suas funções e características muito específicas.

O biólogo molecular e geneticista James Watson (1928) assistiu a um seminário na universidade em que Rosalind realizava suas pesquisas. Ela apresentou a foto da estrutura de uma molécula chamada DNA B, espécie de DNA hidratado. Criticada por Watson em seus postulados, nos quais ele mencionava que ela deveria ter correlacionado a estrutura helicoidal com a forma do DNA, o pesquisador não se deu conta de que a própria Rosalind deixou claro que só publicaria suas descobertas quando obtivesse também a imagem do DNA A, forma menos hidratada que o B, o cerne de sua pesquisa.

Além disso, o intuito da pesquisa da cientista era diferente do de Watson, o qual, com seu colega Francis Crick (1916-2004), buscava estruturar a molécula, correlacionando com sua função genética.

Maurice Wilkins (1916-2004), colega de trabalho de Rosalind, compartilhou os resultados de sua pesquisa – sem ela saber – para Watson e Crick, o que possibilitou a eles completar o “quebra-cabeça” sobre como era a estrutura do DNA. Em 1962, Wilkins, Watson e Crick receberam o Prêmio Nobel pela descoberta da estrutura do DNA.

O modelo proposto por Watson e Crick foi denominado **dupla-hélice**, porque eles acreditavam que o DNA era formado por dois filamentos polinucleotídicos helicoidais, unidos por ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas. Eles ainda propuseram que sempre haveria duas ligações de hidrogênio entre adenina e timina e três ligações de hidrogênio entre guanina e citosina.

Como o grupo fosfato se encontra sempre ligado ao carbono 5 da pentose e se liga sempre ao carbono 3 da pentose do nucleotídeo seguinte, dizemos que o sentido dos ácidos nucleicos é sempre de 5' para 3'. Como os filamentos são complementares, o sentido da segunda fita será invertido em relação à sua fita complementar. Para facilitar a compreensão, imagine que você tenha apenas uma fita do DNA:

5' -ATCGGGCCAATGCC- 3'

A sua fita complementar será:

3' -TAGCCCGGTTACGGG- 5'

Note que elas são complementares, ou seja, o A (adenina) sempre faz par com T (timina), assim como o C (citosina) sempre faz par com o G (guanina) e a direção da fita é sempre de 5' para 3' em ambas as fitas, mas no sentido inverso na fita complementar à primeira.

DUPLICAÇÃO DO DNA

A duplicação ou replicação do DNA ocorre quando uma molécula de DNA origina outras duas moléculas idênticas, provenientes de seus filamentos que separam e servem de molde para uma nova molécula.

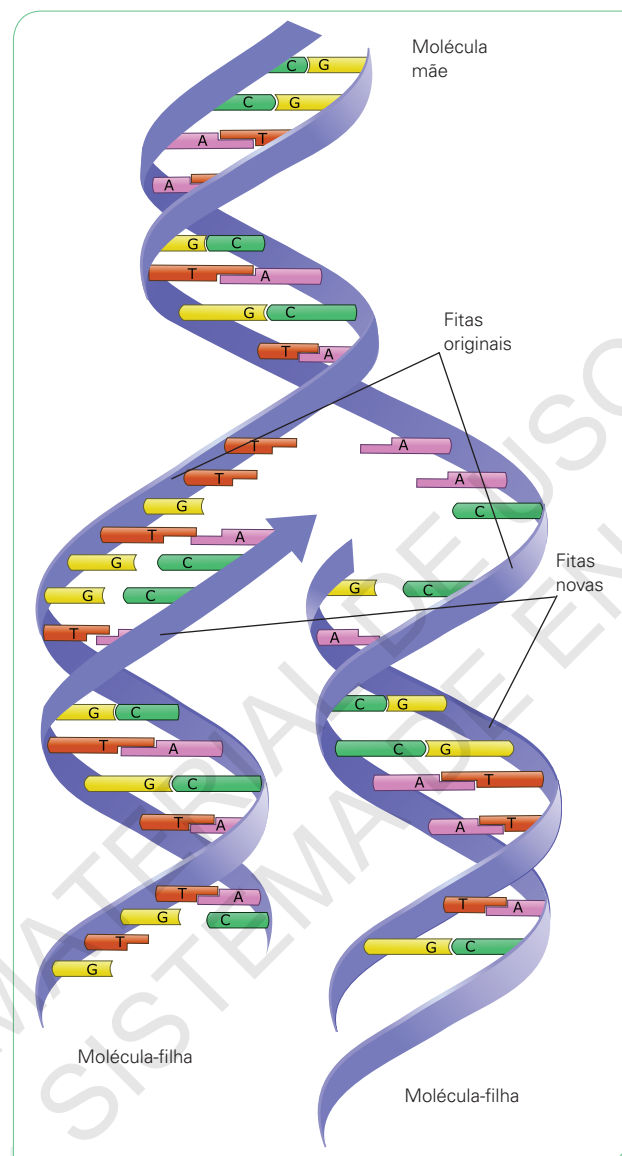
Para que a duplicação possa ocorrer, existe a atuação de um conjunto de enzimas.

Enzima	Função
Primase	Sintetiza os iniciadores (<i>primers</i>) para a duplicação
DNA topoisomerases	Desenrola a dupla fita
Helicase	Separa a dupla fita
DNA polimerase	Sintetiza a nova fita

A separação dos filamentos acontece por meio da enzima **helicase**, que rompe as ligações de hidrogênio, responsáveis pela união entre as bases nitrogenadas. Com a atuação da proteína DNA topoisomerase, o filamento fica em linha reta para que a helicase possa agir corretamente, separando as fitas em duas paralelas, facilitando o pareamento na próxima etapa.

Simultaneamente, a enzima **DNA polimerase** monta um novo filamento usando um dos filamentos do DNA que foi cortado pela helicase como molde.

Os filamentos recém-sintetizados pelo DNA polimerase se ligam aos filamentos originais do DNA, formando duas novas moléculas idênticas. Como os filamentos da molécula original se conservam, dizemos que a duplicação do DNA é **semiconservativa**.



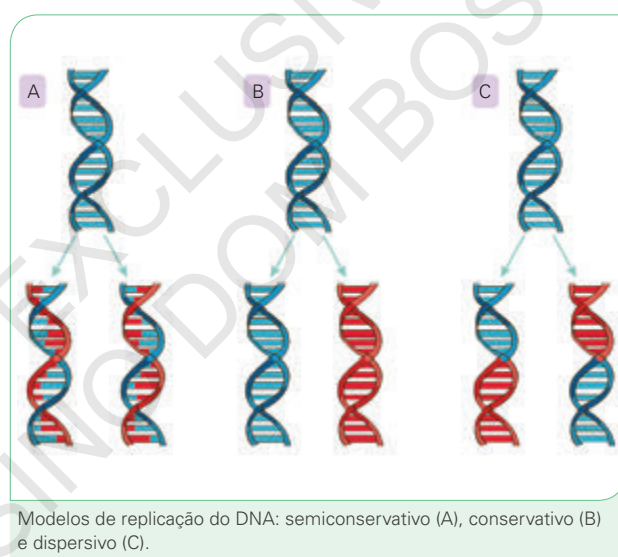
A duplicação do DNA é dita semiconservativa, por originar duas novas moléculas idênticas ao DNA original, utilizando uma de suas fitas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

No início dos estudos da duplicação do DNA, foram propostos vários modelos. Entre eles, três se destacaram pela coerência: a duplicação era semiconservativa, conservativa ou dispersiva.

Na **duplicação semiconservativa**, as duas fitas de DNA se desconectam, e cada uma serve de modelo para a síntese de uma fita complementar nova. O resultado são duas moléculas de DNA, sendo uma fita original e uma fita nova.

A **duplicação conservativa** resulta em uma molécula formada por duas fitas originais de DNA (idênticas à molécula original de DNA) e outra molécula constituída de duas novas fitas (com exatamente a mesma sequência da molécula original).

A **duplicação dispersiva** resulta em duas moléculas de DNA, que são misturas ou "híbridas" de DNA parental e da molécula-filha. Nesse modelo, cada fita individual é uma colcha de retalhos do DNA novo e do original.



Modelos de replicação do DNA: semiconservativo (A), conservativo (B) e dispersivo (C).

ÁCIDO RIBONUCLEICO (RNA)

O ácido ribonucleico ou RNA é uma molécula originada a partir do molde de uma das fitas do ácido desoxirribonucleico (DNA), capaz de **transcrever** informações contidas nele e levá-las para o citoplasma, de maneira que essas informações serão **traduzidas** nos ribossomos e se transformarão em proteínas.

Sendo produzida a partir do DNA, ela também é uma cadeia polinucleotídica, porém simples, possuindo apenas uma fita.

A molécula de RNA possui em sua conformação um grupo fosfato e uma pentose (ribose) e dispõe de bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina e uracila.

Em seres eucarióticos essa molécula pode ser encontrada no núcleo, constituindo o nucléolo, e junto à cromatina, em menor quantidade. Também pode ser encontrada dispersa no citoplasma como componente estrutural dos ribossomos, aderidos às membranas do retículo endoplasmático rugoso e nas mitocôndrias e nos cloroplastos.

Nos seres procarióticos, o RNA é encontrado junto aos ribossomos e disperso no citoplasma. Já nos vírus, o RNA está contido no interior da cápsula proteica.

TIPOS DE RNA

Há diversos tipos de RNA, cada um com função diferente. Entre eles, os mais importantes são o RNA mensageiro (mRNA), o RNA transportador (tRNA) e o RNA ribossômico (rRNA).

RNA mensageiro (mRNA)

É uma molécula de fita simples produzida a partir de um processo denominado transcrição, do qual um dos filamentos do DNA foi utilizado como molde. Ele contém as informações necessárias para a formação de proteínas.

RNA transportador (tRNA)

Molécula de fita simples, variando entre 80 e 100 nucleotídeos dobrados entre si em aspecto de folha de trevo, igualmente produzido a partir de um dos filamentos do DNA. Uma de suas alças é denominada **anticódon** porque é complementar a uma trinca de nucleotídeos encontrada no RNA mensageiro (mRNA).

Esse RNA, portanto, tem como função transportar os aminoácidos para que haja a síntese de proteínas.

RNA ribossômico (rRNA)

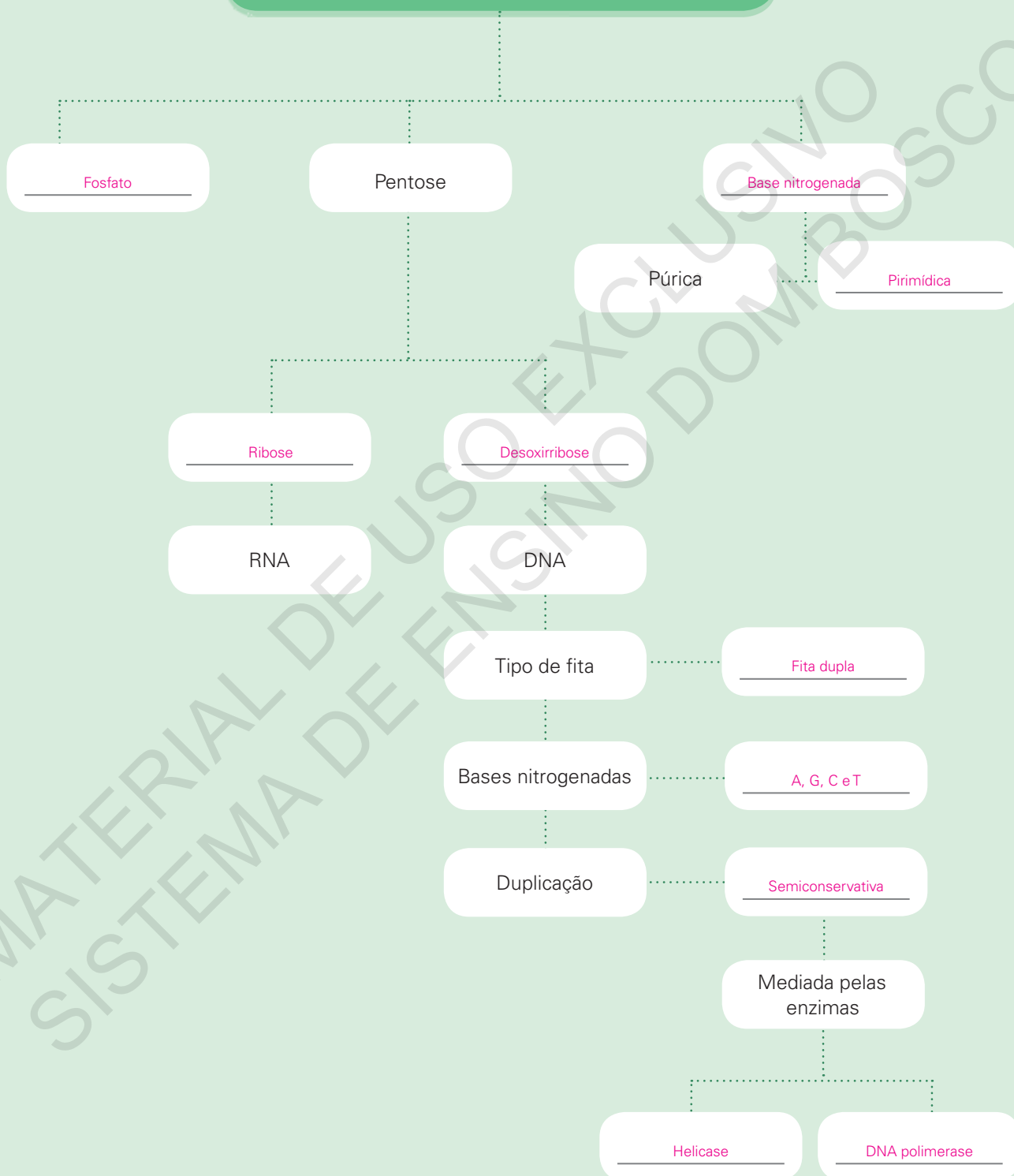
Forma-se a partir da região organizadora do nucléolo, presente em alguns cromossomos, e tem como função associar-se às proteínas que constituem a estrutura dos ribossomos e orientar o mRNA e o tRNA durante a síntese de proteínas.

Comparação entre DNA e RNA

	DNA	RNA
Açúcar que forma o nucleotídeo:	Desoxirribose	Ribose
Bases nitrogenadas que formam o nucleotídeo:	Adenina Citosina Guanina Timina	Adenina Citosina Guanina Uracila
A molécula desse ácido nucleico é formada por:	Dupla fita	Fita simples
Funções	Armazenas a informação hereditária.	Mediar a síntese de proteínas.
Em uma célula humana, podemos encontrar:	No núcleo, nas mitocôndrias e nos cloroplastos	No núcleo, no citoplasma, nas mitocôndrias e nos cloroplastos

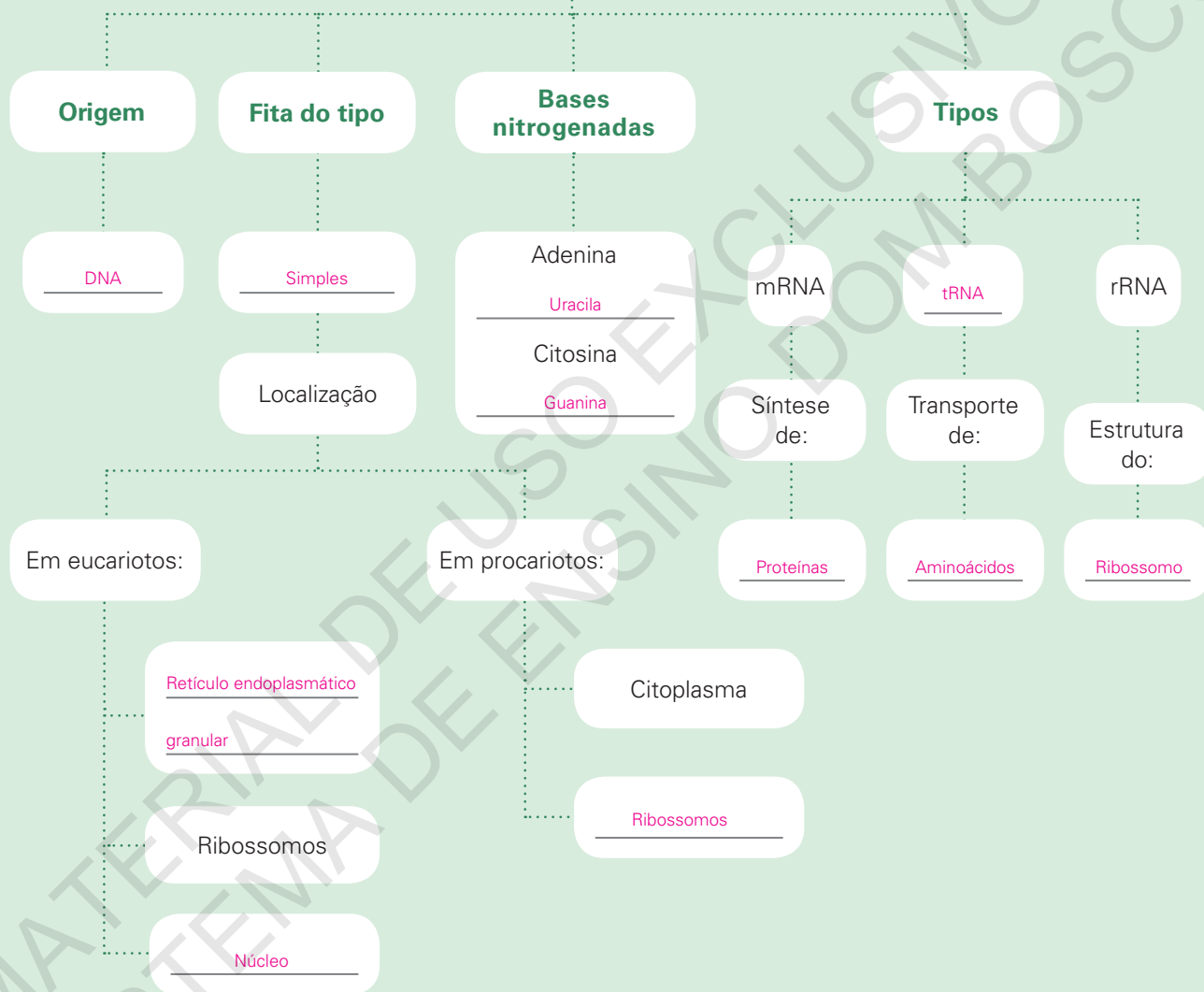
ROTEIRO DE AULA

Ácidos nucleicos



ROTEIRO DE AULA

RNA



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Sistema Dom Bosco** – Sobre o RNA é correto afirmar que:

- a) possui fita dupla.
- b) contém timina em sua estrutura.
- c) é originado a partir do DNA, em um processo denominado tradução.
- d) atua na síntese de proteínas.

O RNA possui fita simples, contém uracila em sua estrutura e é originado a partir do DNA em um processo denominado transcrição.

2. **PUC-SP** C4-H13

A molécula do DNA é formada por

- a) uma cadeia de polipeptídios unidos por pontes de hidrogênio.
- b) duas cadeias de polipeptídios dispostas como uma dupla hélice.
- c) uma cadeia de nucleotídeos que tem capacidade de se duplicar.
- d) duas cadeias de nucleotídeos unidas por pontes de hidrogênio.
- e) duas cadeias de bases nitrogenadas unidas por polipeptídios.

O DNA é um ácido nucleico formado por duas cadeias de nucleotídeos unidas por pontes de hidrogênio, aparentando uma dupla hélice. Essas cadeias de nucleotídeos se unem por pontes de hidrogênio, por meio de suas bases nitrogenadas complementares (A = T ; A = U ; C = G).

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevenindo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

3. **Sistema Dom Bosco** – No início do século XX foram identificados dois tipos de ácidos nucleicos: o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA). Descreva a estrutura do RNA.

O RNA é um ácido nucleico de fita simples, composto das bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina e uracila.

4. **Sistema Dom Bosco** – São bases nitrogenadas púricas:

- a) adenina e citosina.
 - b) adenina e guanina.
 - c) guanina e citosina.
 - d) guanina e uracila.
- Adenina e guanina são bases nitrogenadas púricas por conter dois anéis em sua composição.

5. **Mack-SP** – Considere as afirmações abaixo a respeito dos ácidos nucleicos.

- I. Nucleotídeos são as unidades que os constituem.
- II. O RNA é formado por uma sequência simples de nucleotídeos.
- III. Só o RNA apresenta a uracila em sua formação.

Então:

- a) todas são verdadeiras.
- b) somente I e II são verdadeiras.
- c) somente I e III são verdadeiras.
- d) somente II e III são verdadeiras.
- e) apenas uma das afirmações é verdadeira.

Os nucleotídeos são as unidades que formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA). O RNA é uma cadeia simples de nucleotídeos, ao contrário do DNA, que é uma cadeia dupla de nucleotídeos.

Existem cinco tipos de bases nitrogenadas compondo os nucleotídeos: a adenosina (A), a timina (T), a uracila (U), a guanina (G) e a citosina (C). Os nucleotídeos que apresentam uracila como base nitrogenada são exclusivos da molécula de RNA, bem como os nucleotídeos que apresentam timina como base nitrogenada são exclusivos da molécula de DNA.

6. **Unicamp-SP** – Considere a seguinte constatação, com relação à duplicação de ácidos nucleicos: "o DNA pode produzir mais moléculas iguais a si próprio". Como seria explicada essa constatação, sabendo também que o DNA quando isolado da célula e purificado é incapaz de realizar a sua duplicação?

Para ocorrer a duplicação do DNA, é necessária a atuação de enzimas que estão no meio celular.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. **IFS-SE (adaptada)** – Com relação aos ácidos nucleicos, é **incorreto** afirmar que:

- a) em moléculas de DNA, não existe uracila.
- b) são funções dos ácidos nucleicos na célula a síntese proteica e transmissão de informações genéticas.
- c) temos unicamente a desoxirribose como pentose.
- d) os RNA possuem cadeias únicas, enquanto os DNA possuem duas cadeias polinucleotídicas.
- e) apenas o DNA apresenta-se enrolado em hélice, o mesmo não ocorre com o RNA.

8. **IFSul-RS** – Podemos dizer que toda vida na Terra é a mesma vida, isso porque os ácidos nucleicos, DNA e RNA, são a base molecular de todos os organismos vivos. Uma das diferenças significativas entre os ácidos nucleicos DNA e RNA é a:

- a) ribose no RNA e pentose no DNA.
- b) uracila no DNA e timina no RNA.
- c) timina no DNA e uracila no RNA.
- d) ribose no RNA e uracila no DNA.

9. Unisanta-SP – Na hidrólise de ácidos nucleicos, as bases pirimídicas produzidas pelo RNA são:

- a) citosina e guanina. d) adenina e timina.
b) adenina e uracila. e) citosina e uracila.
c) citosina e timina.

10. UFU-MG – As moléculas de DNA formam, pelo menos, 3 tipos diferentes de RNA, cujas funções são de grande importância para a célula viva. Quais são eles e que papel desempenham no metabolismo celular?

11. UFRGS-RS – Cinco amostras com ácidos nucleicos foram analisadas quimicamente e apresentaram os seguintes resultados:

- I. 1ª amostra: ribose;
II. 2ª amostra: timina;
III. 3ª amostra: dupla hélice;
IV. 4ª amostra: uracila;
V. 5ª amostra: 20% de guanina e 30% de citosina.

Entre essas amostras, quais se referem a DNA?

- a) Apenas I e II. d) Apenas II e IV.
b) Apenas I e III. e) Apenas II e V.
c) Apenas II e III.

12. PUC-RS – Qual das alternativas a seguir apresenta a informação que nos permite dizer que a replicação do DNA é semiconservativa?

- a) Durante a divisão da molécula original, somente uma das fitas é copiada; a outra permanece inativa.
b) No início do processo replicativo, forma-se um total de seis fitas de DNA.
c) As duas fitas de DNA parental são copiadas, originando moléculas-filhas com somente uma das fitas.
d) As enzimas que participam dos processos de replicação são somente de origem materna.
e) No fim da replicação, cada uma das moléculas resultantes apresenta metade do número de pontes de hidrogênio.

13. Sistema Dom Bosco – O ácido desoxirribonucleico, ou DNA, é considerado a molécula da vida. Por meio de sua duplicação, as características genéticas são preservadas e transmitidas aos descendentes da espécie. Descreva a sequência de eventos que ocorre durante a duplicação do DNA.

14. UNESP – Erros podem ocorrer, embora em baixa frequência, durante os processos de replicação, transcrição e tradução do DNA. Entretanto, as consequências desses erros podem ser mais graves, por serem hereditários, quando ocorrem:

- a) na transcrição, apenas.
b) na replicação, apenas.
c) na replicação e na transcrição, apenas.
d) na transcrição e na tradução, apenas.
e) em qualquer um dos três processos.

15. UFSCar-SP – Um pesquisador interessado em produzir, em tubo de ensaio, uma proteína nas mesmas condições em que essa síntese ocorre nas células utilizou ribossomos de células de rato, RNA mensageiro de células de macaco, RNA transportador de células de coelho e aminoácidos ativos de células de sapo. A proteína produzida teria uma sequência de aminoácidos idêntica à do:

- a) rato. d) macaco.
b) sapo. e) macaco e do rato.
c) coelho.

16. Fuvest-SP (adaptada) – Um pesquisador está trabalhando em um projeto na tentativa de fazer comparações entre as moléculas de DNA e RNA. Assinale a alternativa que melhor represente diferenças entre essas moléculas.

- a) Presença de timina no DNA e uracila no RNA.
b) Ribose no DNA e desoxirribose no RNA.
c) Grupo fosfato marcado.
d) Quantidade de guanina e citosina maior no DNA do que no RNA.

17. Sistema Dom Bosco – Qual é a função da helicase e da DNA polimerase durante a replicação do DNA?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C5-H15

Em 1950, Erwin Chargaff e colaboradores estudavam a composição química do DNA e observaram que a quantidade de adenina (A) é igual à de timina (T), e a quantidade de guanina (G) é igual à de citosina (C) na grande maioria das duplas fitas de DNA. Em outras palavras, esses cientistas descobriram que o total de purina (A + G) e o total de pirimidinas (C + T) eram iguais. Um professor trabalhou esses conceitos em sala de aula e apresentou como exemplo uma fita simples de DNA com 20 adeninas, 25 timinas, 30 guaninas e 25 citosinas.

Qual a quantidade de cada um dos nucleotídeos, quando considerada a dupla fita de DNA formada pela fita simples exemplificada pelo professor?

- a) Adenina: 20; Timina: 25; Guanina: 25; Citosina: 30.
- b) Adenina: 25; Timina: 20; Guanina: 45; Citosina: 45.
- c) Adenina: 45; Timina: 45; Guanina: 55; Citosina: 55.
- d) Adenina: 50; Timina: 50; Guanina: 50; Citosina: 50.
- e) Adenina: 55; Timina: 55; Guanina: 45; Citosina: 45.

19. Sistema Dom Bosco

C8-H28

Os ribossomos são grânulos livres imersos no hialoplasma das células procarióticas e eucarióticas e também aderidos ao retículo endoplasmático, recebendo a de-

nominação de retículo granular. Quando participam da síntese celular, essas estruturas permanecem agrupadas [...] formando os polissomos.

RIBEIRO, Krukemberghe. Ribossomos. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/ribossomos.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

A molécula na qual os ribossomos permanecem agrupados é chamada de:

- a) RNA de interferência.
- b) RNA transportador.
- c) RNA ribossomal.
- d) RNA mensageiro.

20. Sistema Dom Bosco

C4-H13

O ácido ribonucleico (RNA) é formado a partir de um molde de DNA e possui fita simples, formado por nucleotídeos compostos de uma pentose (ribose), uma base nitrogenada (adenina, uracila, guanina e citosina) e um grupamento fosfato. Como é chamado o processo que origina o RNA?

- a) Transcrição.
- b) Tradução.
- c) Transdução.
- d) Replicação.

MATERIAL DE USO EDUCATIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

6

TRANSCRIÇÃO E TRADUÇÃO

- Do gene à proteína
- Transcrição: síntese do RNA controlada pelo DNA
- Modificação no RNA após a transcrição em células eucarióticas
- Tradução ou síntese de proteínas
- Célula procariótica
- Célula eucariótica

HABILIDADES

- Compreender as interações genéticas entre DNA e RNA, que determinam a produção de proteínas nos seres vivos.
- Sequenciar etapas que compõem o processo de síntese proteica.
- Interpretar modelos para explicar a manifestação das características dos seres vivos.
- Compreender as interações genéticas entre DNA e RNA, as quais determinam a produção de proteínas nos seres vivos.
- Caracterizar as propriedades básicas do código genético.
- Sequenciar etapas que compõem o processo de síntese proteica.

Para que haja variações tão claras nos seres vivos quanto a cor da pelagem e a forma do crânio observadas as mutações são necessárias, elas ocorrem no ácido desoxirribonucleico (DNA), de modo geral, modificaram toda a estrutura e o processo de síntese de proteínas, afetando nesse processo o “alfabeto” contido nos ácidos rubonucleicos (RNAs) – isto é, a ordem dos nucleotídeos contidos nele e em suas proteínas. Como consequência, essas populações podem ser suficientemente para representar uma significativa unidade evolutiva, ou seja, uma espécie diferente de outras.

Isso ilustra o ponto principal que estudaremos: o DNA herdado por um organismo é responsável por características específicas uma vez que determina a síntese de proteínas e de RNA envolvidas na síntese proteica.

Do gene à proteína

Para formar proteínas, é necessário que a informação existente no DNA seja lida e passada para uma molécula intermediária, o RNA. Posteriormente, o RNA será lido por ribossomos e, assim, constituirá a proteína montada, que produzirá um fenótipo específico, isto é, a expressão de uma característica como a cor dos cabelos ou a produção de uma proteína que atue em um processo bioquímico.

O fenótipo é determinado por regiões específicas no DNA, onde estão as informações necessárias para produzir cada tipo de proteína. Essas regiões codificantes são denominadas gene, e o conjunto dos genes de um indivíduo constitui o seu genótipo.

A **expressão gênica** é o processo em que o DNA coordena a síntese de proteínas (ou, em alguns casos, apenas de RNA).

Imagine que a molécula de DNA é uma estante de biblioteca e cada livro é o gene que terá a informação específica para gerar apenas uma proteína. Por conta disso, é comum dizer que, se há gene, há uma proteína. Entretanto, em eucariotos, pode acontecer um processamento do RNA (chamado de splicing), e a partir daí, um gene pode originar mais de uma proteína diferente.

No entanto, as proteínas só podem ser geradas a partir de **regiões codificantes**. Existem outras regiões no DNA que são denominadas não codificantes que são responsáveis pela regulação da expressão dos genes, ativando-os ou inibindo-os; aliás, a maior porção do nosso DNA (mais de 80%) é composto deles.

Transcrição: síntese do RNA controlada pelo DNA

Apesar de os **genes** fornecerem as informações para a produção de proteínas específicas, eles não constroem diretamente uma proteína. A ponte entre o DNA e a síntese proteica é o RNA.

A leitura do DNA, ou seja, a leitura dos seus componentes, mais especificamente das suas bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e timina) resultará em uma mensagem, o RNA mensageiro; quando essa mensagem for lida, ela resultará na sequência de aminoácidos na proteína. Para isso, o RNA mensageiro (mRNA) é produzido a partir de uma fita molde de DNA, sendo **complementar** a esta última molécula. Esse processo é denominado **transcrição**, a síntese de RNA sob o controle do DNA.

Alguns termos fazem parte do vocabulário genético e serão fundamentais para que entendamos as etapas do mecanismo em si. São eles:

- **Complementariedade**

Essa palavra é utilizada para indicar como a leitura do DNA é feita e como é gerado o RNA. Lembre-se de que o DNA possui dois filamentos, compostos de nucleotídeos que se pareiam de acordo com suas bases nitrogenadas, seguindo a ordem: adenina-timina e citosina-guanina.

A sequência do RNA mensageiro (mRNA) é complementar à sequência do DNA, do qual foi originada, e apenas a timina foi substituída por uracila. Tanto o DNA como o RNA utilizam a mesma linguagem química e a informação é simplesmente transcrita, ou copiada, de uma molécula à outra. Portanto, o mRNA carrega a mensagem genética do DNA até a maquinaria de síntese proteica da célula.

- **Transcrição**

Nos eucariotos, esse processo acontece no núcleo, onde a enzima **RNA-polimerase** separa as duas fitas de DNA e une os nucleotídeos de RNA à medida que formam pares de bases ao longo da cadeia molde de DNA. Essa enzima só atua na direção $5' \Rightarrow 3'$.

Os mecanismos básicos da transcrição são os mesmos em procariotos e eucariotos, mas como os domínios Bacteria e Archaea não apresentam membrana delimitando o núcleo de suas células (característica que define a célula eucariótica), o seu DNA não está separado dos ribossomos e de outras estruturas envolvidas na síntese de proteínas. Nesse caso, a transcrição ocorre no próprio citoplasma, também com a atuação da RNA-polimerase.

- **Genes**

O gene é um segmento de uma molécula de DNA que contém um código para a produção dos aminoácidos da cadeia polipeptídica e as sequências reguladoras para a expressão, embora, como dito anteriormente, haja regiões não codificantes, ou seja, que não codificam mensagem nenhuma para produção de uma proteína.

As sequências codificantes são chamadas de **éxons**. Elas são intercaladas por regiões não codificantes, chamadas de **íntrons**, que são retiradas para a preparação do pré-RNA por meio de um processo chamado *splicing*, deixando o RNA apenas com a região que de fato possui sequências que codificarão proteínas. Em muitos genes, o tamanho cumulativo dos éxons é muito menor que o de íntrons.

ETAPAS DA TRANSCRIÇÃO

A transcrição possui três etapas: iniciação, alongamento e término.

A **iniciação** acontece quando a enzima **helicase** rompe as ligações de hidrogênio das fitas desenroladas por **topoisomerases** de DNA. A RNA-polimerase reconhece o **trecho promotor**, uma sequência específica de nucleotídeos ao longo da fita de DNA que marcam onde é iniciada a transcrição. A faixa de DNA transcrita na fita de RNA é denominada **unidade de transcrição**.

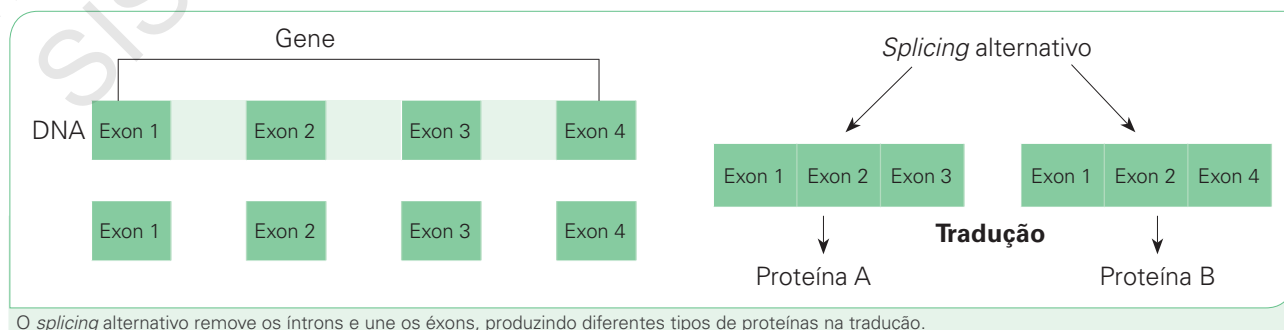
O **alongamento** é a fase em que a RNA-polimerase desloca-se sob o filamento molde do DNA, percorrendo a dupla-hélice, adicionando nucleotídeos complementares e sintetizando o transcrito de RNA na direção $5' \Rightarrow 3'$. Durante o avanço da síntese de RNA, a nova molécula de RNA se separa da fita molde de DNA e a dupla-hélice de DNA é novamente formada.

A fase de término dispõe de mecanismo similar, que sinaliza onde termina a transcrição, o trecho **terminador**. O **término** ocorre quando a RNA-polimerase encontra essa sequência terminadora no DNA e desliga-se do filamento molde, liberando o transcrito, o pré-RNA que é usado pelo mRNA.

Modificação no RNA após a transcrição em células eucarióticas

No núcleo de células eucarióticas há enzimas que modificam o pré-mRNA antes que as mensagens sejam transportadas no citoplasma. Durante o processamento do RNA, as duas extremidades do transcrito são modificadas e ocorre um processo de edição do transcrito de RNA (pré-RNA), denominado *splicing* alternativo, que é a remoção dos íntrons e união dos éxons. Os éxons podem ser montados de variadas maneiras, gerando múltiplas combinações na sequência do RNA e produzindo diferentes proteínas.

Na maioria dos casos, alguns segmentos da molécula de RNA são clivados e as partes remanescentes são unidas novamente. Esse processo é similar à edição de um vídeo, em que as partes que não serão usadas são descartadas. Passado esse processo, o RNA mensageiro propriamente dito se desloca para o citoplasma para iniciar a tradução ou síntese de proteínas.



Tradução: síntese de proteínas

A informação genética é passada da molécula de RNA mensageiro (mRNA) às proteínas.

Código genético

O mRNA maduro, produzido ao final da transcrição, é formado por bases nitrogenadas. A sequência dessas bases forma um código genético, que especifica tipos diferentes de aminoácidos a serem produzidos.

Ao constatarem que as instruções para a síntese proteica estavam escritas na forma de um código no DNA, os pesquisadores identificaram um novo problema: se existiam apenas 4 bases nitrogenadas, como poderiam ser expressos 20 aminoácidos?

A CADA TRÊS BASES, UM CÓDON

A primeira conclusão foi a de que o código genético não poderia ser uma linguagem em que cada símbolo correspondesse a uma palavra nova. A questão era: quantas bases nitrogenadas correspondem a um aminoácido?

Considerando que há apenas 4 possibilidades de bases nitrogenadas presentes no mRNA e 20 aminoácidos conhecidos, foram elaboradas as seguintes hipóteses:

- se cada base nitrogenada fosse traduzida em 1 aminoácido, haveria apenas 4 aminoácidos possíveis;
- se 2 bases juntas especificassem 1 aminoácido, haveria 16 arranjos possíveis, não completando os 20 aminoácidos conhecidos;
- caso a combinação fosse feita em uma trinca – arranjos de 3 bases –, haveria 64 possíveis códigos, número maior que o necessário.

		Segunda base								
		U		C		A		G		
Primeira base do mRNA (extremidade 5' do códon)	U	UUU UUC	Fenilalanina	UCU UCC UCA UCG	Serina	UAU UAC	Tirosina	UGU UGC	Cisteína Códon de parada	U C A G
		UUA UUG				Leucina		UAA UAG		
		CUU CUC CUA CUG	Leucina	CCU CCC CCA CCG	Prolina		CAU CAC		Histidina	
		CAU CAG				Glutamina				
		AAU AUC AUA	Isoleucina	ACU ACC ACA ACG	Treonina		AAU AAC	Asparagina	AGU AGC	
		AUG				Metionina e códon de iniciação	AAA AAG			
	GUU GUC GUA GUG	Valina	GCU GCC GCA GCG	Alanina	GAA GAG			Ácido aspártico Ácido glutâmico	GGU GGC GGA GGG	Glicina

Os 64 códons do código genético. As bases do códon de mRNA são lidas a partir da primeira.

Por meio de experimentações, os cientistas chegaram à conclusão de que alguns dos aminoácidos são codificados por mais de uma trinca, portanto há combinação de três bases que codificam o mesmo aminoácido. Essa trinca de bases nitrogenadas recebe o nome de **códon**.

Existem 64 códons na natureza, os quais resultam em 20 tipos de aminoácidos. Para cada um desses códons, há **anticódons**, que são trinca complementares aos códons do mRNA, presentes em uma das pontas do tRNA.

O código genético é degenerado e redundante

Como você pôde observar na tabela, há mais códons que aminoácidos. Isso acontece porque um aminoácido pode ser traduzido por meio de diferentes combinações de três bases nitrogenadas. Ou seja, o códon é **degenerado**.

Analise como exemplo o aminoácido leucina: há seis códons para esse aminoácido. Essa característica do código genético é vantajosa, pois, caso aconteça uma mutação, há maiores chances de a proteína sofrer alterações em virtude de aminoácidos errados serem sintetizados.

O código não é ambíguo

Diferentes códons podem determinar um mesmo aminoácido, mas isso não ocorre para casos de um códon codificar aminoácidos diferentes.

Códon de iniciação

A metionina (códon AUG) é um aminoácido denominado **códon de iniciação**. Isso significa que a síntese de proteínas começa somente após a adição do aminoácido metionina e que toda proteína o tem como primeiro aminoácido em sua composição. Se a metionina não for necessária na estrutura da proteína, esse aminoácido poderá ser retirado após a tradução se completar. Caso haja mais de um aminoácido metionina, o primeiro deles marcará o início da síntese.

Códons de parada ou término

Dos 64 códons existentes, apenas três não codificam nenhum aminoácido (UAA, UAG e UGA), mas trazem uma importante mensagem: são os códigos que avisam quando a síntese deve ser interrompida, sendo chamados de **códons de parada** (também conhecidos como *stop codons*).

O código genético é universal

Todos os aminoácidos encontrados nos mais diferentes seres vivos são identificados pelos mesmos códons, o que torna o código **universal**.

Essa característica foi fundamental para que os organismos geneticamente modificados (OGM) fossem desenvolvidos e para compreender melhor as relações evolutivas em nível genético entre os seres vivos.

TRADUÇÃO OU SÍNTESE DE PROTEÍNAS

Tradução é o evento que resulta na **síntese de proteínas** no qual estão envolvidos os três tipos principais

de RNA, como abordado anteriormente. Em células eucarióticas, após a transcrição e a maturação no núcleo, o mRNA migra até o citoplasma com os códons que determinam a sequência de aminoácidos formadores da proteína. O RNA ribossômico (rRNA) compõe, com as proteínas, os **ribossomos**. Estes são estruturas constituídas em uma subunidade maior e outra menor, que contêm três sítios: **A** (no qual ocorre a entrada do aminoácido), **P** (em que fica o peptídeo em formação) e o sítio **E** (saída do RNA transportador – tRNA).

O tRNA tem, em uma de suas subunidades, a sequência **ACC**, em que os aminoácidos se ligam. Para o reconhecimento dos códons do mRNA, na outra extremidade do tRNA, está o anticódon específico para cada aminoácido correspondente. Dessa forma, é determinada a posição do aminoácido na proteína.

É importante lembrar que o sentido, tanto da transcrição quanto da tradução, é sempre de 5' para 3', para que as informações não sejam lidas de trás para frente. Por exemplo, considere a molécula de RNA mensageiro a seguir:

5' AAUCUCAUGGUUAUGCCGGAUUCAUCCUGAUU 3'

O ribossomo vai andar sob essa molécula e só iniciará a tradução ao reconhecer o códon da metionina (AUG). Após isso, ele vai ler os códons sempre em trinca, e os tRNA transportarão os aminoácidos correspondentes a essas trinca.

5' AGAUCUCAUGGUUAUGCCGGAUUCAUCCUGAUU 3'

Note que há mais de um AUG nessa sequência, de maneira que a iniciação se dará sempre a partir do primeiro códon encontrado.

5' **AGAUCUCAUG**GUUAUGCCGGAUUCAUCCUGAUU 3'

Portanto, a sequência de aminoácidos será:

Met-Val- Met- Pro- Asp- Ser- Ser

Nesse exemplo nota-se a presença de dois aminoácidos do tipo serina com códons diferentes, o que evidencia como o código é degenerado. Além disso, mesmo que a sequência contenha oito códons, apenas sete foram traduzidos, pois o códon de parada (em vermelho) não é traduzido.

ETAPAS DA TRADUÇÃO

O processo de tradução pode ser dividido em três etapas: iniciação, alongamento e terminação.

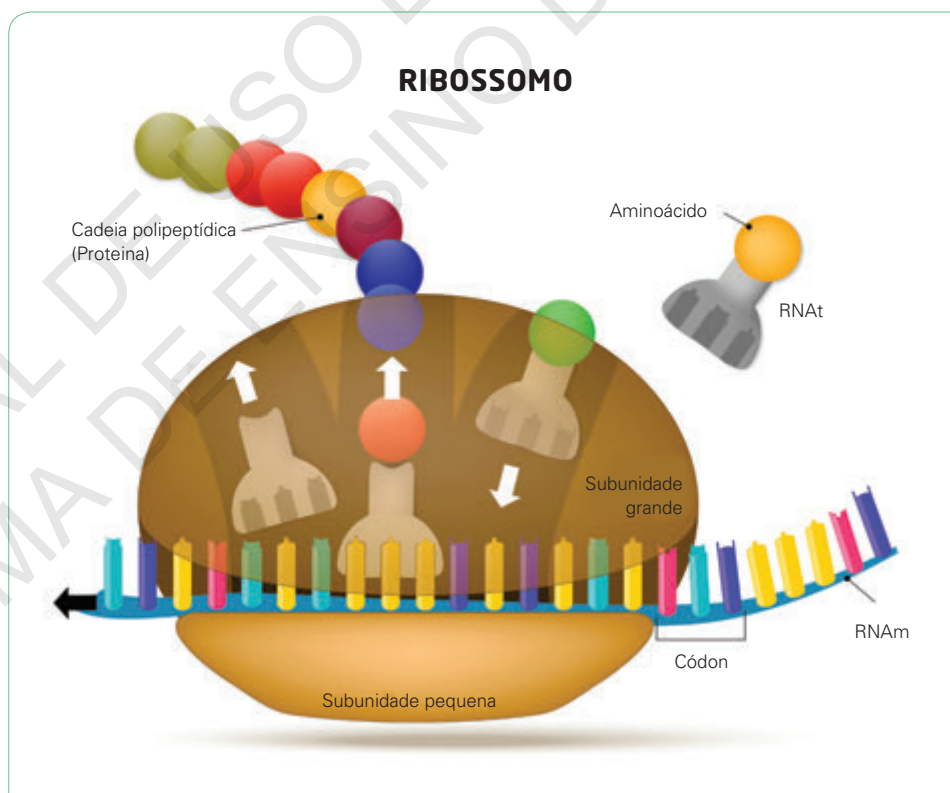
A **iniciação** acontece quando a subunidade menor do ribossomo se liga ao tRNA da metionina (o iniciador). Juntos, percorrem o mRNA até encontrar o códon de iniciação (AUG). Feito isso, a subunidade maior do ribossomo se une à subunidade menor, como se uma concha fosse fechada. Então, a tradução é iniciada.

O **alongamento** é iniciado quando o tRNA da metionina se liga ao sítio P do ribossomo. O tRNA que apresenta o anticódon correspondente ao códon seguinte do mRNA se aloja no sítio A do ribossomo.

Com isso, ocorre a formação de uma **ligação peptídica** entre os aminoácidos e o tRNA da metionina é liberado para o citoplasma, saindo pelo sítio E. O ribossomo se desloca sob o mRNA, de forma que os dois aminoácidos passam a ocupar o sítio P, mantendo o sítio A sempre vazio para a entrada do próximo aminoácido.

O alongamento continua até o momento em que o códon apresentado ao sítio A do ribossomo pelo mRNA seja um dos três que indicam término: UGA, UAA e UAG. É importante ressaltar que esses códons não são reconhecidos por nenhum RNAt. Quando o sítio A é ocupado por proteínas citoplasmáticas chamadas **fatores de liberação** – que reconhecem os códons finalizadores –, ocorre a **terminação** da síntese proteica. O polipeptídeo é liberado, e as subunidades do ribossomo dissociam-se.

Vários ribossomos podem se deslocar simultaneamente pela mesma molécula de mRNA, produzindo diversas proteínas ao mesmo tempo.



ROTEIRO DE AULA

DNA

Expressão
da proteína

Transcrição

Iniciação

Alongamento

Término

Helicase

Deslocamento sob a
fita molde do DNA

RNA-polimerase

Trecho:

Terminador

Rompe ligações de H⁺
da dupla hélice

Sentido:

5' → 3'

Desliga-se da
fita molde:

Trecho:

Promotor

RNA-polimerase

RNA-polimerase

Liberação do:

Pré-RNA_mRegião
codificante:Região não
codificante:

Éxons

Ítrons

Splicing alternativo

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

Código genético

Formado por trincas de bases denominadas:

Códons

Sequências que determinam:

Aminoácidos

Início

Término

AUG

UAA

UAG

UGA

Degenerado

Redundante

Universal

Não ambíguo

Informação presente no mRNA necessária à:

Tradução

Etapas

Iniciação

Códon:

AUG

Alongamento

Ligação entre:

Ribossomos

tRNA

Terminação

Códon:

Stop códon

Liberação da cadeia peptídica da proteína

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Sistema Dom Bosco** – A respeito da transcrição, **não** é correto afirmar que esse processo:

- a) produz proteínas.
- b) utiliza o DNA como molde.
- c) ocorre no sentido 5' para 3'.
- d) seu produto é constituído de éxons e íntrons.

A transcrição é um processo que tem como objetivo produzir RNA mensageiro.

2. **Sistema Dom Bosco** – O código genético é chamado de degenerado porque:

- a) um códon é correspondente a vários aminoácidos.
- b) o anticódon é lido no mRNA.
- c) vários códons correspondem a um mesmo aminoácido.
- d) um anticódon corresponde a vários aminoácidos.

Um aminoácido pode ser traduzido por mais de um códon, mas o contrário não ocorre.

3. **Sistema Dom Bosco** – A tradução é um processo fundamental para que exista variabilidade fenotípica. Explique a razão que justifique esse fenômeno.

A variabilidade fenotípica reflete nas características diferentes de indivíduo para indivíduo. Essa variabilidade só é possível graças ao genoma, o conjunto de genes que resulta na mensagem que contém as trincas de aminoácidos que codificarão proteínas, formadas no processo de tradução. Sendo assim, a expressão dessas proteínas, na ordem específica e única, só se dá por meio da tradução.

4. **Unifor-CE**

C4-H13

Considere um RNA transportador cujo anticódon é CUG. O códon correspondente no RNA mensageiro e a trinca de nucleotídeos na fita do DNA que é transcrita são, respectivamente:

- a) CTG e GAC.
- b) TAC e GUC.
- c) AUT e CAG.
- d) CUG e CTG.
- e) GAC e CTG.

Para responder a essa questão, é fundamental que o aluno se lembre de que adenina só se liga à timina e que a citosina só se liga à guanina. Também é importante lembrar que timina é encontrada apenas no DNA e a uracila, somente no RNA. Sendo assim, como o anticódon do RNA transportador é CUG, no RNA mensageiro encontraremos GAC. No DNA, por sua vez, é encontrado CTG.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

5. **Sistema Dom Bosco** – A transcrição é um processo que tem como objetivo produzir RNA. Entre as opções abaixo, assinale a alternativa **incorreta**.

- a) O RNA é formado a partir de uma fita do DNA, que é utilizada como molde.
- b) O RNA possui apenas regiões codificantes.
- c) No RNA são encontradas regiões denominadas íntrons.
- d) O RNA é uma fita polinucleotídica simples, com presença de uracila.

O RNA, assim como o DNA, é composto de regiões codificantes e não codificantes, denominadas, respectivamente, de éxons e íntrons.

6. **Sistema Dom Bosco** – Quais as principais enzimas atuantes no processo de transcrição? Justifique também suas funções.

Para que aconteça a transcrição é necessária a atuação das enzimas helicase e RNA-polimerase. A helicase abre a fita do DNA, rompendo as ligações de hidrogênio que unem as bases nitrogenadas. Já a RNA-polimerase lê a fita do DNA utilizada como molde e monta o RNA complementar a ela, adicionando os nucleotídeos correspondentes às bases do DNA.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. **Sistema Dom Bosco** – Observe a seguinte sequência de RNA mensageiro:

5'-AGAUCUCAUGGUUAUGCCGGAUUCAUCCUGAUU-3'

Considerando o que o primeiro códon já será traduzido, pode-se afirmar corretamente que:

- a) é necessário uma fita complementar para que haja a tradução.
- b) serão traduzidos 5 aminoácidos.
- c) serão traduzidos 11 aminoácidos.
- d) há um códon de parada no meio da sequência.

8. **PUC-RJ** – Com relação ao código genético e à síntese de proteínas, assinale a afirmação **falsa**.

- a) Na molécula de DNA, encontramos sempre desoxirribose e cinco tipos de bases: adenina, guanina, citosina, timina e uracila.

- b) Os ácidos nucleicos podem aparecer livres na célula ou podem estar associados a proteínas, compondo os cromossomos e ribossomos na forma de moléculas complexas de nucleoproteínas.

- c) Duas grandes etapas estão envolvidas na síntese das proteínas: a transcrição, que compreende a passagem do código genético do DNA para o RNA, e a tradução, que compreende o trabalho do RNA de organização dos aminoácidos na sequência determinada pelo código genético.

- d) A mutação constitui uma alteração na sequência de bases nitrogenadas de um segmento de DNA e pode ser provocada por radiações, por raios cósmicos, por raios X ou mesmo por exposição aos raios ultravioleta do sol.

- e) Todas as células do corpo têm a mesma coleção de genes, mas, apesar disso, encontramos células com formas e funções diferentes. Este processo chama-se diferenciação celular.

9. IFTM – Se fosse possível sintetizar *in vitro* uma proteína, nas mesmas condições em que essa síntese ocorre nas células, utilizando-se de ribossomos de células de preá do cerrado de Goiás, RNA mensageiro de células de camundongo do brejo de Mato Grosso do Sul, RNA transportador de células de sagui da Mata Atlântica no Espírito Santo e aminoácidos derivados de célula bacteriana coletada na lagoa da Pampulha em Belo Horizonte, a proteína produzida teria a estrutura primária (sequência de aminoácidos) idêntica à:

- a) não seria possível, pois os sistemas enzimáticos e celulares são peculiares a cada espécie.
- b) uma mistura de todas as células.
- c) do sagui.
- d) do preá.
- e) do camundongo do brejo.

10. Sistema Dom Bosco – O RNA é uma molécula de fita simples, originada a partir da molécula de DNA e contém regiões codificantes e não codificantes. Cite o nome dessas regiões e explique suas funções.

11. Cefet-MG – A síndrome da imunodeficiência adquirida, conhecida popularmente como aids, é uma doença transmitida por um vírus que tem como material genético o RNA. Ao infectar o linfócito TCD4+, importante célula de defesa do corpo, esse vírus introduz, além do ácido nucleico, a transcriptase reversa. Essa enzima converte o RNA viral em DNA viral, possibilitando sua replicação, com consequente falência do sistema imunológico do indivíduo. Quando o número de linfócitos cai abaixo de 200 por mm^3 de sangue, é necessário que o paciente faça uso do conjunto de medicamentos com ação antirretroviral, conhecido como coquetel.

Considerando-se que, após esse tratamento, o número de linfócitos de determinado paciente aumentou, é correto concluir que esse fármaco promoveu a:

- a) proliferação de linfócitos TCD4+.
- b) inibição da enzima transcriptase reversa.
- c) destruição dos vírus presentes no paciente.
- d) imunização dos pacientes ao vírus da aids.
- e) incapacitação da transferência do RNA viral.

12. Sistema Dom Bosco – Na etapa de finalização da síntese proteica, a produção da proteína é interrompida quando se encontra um códon denominado códon de terminação. Assim que esse códon é encontrado, o fator de liberação atua liberando a cadeia formada. Entre os códons abaixo, qual não representa um códon de terminação?

- a) UAA.
- b) UAG.
- c) UGA.
- d) AUG.

13. Sistema Dom Bosco – A ciência estima que seja de 30 mil o número de genes da espécie humana; no entanto, o número de proteínas diferentes está estimado entre 100 mil a 120 mil. Para a síntese e expressão das proteínas acontecer estão envolvidos a transcrição e a tradução. Cite semelhanças e diferenças entre a transcrição e a tradução.

14. Sistema Dom Bosco – Para a formação de uma proteína, diferentes processos ocorrem a partir da molécula de DNA. Cite as estruturas envolvidas no processo de tradução e explique suas funções.

15. IFRS – As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem dos tipos de proteínas do seu organismo. A síntese dessas proteínas, por sua vez, depende do DNA em interação com o RNA, de determinadas enzimas, de ribossomos e outras estruturas celulares. Sobre a síntese de proteínas, marque a alternativa correta:

- a) Um gene pode ser definido como um segmento de RNA que atua como molde para a produção de uma molécula de DNA.
- b) No processo de produção de RNA mensageiro, denominado de transcrição gênica, as duas cadeias de DNA se separam e uma delas serve de molde ao RNA.

- c) Um códon é uma sequência de três nucleotídeos no RNA transportador.
- d) Nos procariontes, o processo de tradução gênica é realizado no citoplasma das células, enquanto que o de transcrição gênica é realizado no interior do núcleo.
- e) Na transcrição gênica, a trinca de bases nitrogenadas ACG produz o códon TGC no RNA mensageiro.

16. Sistema Dom Bosco – Em um experimento, um segmento de DNA contendo a região codificadora para a formação de uma proteína foi expresso em bactérias, utilizadas como plasmídeos. Sabendo-se que o 37^o códon da sequência do RNA mensageiro produzido era um códon de parada, é correto afirmar que:

- a) A proteína resultante contém 37 aminoácidos.
- b) A proteína resultante contém 38 aminoácidos.
- c) A proteína resultante contém 36 aminoácidos.
- d) Quando há códon de parada, a proteína não é produzida.

17. UEL-PR – Para síntese de uma determinada proteína, são necessários RNA mensageiro, RNA ribossômico, RNA transportador e aminoácidos. Sobre o assunto, considere as seguintes afirmativas:

- I. A tradução ocorre no citoplasma da célula.
- II. O RNA transportador carrega a mensagem para a produção da proteína.
- III. Cada 3 nucleotídeos do RNA mensageiro determinam a colocação de um aminoácido específico na proteína.
- IV. Moléculas de RNA transportador, ligadas a aminoácidos, unem-se ao RNA ribossômico por uma sequência de 3 bases.
- V. Enquanto o ribossomo se desloca sobre a fita de RNA mensageiro, outros RNA transportadores se encaixam, trazendo novos aminoácidos.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas as afirmativas I e II são corretas.
- b) Apenas as afirmativas I, III e V são corretas.
- c) Apenas as afirmativas II e V são corretas.
- d) Apenas as afirmativas I, II, IV e V são corretas.
- e) Apenas as afirmativas III e V são corretas."

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C4-H13

A ideia do DNA "lixo", sugerida há alguns anos, foi substituída pela ideia do RNA "luxo", referindo-se à imensa quantidade de RNA que é produzido para diversas outras funções além da síntese proteica. Uma das especulações trazidas pelos biólogos e ainda não respondida é a do papel dessas regiões não codificantes ao longo do processo evolutivo.

Como são chamadas as regiões **não** codificantes?

- a) Éxon. d) DNA.
- b) Íntron. e) Ribossomo.
- c) RNA.

19. Enem

C4-H16

O formato das células de organismos pluricelulares é extremamente variável. Existem células discoides, como é o caso das hemácias, as que lembram estrelas, como os neurônios, e ainda algumas alongadas, como as musculares. Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por:

- a) produzirem mutações específicas.
- b) possuírem DNA mitocondrial diferentes.
- c) apresentarem conjunto de genes distintos.
- d) expressarem porções distintas do genoma.
- e) terem um número distinto de cromossomos.

20. Enem

C4-H13

Apesar da grande diversidade biológica, a hipótese de que a vida na Terra tenha tido uma única origem comum é aceita pela comunidade científica. Uma evidência que apoia essa hipótese é a observação de processos biológicos comuns a todos os seres vivos atualmente existentes. Um exemplo de tal processo é o(a):

- a) desenvolvimento embrionário.
- b) reprodução sexuada.
- c) respiração aeróbica.
- d) excreção urinária.
- e) síntese proteica.

7

ESTRUTURA E FUNÇÃO DA MEMBRANA PLASMÁTICA - TRANSPORTES CELULARES

- Estrutura da membrana plasmática
- Especializações da membrana plasmática
- Concentração de uma solução e tipos de membranas biológicas
- Tipos de transporte entre a célula e o meio externo

HABILIDADE

- Descrever a constituição da membrana plasmática e compreender suas funções e as principais junções entre as células.
- Classificar uma solução de acordo com a sua concentração.
- Diferenciar os transportes passivos dos transportes ativos.
- Conhecer os processos de endocitose e exocitose.
- Exemplificar os processos fisiológicos de transporte.

Estrutura da membrana plasmática

A membrana plasmática é uma estrutura bastante fina, possível de ser visualizada apenas ao microscópio eletrônico. Os constituintes básicos das membranas são os lipídios e as proteínas, por isso a membrana é denominada **lipoproteica**.

Em 1972, os cientistas S. J. Singer e G. Nicholson propuseram um modelo para explicar a estrutura da membrana plasmática, o qual denominaram **modelo do mosaico fluido**. Segundo ele, a membrana é uma estrutura fluída como um “mosaico” e é formada por uma bicamada fosfolipídica, com proteínas distribuídas entre elas e individualmente inseridas.

A maioria das proteínas presentes na membrana também apresenta regiões hidrofílicas e hidrofóbicas em sua estrutura molecular.

Esse arranjo molecular maximiza o contato entre as regiões hidrofílicas das proteínas e dos fosfolipídios com a água do citoplasma e do líquido extracelular, deixando a parte hidrofóbica voltada ao ambiente não aquoso.

Por serem fluidas, as membranas não são camadas estáticas em que as moléculas estão rigidamente presas a um local. A maioria dos lipídios e algumas proteínas podem se mover lateralmente no plano da membrana.

Nas células animais, a fluidez da membrana plasmática é garantida também por moléculas de colesterol presas entre as moléculas de fosfolipídios, podendo torná-la mais ou menos densa de acordo com a quantidade dessas moléculas e a temperatura.

FUNÇÃO DOS CARBOIDRATOS DA MEMBRANA

As moléculas de carboidratos presentes nas membranas plasmáticas de animais e alguns protozoários estão aderidas a alguns lipídios e a proteínas, formando os **glicolipídios** (lembre-se de que *glico* refere-se aos carboidratos) e as **glicoproteínas**, voltados para o meio extracelular. Estas associações formam o **glicocálix**, ou **glicocálice**, cujas funções são proteger, reter nutrientes e fazer o reconhecimento celular. Neste último mecanismo, o glicocálix pode atuar como receptor de outras moléculas que funcionam como mensageiros químicos (como os hormônios ou algumas proteínas) e desencadear reações químicas no meio intracelular.

Os carboidratos constituintes do glicocálix podem variar entre indivíduos de espécies diferentes, entre indivíduos da mesma espécie e até mesmo de um tipo celular para outro no mesmo indivíduo. Quando não ocorre o reconhecimento célula-célula, reações alérgicas podem ser desencadeadas.

FUNÇÃO DAS PROTEÍNAS DA MEMBRANA

O aspecto do modelo mosaico fluido é resultado da inserção de diferentes proteínas ao longo da membrana. Enquanto os fosfolipídios formam o principal tecido dela, as proteínas determinam a maior parte das funções.

Conforme o tipo celular, haverá diferentes tipos de proteínas de membrana. Os principais são as proteínas integrais e as periféricas.

As **proteínas integrais** atravessam a porção hidrofóbica da bicamada lipídica. Quando atravessam totalmente a membrana, são chamadas de transmembranas. No caso das proteínas que se estendem apenas em parte da região hidrofóbica, são denominadas integrais. Existem, ainda, algumas dessas proteínas que têm

um canal hidrofílico em seu centro, que possibilita a passagem de substâncias hidrofílicas.

As **proteínas periféricas** são aquelas que não estão embebidas na bicamada lipídica. São na verdade apêndices que estão frouxamente ligados à superfície da membrana, geralmente nas porções expostas de proteínas integrais.

ESPECIALIZAÇÕES DA MEMBRANA PLASMÁTICA

MICROVILOSIDADES

São minúsculas estruturas que formam um denso revestimento em forma de escova. Estendem-se pela membrana plasmática, na superfície das células intestinais, aumentando assim a superfície de contato para a absorção dos nutrientes. A vantagem é que a microvilosidade aumenta a eficácia da absorção, e é por isso que as células do epitélio do intestino delgado e dos túbulos renais são repletas dessas projeções da membrana, tendo em vista que são áreas em que a absorção é prioridade.

INTERDIGITAÇÕES

As interdigitações realizadas pelas membranas plasmáticas de duas células pareadas são especializações de comunicação celular, cujo propósito é ampliar a superfície de contato **entre essas células**.

É comum que uma região de membranas interdigitadas seja o local em que ocorra alguma junção, que pode ser descrita como evaginações e invaginações complementares para o interior do corpo de uma e de outra célula pareada. Seu local de ocorrência predominante é a região lateral das células em proximidade. É comum em células epiteliais.

Em células vegetais existem, ainda, os **plasmodesmos**, que são canais da membrana plasmática que atravessam a parede celular, possibilitando a conexão entre os citoplasmas de células vizinhas e, consequentemente, o transporte de água e de fotoassimilados entre as células vegetais adjacentes.

CÍLIOS E FLAGELOS

São estruturas citoplasmáticas anexas à membrana plasmática das células, originadas no prolongamento dos centríolos, constituídos de proteínas motoras, formando um conjunto de microtúbulos.

O comprimento é variado, sendo os cílios mais curtos e em maior quantidade na superfície da célula, enquanto os flagelos são mais longos e geralmente pouco numerosos.

A função desempenhada por cílios e flagelos é basicamente locomotora. Por exemplo, os espermatozoides e os gametas de briófitas e pteridófitas se deslocam em direção ao gameta feminino por meio de flagelos.

Os cílios também estão presentes em tecidos do trato respiratório (na traqueia), nos quais realizam função de defesa (impedem a chegada de bactérias e partículas de poeira aos pulmões).

JUNÇÕES INTERCELULARES

Desmossomos

Uma das mais importantes junções celulares são os desmossomos (do grego *desmos* = ligação e *somatos* = corpo). São pontos em forma de botões de pressão constituídos por duas metades que se encaixam, fixando células adjacentes.

Em cada célula existe uma placa circular de proteína, situada junto à membrana. Das placas partem substâncias colantes, chamadas **desmogleínas**, que atravessam as membranas e grudam as células na região de contato.

Hemidesmossomos ou semidesmossomos

São estruturas semelhantes aos desmossomos, mas têm funções e composição química distintas. Unem superfícies basais das células epiteliais à lâmina basal subjacente por meio de proteínas integrais.

Junção comunicante

Constituída de seis proteínas (conexinas) em forma de canal. Conhecida como junção do tipo fenda, junção hiato ou junção *gap* nas células epiteliais de revestimento, epiteliais glandulares, musculares lisas, musculares cardíacas e nervosas. Sua função é fazer a comunicação entre as células e possibilitar a entrada de íons, aminoácidos e nucleotídeos, formando um conjunto funcional.

Zônula de oclusão

São junções entre proteínas presentes na membrana plasmática de células adjacentes, sem nenhum espaço entre elas no ponto de contato. A zona de oclusão atua como barreira que impede a entrada de grandes moléculas no corpo. Assim, substâncias eventualmente presentes em uma cavidade revestida por tecido epitelial não podem penetrar no corpo, a não ser atravessando diretamente as células.

Transportes celulares

Concentração de uma solução e tipos de membranas biológicas

As moléculas dissolvidas em um líquido, como a água, formam uma **solução**. O líquido da solução é denominado **solvente** e as moléculas dissolvidas recebem o nome de **soluto**.

De acordo com a **quantidade** de soluto dissolvida, a concentração da solução será alta ou baixa. Quanto mais soluto dissolvido em uma mesma quantidade de solvente na solução, maior será a concentração.

No caso de duas soluções em que a concentração é a mesma, são denominadas **isotônicas** ou **isomóticas** (*iso* = igual). Se a concentração for diferente, a solução mais concentrada será chamada de **hipertônica** ou **hiperosmótica** (*hiper* = superior), e a solução menos concentrada, **hipotônica** ou **hipo-osmótica** (*hipo* = inferior).

Uma das funções da membrana plasmática é a permeabilidade seletiva. De acordo com essa permeabilidade e o tipo de solução em que as membranas se encontram, elas podem apresentar os seguintes padrões:

- **Permeável:** há passagem de solvente e soluto;
- **Impermeável:** não há passagem de solvente nem de soluto;
- **Semipermeável:** há passagem de solvente, mas não de soluto;
- **Seletivamente permeável:** há passagem de solvente e alguns tipos de soluto, como ocorre com a membrana plasmática;

Tipos de transporte entre a célula e o meio externo

As trocas entre a célula e o meio externo podem ocorrer **a favor de um gradiente de concentração**, na tentativa de equilibrar as concentrações entre os meios, ou **contra o gradiente de concentração**, no sentido de desigualar as concentrações entre os meios.

No primeiro caso, como não há gasto de energia, os processos são denominados **passivos**. Já os processos do segundo caso, que gastam energia, são denominados **ativos**.

TRANSPORTE PASSIVO

O transporte passivo é o processo de troca que ocorre sempre a favor do gradiente, sem gasto de energia.

Difusão simples

A difusão corresponde ao movimento de partículas do soluto (íons, oxigênio, gás carbônico etc.) que se encontram em um local de maior concentração para outro local de menor concentração, a fim de igualar a concentração. A difusão simples ocorre principalmente com substâncias apolares.

Em geral, o processo de difusão simples é lento, a menos que o gradiente de concentração seja muito elevado ou as distâncias que as partículas percorrem sejam muito pequenas.

Um exemplo de difusão simples é a troca de gases respiratórios nos alvéolos pulmonares: o oxigênio se difunde dos alvéolos (em que há maior concentração desse gás) para os capilares (em que há menor concentração), enquanto o gás carbônico, que se encontra em alta concentração nos capilares, se difunde para os alvéolos, em que há baixa concentração.

Difusão facilitada

É um processo semelhante à difusão simples, pois não tem gasto de energia e acontece quando o soluto se dispersa do ambiente mais concentrado para o ambiente menos concentrado a favor do gradiente de concentração.

No entanto, a difusão é facilitada porque acontece com o auxílio de proteínas de membrana denominadas **permeases**, que podem ser de dois tipos: **proteína de canal** (as substâncias de tamanhos equivalentes e com afinidade química são transportadas através de um canal) e **proteína carreadora** (substâncias são capturadas em um meio e liberadas em outro).

Em geral, esse processo é mais rápido quando comparado à difusão simples. Entretanto, quando todas as permeases estão em uso, a velocidade da reação não pode aumentar, pois solutos diferentes podem competir pela mesma permease, dificultando a passagem da outra substância.

Osmose

É o processo no qual o solvente é transportado através da membrana semipermeável do meio hipotônico (menos concentrado) para o meio hipertônico (mais concentrado), na tentativa de igualar as concentrações dos meios, não envolvendo gasto de energia. É considerado um processo rápido.

Na célula animal, a osmose pode promover alterações visíveis no volume da célula. A hemácia é isotônica em relação à solução de cloreto de sódio a 0,9%, conhecida como solução fisiológica. Quando a hemácia é colocada em um meio hipertônico, ela perde água para o meio, tornando-se murcha (plasmólise). Por outro lado, ao ser colocada em uma solução hipotônica, como a água destilada, a célula se torna túrgida, podendo até mesmo romper-se (deplasmólise). O rompimento da hemácia chama-se hemólise.

Uma diferença entre as células de animais e as células vegetais é que estas **não** sofrem lise se forem colocadas em solução hipotônica, em virtude da existência da parede celular, que tem como função promover proteção.

Quando a célula vegetal está em solução isotônica, as trocas de água entre os meios são proporcionais, encontrando-se em equilíbrio osmótico com o meio externo. Nessa circunstância, dizemos que a célula está **flácida**. Quando a célula vegetal se encontra em solução hipotônica, como a água destilada, ocorre entrada de água na célula e a parede começa a sofrer distensão até certo limite, pois, ao atingir o volume máximo, a célula se torna túrgida e as forças de entrada e saída de água se igualam, havendo a partir desse momento equivalência entre a entrada e a saída de água, de maneira que a lise não acontece. Quando colocada em solução hipertônica, a célula perde água para a solução em virtude da alta pressão osmótica do meio externo, promovendo retenção da membrana plasmática, processo denominado plasmólise.

TRANSPORTE ATIVO

O transporte ativo ocorre contra o gradiente de concentração, para manter ou diferenciar as concentrações do meio, e envolve o gasto de energia (ATP), além de necessitar do auxílio de proteínas que recolhem moléculas em uma das faces da membrana e as soltam na outra face.

O principal processo fisiológico que utiliza esse tipo de transporte é denominado **bomba de sódio e potássio**, em que a proteína transportadora recolhe íons sódio na face interna da membrana e os transporta para o lado externo da célula. Na face externa, a proteína recolhe íons potássio e os transporta para o meio interno.

A manutenção de maior concentração de potássio no interior da célula e de sódio no meio extracelular é fundamental para o metabolismo celular. É importante que a concentração de íons potássio esteja alta fora da célula, já que esses íons são necessários para a síntese de proteínas e em algumas etapas da respiração celular. Caso esse íon esteja em uma alta concentração dentro da célula, podem ser gerados problemas osmóticos, uma vez que a célula se torna hipertônica. O bombeamento de sódio para o meio extracelular compensa a necessidade de alta concentração de potássio dentro da célula e resolve um problema osmótico.

A bomba de sódio e potássio se mostra importante também na produção da diferença de cargas elétricas nas membranas, principalmente nas das células nervosas e musculares, proporcionando a transmissão de impulsos elétricos.

TRANSPORTE EM BLOCO: ENDOCITOSE E EXOCITOSE

Endocitose

É o processo caracterizado pela incorporação de partículas à célula, que são englobadas e digeridas com o auxílio dos lisossomos para então fazerem parte do citoplasma. Existem dois tipos básicos de endocitose: fagocitose (*fago* = comer) e pinocitose (*pino* = beber).

Na **fagocitose** as partículas sólidas são ingeridas, a exemplo de restos celulares ou microrganismo. Muitos protozoários, como o paramécio e as amebas, alimentam-se por fagocitose. Em animais, representa o mecanismo de defesa das células fagocitárias, como os leucócitos, macrófagos e neutrófilos, que englobam e destroem partículas estranhas e microrganismos invasores com a ajuda dos lisossomos.

Para tanto, inicialmente há um contato entre a membrana e o alimento. A membrana emite projeções (**pseudópodes**) que envolvem o alimento e o incluem no vacúolo, espécie de bolsa membranosa denominada **fagossomo**. Um ou vários lisossomos aderem ao vacúolo no qual lançam seus sucos digestivos, o que o caracteriza como vacúolo digestivo. O alimento é digerido e as substâncias resultantes difundem-se pelo citoplasma. Os resíduos ficam no vacúolo, que passa a ser denominado **vacúolo** (ou corpo) **residual** e migra para a membrana, expelindo-os em um processo denominado **clasmocitose**.

A **pinocitose** é o processo em que moléculas líquidas são englobadas por canais de pinocitose, que são **invaginações** de uma área da membrana plasmática, formando pequenas vesículas (**pinossomos**) que transportam o líquido e são puxadas pelo citoesqueleto, entrando no citoplasma e servindo de alimento para as células.

Exocitose

Consiste no transporte de substâncias ou na expulsão delas para o meio extracelular e se dá através de vesículas internas contendo o material (como hormônios, toxinas ou neurotransmissores) que se deslocam até a membrana plasmática, eliminando seu conteúdo. Essas vesículas são denominadas **vesículas de clasmocitose**.

É um processo comum e fundamental para células que desempenham função secretora, como as que produzem hormônios e enzimas.

ROTEIRO DE AULA

Membrana plasmática

Modelo

Mosaico fluido

Constituição:

Bicamada lipoproteica

Proteínas

Fosfolípidios

Permeabilidade:

Seletiva

Principais funções:

Delimitação do conteúdo intra e extracelular

Proteção

Reconhecimento de substâncias

Especializações

Microvilosidades

Interdigitações

Cílios

Flagelos

Junções intercelulares

Células do intestino

Células do: Epitélio

Células da traqueia

Espermatozoide

Desmossomos

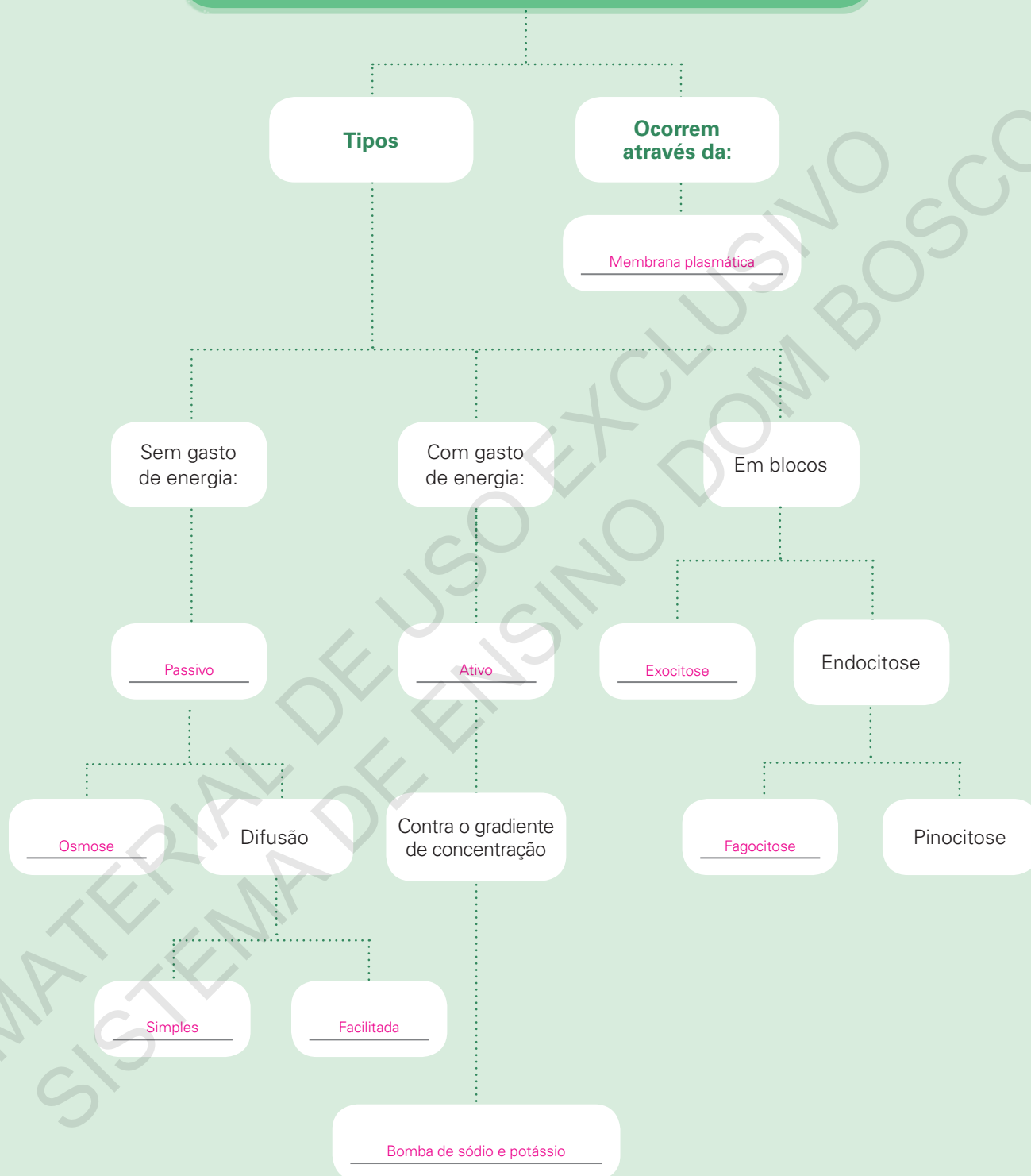
Hemidesmossomos

Zônula de oclusão

Junções comunicantes

ROTEIRO DE AULA

TRANSPORTES CELULARES



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO**1. UFES****C5-H17**

"[...] controla e permite a passagem de moléculas contra o gradiente de concentração, proporcionando a manutenção da diferença de concentração de cátions e ânions de maneira diferenciada no lado externo em relação ao interior celular. Porém, para isso há necessidade de gasto de energia."

O texto acima se refere ao processo de transporte de membrana denominado:

- a) transporte em quantidade.
- b) difusão simples.
- c) fagocitose.
- d) difusão facilitada.
- e) transporte ativo.

O transporte ativo é o tipo de transporte de membrana em que há gasto de energia, uma vez que o transporte de moléculas é feito contra um gradiente de concentração. Como exemplo, pode ser citada a bomba de sódio e potássio.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

2. Unicamp-SP – Considere os seguintes componentes celulares:

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| I. parede celular | III. membrana plasmática |
| II. membrana nuclear | IV. DNA |

É correto afirmar que as células de:

- a) fungos e protozoários possuem II e IV.
- b) bactérias e animais possuem I e II.
- c) bactérias e protozoários possuem II e IV.
- d) animais e fungos possuem I e III.

Fungos e protozoários têm membrana nuclear e membrana plasmática, por tratar-se de células eucarióticas. No entanto, bactérias não apresentam membrana nuclear pelo fato de as células serem procarióticas. Além disso, células animais não têm parede celular.

3. Sistema Dom Bosco – A membrana plasmática é uma estrutura composta de uma bicamada lipídica, de maneira que ela é permeável seletivamente. Explique essa função.

A membrana plasmática é o envoltório celular que está presente em

todos os tipos de células, separando o meio interno do meio externo

da célula. É formada por uma bicamada fosfolipídica, com proteínas

associadas a ela. A célula apresenta permeabilidade seletiva, em que

é possível a passagem de substâncias específicas para o interior e o

exterior da célula.

4. Mack-SP (adaptada) – A respeito da membrana plasmática, é correto afirmar que:

- a) as moléculas de fosfolipídios são completamente apolares.
- b) a fluidez da membrana permite a movimentação das proteínas que fazem parte dessa membrana.

- c) os canais de transporte permanecem abertos o tempo todo.
- d) os cílios e os flagelos são estruturas encontradas em todas as membranas celulares.
- e) a organização da membrana plasmática é diferente da membrana que forma as organelas celulares.

A membrana plasmática é fluida, o que permite a movimentação de proteínas associadas a ela. A alternativa A está incorreta, porque as moléculas de fosfolipídios têm uma porção polar e apolar. A alternativa C está incorreta, pois os canais de transporte das proteínas não estão abertos todo o tempo para a passagem de substâncias. A alternativa D está incorreta, porque cílios e flagelos são estruturas encontradas em membranas celulares específicas. A alternativa E está incorreta, pois a organização da membrana plasmática é a mesma da membrana encontrada nas demais organelas.

5. Sistema Dom Bosco – A glicose é uma substância que não consegue penetrar livremente a membrana plasmática. Para que seu transporte ocorra para o interior da célula, é fundamental a ajuda de proteínas chamadas de permeases. Esse tipo de transporte recebe o nome de:

- a) osmose.
- b) difusão facilitada.
- c) bomba de sódio e potássio.
- d) difusão simples.

A glicose é uma molécula grande e polar, assim sendo, necessita de proteínas permeases para atravessar a membrana.

6. Sistema Dom Bosco – Uma salada feita de folhas de alface e de tomate foi temperada com uma solução de vinagre, sal e azeite. As folhas de alface murcharam ao longo do tempo. Explique o fenômeno ocorrido em relação aos transportes celulares de soluto.

O fenômeno é a osmose, processo em que as células vegetais

do tomate e da alface foram submetidas a um meio hipertô-

nico. Assim, as células perdem água para o meio e murcham.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Acafe-SC (adaptada) – A superfície celular sofre algumas diferenciações importantes para o bom desenvolvimento de suas funções e melhor associação com as células vizinhas num mesmo tecido. Dentro deste contexto, os plasmodesmos correspondem a estruturas que ocorrem na superfície das células vegetais, e são também:

- a) estruturas originadas a partir do centríolo com função de mobilidade celular.
- b) saliências e reentrâncias que a membrana celular, juntamente com certa porção do citoplasma, descreve para se encaixar perfeitamente à célula vizinha.
- c) expansões digitiformes do citoplasma e membrana plasmática, que aumentam a área de absorção celular.
- d) pequenas aberturas na estrutura das membranas celulares que permitem a comunicação ou a continuidade do citoplasma entre células contíguas, atravessando a parede celular.

8. Cefet-MG – O processo de osmose, caracterizado pela passagem de solvente de um meio hipotônico (menos concentrado) para um meio hipertônico (mais concentrado) ajuda a controlar a diferença na concentração de sais em todas as células vivas. Sabe-se que o consumo superior a 2 g de sódio por pessoa ao dia é prejudicial à saúde, pois causa a(o):

- a) hemólise das hemácias.
- b) acúmulo de colesterol nas artérias.
- c) aumento do volume do sangue circulante.
- d) interferência na transmissão do impulso nervoso.
- e) intensa eliminação de urina com altas taxas de sal.

9. UFES – Chamamos de difusão facilitada o transporte _____ de substâncias pela membrana plasmática, sem gasto de energia, que permite a passagem de substratos de um meio _____ concentrado para um _____ concentrado, por meio da mediação de proteínas transportadoras, enzimas carreadoras ou permeases existentes ao longo da _____.

Completam o texto lacunado acima, na ordem sequencial, as palavras:

- a) ativo, menos, mais, mitocôndria.
- b) passivo, menos, mais, membrana plasmática.
- c) passivo, mais, menos, membrana plasmática.
- d) ativo, mais, menos, membrana plasmática.
- e) passivo, menos, mais, mitocôndria.

10. UEL-PR (adaptada) – A estrutura molecular da membrana plasmática de uma célula animal é representada por uma bicamada lipídica. Com base nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas a seguir.

- I. Os fosfolípidos têm um comportamento peculiar em relação à água: uma parte da sua molécula é hidrofílica e a outra, hidrofóbica, favorecendo a sua organização em dupla camada.
- II. A fluidez atribuída às membranas celulares é decorrente da presença de fosfolípidios.
- III. Na bicamada lipídica da membrana, os fosfolípidios têm a sua porção hidrofílica voltada para o interior dessa bicamada e sua porção hidrofóbica voltada para o exterior.

IV. Os fosfolípidios formam uma barreira ao redor das células, impedindo a passagem de moléculas e íons solúveis em água, que são transportados através das proteínas intrínsecas à membrana.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) III e IV.
- d) I, II e IV.
- e) II, III e IV.

11. Acafe-SC (adaptada) – A superfície celular sofre algumas diferenciações importantes para o bom desenvolvimento de suas funções e melhor associação com as células vizinhas num mesmo tecido.

Neste contexto, analise o que se segue.

- I. Plasmodesmos *A. Expansões digitiformes do citoplasma e membrana plasmática, que aumentam a área de absorção celular.*
- II. Desmossomos *B. Pequenas aberturas na estrutura das membranas celulares que permitem a comunicação ou a continuidade do citoplasma entre células contíguas, atravessando a parede celular.*
- III. Cílios e flagelos *C. Saliências e reentrâncias que a membrana celular, juntamente com certa porção do citoplasma, descreve para se encaixar perfeitamente à célula vizinha.*
- IV. Microvilosidades *D. Estruturas originadas a partir do centríolo, com função de mobilidade celular.*
- V. Interdigitações *E. Pontos espessos e densos ligados à membrana plasmática permitindo uma forte adesão entre as células vizinhas. Esses pontos espessos saem filamentos intermediários.*

A associação que descreve corretamente a primeira coluna com a segunda é:

	I	II	III	IV	V
a)	B	C	D	E	A
b)	C	B	E	D	A
c)	B	E	D	A	C
d)	B	D	A	C	E
e)	E	C	D	A	B

12. UFPE – Considerando os diferentes tipos de transporte que ocorrem na membrana plasmática das células, analise os eventos mencionados abaixo.

- 1) Englobamento de uma bactéria por uma célula de defesa de um mamífero.
- 2) Entrada de O_2 nas hemácias do sangue.
- 3) Absorção de água pelas células das raízes das plantas.

Os eventos 1, 2 e 3 exemplificam, respectivamente, os seguintes tipos de transporte:

- a) osmose, pinocitose e osmose.
- b) difusão, osmose e fagocitose.
- c) fagocitose, difusão e osmose.
- d) fagocitose, osmose e difusão.
- e) pinocitose, fagocitose e osmose.

13. Sistema Dom Bosco – Quando se faz o salgamento de carnes, sabe-se que os micro-organismos que “tentarem” se instalar morrerão por desidratação. Conclui-se assim que, em relação ao citoplasma dos micro-organismos, essas carnes constituem um meio:

- a) Isotônico.
- b) Hipotônico.
- c) lipídico.
- d) hipertônico
- e) Plasmolisado.

14. IFSul-RS (adaptada) – Notícias recentes dos últimos meses nos dão conta de que São Paulo tem utilizado as águas profundas (chamado volume morto) do Sistema da Cantareira; tal medida tem causado muita polêmica em torno da falta de água. No entanto, sabe-se que o estado de São Paulo é banhado pelo Oceano Atlântico. A água do oceano não pode ser usada para consumo, sem o tratamento adequado, tratamento esse chamado de dessalinização.

A dessalinização de água por osmose inversa é uma alternativa para retirar o sal da água e eliminar vírus, bactérias e fungos, podendo assim disponibilizar água potável para a população e melhorar a qualidade de vida.

Descreva o que poderia ocorrer às nossas células sanguíneas caso consumíssemos água do mar.

15. UFSCar-SP – O processo de salinização pode ocorrer em solos intensamente irrigados. Sais presentes na água de irrigação acumulam-se no solo quando a água evapora. Em algumas situações, plantas cultivadas podem passar a perder água pelas raízes, ao invés de absorvê-la. Quando isso ocorre, pode-se dizer que:

- a) as células das raízes perdem água por osmose e tornam-se plasmolisadas.

- b) as concentrações de soluto dentro e fora das células se igualam por transporte ativo de sais e as células tornam-se túrgidas.
- c) as células das raízes perdem água para o meio externo mais concentrado, por difusão facilitada, e tornam-se lisadas.
- d) as células das raízes perdem água para o meio externo menos concentrado, por osmose, e tornam-se lisadas.
- e) as concentrações dos solutos dentro e fora das células se igualam por difusão facilitada da água e as células tornam-se plasmolisadas.

16. Sistema Dom Bosco – Em que células do corpo humano podemos encontrar as microvilosidades, os cílios, os flagelos e quais são suas funções?

17. Sistema Dom Bosco – O transporte de substância entre o meio intracelular e o meio intersticial depende de algumas condições para a sua ocorrência. Em relação aos mecanismos de transporte e a essas condições, assinale a alternativa **incorreta**.

- a) O transporte de substâncias através da membrana, sem gasto de energia e a favor do gradiente de concentração, é denominado transporte passivo.
- b) São considerados mecanismos passivos a difusão simples e difusão facilitada, no transporte de solutos, e a osmose, no transporte de solventes.
- c) A energia necessária para a ocorrência do transporte ativo é liberada da hidrólise de ATP.
- d) Para que ocorra o transporte ativo nas células deve existir uma diferença na concentração das substâncias. O transporte ocorre do meio mais concentrado para o meio menos concentrado, com gasto de energia.
- e) O exemplo mais comum de transporte ativo é a bomba de sódio e potássio, que mantém uma diferença importante para o funcionamento dos neurônios.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C3-H19

A cal (óxido de cálcio, CaO), cuja suspensão em água é muito usada como uma tinta de baixo custo, dá uma tonalidade branca aos troncos de árvores. Essa é uma prática muito comum em praças públicas e locais privados, geralmente usada para combater a proliferação de parasitas. Essa aplicação, também chamada de *caiação*, gera um problema: elimina microrganismos benéficos para a árvore.

Fonte: <http://super.abril.com.br>.

A destruição do microambiente, no tronco de árvores pintadas com cal, é devida ao processo de:

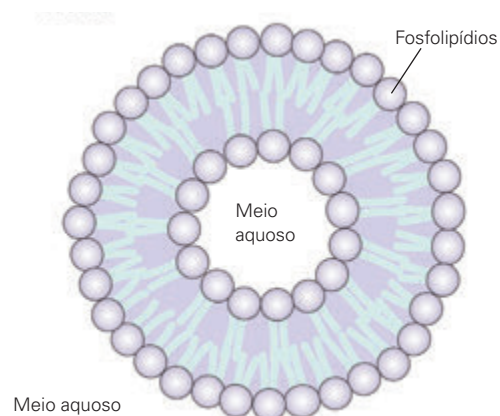
- a) difusão, pois a cal se difunde nos corpos dos seres do microambiente e os intoxica.
- b) osmose, pois a cal retira água do microambiente, tornando-o inviável ao desenvolvimento de microrganismos.
- c) endocitose, pois os microrganismos daquela região irão fagocitar as partículas de cal, causando intoxicação e morte das células.

- d)** difusão facilitada, em que as permeases irão retirar do meio externo, mais concentrado, as moléculas de cal e transferir para o citosol da célula, região menos concentrada, causando a morte dos microrganismos.
- e)** aquecimento, pois a luz do Sol incide sobre o tronco e aquece a cal, que mata os seres vivos do microambiente.

19. Enem (adaptada)

C5-H17

Quando colocamos em água, os fosfolipídios tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura.



Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.

Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolipídios apresentarem uma natureza:

- a)** polar, ou seja, inteiramente solúveis em água.
- b)** apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa.
- c)** anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- d)** insaturada, ou seja, possuírem duplas-ligações em sua estrutura.
- e)** anfífilica, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.

20. Sistema Dom Bosco

C5-H17

A área de contato entre os reagentes também interfere na velocidade das reações químicas. Quanto maior a superfície de contato, maior o número de moléculas reagindo, ou seja, maior o número de colisões eficazes e, portanto, há o aumento da velocidade da reação.

Baseando-se em seus conhecimentos sobre o assunto, é possível inferir que:

- a)** as microvilosidades promoverão reações químicas mais lentas entre o meio externo da célula e o meio interno.
- b)** as microvilosidades aumentam a superfície de absorção da membrana, pois mais moléculas estarão reagindo com uma superfície maior.
- c)** com o aumento da superfície de contato, mais velozes são as reações químicas, logo, maior será a obtenção de energia.
- d)** o tecido de revestimento do intestino apresenta microvilosidades como forma de facilitar o movimento das moléculas, uma vez que as reações químicas são mais rápidas.

MATERIAL DE USO
SISTEMA DE ENSINO

8

COMPLEXO GOLGIENSE E DIGESTÃO CELULAR

- Complexo golgiense
- Complexo golgiense e formação de outras estruturas
- Lisossomos
- Tipos de digestão intracelular

HABILIDADES

- Compreender a organização do complexo golgiense.
- Descrever as etapas das modificações pós-traducionais das proteínas, desde o RE até a liberação pelas vesículas secretoras.
- Diferenciar as funções das vesículas produzidas pelo complexo golgiense.
- Conhecer outras estruturas produzidas pelo complexo golgiense.
- Citar e descrever as principais funções do lisossomo.
- Explicar os principais mecanismos de digestão intracelular.
- Relacionar os processos fisiológicos ao equilíbrio metabólico do organismo e às adaptações ao ambiente.

Uma organela responsável pela modificação, empacotamento e secreção de moléculas.

Complexo golgiense

No passado, essa organela já foi chamada de complexo ou aparato de Golgi. O complexo golgiense é uma organela pertencente ao grupo de cavidades delimitadas por membranas lipoproteicas, constituída por sacos ociosos achatados no citoplasma e empilhados uns sobre os outros, semelhantes a pilhas de pratos. São ainda envolvidas por esferas delimitadas por membranas denominadas **vesículas**. O complexo golgiense é constituído de 6 a 20 bolsas membranosas achatadas, denominadas **cisternas**, empilhadas umas sobre as outras. Nas células eucarióticas, há conjuntos dessas cisternas espalhados pelo citoplasma, os **dictiossomos** ou **golgiossomos**.

Pelo fato de as membranas do complexo golgiense serem lipoproteicas, elas têm grande afinidade com corantes, como sais de ósmio ou de prata. Além disso, essa estrutura é caracterizada por ter polarização, ou seja, dois lados bem delimitados com funções diferentes, geralmente com uma entrada (a face *cis*) e uma saída (a face *trans*).

O complexo golgiense recebe lipídios e proteínas do retículo endoplasmático (pela face *cis*) e fornece vesículas para a membrana plasmática (pela face *trans*), por meio dos lisossomos, como vesículas secretoras.

Além disso, o complexo golgiense participa da produção de polissacarídeos e glicoproteínas. As substâncias produzidas nesse caso constituem maquinário de secreção celular com função fora da célula.

SECREÇÃO CELULAR

Uma das principais funções do complexo golgiense é estar envolvido na secreção celular. No retículo endoplasmático granuloso, há ribossomos que produzem proteínas. Após os eventos de tradução, muitas proteínas sofrem modificações no retículo endoplasmático granuloso, em que são empacotadas em vesículas transportadoras delimitadas por membranas do próprio RE.

Ao chegar à face *cis* do complexo golgiense, essas vesículas fundem-se nas cisternas, nas quais liberam seu conteúdo. O conteúdo das vesículas migra ao longo das cisternas até chegar à face *trans* do complexo golgiense. Durante esse período, as proteínas que fazem parte do conteúdo transportado continuam sofrendo modificações por enzimas presentes nas cisternas ou recebem inserção de carboidratos, originando as glicoproteínas.

Quando atingem a última cisterna, as proteínas são empacotadas e concentradas em vesículas de secreção que se dirigem à membrana plasmática e liberam a secreção para o meio extracelular, ao fundir a própria membrana com a membrana plasmática da célula.

As vesículas citoplasmáticas produzidas pelo complexo golgiense atuam como **vesículas de armazenamento** dentro do citoplasma ou **vesículas secretoras**, carregando proteínas e outras substâncias, que serão liberadas pela célula.

Ao alcançar a face *trans*, a vesícula preenchida com proteínas brota e, conforme seu conteúdo, pode seguir duas rotas: ser inserida na membrana e liberar o conteúdo no meio extracelular, ou atuar como vesículas de armazenamento e lisossomos.

Neste último caso, algumas vesículas se movem para trás (sentido face *cis*) para levar proteínas para o RE ou para outra parte da cisterna. Outras vesículas tornam-se lisossomos, afastando-se do complexo golgiense e migrando para outras partes do citoplasma.

Complexo golgiense e formação de outras estruturas

Além da formação de outra organela membranosa (o lisossomo), o complexo golgiense está envolvido na síntese de outras importantes estruturas.

FORMAÇÃO DO ACROSSOMO DO ESPERMATOZOIDE

No gameta masculino existe o acrossomo, tipo de vesícula de secreção formado pelo complexo golgiense e que contém enzimas digestivas. Durante a espermatogênese, os sáculos do complexo golgiense se aproximam do núcleo da espermatíde (a célula progenitora do espermatozoide), de modo que as vesículas se fundem, originando o acrossomo.

As enzimas do acrossomo são armazenadas temporariamente no complexo golgiense e liberadas em vesículas de secreção, que se fundem para a formação dessa estrutura. Essas enzimas são utilizadas na digestão do invólucro (membrana) do ovócito no momento da fecundação, possibilitando que o espermatozoide adentre na estrutura.

FORMAÇÃO DA LAMELA MÉDIA DA PAREDE CELULAR DOS TECIDOS VEGETAIS

Nas células vegetais, além de ser responsável pela formação da hemicelulose que compõe a parede celular, o complexo golgiense atua na formação da lamela média durante a formação de novas células. Ela é uma membrana que atua como uma cola, unindo as células-filhas da divisão celular.

Essas vesículas depositam-se entre os dois núcleos já formados, na região equatorial da célula. Elas participam da formação da nova membrana plasmática e da lamela média, que se espessa e divide o citoplasma ao meio, isolando as células-filhas. Alguns elementos das vesículas são responsáveis pela formação dos **plasmodesmos**, canais entre uma célula e outra que possibilitam a comunicação celular.

SÍNTESE DE CARBOIDRATOS EM CÉLULAS ANIMAIS

Além de formar alguns carboidratos que compõem a parede celular (hemicelulose) e a lamela média (pectina) nas células vegetais, o complexo golgiense é o responsável por desenvolver alguns carboidratos na célula animal.

No interior das cisternas, são formados mucopolissacarídeos, um tipo de carboidrato que compõe parte do muco que recobre o estômago e o intestino.

Células intestinais, portanto, são ricas em complexos golgienses, em virtude da necessidade constante de produção e manutenção dessa substância que reveste grande parte do epitélio do trato digestório.

Todo processo de digestão celular, independente de qual natureza, tem a participação dos lisossomos.

Lisossomos

Para realizar as atividades metabólicas, as células precisam de nutrientes, mas sua absorção depende da ação de processos que consigam quebrá-los em unidades menores para que possam ser utilizados. Esse processo, no caso de organismos heterótrofos, acontece por intermédio da **digestão celular**.

A **digestão extracorpórea** é utilizada por um grupo pequeno de espécies, como alguns fungos, cujas hifas lançam enzimas digestivas para fora do corpo, sobre o substrato, para que iniciem o processo digestivo fora do próprio corpo. Elas fazem esse processo para facilitar a obtenção de nutrientes. Aranhas e escorpiões também realizam esse processo, no qual o veneno que aplicam sobre as presas tem enzimas digestivas que iniciam a hidrólise do alimento.

As digestões extra e intracelulares, ao contrário da extracorpórea, acontecem no interior do corpo dos animais. No caso da **extracelular**, ela se dá no tubo digestório, ou seja, fora da célula, por meio da atuação de enzimas digestivas que quebram o alimento em partes menores. Já a digestão **intracelular** ocorre no interior das células. Em alguns seres vivos unicelulares, como os protozoários, a digestão acontece intracelularmente. No caso do ser humano, a digestão se dá de forma extra e intracelular, em que o começo do processo ocorre nas zonas anatômicas do sistema digestivo (extracelular), quebrando o alimento e possibilitando que moléculas menores possam ser utilizadas no metabolismo, no âmago da célula (intracelular).

O conjunto de processos físicos e químicos envolvidos na transformação de grandes moléculas orgânicas provenientes dos alimentos (em compostos simples passíveis de absorção pelo organismo, para uso em processos metabólicos) constitui o parâmetro geral da digestão intracelular.

Tipos de digestão intracelular

DIGESTÃO HETEROFÁGICA

Algumas partículas são ingeridas pelas células por meio da fagocitose (no caso de partículas sólidas) ou pinocitose (no caso de partículas líquidas ou sólidas muito menores). Esse material fica reservado no “vacúolo alimentar” (fagossomo ou pinossomo). Os lisossomos, então, fundem-se ao vacúolo alimentar, transformando-se em lisossomos secundários ou vacúolos digestórios.

Essas partículas acabam digeridas por ação das enzimas digestivas e são hidrolisadas, transformando-se em moléculas menores, que passam através da membrana do vacúolo digestório e chegam ao citoplasma.

Posteriormente, essas moléculas disponibilizadas no citoplasma podem ser utilizadas em processos de obtenção de energia, na síntese de componentes estruturais das células ou em outras atividades metabólicas.

Existem algumas substâncias que não sofrem hidrólise ou não são utilizadas pelas células, permanecendo no vacúolo digestório. Quando isso acontece, o vacúolo passa a ser chamado de **corpo residual**. Este, em algum momento, funde-se à membrana plasmática e elimina seu conteúdo no meio extracelular, num processo denominado **clasmocitose** ou **defecação celular**, um tipo de exocitose.

Algumas células conseguem fagocitar e digerir bactérias, como os leucócitos presentes no sangue, conseguindo desse modo eliminar diversos agentes patogênicos e quaisquer outros elementos estranhos ao organismo, destruindo aquilo que fagocita por meio da ação de enzimas digestivas e espécies reativas de oxigênio. Por isso, são fundamentais para o sistema imunológico de muitos seres vivos.

DIGESTÃO AUTOFÁGICA

É o processo no qual há digestão de estruturas celulares que estão em desuso pertencentes à própria célula, produzidas de maneira errada ou por estarem danificadas.

Essas estruturas são englobadas pelos lisossomos primários, formando o **vacúolo autofágico** – estrutura altamente eficiente em reaproveitar a matéria orgânica. A autofagia também pode acontecer em situações de extrema desnutrição, em que a célula não recebe o suprimento necessário para sobreviver, então tenta com-

pensar a demanda “reciclando” os próprios componentes, em que parte do material presente no citoplasma é utilizado como fonte de energia. Quando esse processo persiste, podemos ter o desenvolvimento de um quadro chamado caquexia, observado principalmente em pacientes terminais ou com câncer.

Outro quadro no qual podemos observar a autofagia, mas de maneira natural, é em células de recém-nascidos. Durante as primeiras horas de vida, o bebê precisa atender à demanda nutricional sozinho, sem auxílio do cordão umbilical. Por isso, até que seu organismo possa acostumar-se com a nova condição, e o leite materno consiga desempenhar seu papel, as células do recém-nascido utilizam-se desse processo de autofagia.

MORTE CELULAR (APOPTOSE)

Em algumas circunstâncias, o processo de digestão promove a morte da célula induzida por um processo genético da própria célula, denominado **apoptose**. Há alguns genes que, em determinadas situações, são ativados e induzem à morte celular; por exemplo, a regressão da cauda do girino, a redução das membranas entre os dedos de um feto ou a destruição de células cancerígenas.

AUTÓLISE

Uma célula pode se autodestruir espontaneamente. Esse processo recebe o nome de **autólise**. Ele ocorre em células danificadas ou tecidos lesionados, pouco comum em indivíduos adultos. Na autólise muitas vezes a membrana lisossômica acaba rompida, levando ao derrame enzimático, que promove a digestão da parte orgânica da célula e sua destruição. Estas enzimas são, porém, libertadas em virtude da cessação de processos ativos na célula, e não como um processo ativo.

ROTEIRO DE AULA

RIBOSSOMOS

Retículo endoplasmático

Proteínas

Complexo golgiense

Vesículas transportadoras

Sáculos ocos que modificam e empacotam moléculas:

Cisternas

Vesículas

Com base em suas membranas, formam:

Que podem conter em seu interior:

Proteínas

Glicoproteínas

Carboidratos

Enzimas

Célula animal

Célula vegetal

Que constituem:

Mucopolissacarídeo

Lamela média

Parede celular

Acrossomo

Células secretoras

Lisossomos

ROTEIRO DE AULA

Digestão celular

Formas de digestão

Ocorre no tubo digestório

Extracelular

Ocorre no interior das células

Intracelular

Realizada por fungos e aracnídeos

Extracorpórea

Digestão de estruturas próprias:

Autofágica

Apoptose

Morte celular e autodigestão

Autólise

Positiva (natural)

Apoptose

Digestão de estruturas que entram na célula:

Heterofágica

Fagocitose

Sólidos

Pinocitose

Líquidos

Clasmocitose

Defecação celular

Negativa (destrutiva)

Silicose

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Unimontes-SP – As diferentes organelas celulares exercem distintos papéis ou funções. As características apresentadas em I, II e III referem-se a algumas delas. Analise-as.

I - Empacota e secreta proteínas.

II - Contribui para formação do espermatozoide.

III - Oxida ácidos graxos e, particularmente no fígado e nos rins, oxida substâncias potencialmente tóxicas.

Acerca das características apresentadas, é correto afirmar:

- a) I refere-se ao complexo de Golgi, e III, a mitocôndria.
- b) II refere-se ao peroxissomo, e III, ao lisossomo.
- c) I e II referem-se ao complexo de Golgi, e III ao peroxissomo.
- d) II e III referem-se ao ribossomo, e I, ao lisossomo.

8. FS-SE (adaptada) – A célula eucariótica é formada por um complexo sistema de compartimentos membranosos, que lhe permite uma maior especialização das atividades metabólicas. A organização e interação entre estes compartimentos lembram o funcionamento de uma fábrica. Comparando-se com as atividades da fábrica, quais os compartimentos membranosos com função análoga ao gerador de energia, ao setor de produção e ao setor de embalagem respectivamente:

- a) Ergastoplasma, lisossomo e centríolo.
- b) Ergastoplasma, complexo golgiense e mitocôndria.
- c) Lisossomo, centríolo e ergastoplasma.
- d) Mitocôndria, ribossomos e complexo golgiense.
- e) Mitocôndria, retículo endoplasmático e complexo golgiense.

9. UFRGS-RS – Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes ao complexo golgiense.

- () É local de síntese de lipídios e esteroides.
- () Empacota proteínas provenientes do retículo endoplasmático e as distribui para seus destinos.
- () Dá origem ao acrossomo nos espermatozoides.
- () Está ausente em células de plantas.

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

- a) V – V – F – V.
- b) V – F – V – F.
- c) F – V – V – F.
- d) F – F – V – V.
- e) V – F – F – V.

10. UFPEL-RS – Organela cuja atividade funcional está relacionada com a secreção e armazenamento de substâncias na célula:

- a) retículo endoplasmático.
- b) mitocôndria.
- c) ribossomo.
- d) complexo golgiense.
- e) lisossomo.

11. FGV-SP (adaptada) – Os lisossomos são organelas eucariotas importantes para processos vitais da célula.

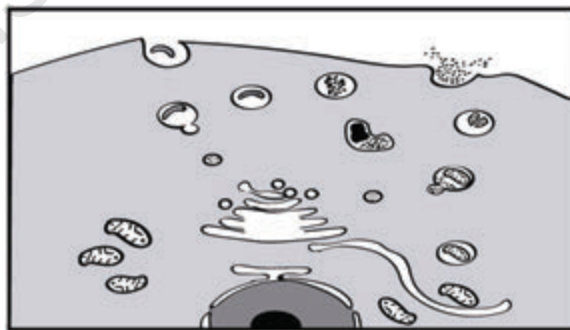
São delimitados por uma membrana semelhante à de outras organelas e ao próprio envoltório celular. Caso o conteúdo enzimático interno de todos os lisossomos seja liberado no citoplasma, ocorre então a digestão:

- a) das partículas endocitadas pelos processos de fagocitose e pinocitose, nutrindo a célula.
- b) das estruturas internas, causando a morte celular programada.
- c) das organelas envelhecidas, para a renovação dessas estruturas.
- d) do vacúolo alimentar responsável por nutrir a célula.

12. UFC-CE – Suponha que você esteja trabalhando com uma suspensão de células animais, a partir da qual você deseje isolar uma proteína. Durante a preparação, vários lisossomos sofrem ruptura. Como consequência disso, ocorreria:

- a) liberação de ácidos nucleicos, que dificultariam o isolamento da macromolécula que você está tentando obter.
- b) liberação de ATP, que facilitaria o processo de isolamento da macromolécula de seu interesse.
- c) liberação de enzimas, que poderiam digerir a macromolécula que você está tentando isolar.
- d) liberação de macromoléculas proteicas recém-sintetizadas nos lisossomos, o que aumentaria a quantidade da proteína a ser obtida.
- e) interrupção da síntese de proteínas enzimáticas nos lisossomos, diminuindo a quantidade da proteína a ser obtida.

13. UPE (adaptada) – A figura a seguir ilustra o processo de digestão intracelular, no qual estão envolvidas várias organelas celulares. Identifique as estruturas e/ou processos enumerados na figura a seguir:



- a) I - Endocitose; II - Peroxissomo; III - Retículo endoplasmático rugoso; IV - Vacúolo digestivo; V - Fagossomo; VI - Exocitose.
- b) I - Fagocitose; II - Lisossomo; III - Complexo de Golgi; IV - Vacúolo autofágico; V - Corpo residual; VI - Clasmocitose.
- c) I - Pinocitose; II - Vacúolo; III - Retículo endoplasmático liso; IV - Mitocôndria; V - Fagossomo; VI - Autofagia.
- d) I - Fagossomo; II - Grânulo de inclusão; III - Retículo endoplasmático liso; IV - Mitocôndria; V - Heterofagia; VI - Clasmocitose.

14. Sistema Dom Bosco – As células do corpo humano, conforme sua função, se especializam em desempenhar atividades específicas, com organelas citoplasmáticas "superespecializadas", portanto.

Sendo assim, em se tratando de fibras musculares e células pancreáticas, é esperado a presença, respectivamente, de um grande número de:

- a) mitocôndrias e complexos golgienses.
- b) lisossomos e mitocôndrias.
- c) mitocôndrias e citoesqueletos.
- d) citoesqueletos e vacúolos.
- e) complexos golgienses e peroxissomos.

15. Cesgranrio-RJ – Que descrição melhor explica o mecanismo da digestão intracelular, subsequente ao processo de fagocitose exibido por certos protozoários?

- a) Inicialmente, a substância a ser incorporada adere à superfície celular; surgem a seguir depressões da membrana do citoplasma, que resultam em vesículas, as quais penetram no fluido intracelular e se associam aos lisossomos secundários, para a digestão final.
- b) Partículas microscópicas são incorporadas ao citoplasma por meio da formação de pseudópodos; constitui-se em torno delas um vacúolo que passa ao citoplasma, e que posteriormente se funde com o lisossoma primário, aí ocorrendo a digestão intracelular.
- c) Inicialmente são emitidas projeções do citoplasma, que envolvem gotículas do meio extracelular, constituindo vacúolos de conteúdo líquido; esses vacúolos são envolvidos por numerosos microfilamentos, e seu conteúdo é gradativamente eliminado para o citoplasma para excreção.
- d) Substâncias ou partículas do meio extracelular são circunscritas por pseudópodos emitidos pelo protozoário; o material estranho é incorporado ao citoplasma, onde é imediatamente submetido à ação das enzimas autofágicas; os resíduos da digestão são incorporados em lisossomos e constituem os corpos residuais da digestão.
- e) A primeira etapa corresponde à aderência da partícula extracelular à superfície do protozoário; em seguida, a partícula é ativamente transportada através da membrana plasmática; ao penetrar no citoplasma, recebe um invólucro de membranas lisossômicas, onde se

encontram as enzimas digestivas; a digestão se processa então no interior do vacúolo assim formado.

16. UFPA – O aspecto comum do complexo golgiense, em células animais, deduzido através de observações ao microscópio eletrônico, é de:

- a) vesículas formadas por dupla membrana, sendo a interna sem granulações e com dobras voltadas para o interior.
- b) membrana granulosas delimitando vesículas e sacos achatados que se dispõem paralelamente.
- c) um complexo de membranas formando tubos anastomosados, com dilatações em forma de disco.
- d) sacos e vesículas achatados, formados por membrana dupla em que a interna, cheia de grânulos, emite prolongamento para o interior em forma de dobras.
- e) membranas lisas, delimitando vesículas e sacos achatados que se dispõem paralelamente.

17. UFPR – Lisossomos são organelas importantes nos processos de digestão intracelular. Possuem enzimas que catalisam a hidrólise de praticamente todos os tipos de macromoléculas. Essas enzimas funcionam em pH ácido (em torno de 5), que é o pH encontrado no interior dessas vesículas. Sobre os lisossomos, responda:

- a) Qual o nome geral dado às enzimas digestivas que ficam em seu interior?

- b) Qual a importância, para a “saúde” da célula, de que essas enzimas funcionem bem apenas em pH ácido?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C5-H17

As células vegetais são formadas por uma parede celular rígida, composta basicamente de celulose, um carboidrato com propriedades físico-químicas tais como plasticidade, elasticidade, resistência a tensão e decomposição por microrganismos, higrofilia, transparência etc. Em vegetais mais jovens, essa parede é fina e elástica, por isso denominada parede primária. Já nas células adultas ocorre um espessamento, que pode formar uma parede secundária, composta de lignina, hemicelulose e suberina. A formação dessa parede secundária não é uniforme, o que pode ser constatado por locais onde ocorre interrupção da sua formação, as chamadas pontuações. Nas células adultas onde ocorre um espessamento proeminente da parede secundária o lúmen celular fica reduzido. Entre uma célula e outra temos a lamela média, formada por uma fina camada de pectatos de cálcio. Essa lamela média funciona como um cimento, unindo as células.

A lamela média é uma estrutura produzida no:

- a) reticulo endoplasmático granuloso.
- b) reticulo endoplasmático granuloso.
- c) complexo golgiense.
- d) lisossomo.
- e) peroxissomo.

19. Sistema Dom Bosco

C4-H14

A doença de Tay-Sachs é uma doença genética rara, autossômica recessiva. Na sua variante mais comum (Tay-Sachs infantil), provoca uma deterioração progressiva das células nervosas e de habilidades físicas e mentais, a qual começa nos primeiros meses de vida e geralmente resulta em morte em torno dos quatro anos de idade. A doença de Tay-Sachs se deve à insuficiência da hexosaminidase A, uma enzima hidrolítica vital, encontrada nos lisossomos, que decompõe glicolipídios [...].

<<http://www.abc.med.br/p/sinais-sintomas-e-doencas/819889/conheca+a+doenca+de+tay+sachs.htm>>. Acesso em: jul. 2018.

Dentro deste contexto, assinale a alternativa correta.

- a) A enzima hexosaminidase A (hex A) é sintetizada no retículo endoplasmático liso, porém, nos indivíduos homocigotos recessivos para a doença, a organela não consegue sintetizar a enzima corretamente, o que provoca enzimas anormais.
- b) Os portadores dos alelos recessivos não conseguem produzir os lisossomos, de forma que a enzima hex A fique abundante no citosol da célula, degradando as organelas citoplasmáticas.
- c) Aqueles que possuem a doença de Tay-Sachs possuem um defeito no gene codificador das vesículas de transporte, fazendo com que haja carência dessas estruturas na célula e que a hex A não consiga chegar ao complexo golgiense.
- d) O indivíduo precisa apresentar dois alelos recessivos, o que faz com que a síntese da enzima hex A fique comprometida. O mau funcionamento das enzimas dos lisossomos faz com que haja um acúmulo de lipídios no cérebro, provocando lesões graves e irreversíveis.
- e) Nos indivíduos portadores da doença, há um defeito no funcionamento do complexo golgiense, tornando impossível que a enzima hex A seja secretada para fora das células nervosas.

20. Enem

C5-H17

O complexo golgiense também tem a função de síntese, produzindo alguns tipos de polissacarídeos, como a hemicelulose presente na parede celular de plantas e os carboidratos das glicoproteínas.

Sobre os processos de síntese realizados pelo complexo golgiense, assinale a afirmativa correta.

- a) O complexo golgiense participa da síntese de enzimas responsáveis por quebrar as moléculas que constituem a parede celular, para que a célula possa se dividir.
- b) Vesículas providas do complexo golgiense irão liberar enzimas para a formação de poros na lamela média, para que haja a comunicação através dos plasmodesmos.
- c) O complexo golgiense contribui para o processo de divisão celular vegetal através da produção de vesículas capazes de fagocitar os restos celulares gerados no final do processo.
- d) O complexo golgiense irá participar da divisão celular, em que vesículas de secreção se acumulam na região central do citoplasma e se fusionam, formação de uma película rica em pectina conhecida como lamela média.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOMINGOS

RESPIRAÇÃO AERÓBIA É ANAERÓBIA

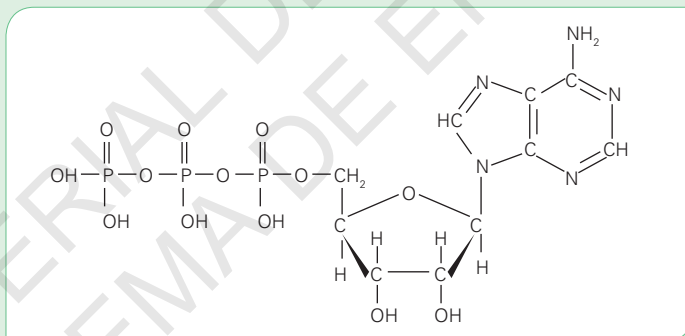
ENERGIA PARA OS SERES VIVOS

A Bioenergética é a área da Biologia que estuda como são realizadas as transformações de energia nos seres vivos. A vida na Terra depende do Sol, considerada fonte primária de energia que se transformará em energia química por meio da fotossíntese. Para que aconteça essa transformação, as células vegetais captam a luz do Sol e convertem H_2O (água) e CO_2 (gás carbônico) em glicose, amido e outras moléculas orgânicas ricas em energia, liberando O_2 (gás oxigênio) na atmosfera. As células animais irão degradar as moléculas orgânicas para obter e depois armazenar essa energia em moléculas de **ATP** (adenosina trifosfato), liberando CO_2 e água.

Os alimentos fornecem a energia necessária para realizar todas as atividades. Isso porque, em algum momento, a energia foi captada na forma de fótons de luz solar e armazenada em moléculas de amido, que mais tarde se tornarão constituintes desses alimentos. Contudo, a energia contida na molécula de ATP não pode ser utilizada diretamente nos processos energéticos, uma vez que boa parte dela é transformada em calor, sendo assim danosos às células. Por isso, essa transferência de energia acontece por meio de diversos processos de transformação bioenergética.

ATP, A MOLÉCULA ENERGÉTICA

A molécula de adenosina trifosfato (ATP) é formada por uma adenina, uma ribose e três grupos de fosfatos, conforme representado na fórmula a seguir.



Fórmula estrutural da molécula ATP.

As ligações que unem os grupos fosfato adicionais são ricas em energia e podem ser desfeitas por **reações de hidrólise**, que fazem com que a molécula de ATP se converta em ADP (adenosina difosfato), liberando grupos fosfato e energia para as células.



A remoção de mais de um grupo fosfato da molécula de ADP resulta em um monofosfato de adenosina (AMP), liberando uma quantidade menor de energia.



- Energia para os seres vivos
- ATP, a molécula energética
- Respiração aeróbica e mitocôndrias
- Respiração anaeróbica
- Comparação entre respiração aeróbica, respiração anaeróbica e fermentação

HABILIDADES

- Identificar as transformações de energia no metabolismo celular.
- Reconhecer respiração aeróbica como um processo do metabolismo celular energético.
- Identificar os principais organismos capazes de fazer respiração aeróbica.
- Compreender a importância do processo de respiração aeróbica para a manutenção bioenergética dos seres vivos.
- Reconhecer respiração anaeróbica e fermentação como processos do metabolismo celular energético.
- Identificar os principais organismos capazes de realizar fermentação.
- Diferenciar as respirações aeróbica e anaeróbica.
- Compreender a importância do processo de fermentação para a indústria e a economia.

A célula pode armazenar a energia em moléculas de ATP, incorporando um fosfato na molécula de ADP, reação denominada **fosforilação**. As células fotossintetizantes utilizam a luz nesse processo. Quando a energia é proveniente da oxidação de moléculas orgânicas, o processo é chamado **fosforilação oxidativa**.

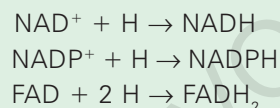
A hidrólise e a fosforilação podem ocorrer simultaneamente, de maneira que a energia liberada em uma seja armazenada pela outra. Quando isso acontece, chamamos de **reações acopladas**, como quando a glicose é oxidada, transferindo energia para a molécula de ATP.

TRANSPORTADORES DE HIDROGÊNIO: NAD⁺, NADP⁺ E FAD

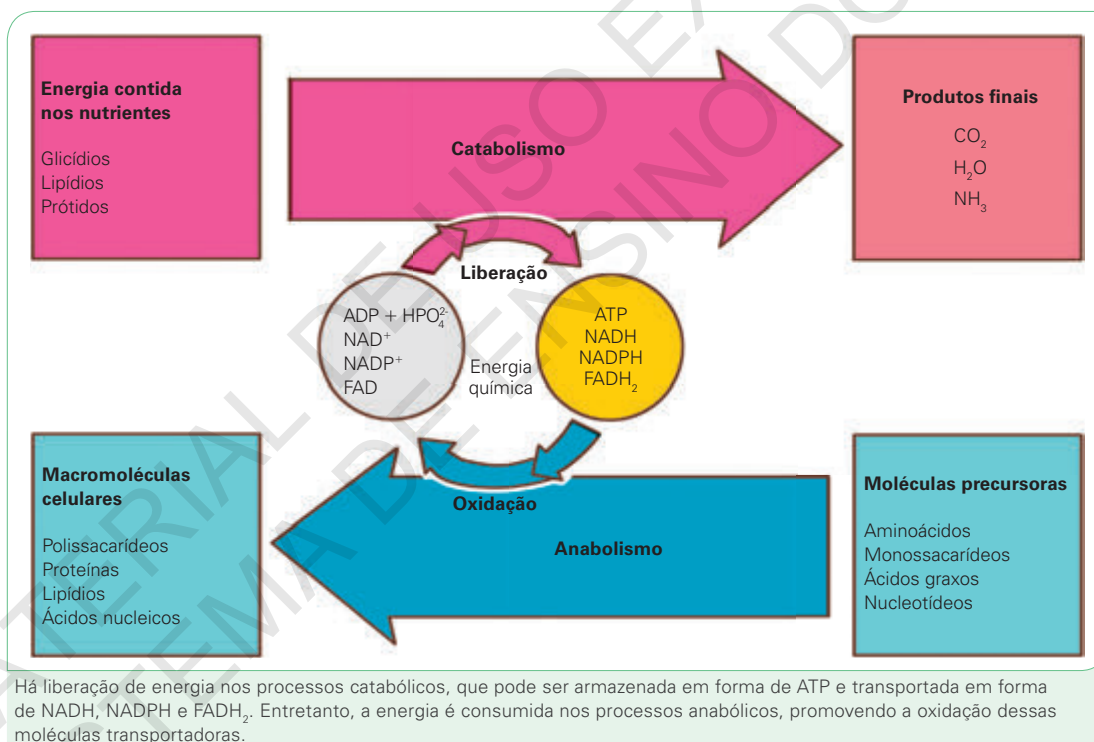
As reações químicas que transferem elétrons são denominadas **reações de oxirredução**, pois o reagente que é oxidado perde elétrons e o que ganha é reduzido. Esse processo faz com que a perda de elétrons libere energia e o ganho de elétrons promove o ganho dela.

Durante os processos de síntese e degradação de moléculas orgânicas, há muitas reações com liberação

de elétrons e de átomos de hidrogênio (H⁺), que são captados por substâncias chamadas **transportadoras de hidrogênio**. As formas oxidadas são o NAD⁺, NADP⁺ e FAD. Eles são nucleotídeos associados às vitaminas nicotinamida e riboflavina, respectivamente, de forma que são denominados nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD), nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP) e flavina adenina dinucleotídeo (FAD). Ao receberem elétrons e hidrogênios, NAD⁺, NADP⁺ e FAD tornam-se reduzidos.



Embora NAD⁺ e NADP⁺ sejam semelhantes, atuam em processos distintos, o primeiro atua nos processos **catabólicos** (como a fermentação e a respiração, quebrando moléculas para obtenção de energia) e o segundo atua em processos **anabólicos** (como a fotossíntese e a quimiossíntese, que sintetizam moléculas e absorvem energia).



RESPIRAÇÃO AERÓBIA E MITOCÔNDRIAS

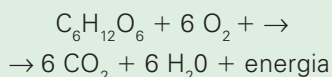
Quando se fala em respiração, é comum as pessoas a associarem com as trocas gasosas realizadas entre os indivíduos e o ambiente por meio das brânquias, pele e pulmões, ao eliminar CO₂ e obter O₂. Entretanto, o processo de respiração forma de obtenção de energia com base na síntese de ATP, proveniente da degradação

da molécula de glicose por um processo denominado **respiração celular**. Existem dois tipos de respiração celular: a **aeróbia** (realizada na presença de oxigênio) e a **anaeróbia** (realizada na ausência do oxigênio).

RESPIRAÇÃO AERÓBIA

A respiração aeróbia adquire energia pela degradação completa da glicose, com a obtenção final de **36 ou 38 ATP**.

Observe a equação geral da respiração aeróbia:



Em organismos eucariotos, a respiração aeróbia ocorre no hialoplasma e nas mitocôndrias. Já em seres procaríotos acontece no citosol, resultando em **38 ATP**.

Mitocôndrias e a respiração aeróbia

As mitocôndrias estão presentes em uma das etapas da respiração aeróbica. Elas são organelas encontradas nas células eucarióticas, variando entre 1 000 e 50 000 por célula. Possuem ribossomos, DNA próprio e conseguem se autoduplicar.

A mitocôndria é delimitada por dupla membrana lipoproteica, de maneira que a membrana externa é lisa e a interna é composta de numerosas pregas denominadas **cristas mitocondriais**. Quanto mais a célula for ativa, maior será o número de mitocôndrias presentes. O espaço interno da mitocôndria é denominado **matriz mitocondrial**.

As atividades mitocondriais associam-se ao metabolismo energético das células e à produção de ATP de forma compartimentalizada, por ocorrerem em parte na matriz parte junto às cristas.

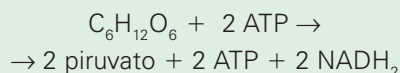
ETAPAS DA RESPIRAÇÃO AERÓBIA

A respiração aeróbia divide-se em quatro etapas: glicólise, formação do Acetil CoA (ou etapa intermediária), ciclo de Krebs e cadeia respiratória.

Glicólise

No **hialoplasma** ou no **citosol** acontece a quebra da molécula de glicose (composta de 6 carbonos), dando origem a duas moléculas de piruvato ou ácido

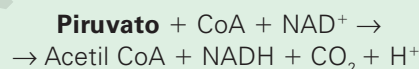
pirúvico (compostas de 3 carbonos cada uma) e quatro moléculas de ATP. O resultado desse processo é duas moléculas de ATP (visto que dois ATP são consumidos para iniciar a reação) e átomos de hidrogênio ricos em energia, que serão recolhidos pelo cofator NAD, transformando-se em NADH_2 .



Os piruvatos são essenciais no metabolismo celular, já que podem ser usados tanto nos processos aeróbios como nos anaeróbios. O oxigênio é o fator determinante de qual via o piruvato seguirá. Em condições aeróbias, o piruvato é degradado em CO_2 e H_2O na respiração. Já na ausência de oxigênio, é parcialmente degradado durante a fermentação.

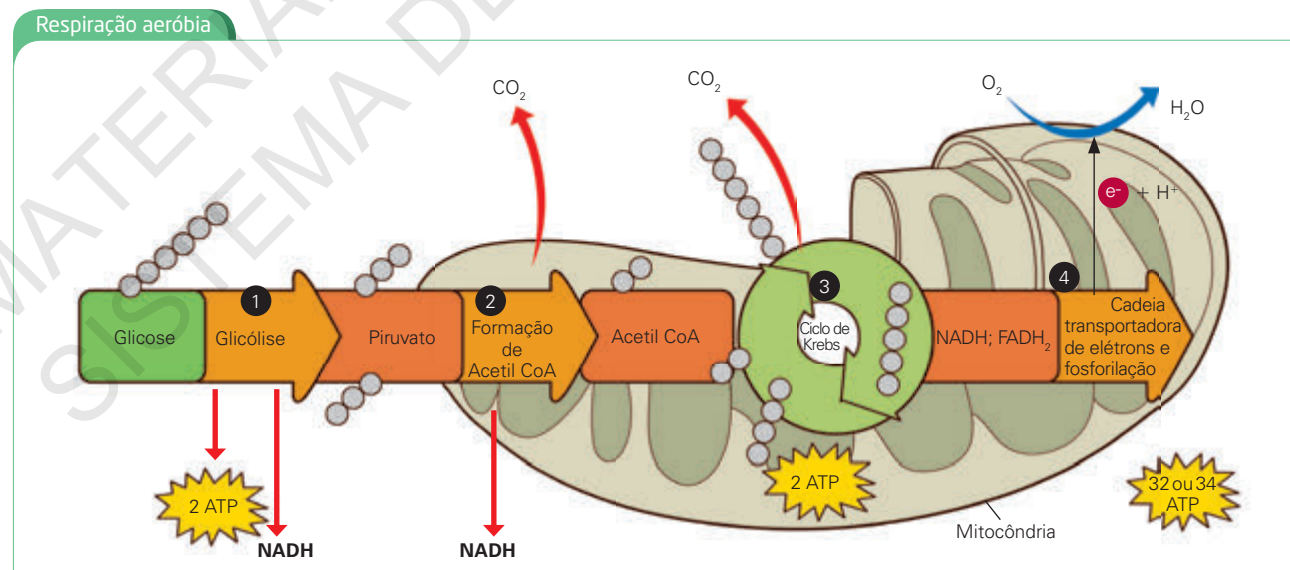
FASE INTERMEDIÁRIA: FORMAÇÃO DO ACETIL CoA

Na fase intermediária estabelecida entre a glicólise e o ciclo de Krebs, o piruvato originado entra na **matriz mitocondrial** e é transformado em acetil, reagindo com a coenzima A (CoA-SH), formando **Acetil CoA** (uma molécula de 2 carbonos). Durante esse processo, são liberadas uma molécula de CO_2 e uma de hidrogênio (ligado a NADH_2).



Ciclo de Krebs

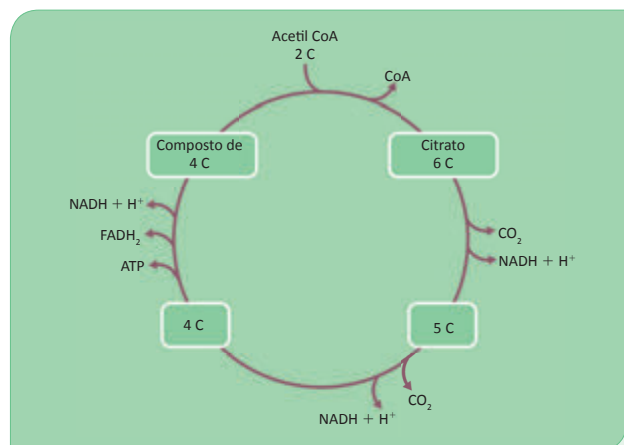
O ciclo de Krebs é também conhecido como **ciclo do ácido cítrico**. Nesta etapa, o Acetil CoA formado na etapa intermediária combina-se com o oxalacetato



Visão geral das etapas da respiração aeróbia, enfatizando os locais onde cada uma delas ocorre. A glicólise ocorre no hialoplasma, enquanto a formação de Acetil CoA e o ciclo de Krebs ocorrem na matriz mitocondrial e a cadeia respiratória ocorre nas cristas mitocondriais. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

(composto de 4 carbonos) na matriz mitocondrial, dando origem ao citrato e liberando a coenzima A. Ao longo do ciclo, o citrato perde carbonos, produzindo CO_2 e moléculas de hidrogênio. Estes últimos são captados por NAD e FAD. Por fim, o composto de 4 carbonos é formado novamente, reiniciando o ciclo.

Como foram formados 2 piruvatos na glicólise, e consequentemente 2 acetil-CoA na fase intermediária, o rendimento geral dessa etapa é de 2 moléculas de ATP. Além disso, são liberados CO_2 , ATP, NADH_2 e FADH_2 .

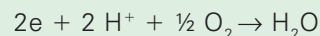


Esquema que representa o Acetil CoA se combinando como oxalacetato e dando início ao ciclo de Krebs.

Cadeia respiratória

Esta etapa, também conhecida como cadeia transportadora de elétrons, ocorre nas **cristas mitocondriais** e é basicamente o estágio em que os hidrogênios transportados por NAD^+ e FAD^+ se unem ao oxigênio, produzindo moléculas de água e ATP. À medida que as moléculas de hidrogênio são transferidas ao longo da cadeia respiratória, ocorre liberação de elétrons excitados, os quais são captados por vários transportadores intermediários (proteínas) denominados **citocromos**. Na passagem de elétrons pela cadeia respiratória, há liberação de energia suficiente para que uma molécula de ADP se ligue a mais um fosfato, originando um ATP. Por conta disso, esse processo é chamado de **fosforilação oxidativa**.

Ao final da passagem pelos componentes da cadeia respiratória, os elétrons são recolhidos junto aos íons H^+ pelo oxigênio, formando moléculas de água.



O oxigênio em questão é proveniente do ambiente e é o receptor final de hidrogênio. A falta de oxigênio impede que os elétrons sejam removidos do complexo de citocromos, cessando a produção de ATP e, consequentemente, promove morte celular.

BALANÇO ENERGÉTICO DA RESPIRAÇÃO AERÓBIA

Ao longo das etapas da respiração aeróbia, foram produzidas diretamente 2 moléculas de ATP na etapa da glicólise, bem como no ciclo de Krebs, totalizando 4 moléculas de ATP. Cada molécula de NADH_2 libera energia suficiente para formar 3 moléculas de ATP, assim como cada molécula de FADH_2 libera energia para produzir 2 moléculas de ATP.

Na glicólise, foram produzidas 2 moléculas de NADH_2 , que posteriormente produzem 6 ATP na cadeia respiratória, bem como na etapa intermediária, totalizando 12 moléculas de ATP.

No ciclo de Krebs, são produzidas 6 moléculas de NADH_2 , que posteriormente produzem 18 moléculas de ATP. Além disso, são produzidas 2 moléculas de FADH_2 , que posteriormente produzem 4 ATP. Dessa forma, são produzidos ao todo **38 ATP**.

Entretanto, algumas células eucarióticas como as da musculatura esquelética humana e algumas do cérebro, têm como saldo energético o total de 36 ATP por molécula de glicose degradada. Isso acontece devido a um mecanismo relacionado à entrada de NADH na mitocôndria, no qual há gasto de 1 ATP por NADH. Como são 2 NADH produzidos na glicólise por molécula de glicose, o custo total é de 2 ATP. Por isso, dependendo da célula eucariótica, o saldo total de ATP pode ser de 36 ou 38 ATP.

Balanco energético da respiração aeróbia

Etapa	Produz	Gasta	Ocorrência	ATP na cadeia respiratória	Saldo (ATP)
Glicólise	4 ATP	2 ATP	1 vez	-	2
	2 NADH_2	-	1 vez	3 ATPs	6
Formação do acetil	1 NADH_2	-	2 vezes	3 ATPs	6
Ciclo de Krebs e cadeia respiratória	3 NADH_2	-	2 vezes	3 ATPs	18
	1 FADH_2	-	2 vezes	2 ATPs	4
	1 ATP	-	2 vezes	-	2
Total					38

Respiração anaeróbia

A respiração anaeróbia (do grego *an* = sem, *aeros* = ar e *bios* = vida) é aquela na qual não há presença de oxigênio. Os seres anaeróbios obtêm energia por meio da oxidação (quebra) de moléculas orgânicas, liberando íons H^+ . Como o oxigênio está ausente para formar moléculas de água, quando se une aos íons H^+ , pode ocorrer acidificação do citosol. Para que isso não aconteça, certas substâncias se transformam em aceptoras finais dos íons H^+ .

Algumas bactérias conseguem quebrar as moléculas orgânicas nessas condições de forma semelhante à respiração aeróbia. No entanto, vale ressaltar que os aceptores finais dos íons H^+ são compostos inorgânicos, como o sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-) e o carbonato (CO_3^{2-}), sendo retirados por eles do meio intracelular, evitando que haja acidose no protoplasma. É importante lembrar que a respiração anaeróbia realizada por bactérias que utilizam nitrato e sulfato como aceptores finais é essencial para os ciclos do nitrogênio e do enxofre existentes na natureza.

A produção de ATP durante a respiração anaeróbia pode variar dependendo do microrganismo que a realiza e da via metabólica. Em geral, a produção de ATP é muito baixa quando comparada à respiração aeróbia. Por conta disso, seres anaeróbios tendem a crescer mais lentamente do que os seres aeróbios.

FERMENTAÇÃO

A fermentação é um processo anaeróbio que ocorre no citosol. Basicamente, os hidrogênios liberados são recolhidos por compostos orgânicos derivados da degradação da glicose. Esse processo ocorre em fungos, bactérias e nas células musculares de vertebrados, como os humanos, em situações de contração intensa, em que é gerado o ácido láctico.

As bactérias fermentadoras que se localizam em regiões onde a concentração de oxigênio é próxima a zero são denominadas **anaeróbios estritos**, como o *Clostridium tetani*, causador do tétano. Para esses seres vivos, o gás oxigênio é letal.

Existem também os organismos **anaeróbios facultativos**, que realizam a fermentação quando não há oxigênio, e a respiração aeróbia, quando há. É o caso de diversas bactérias e fungos, como a *Saccharomyces cerevisiae* (levedura).

O processo de fermentação inicia-se com a glicólise, quando a molécula de glicose é quebrada em duas moléculas de piruvato, liberando duas moléculas de ATP. Em seguida, o piruvato segue a via anaeróbia e é degradado em outras substâncias orgânicas, como o álcool etílico (na fermentação etílica), ácido láctico (na fermentação láctica) e ácido acético ou vinagre (na fermentação acética).

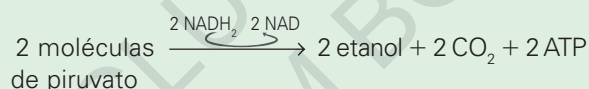
Fermentação alcoólica

A fermentação alcoólica é realizada principalmente por bactérias e leveduras, como a espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Como produtos, são produzidos álcool etílico, gás carbônico e ATP.

A principal finalidade da fermentação é a produção de ATP, uma vez que a degradação de moléculas orgânicas gera energia. O CO_2 e o álcool etílico são eliminados da célula por serem tóxicos.



Durante a redução do piruvato são empregados os átomos de hidrogênio incorporados pelo $NADH_2$, dando origem ao álcool etílico. O saldo desse processo é de 2 ATP para a célula.

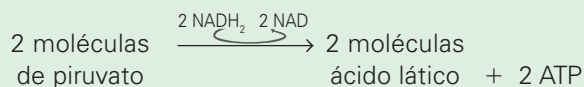


A cerveja é um produto da fermentação alcoólica, produzida por meio da fermentação do suco de cevada. O suco da cana-de-açúcar, fermentado e destilado, produz o álcool etílico utilizado como combustível e na produção de cachaça.

O pão e o vinho também são produtos da fermentação alcoólica. Nesse caso, o CO_2 produzido durante a fermentação é incorporado na massa em pequenas câmaras, provocando seu crescimento. O calor necessário para assar a massa faz com que as paredes dessas câmaras enrijeçam, dando o aspecto alveolar característico, e o álcool evapora.

Fermentação láctica

Na fermentação láctica, são produzidas duas moléculas de ATP a cada molécula de glicose oxidada por bactérias do tipo bacilo. As etapas são similares à da fermentação alcoólica, com a diferença de que o produto final da fermentação láctica é o **ácido láctico** e não ocorre descarboxilação do piruvato, ou seja, não há liberação de moléculas de CO_2 .



Ao realizar uma atividade física muito intensa, como correr após meses sem se exercitar, o oxigênio torna-se insuficiente para sustentar a respiração aeróbia nas células musculares e liberar a energia necessária. Assim, para contornar essa insuficiência energética, as células degradam parte da glicose em ácido láctico por meio da fermentação láctica, que gera energia na forma de ATP, mas também duas moléculas de ácido láctico.

A sensação de dor muscular, característica desse processo de fermentação, deve-se ao acúmulo dessa substância no interior da fibra muscular. Após encerrar a atividade física, o ácido láctico é conduzido pela corrente sanguínea ao fígado, onde é convertido novamente em ácido pirúvico e continua a ser degradado pela respiração aeróbia.

O vinagre é produto da fermentação acética.

Além do vinagre, existem outros produtos obtidos por meio de diferentes tipos de fermentação:

Produto final da fermentação	Uso industrial ou comercial	Material inicial	Tipo de microrganismo
Ácido propanoico ou ácido propiônico	Herbicida/conservante	Ácido láctico	Bactéria
Acetona e butanol	Uso farmacêutico e industrial	Melaço	Bactéria
Glicerol	Uso farmacêutico e industrial	Melaço	Fungo
Ácido cítrico	Uso alimentício e farmacêutico	Melaço	Fungo
Metano	Combustível	Ácido acético	Bactéria
Sorbose	Vitamina C (ácido ascórbico)	Sorbitol	Bactéria

Fonte: TORTORA et al. *Microbiologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. (Adaptado)

Comparação entre respiração aeróbia, respiração anaeróbia e fermentação

Processo de produção de energia	Condições de crescimento	Aceptor final de hidrogênio (elétrons)	Número de moléculas de ATP produzido por molécula de glicose
Respiração aeróbia	Aerobiose	O_2	38
Respiração anaeróbia	Anaerobiose	Normalmente substâncias inorgânicas (como NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-})	Variável (menor que 38, mas maior que 2)
Fermentação	Aerobiose ou anaerobiose	Molécula orgânica	2

Fonte: TORTORA et al. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 137. (Adaptado)

ROTEIRO DE AULA

Respiração celular

Presença de O₂

Ausência de O₂



Equação
geral

Aeróbia

Anaeróbia

Etapas:

Local:

Produz:

**Gasto em
ATP:**

**Saldo em
ATP:**

Glicólise

Hialoplasma

4 ATPs

2 ATPs

2 ATPs

**Formação do
Acetil CoA**

Matriz
mitocondrial

1 NADH₂

0 ATP

6 ATPs

Ciclo de Krebs

Matriz
mitocondrial

3 NADH₂
1 FADH₂
1 ATP

0 ATP

24 ATPs

**Cadeia
respiratória**

Cristas mitocondriais

ROTEIRO DE AULA

RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA

Necessita de O₂?

Não

Degrada:

Moléculas orgânicas

Libera:

Elétrons

Fermentação

Duas etapas

Glicólise

Redução do piruvato

Tipos

Alcoólica

Realizada por:

Leveduras

Produtos

Álcool etílico

CO₂

2 ATP

Lática

Realizada por:

Bactérias e células

musculares

Produtos

Ácido láctico

2 ATP

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UEMA – A maioria dos seres vivos obtém energia necessária para a realização de seus processos vitais por meio da quebra da molécula de glicose. A energia liberada resultante dessa degradação é tão grande que mataria a célula se fosse realizada de uma única vez. Essa degradação ocorre em etapas denominadas

- a) glicólise, ciclo do ácido cítrico e cadeia respiratória.
- b) cadeia respiratória, ciclo do ácido cítrico e glicose.
- c) gliconeogênese, glicólise e ciclo do ácido cítrico.
- d) glicose, gliconeogênese e cadeia respiratória.
- e) ciclo do ácido cítrico, glicose e glicólise.

As etapas da respiração aeróbia são: glicólise, ciclo do ácido cítrico (ou ciclo de Krebs) e cadeia respiratória.

2. UnB-DF (adaptada) C4-H15

A fermentação é um dos processos biológicos que a humanidade utiliza há mais tempo na preparação de alimento. A respeito desse processo, é correto afirmar que

- a) a fermentação é um tipo de respiração que consome oxigênio livre.
- b) vírus e protozoários são usados frequentemente na fermentação industrial.
- c) iogurtes e queijos são produzidos a partir da fermentação láctica.
- d) a adenosina trifosfato (ATP), liberada durante a fermentação do trigo, faz com que o pão cresça.
- e) a cachaça e o álcool combustível são obtidos pela fermentação dos açúcares presentes na uva.

A alternativa A está incorreta porque a fermentação ocorre na ausência de oxigênio. A alternativa B está incorreta porque os organismos utilizados na fermentação são bactérias e fungos. A alternativa D está incorreta porque o CO_2 é liberado por meio da quebra da glicose, que permite à massa do pão crescer durante a fermentação alcoólica. A alternativa E está incorreta porque a cachaça e o álcool são provenientes da fermentação do açúcar presente na cana-de-açúcar.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

3. UERJ (adaptada) – As células musculares presentes nas asas das aves migratórias possuem maior concentração de determinada organela, se comparada às células musculares do restante do corpo. Esse fato favorece a utilização intensa de tais membros por esses animais. Cite que organela é essa e explique como ela pode favorecer a intensa utilização muscular.

A organela é a mitocôndria e ela pode favorecer a intensa atividade muscular nas asas por ser responsável pela produção de energia através da respiração aeróbia celular, gerando 38 ATPs por molécula de glicose consumida.

4. UFAC – A maioria dos seres vivos atuais obtém energia por meio da respiração celular, também chamada respiração aeróbia por utilizar o oxigênio atmosférico. Esse tipo de respiração compõe-se de três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. Indique corretamente em quais compartimentos da célula ocorrem, respectivamente, as diferentes etapas da respiração.

- a) Citosol, mitocôndria, mitocôndria.
- b) Citosol, citosol, mitocôndria.

- c) Mitocôndria, mitocôndria, citosol.
- d) Mitocôndria, citosol, mitocôndria.
- e) Citosol, mitocôndria, citosol.

A glicólise ocorre no citosol; o ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial e a cadeia respiratória ocorre nas cristas mitocondriais.

5. Udesc – Assinale a alternativa correta quanto à respiração celular.

- a) Uma das etapas da respiração celular aeróbia é a glicólise, ocorre na matriz mitocondrial e produz Acetil CoA.
- b) A respiração celular aeróbia é um mecanismo de quebra de glicose na presença de oxigênio, produzindo gás carbônico, água e energia.
- c) O ciclo de Krebs é uma das etapas da respiração celular, ocorre no citoplasma da célula e produz duas moléculas de ácido pirúvico.
- d) A etapa final da respiração celular é a glicólise, ocorre na membrana interna da mitocôndria e produz três moléculas de NADH_2 , uma molécula de FADH_2 e uma molécula de ATP.
- e) A cadeia respiratória é a etapa final da respiração celular e ocorre no citoplasma da célula, produzindo glicose e oxigênio.

A alternativa A está incorreta porque a glicólise produz ácido pirúvico. A alternativa C está incorreta porque ocorre na matriz mitocondrial e produz NADH_2 , FADH_2 , CO_2 e ATP. A alternativa D está incorreta porque a etapa final é a cadeia respiratória, produzindo ATPs a partir de NADH_2 e FADH_2 oriundos das etapas anteriores. A alternativa E está incorreta porque essa etapa ocorre nas cristas mitocondriais e produz ATP e água.

6. Sistema Dom Bosco – Determinada molécula foi a engenhosa solução oferecida pela natureza e pela evolução para compor um sistema simples, rápido e robusto de troca de energia. Em alguns processos metabólicos, são gerados, como, saldo final, apenas duas dessas moléculas.

Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/donafi/fitocondrias/mitocondrias04.htm>>. Acesso em: nov. 2018.

Identifique essa molécula e explique em quais processos ela pode ser produzida com esse saldo final.

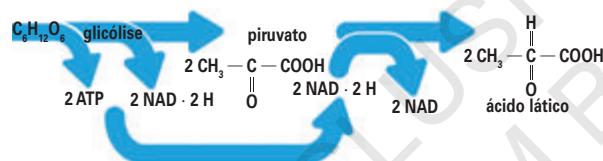
A molécula responsável pela troca de energia é a adenosina trifosfato (ATP), capaz de carregar energia em sua estrutura. Ela pode ser produzida com saldo final de duas moléculas nos processos de fermentação láctica e fermentação alcoólica.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

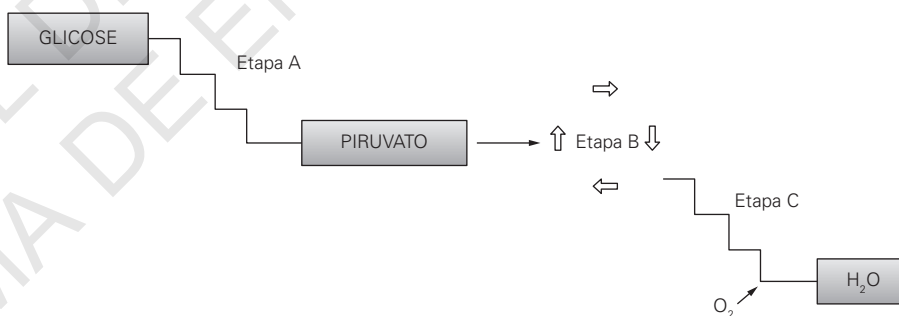
7. IFTO – Na cadeia respiratória, há transferência de elétrons de um citocromo para outro, esse processo implica a liberação de energia. Por quem é capturada essa energia? E quem é oceptor final de elétrons?

- Pelo ADP; o NAD.
- Pelo ATP; o FAD.
- Pelo ATP; o oxigênio.
- Pelo ADP; o oxigênio.
- Pelo ATP; o NAD.

8. Uniube-MG – A figura abaixo ilustra uma parte importante do metabolismo da glicose, conhecida como fermentação láctica. Analise-a e, com os conhecimentos sobre o assunto, assinale a alternativa correta.



- O processo de fermentação láctica ocorre unicamente no músculo, quando o oxigênio não é suficiente para a produção aeróbica de energia.
- O processo de fermentação láctica é realizado por certos tipos de bactérias, tais como os lactobacilos, e é a base do processo de produção de iogurtes e coalhadas.
- O processo de fermentação láctica ocorre mesmo nas células musculares que estejam recebendo suprimento suficiente de oxigênio, pois é o único modo de o músculo obter energia.
- O processo de fermentação láctica pode ocorrer em qualquer tecido do corpo humano, mas sempre na ausência de oxigênio.
- O processo de fermentação láctica pode ocorrer em qualquer tecido do corpo humano, independentemente do suprimento de oxigênio para esses tecidos.

9. Unifor-CE

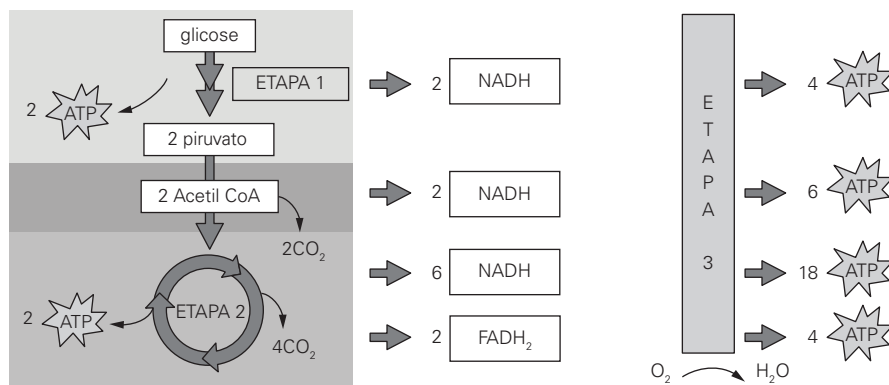
Observando o esquema acima, avalie as afirmações que se seguem:

- A etapa anaeróbica do processo de degradação da glicose, que acontece no citosol.
- A maior parte do NADH é produzida no interior da mitocôndria durante a etapa B.
- A síntese da maior parte do ATP está acoplada à redução das moléculas de NADH e $FADH_2$, que se transformam em NAD^+ e FAD, respectivamente, e ocorre durante a etapa B.
- A etapa C ocorre nas cristas mitocondriais e produz maior quantidade de ATP do que a etapa B.

É correto apenas o que se afirma em:

- I e II
- I e III
- II e IV
- I, II e IV
- II, III e IV

10. UPF-RS (adaptada) – Considere a figura abaixo, a qual representa, de forma esquemática, um importante processo da fisiologia celular. Com base na análise da figura, cite e explique o que acontece na etapa 3.



Disponível em: <<http://epartfoliosusana.webnode.pt/>>. Acesso em: 16 abr. 2014.

11. UFT-TO – A energia necessária para que ocorra a contração muscular é proveniente da quebra do ATP (adenosina trifosfato) disponível no citoplasma das células musculares. Em anaerobiose, esse ATP é formado

- pelo processo de fermentação láctica.
- pelo processo de fosforilação oxidativa.
- pelo processo de fermentação alcoólica.
- pela fosforilação do ADP (adenosina difosfato) pela fosfocreatina.
- pela fosforilação do ADP (adenosina difosfato) por fósforo orgânico.

12. Unicastelo-SP – Na padaria, a fila para comprar pão era grande. O padeiro justificou que o pão não estava pronto porque a estufa, onde a massa era mantida, havia quebrado e a massa não havia crescido.

Na produção do pão, a estufa é importante, pois garante a temperatura adequada para

- o processo de respiração anaeróbica das leveduras adicionadas à receita, que produzem o oxigênio que faz a massa crescer antes de ser assada.
- a expansão do gás carbônico produzido pela respiração dos fungos adicionados à receita, expansão essa que garante o crescimento da massa.
- a evaporação da água produzida pela respiração das leveduras adicionadas à receita, sem o que a massa não cresceria, pelo excesso de umidade.
- o processo de fermentação dos fungos adicionados à receita, o que faz com que a massa cresça antes de ser assada.
- a evaporação do álcool produzido pela fermentação das leveduras adicionadas à receita; álcool que, em excesso, mataria essas leveduras, prejudicando o crescimento da massa.

13. Fuvest-SP – Um atleta que participou da corrida São Silvestre desmaiou depois de ter percorrido cerca de 800 m devido à oxigenação deficiente em seu cérebro. Sabendo-se que as células musculares podem obter energia por meio da respiração aeróbica ou fermentação, nos músculos do atleta desmaiado deve haver acúmulo de

- glicose.
- glicogênio.
- monóxido de carbono.
- ácido láctico.
- etanol.

14. USC (adaptado) – A energia que movimenta e mantém a vida no planeta é o ATP, a moeda energética. A maioria dos seres vivos produz ATP por meio da respiração celular. Observe o quadro abaixo que representa o balanço energético de uma respiração aeróbia.

Etapa	Produz	Gasta	Ocorrência	ATP na cadeia respiratória	Saldo (ATP)
Glicólise	4 ATP	I	1 vez	–	2 ATP
	2 NADH ₂	–	1 vez	II	6 ATP
Ciclo de Krebs	1 ATPs	–	2 vezes	–	2 ATP
Cadeia respiratória	1 NADH ₂	–	III	3 ATP	6 ATP
	3 NADH ₂	–	2 vezes	3 ATP	18 ATP
	1 FADH ₂	–	2 vezes	2 ATP	IV ATP
Total				V ATPs	

Fonte: MAZZOCO, A. TORRES, B. *Bioquímica básica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p. 154. (Adaptado).

Preencha corretamente os itens I, II, III, IV e V, respectivamente.

15. IFTM-MG – O texto seguinte refere-se ao incêndio ocorrido em uma casa noturna no Brasil.

Incêndio na Boate Kiss

Incêndio na boate Kiss foi um evento não intencional que matou 242 pessoas e feriu 116 outras em uma discoteca da cidade de Santa Maria, no estado brasileiro do Rio Grande do Sul. O incêndio ocorreu na madrugada do dia 27 de janeiro de 2013 e foi causado pelo acendimento de um sinalizador por um integrante de uma banda que se apresentava na casa noturna. [...] O cianeto, apontado por um laudo técnico como a causa da morte dos estudantes, é uma substância encontrada na natureza e também é um produto da atividade humana. Dentre seus usos caseiros e industriais, estão: fumigar navios e edifícios, esterilizar solos, metalurgia, polimento de prata, inseticidas, venenos para ratos etc. A população está exposta por causa da fumaça dos automóveis, dos gases liberados pelas incineradoras e, também, pela fumaça resultante da combustão de materiais contendo cianetos, como os plásticos. [...]

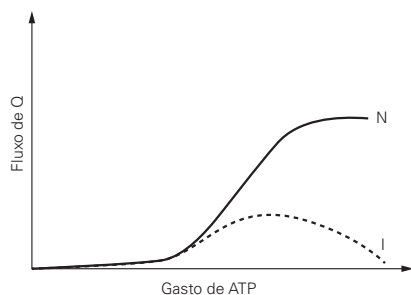
Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Inc%C3%AAndio_na_boate_Kiss>. Acesso em: nov. 2018.

O cianeto citado no texto foi apontado como a *causa mortis* dos estudantes, pois é capaz de

- combinar-se com os citocromos da cadeia respiratória, inutilizando-os para o transporte de elétrons, interrompendo o fluxo de elétrons, não havendo assim liberação de energia, o que leva à morte da célula.
- ligar-se irreversivelmente com o oxigênio molecular antes que ele chegue nos tecidos, levando-os à falência múltipla, caracterizando assim, a morte do indivíduo.
- reagir com o gás carbônico e oxigênio, covalentemente, e mesmo que seja reversível esta reação, dependendo da dose de cianeto, o indivíduo é conduzido à morte.
- agir como catalizador na reação entre a água e o gás carbônico, produzindo o ácido carbônico, e sendo um ácido forte tem-se uma acidose sanguínea com consequente morte dos indivíduos.
- participar de reações de hidrólise da água, na reação de Hill, que é uma das etapas da respiração celular, o que leva à produção de hidrogênio com elevação da acidez sanguínea, produção de ácido láctico, câimbra e asfixia.

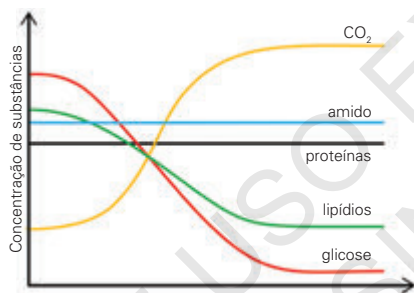
16. UFU-MG – O gráfico abaixo mostra o fluxo de entrada em uma célula de uma molécula Q em função do gasto de ATP em condições normais (N) e depois da inibição da respiração mitocondrial (I).

Analisando atentamente o gráfico apresentado, pode-se inferir que



- a) em baixas concentrações intracelulares de ATP o transporte de Q está em equilíbrio.
- b) a inibição mitocondrial só apresenta efeito em baixo fluxo de Q.
- c) a entrada de Q requer o metabolismo energético mitocondrial.
- d) a saída de Q é diretamente proporcional ao consumo de ATP.
- e) a molécula Q corresponde a glicose.

17. UFTM-MG (adaptada) – Um meio de cultura contendo proteínas, lipídios, glicose e amido recebeu uma espécie de fungo unicelular geneticamente modificado.



Ao longo de alguns dias, foram medidas as taxas das substâncias contidas na cultura, além do gás CO_2 produzido. Os resultados foram expressos no gráfico.

Marque a alternativa correta.

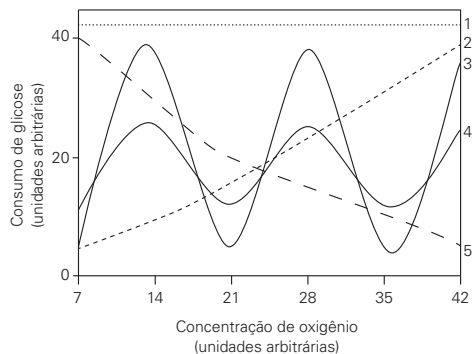
- a) O fungo realizou apenas respiração celular.
- b) A glicose foi absorvida e utilizada como combustível celular.
- c) O fungo foi capaz de produzir amilases e proteases, secretadas no meio.
- d) As células do fungo não secretam lipases no meio de cultura.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C5-H17

Normalmente, as células do organismo humano realizam a respiração aeróbica, na qual o consumo de uma molécula de glicose gera 38 moléculas de ATP. Contudo, em condições anaeróbicas, o consumo de uma molécula de glicose é capaz de gerar apenas duas moléculas de ATP.



Qual curva representa o perfil de consumo de glicose, para manutenção da homeostase de uma célula que inicialmente está em uma condição anaeróbica e é submetida a um aumento gradual da concentração de oxigênio?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

19. Sistema Dom Bosco

C5-H17

Em qualquer situação prática, trocas de energia precisam ser feitas de forma organizada para evitar perdas. Para isso, usamos pilhas, baterias, caixas de água, represas, fios elétricos, enfim, um monte de esquemas para organizar a produção e o transporte da energia da fonte de geração ao consumidor. Nas células, esse gerenciamento é feito com o uso de uma determinada molécula. Agora mesmo, quando você move o dedo para passar essa página, os músculos de seu dedo estão tirando um pouco de energia dessas moléculas que estão por perto e usando essa energia para contrair as fibras, produzindo o movimento. O mesmo acontece com qualquer outro processo biológico que use energia – isto é, todos!

Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/donafifi/mitocondrias/mitocondrias04.htm>>. Acesso em: nov. 2018.

A molécula em questão se trata

- a) do ATP.
- b) do acetil CoA.
- c) da glicose.
- d) dos citocromos.
- e) do ácido cítrico.

20. Sistema Dom Bosco

C5-H17

A respiração aeróbia é fundamental na manutenção bioenergética dos organismos. Pode-se comparar as células eucarióticas com uma cidade, em que o hialoplasma é o interior e a membrana plasmática é a delimitação da cidade, suas organelas são o espaço urbano e as mitocôndrias são a companhia elétrica. Com base nessa analogia, onde ocorrem a glicólise, a formação do acetil CoA, o ciclo do ácido cítrico e a cadeia respiratória, respectivamente?

- a) No perímetro urbano e na delimitação da cidade.
- b) No perímetro urbano e na companhia elétrica.
- c) No interior da cidade e na companhia elétrica.
- d) No interior da cidade e no perímetro urbano.
- e) Na companhia elétrica e na delimitação da cidade.

FOTOSSÍNTESE, QUIMIOSSÍNTESE E FATORES LIMITANTES DA FOTOSSÍNTESE

Para a realização da fotossíntese, os únicos nutrientes de que os organismos autótrofos necessitam são: dióxido de carbono, água e minerais. No entanto, sem luz, esse processo não ocorre. A vida na Terra é movida à energia luminosa.

Fotossíntese

A energia luminosa do Sol é capturada pelos cloroplastos, organelas que a convertem em energia química, armazenando-a em açúcar e outras moléculas orgânicas. Esse processo, denominado **fotossíntese**, alimenta direta ou indiretamente todas as formas de vida do planeta.

Os organismos autótrofos utilizam esse processo para produzir seu alimento. Para isso, criam suas próprias moléculas por meio da fixação de dióxido de carbono (CO_2) e outros materiais inorgânicos obtidos do ambiente. Por utilizarem a luz como principal fonte de energia para a síntese de substâncias orgânicas, são denominados **fotoautótrofos** ou **fotossintetizantes**, como é o caso da maioria dos vegetais, de alguns protistas, das cianobactérias e de outras bactérias fotossintetizantes.

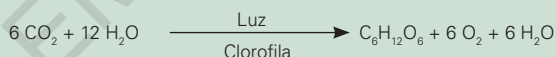
ORIGEM DO OXIGÊNIO E FOTOSSÍNTESE BACTERIANA

Na década de 1930, Cornelis Bernardys Van Niel (1897-1985) demonstrou que os átomos de hidrogênio utilizados na fotossíntese têm origens distintas para eucariotos fotossintetizantes e cianobactérias e para as bactérias fotossintetizantes. Enquanto os eucariotos e as cianobactérias retiram hidrogênio da molécula de água (H_2O), as bactérias fotossintetizantes têm como fonte de hidrogênio o sulfeto de hidrogênio (H_2S), por isso receberam o nome de **sulfurosas**.

Por produzir enxofre e não oxigênio, esse tipo de fotossíntese é chamado de **anoxigênica**.

EQUAÇÃO GERAL DA FOTOSSÍNTESE OXÍGENA

A equação geral da fotossíntese traz que o número de átomos de oxigênio da água (H_2O) corresponde ao número de átomos de oxigênio presentes no gás oxigênio (O_2):



Os organismos fotoautótrofos utilizam dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O) presentes no ambiente e, por meio da energia luminosa absorvida pela clorofila, produzem glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) e oxigênio (O_2).

Os fotoautótrofos têm suma importância para a manutenção da vida na Terra, pois são os responsáveis por produzir oxigênio atmosférico por meio da fotossíntese. Além disso, vale lembrar que eles são a base da maior parte das cadeias alimentares.

Cloroplasto e pigmentos fotossintetizantes

A energia solar tem papel fundamental na fotossíntese, ela é absorvida por meio de **pigmentos fotossintetizantes**, moléculas presentes nos cloroplastos de células dos organismos capazes de realizar esse processo.

- Fotossíntese
- Cloroplasto e pigmentos fotossintetizantes
- Etapas da fotossíntese
- Adaptação dos mecanismos de fixação do carbono em plantas de climas áridos e quentes
- Fatores limitantes da fotossíntese
- Ponto de compensação luminosa (PCL)
- Quimiossíntese

HABILIDADES

- Reconhecer como os fatores ambientais - intensidade luminosa, concentração de gás carbônico e temperatura - influenciam o processo da fotossíntese.
- Reconhecer a fotossíntese como processo de síntese de compostos orgânicos.
- Comparar os processos de fotossíntese, respiração celular e fermentação identificando o local de ocorrência na célula, os organismos que os realizam e sua importância para a vida no planeta.

Os principais pigmentos presentes nas plantas são as clorofilas, em especial as clorofilas dos tipos A e B. Os pigmentos são específicos para comprimentos de onda diferentes e capazes de absorver algumas cores e refletir outras, assim, as plantas refletem os comprimentos de onda referentes às cores vistas por nós. A absorção de luz ocorre principalmente nas faixas do vermelho e do azul; ao absorver esses comprimentos de luz, é refletida a luz verde, por isso as plantas apresentam tal coloração.

Os carotenoides são pigmentos que absorvem comprimentos de onda em faixas diferentes das clorofilas. Em geral, eles podem ter diversas cores, como alaranjados, amarelados ou avermelhados, e, assim como as clorofilas, absorvem alguns comprimentos de onda e refletem outros. Além disso, em grande quantidade, eles podem atribuir diferentes colorações às folhas das plantas. Esses pigmentos podem ser encontrados também em organismos não fotossintetizantes e, geralmente, desempenham função antioxidante.

Etapas da fotossíntese

A fotossíntese pode ser dividida em duas etapas: **fase fotoquímica** ou **fase clara**, em que há participação da energia luminosa; e **fase química** ou **fase escura**, que acontece independentemente da luz. A fotossíntese acontece no cloroplasto, sendo a fase clara nas lamelas dos tilacoides, e a escura no estroma.

ETAPA FOTOQUÍMICA OU FASE CLARA

Nesta fase, que depende de luz solar para acontecer, as clorofilas perdem elétrons quando entram em contato com a energia luminosa. Ocorrem três etapas de reações químicas, denominadas **fosforilação cíclica**, **fosforilação acíclica** e **fatólise da água**. Esses processos não acontecem separadamente, e sim todos ao mesmo tempo, dentro da organela. Um não depende do outro para acontecer.

Fosforilação cíclica

Fosforilação significa adicionar fosfatos e, nesse caso, ocorre na presença de luz (pode-se encontrar a variação "fotofosforilação" em alguns livros). Uma molécula de ADP recebe um grupo fosfato e transforma-se em ATP. Para que essa transformação aconteça, as moléculas de clorofila e outros pigmentos (como os carotenoides) formam o chamado complexo antena, por serem as substâncias receptoras de elétrons e apresentarem enzimas que recebem energia luminosa.

O **complexo antena** é constituído por diversas moléculas de pigmentos fotossintetizantes (clorofila, carotenoides, entre outros). Ele contém dois centros de reação.

- **Fotossistema I:** rico em moléculas de clorofila A, que absorvem luz em comprimentos de onda de 700 nanômetros, por isso as clorofilas A são também chamadas de P_{700} .

- **Fotossistema II:** rico em moléculas de clorofila B, que absorvem luz em comprimentos de onda de 680 nanômetros, por isso as clorofilas B são também chamadas de P_{680} .

A fosforilação cíclica utiliza o fotossistema I, em que a energia luminosa é absorvida pela clorofila A e libera um elétron, o qual é carregado por um conjunto de citocromos até que haja a fosforilação da molécula ADP e sua conversão em ATP. Conforme os elétrons são transportados na cadeia, eles perdem energia. Ao final da cadeia, os elétrons retornam às clorofilas do fotossistema I e, por isso, dá-se o nome de fosforilação cíclica.

Fosforilação acíclica

Esse processo utiliza-se tanto do fotossistema I quanto do fotossistema II, que é rico em clorofila B. Pelo fato de os elétrons não retornarem às clorofilas dos fotossistemas dos quais foram originados, como acontece na cíclica, essa etapa é denominada fosforilação acíclica.

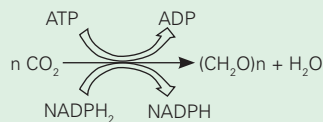
A luz absorvida nos cloroplastos promove a quebra da molécula de água, liberando oxigênio, elétrons e prótons H^+ . Esse processo é denominado **fatólise da água**.



A luz proveniente do Sol é convertida em **energia elétrica**, que é convertida em **energia química** e armazenada em moléculas de ATP e $NADPH_2$. Portanto, os produtos finais da etapa fotoquímica são: O_2 (liberado na atmosfera durante a fatólise); $NADPH$ e ADP (que serão utilizados na etapa química); e H^+ (utilizado na formação de ATP).

ETAPA QUÍMICA OU FASE ESCURA

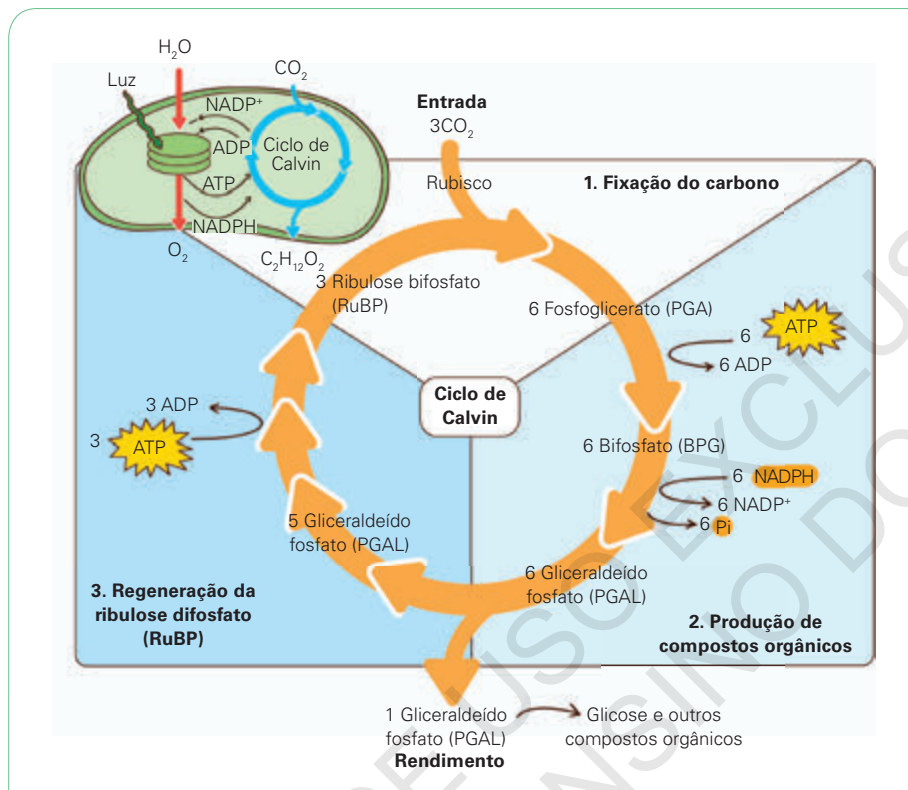
Esta etapa ocorre no estroma dos cloroplastos e não necessita de energia luminosa. Entretanto, são necessárias moléculas de ATP e $NADPH_2$ produzidas na etapa fotoquímica. Os átomos de carbono, adquiridos do CO_2 da atmosfera, serão incorporados nas moléculas orgânicas por meio do ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin, originando os carboidratos, como a glicose.



Ciclo de Calvin

Nesta etapa, o CO_2 une-se à ribulose bifosfato (RuBP), uma substância composta de cinco carbonos presente no estroma, conhecida pela fixação do car-

bono e catalisada pela enzima **rubisco**, formando um composto de seis carbonos chamado de **fosfoglicerato (PGA)**. Por meio da ação das moléculas de ATP e NADPH₂ produzidas na etapa fotoquímica, o PGA será convertido em **gliceraldeído fosfato (PGAL)**, composto de três carbonos. O PGAL tem duas principais funções: pode ser usado na recomposição da RuBP e como substrato do ciclo de Calvin; ou pode, ainda, ser aplicado na síntese de carboidratos, como a glicose. Pelo fato de o PGAL ser constituído de três carbonos, as plantas capazes de produzi-lo são denominadas **plantas C3**.



Esquema do ciclo de Calvin dividido em três etapas. Para cada três moléculas de CO₂ que entram no ciclo, a produção líquida é uma molécula de gliceraldeído fosfato (PGAL). As reações luminosas sustentam o ciclo regenerando ATP e NADPH.

Os carboidratos provenientes da fotossíntese são utilizados pelas plantas na forma de energia química, isto é, eles atuam na síntese de outras moléculas, como os aminoácidos e os ácidos graxos, por meio da energia resultante da fotossíntese. O **PGAL** tem múltiplas funções e é extremamente importante para a vida da célula vegetal. Parte dele se mantém no cloroplasto e parte é enviado ao citosol, onde será convertido em glicose e utilizado na respiração celular, ou em sacarose, principal carboidrato de transporte das plantas, que pode ser convertido em glicose e utilizado em outras reações metabólicas. O PGAL mantido no cloroplasto é convertido em amido, em forma de grânulos no estroma, quando há energia luminosa. No período sem luz, ele é convertido em sacarose e exportado a outras partes da planta.

Adaptação dos mecanismos de fixação do carbono em plantas de climas áridos e quentes

A **fotorrespiração** é o processo no qual a eficiência da fotossíntese é reduzida, pelo fato de o oxigênio (O₂) ser consumido pela planta, produzindo dióxido de carbono (CO₂) resultante da degradação de compostos intermediários do ciclo de Calvin.

As plantas C3 são aquelas que têm o PGAL composto de três carbonos, como é o caso da soja, do trigo, das batatas e de todas as árvores. Essas plantas não apresentam um bom rendimento na produção de carboidratos na fotossíntese em épocas quentes, em virtude da grande perda de água. Assim, em dias quentes e secos, as plantas fecham os estômatos, que são estruturas foliares responsáveis pela realização de trocas gasosas, além da transpiração. Dessa forma, a transpiração é controlada, evitando a perda de água. Por outro lado, o fechamento dos estômatos reduz as trocas gasosas, o que interfere diretamente na fotossíntese.

As **plantas C4** têm o **malato** (composto de quatro carbonos) como composto orgânico estável na fotossíntese, e não o PGAL, como nas plantas C3. Exemplos de plantas C4 são o milho e a cana-de-açúcar. Elas não têm somente o ciclo de Calvin como via metabólica para a fixação do carbono. Assim, quando os estômatos dessas plantas estão abertos, há entrada de CO_2 e, por meio da ação da enzima **PEPcarboxilase**, ocorre a formação do malato. Esse composto é armazenado como reserva de CO_2 nas células do mesófilo foliar.

O ciclo de Calvin ocorre nas células clorofiladas que se encontram em torno dos feixes vasculares, formando a nervura das folhas. Em outras palavras, realiza-se em local diferente da formação do malato e utiliza o CO_2 proveniente desse composto para iniciar o processo. Dessa forma, a fixação de carbono e a produção de carboidratos ocorrem de forma eficaz, com os estômatos parcialmente fechados, sem grandes perdas durante a transpiração das plantas.

As **plantas CAM** ou **MAC** são aquelas adaptadas a climas áridos, por isso abrem seus estômatos durante a noite. Elas são assim chamadas por apresentarem o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), ou *crassulacean acid metabolism* (CAM), sendo as crassuláceas a família à qual elas pertencem. Exemplos de plantas MAC são as bromélias, o abacaxi, as orquídeas, os cactos e todas as plantas que apresentam folhas suculentas.

Para realizar a fixação do carbono de forma eficiente e gerar carboidratos, essas plantas produzem malato no período da noite, quando os estômatos estão abertos. O ciclo de Calvin ocorre no período da manhã, na mesma célula onde ocorre a fixação do carbono (mesófilo foliar). Portanto, esses processos acontecem no mesmo local e estão separados apenas temporalmente.

As principais diferenças entre o metabolismo das plantas C3, C4 e CAM se encontram no quadro a seguir.

Tipo	Separação entre fixação de CO_2 e ciclo de Calvin	Estômatos abertos	Clima mais bem adaptado
C3	nenhuma separação	dia	frio e úmido
C4	entre mesófilos e células do feixe vascular (espacial)	dia	quente e ensolarado
CAM	entre noite e dia (temporal)	noite	muito quente e seco

Fatores limitantes da fotossíntese

A intensidade com que as células de seres autótrofos realizam pode ser medida pela quantidade de CO_2 consumido ou de O_2 produzido. No entanto, existem alguns fatores que podem influenciar na concentração dessas moléculas.

Em geral, os fatores limitantes da fotossíntese são divididos em internos ou externos.

FATORES INTERNOS

Para que a fotossíntese aconteça, é necessária a participação de **pigmentos fotossintetizantes**, **enzimas** e **cofatores**. Além disso, quanto maior for o número de cloroplastos ou outras organelas fotossintetizantes nas células (as cianobactérias),

maior será a taxa fotossintética. Isso ocorre em virtude de existirem mais pigmentos capazes de transformar a energia luminosa em energia química. Ou seja, a energia luminosa que chega até a superfície desses seres é a mesma, a diferença é a capacidade de absorção que ocorre por meio das organelas providas dessa função.

Esses elementos são os chamados **fatores internos**, os quais são inerentes à célula fotossintética. Portanto, eles não dependem de condições ambientais externas. Sem esses fatores, a fotossíntese é reduzida ou sequer é possível.

FATORES EXTERNOS

Estes se relacionam ao ambiente em que o organismo fotossintético está inserido. Os principais fatores externos capazes de limitar a taxa fotossintética são a: **concentração de CO_2** na atmosfera, a **temperatura**, a **intensidade luminosa** e o **comprimento de onda**.

Concentração de CO_2

O CO_2 é o substrato da etapa química da fotossíntese que participa do chamado ciclo de Calvin. Sem esse elemento, não há possibilidade de a fotossíntese ocorrer. Quando a concentração de CO_2 cresce, a taxa fotossintética também aumenta. No entanto, quando o sistema atinge uma concentração saturada de CO_2 , a reação de fotossíntese alcança limite. A relação entre a taxa fotossintética e a concentração de dióxido de carbono (CO_2) pode ser representada da seguinte maneira:

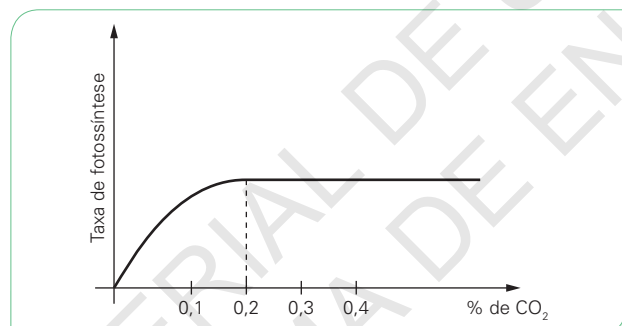


Gráfico que relaciona a taxa fotossintética à concentração de CO_2 .

Ao pensarmos em nível de ecologia e conservação ambiental, as plantas não são capazes de utilizar todo o CO_2 liberado na atmosfera pelas atividades humanas. Ou seja, os níveis de CO_2 não resultam em maior produção de O_2 .

As plantas apresentam um limite de utilização do CO_2 . Quando todas as enzimas têm o substrato necessário, esse ponto máximo é atingido, e a aquisição de CO_2 da atmosfera é interrompida.

Temperatura

A elevação de $10\text{ }^\circ\text{C}$ na temperatura pode duplicar a velocidade das reações enzimáticas. Entretanto, em temperaturas próximas a $40\text{ }^\circ\text{C}$, há desnaturação das enzimas, o que resulta na perda de sua configuração

espacial e, conseqüentemente, de sua função, o que impede a ação enzimática no sistema de fotossíntese.

A relação entre a taxa fotossintética e a temperatura pode ser representada da seguinte maneira:

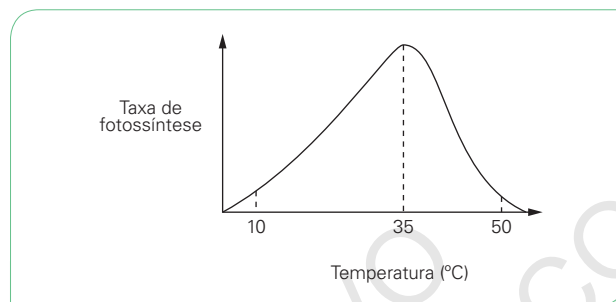
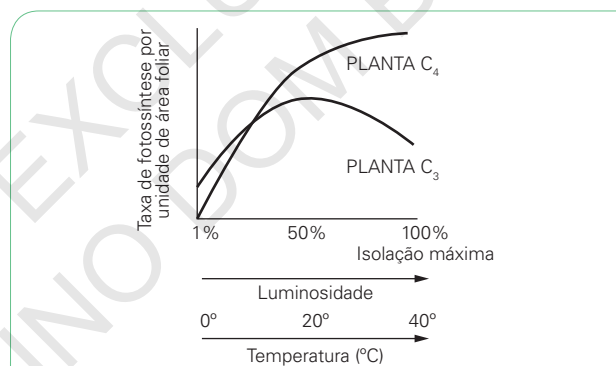


Gráfico que relaciona a taxa de fotossíntese à temperatura.

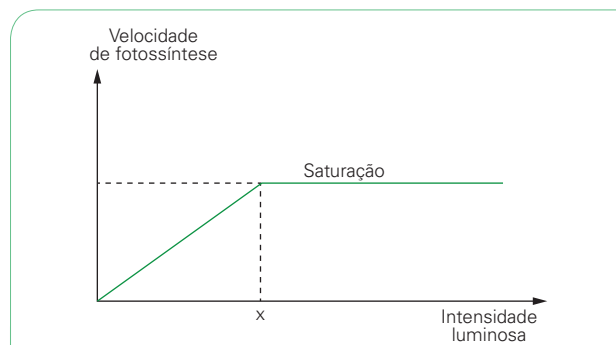
A taxa fotossintética em diferentes temperaturas também varia para plantas dos tipos C_3 e C_4 , conforme pode ser observado no gráfico:



Comparação entre as taxas de fotossíntese de plantas C_3 e C_4 em três parâmetros diferentes: insolação máxima, luminosidade e temperatura.

Intensidade luminosa

Este fator influencia na taxa fotossintética, pois, em completa escuridão, é impossível o processo ocorrer. Assim, quanto maior for a intensidade luminosa, maior será a taxa de fotossíntese.

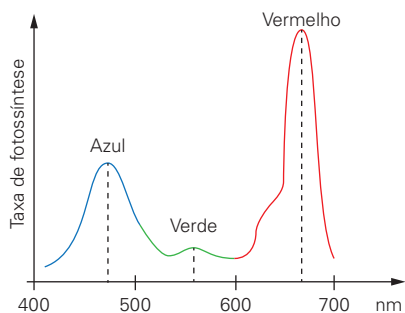


A relação entre a velocidade da fotossíntese e a intensidade luminosa pode ser observada no ponto x, quando os pigmentos são excitados o suficiente e deixam de absorver a luminosidade, atingindo, assim, a saturação.

Comprimento de onda

Este pode ser considerado um fator limitante, porque os pigmentos fotossintetizantes captam luz em diferentes faixas. Por exemplo, as clorofilas A e

B presentes nas plantas têm excelente ação fotossintética nas faixas do azul e do vermelho e pouca atividade na faixa da cor verde.

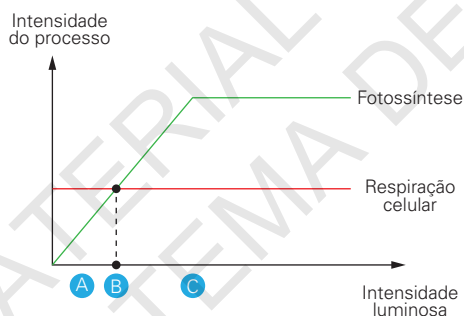


O gráfico representa a relação de absorção de luz pelas clorofilas **a** e **b** durante a fotossíntese.

O gráfico mostra que a taxa fotossintética é mais alta. Consequentemente, a fotossíntese é mais eficiente nos comprimentos de onda que representam o azul e o vermelho. Isso mostra que a fotossíntese ocorre mais eficazmente nos comprimentos de onda correspondentes aos maiores índices de absorção da clorofila.

PONTO DE COMPENSAÇÃO LUMINOSA (PCL)

Além de realizarem a fotossíntese, as plantas executam a respiração celular aeróbica, pela qual existe absorção de O_2 e liberação de CO_2 no ambiente, processo que ocorre constantemente, na presença ou na ausência de luz, sem sofrer influência da intensidade luminosa.



Nesse gráfico podemos notar que a respiração celular se mantém estável em comparação com a fotossíntese, que aumenta sua atividade conforme cresce a intensidade luminosa.

Em geral, existem três situações quando se trata de relacionar a fotossíntese à respiração aeróbica. Acompanhe os três contextos a seguir.

Na **situação A**, existe baixa intensidade luminosa, como acontece à noite. A planta realiza respiração aeróbica normalmente, enquanto a fotossíntese está na fase química, com a produção de carboidratos. Assim, não há liberação de O_2 e CO_2 .

Na **situação B**, a taxa de fotossíntese é igual à de respiração aeróbica. Nesse caso, foi atingido o **ponto de compensação luminoso (PCL)** ou **ponto de compensação fótico (PCF)**.

Na **situação C** a fotossíntese predomina sobre a respiração, como ocorre durante o dia. Como a produção de compostos orgânicos é superior ao consumo, a planta consegue se desenvolver e armazenar os carboidratos produzidos. Tal situação é ideal para que ela consiga se desenvolver e se reproduzir.

Em um ecossistema equilibrado, como a Amazônia, as trocas gasosas são pequenas, pois há consumo do produto liberado (oxigênio, por exemplo) no próprio ecossistema. Portanto, esse fato **desmitifica** a ideia de que a Amazônia é o "pulmão" do mundo. Entretanto, ela tem grande importância em razão de sua grande **biodiversidade** e por atuar no **controle climático**.

O controle climático gera uma falsa ideia de que a Floresta Amazônica seja o pulmão do mundo, pois a faixa latitudinal acima do Equador ocupada por ela seria extremamente desértica em todo o planeta caso a floresta não existisse. Como visto, o uso de CO_2 não é ilimitado, de modo que a planta não consome mais do que consegue ou precisa. Sendo assim, ainda há excesso desse gás na nossa atmosfera, consequentemente, não há produção de O_2 compensatório. De qualquer modo, desmatar a área florestal é algo bastante nocivo, visto que o oxigênio produzido seria reduzido ainda mais, o que afetaria o ecossistema.

Em populações mais abertas e dinâmicas, seres fotossintetizantes apresentam balanço positivo, porque produzem mais substâncias do que consomem. Um exemplo são as algas marinhas, constituintes da maior massa fotossintetizante da biosfera, sendo as principais fornecedoras de oxigênio do planeta. A quantidade de indivíduos nesse ecossistema que consomem oxigênio é bem menor que o número de organismos presentes na Floresta Amazônica que também o consomem. Como resultado, o saldo é positivo, o que dissemina a liberação de oxigênio para áreas maiores.

QUIMIOSSÍNTESE

Este processo consiste na produção de compostos orgânicos por meio da oxidação de compostos inorgânicos (substâncias que contenham ferro, enxofre ou hidrogênio, por exemplo). Essa reação **não necessita de luz** para ocorrer.

A energia gerada nesse processo remete ao ATP formado pela reação de oxidação, na qual um fosfato é transferido para uma molécula de ADP (adenosina difosfato) já presente no meio. Esse processo é realizado por arqueias e bactérias quimiossintetizantes.

Os principais exemplos de seres quimiossintetizantes são as nitrobactérias, as sulfobactérias e as ferrobactérias.

NITROBACTÉRIAS

Existem dois tipos de bactéria que representam esse grupo: as *Nitrosomonas* e as *Nitrobacters*. As primeiras oxidam a amônia e a transformam em nitrito. Dessa forma, liberam energia, que é utilizada na produção de carboidratos, como a glicose.

Bactérias do gênero *Nitrobacter*, por sua vez, oxidam o nitrito em nitrato. Como resultado, produzem glicose.

Esse processo é fundamental para a vida, pois o nitrito absorvido pelas plantas é convertido em aminoácidos, os quais são a base para a produção de aminoácidos essenciais aos seres humanos.

As nitrobactérias estão presentes principalmente no solo e nas raízes das plantas – ou seja, em um ambiente sem luz solar. Elas constituem uma importante parte da cadeia alimentar, pois, além de ajudarem na fixação de carbono e nitrogênio nas raízes das plantas, fornecem energia e matéria-prima para outros organismos em ambientes pobres em oxigênio ou com menor taxa de decomposição.

SULFOBACTÉRIAS

Também conhecidas como tiobactérias, realizam quimiossíntese com base em compostos sulfurados, como o gás sulfídrico (H_2S). As sulfobactérias estão presentes em grande quantidade nas águas termais.

Produzem matéria orgânica por meio da energia liberada ao oxidar esses compostos sulfurados. Assim, conseguem sobreviver e ainda servem de alimento para organismos heterótrofos, como anêmonas, caranguejos, vermes e mariscos.

As sulfobactérias também são encontradas próximas a vulcões ou em fissuras do manto oceânico.

FERROBACTÉRIAS

Tais bactérias oxidam substâncias com ferro em sua composição para produzirem matéria orgânica. As ferrobactérias conseguem oxidar o óxido ferroso em óxido férrico. São comuns em águas residuais de jazidas e minérios.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

FOTOSSÍNTESE

Principais pigmentos

Clorofilas _____

Carotenoides _____

Organismos fotossintetizantes

Plantas _____

Cianobactérias _____

Alguns protistas _____

Bactérias fotossintetizantes _____

Consome

CO₂ _____

Produz

Glicose e oxigênio _____

Etapas

Fase clara ou fotoquímica

Local:

Tilacoides _____

Fosforilação **cíclica** forma:

ATP _____

Fosforilação **acíclica** forma:

NADPH₂ _____

Fotólise da água produz:

O₂ _____

H⁺ _____

Elétrons _____

Fase escura ou química

Local:

Estroma _____

Ciclo de Calvin produz:

Carboidratos _____

Fixação de carbono

Citosol

Cloroplasto

Na forma de:

Glicose _____

Amido _____

Plantas C₄ _____

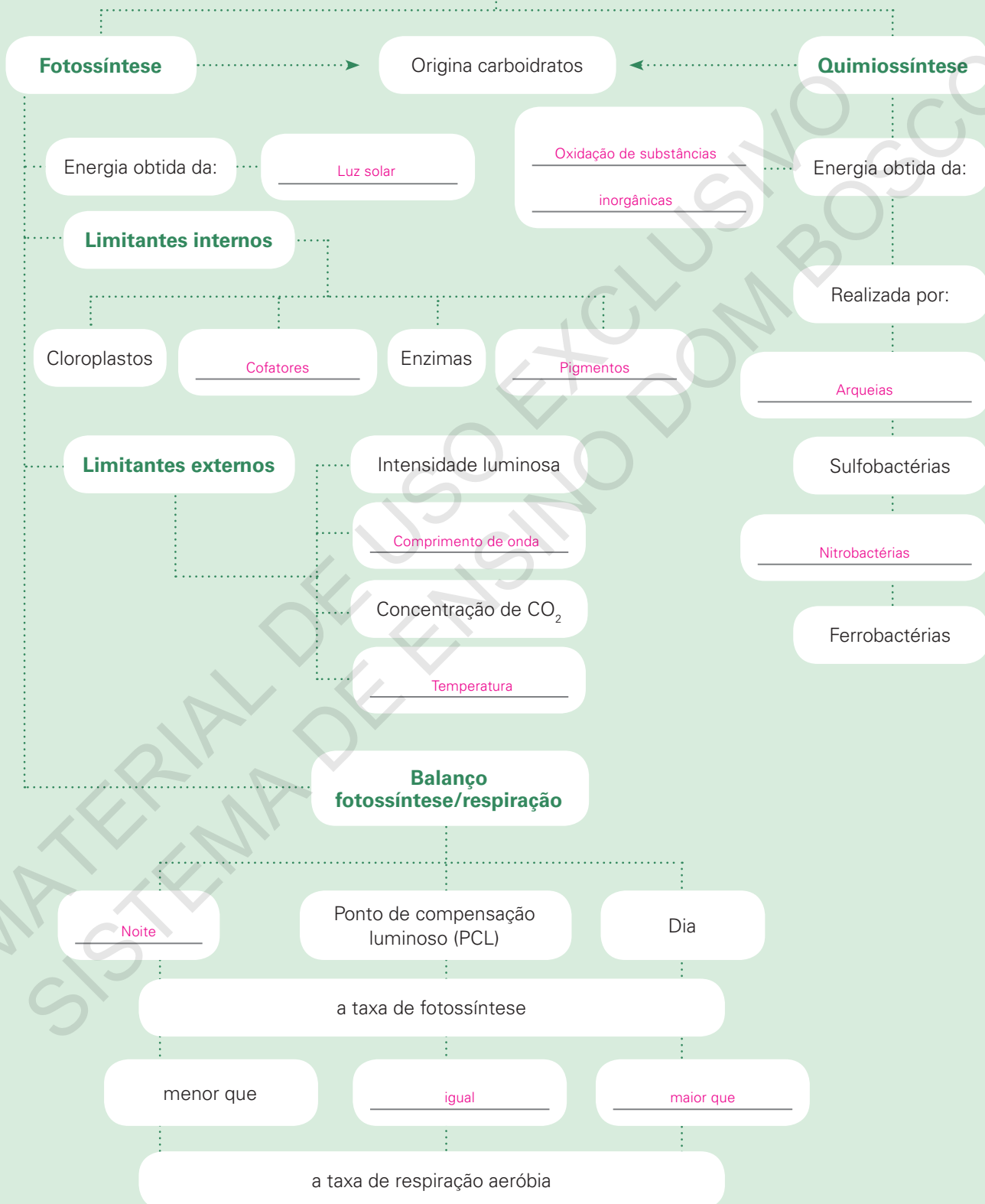
Plantas CAM _____

Malato e ciclo de Calvin separados **espacialmente**

Malato e ciclo de Calvin separados **temporalmente**

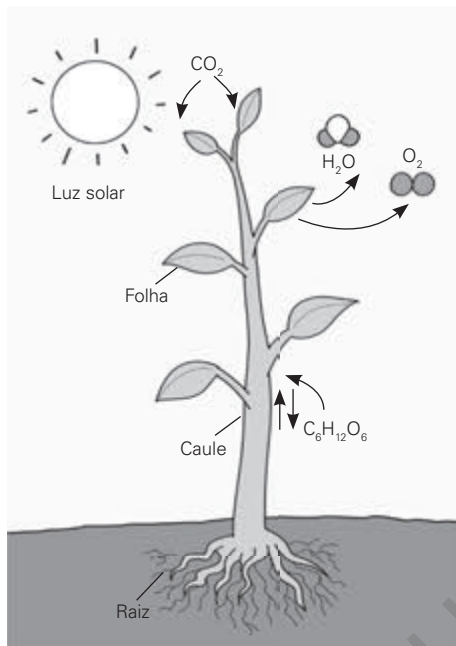
ROTEIRO DE AULA

QUIMIOSSÍNTESE E FATORES LIMITANTES DA FOTOSÍNTESE



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UEPA – Se todos os açúcares produzidos pelo processo ilustrado abaixo em um ano tivessem a forma de cubos de açúcar, haveria 300 quatrilhões deles. Se fossem dispostos em linha, esses cubos se estenderiam da Terra até Plutão. Isso representa uma imensa produção de energia. Sobre o processo abordado no enunciado, observe a imagem abaixo e analise as afirmativas:



- I. Os produtos liberados para o ambiente são água e oxigênio.
- II. O processo ilustrado acima refere-se à respiração vegetal.
- III. Ocorre absorção de dióxido de carbono pelas folhas.
- IV. É um processo que ocorre na presença de luz solar.
- V. A água utilizada no processo é absorvida pelas folhas.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a) I e II
- b) I, III e IV**
- c) I, III e V
- d) II, III e V
- e) II, III, IV e V

A alternativa II está incorreta porque se trata da fotossíntese e a alternativa V está incorreta porque a água utilizada no processo é proveniente do solo.

2. Sistema Dom Bosco – As enzimas são moléculas orgânicas de natureza proteica que participam ativamente de processos biológicos como a respiração e a fotossíntese, aumentando sua velocidade. Sobre esse assunto, analise as frases a seguir:

- I. A quantidade de enzimas pode ser considerada um fator limitante interno da fotossíntese.
- II. Quanto maior a temperatura, mais eficiente a enzima será em sua atividade.

III. A ribulose-bifosfato-carboxilase, conhecida como rubisco, é uma enzima responsável pela fixação do carbono na fotossíntese.

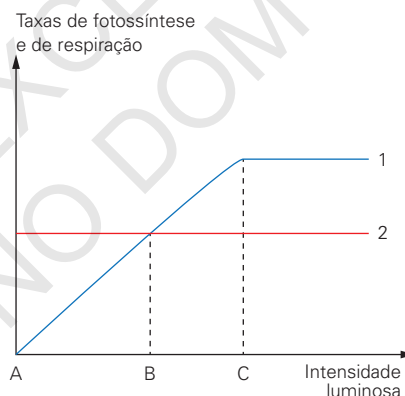
IV. Temperatura e pH são fatores que afetam as atividades das enzimas e, consequentemente, a fotossíntese.

Somente são corretas:

- a) III e IV
- b) I, III e IV**
- c) I e IV
- d) I, II e IV
- e) II, III e IV

A afirmativa II está incorreta porque as enzimas atuam em temperaturas ótimas. Caso a temperatura esteja maior, elas serão desnaturadas.

3. UNESP – O gráfico apresenta as taxas de respiração e fotossíntese em uma planta em função da intensidade luminosa a que é submetida.



De acordo com os gráficos e os fenômenos que representam,

- a) no intervalo A-B a planta consome mais matéria orgânica que aquela que sintetiza e, a partir do ponto B, ocorre aumento da biomassa vegetal.**
- b) no intervalo A-C a planta apenas consome as reservas energéticas da semente e a partir do ponto C, passa a armazenar energia através da fotossíntese.
- c) no intervalo A-C a planta se apresenta em processo de crescimento e, a partir do ponto C, há apenas a manutenção da biomassa vegetal.
- d) a linha 1 representa a taxa de respiração, enquanto a linha 2 representa a taxa de fotossíntese.
- e) no intervalo A-B a variação da intensidade luminosa afeta as taxas de respiração e de fotossíntese, e a partir do ponto C, essas taxas se mantêm constantes.

A linha 1 representa a taxa fotossintética. A linha 2 refere-se à taxa de respiração aeróbia. No ponto A, existe consumo de O_2 e produção de CO_2 , enquanto os cloroplastos produzem apenas carboidratos, sem captação ou liberação de substâncias para o ambiente. No intervalo de A até B (que é o ponto de compensação luminoso), existe o consumo gradual da matéria orgânica produzida em A. Depois do ponto de compensação luminoso (B), o balanço muda. Isso significa que, se anteriormente havia maior consumo que produção, agora a taxa fotossintética é maior, o que resulta em maior produção que consumo de componentes orgânicos. Isso gera armazenamento de energia.

4. UERR

C4-H15

A fotossíntese é a via pela qual praticamente toda a energia entra em nossa biosfera. Isso ocorre através das

várias reações metabólicas, sendo estas reações divididas em dois principais processos: reações de “claro” e reações de “escuro”.

Em relação às reações de “claro”, assinale a alternativa correta que resume os eventos desta fase na fotossíntese.

- a) A produção de glicina, durante a fase clara, que utiliza ATP para produção desta molécula.
- b) A produção de glicose, durante a fotólise da água e produção de CO_2 em presença de luz, ou seja, fotoxidação.
- c) A produção de NADPH_2 durante a fotólise da água e produção de ATP em presença de luz, ou seja, fotofosforilação.
- d) A produção de FADH_2 durante a fase clara, utilizando ATP para produção de citrato.
- e) A produção de FADPH_2 durante a fase clara e produção de etanol.

Durante a fase clara, há produção de NADPH_2 e produção de ATP. O NADPH_2 é reduzido ao receber os prótons H^+ oriundos da fotólise da água e o ATP é originado da liberação de elétrons do fotossistema I, que passa pelo citocromo, perdendo energia para que haja produção desta molécula.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

5. USF-SP

Durante a fotossíntese, a reação entre o CO_2 e a 1,5-bifosfato de ribulose é catalisada pela substância rubisco. De acordo com alguns autores, essa enzima é a mais abundante da Terra e representa cerca de 50% do total de proteínas do cloroplasto. Se um determinado herbicida atuar como inibidor da molécula rubisco, a qual é constituída de (I), a sua aplicação na planta terá como consequência direta o/a (II).

Marque a opção que preenche corretamente (I) e (II).

- a) (I) - aminoácidos; (II) - inibição da fotólise.
- b) (I) - nucleotídeos; (II) - impedimento da liberação de O_2 pela planta.
- c) (I) - monômeros; (II) - bloqueio da fotofosforilação cíclica.
- d) (I) - aminoácidos; (II) - interrupção do ciclo de Calvin.
- e) (I) - peptídeos; (II) - não produção de ATP no cloroplasto.

A rubisco é uma enzima, isto é, um tipo de proteína, e, portanto, é constituída por aminoácidos. Sem ela, não há produção de carboidratos, pelo fato de ela fazer parte do ciclo de Calvin. Assim, o ciclo não consegue se completar.

6. Sistema Dom Bosco – As plantas são capazes de realizar fotossíntese concomitantemente à respiração aeróbia. Existe um instante em que a taxa fotossintética é igual à taxa da respiração aeróbia. Cite o nome dado a esse instante e explique o que acontece.

Esse instante é o ponto de compensação fótico, onde a quantidade

de glicose produzida na fotossíntese é igual ao consumido na respiração celular do vegetal. Nesse ponto, a planta sobrevive e realiza suas atividades vitais, mas não cresce nem acumula reservas energéticas.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Famerp-SP – As algas são importantes produtoras de gás oxigênio, substância fundamental para a maioria dos seres vivos. O gás oxigênio liberado pelas algas provém das

- a) moléculas de piruvato, derivadas da glicólise que ocorre na respiração celular.
- b) moléculas de água, após a fotólise que ocorre na fotossíntese.
- c) moléculas de glicose, após a glicólise que ocorre na respiração celular.
- d) moléculas de nitrato, derivadas da oxidação durante a quimiossíntese.
- e) moléculas de gás carbônico, após a etapa química da fotossíntese.

8. Unimontes-MG – Leia o texto.

Já são dois anos! A estação das chuvas chega; as nuvens se formam, mas não deixam cair uma gota de água. Estamos em Cabrobó, Pernambuco, a apenas 20 km das margens do rio São Francisco. A seca espalha suas vítimas na beira da estrada; o gado morto se incorporou à paisagem num tempo em que só os urubus conhecem fartura.

Disponível em: <<https://blogdoenem.com.br/quimiosintese-fotossintese-bacteriana/>>.

O cenário evidenciado no texto acima proporciona uma rica fonte de energia e de átomos de carbono para

produção de moléculas orgânicas pelas bactérias. Considerando essa informação, o texto acima e o assunto abordado, analise as alternativas abaixo e assinale a que corresponde à classificação das bactérias que atuarão diretamente nesse contexto.

- a) Químioautotróficas – Nitrobactérias.
- b) Químio-heterotróficas – Saprofágicas.
- c) Fotoautotróficas – Cianobactérias.
- d) Fotoautotróficas – Sulfobactérias.

9. UEPB (adaptada) – Em regiões tropicais como nosso país, certas plantas apresentam adaptações às condições ambientais, tais como alta intensidade luminosa, altas temperaturas e baixa disponibilidade de água. Nessas condições, os estômatos podem permanecer fechados por muito tempo durante o dia, o que reduz a transpiração da planta, mas também restringe a entrada de gás carbônico, fundamental para o processo de fotossíntese. Assim, nessas regiões, foram identificadas plantas com diferentes estratégias adaptativas, no que diz respeito ao processo fotossintético.

Sobre o tema exposto, são apresentadas as proposições a seguir.

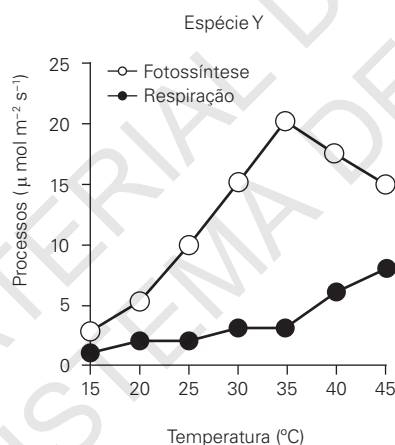
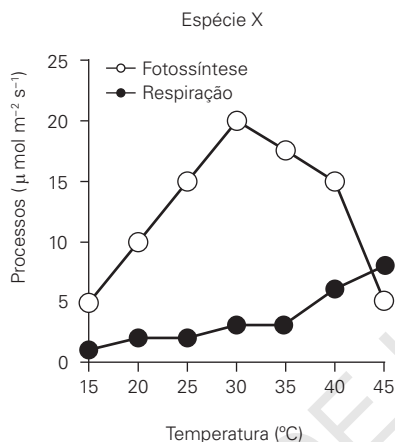
- I. O milho e a cana-de-açúcar são exemplos de plantas

- II. Nessas plantas, os estômatos são abertos durante a noite.
- III. Nessas plantas, ocorre a formação de malato por meio da ação da enzima PEPcarboxilase.
- IV. Os cactos e o abacaxi são exemplos de plantas _____.

Assinale a opção que apresenta a relação correta entre as colunas.

- a) As afirmativas I e II se referem às plantas C4.
- b) As afirmativas III e IV se referem às plantas CAM.
- c) As afirmativas I e III se referem às plantas CAM.
- d) As afirmativas III e IV se referem às plantas C4.
- e) As afirmativas I e III se referem às plantas C4.

10. **Unicamp-SP** – O crescimento das plantas é afetado pelo balanço entre a fotossíntese e a respiração. O padrão de resposta desses dois importantes processos fisiológicos em função da temperatura é apresentado nos gráficos abaixo, relativos a duas espécies de plantas.

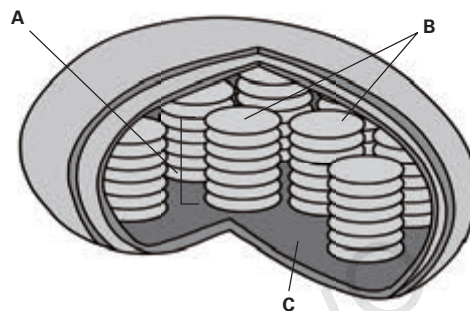


Sobre as espécies X e Y, é correto afirmar:

- a) Espécie Y não apresenta ganho líquido de carbono a 15 °C.
- b) As duas espécies têm perda líquida de carbono a 45 °C.
- c) A espécie Y crescerá menos do que a espécie X a 25 °C.
- d) As duas espécies têm ganho líquido de carbono a 45 °C.

11. UERN

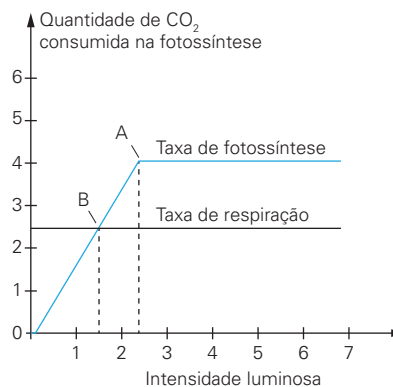
A figura mostra o esquema do cloroplasto, organela celular responsável pelo processo fotossintético.



Assinale a alternativa correta:

- a) C corresponde aos tilacoides, onde se encontra a clorofila.
- b) A corresponde a uma pilha de tilacoides conhecida por grânulo.
- c) B corresponde ao estroma, onde há sacos membranosos denominados tilacoides.
- d) C corresponde ao vacúolo, onde há sacos membranosos discoidais chamados grânulo.
12. **UPE** – “Planta no quarto não mata ninguém: Se fosse, não haveria um índio vivo na Floresta Amazônica”, argumenta o botânico Gilberto Kerbauy, da Universidade de São Paulo.
- Essa afirmativa baseia-se na seguinte crença:
- a) As plantas consomem o gás carbônico durante o processo de respiração, diminuindo-o da atmosfera.
- b) À noite, as plantas consomem oxigênio no processo de respiração, deixando-o rarefeito no quarto.
- c) No processo de fotossíntese, as plantas consomem oxigênio e água, deixando o ar mais seco.
- d) As plantas produzem gases e toxinas à noite para repelir insetos predadores, intoxicando o ambiente.
- e) No processo de respiração, as plantas consomem gás carbônico e eliminam oxigênio, que, em excesso, pode causar danos ao sistema nervoso.

13. **IFRSul-RS** – O plantio de árvores é um valioso ensinamento às gerações futuras com vistas a contrabalançar os efeitos em nosso planeta do acúmulo de gases nocivos à atmosfera. Considerando as taxas de fotossíntese e as trocas gasosas das plantas com o ambiente, observe o gráfico e assinale a alternativa **incorreta**.



- a) “Plantas de sombra” possuem ponto de compensação fótico mais baixo que “plantas de sol”, pois necessitam de intensidades luminosas menores.
- b) Se a intensidade luminosa for inferior ao ponto de compensação fótico, a matéria orgânica produzida com a fotossíntese será insuficiente para a planta crescer.
- c) Quando todo o gás oxigênio liberado na fotossíntese é consumido na respiração celular, a planta não mais realiza trocas gasosas, independentemente da intensidade luminosa.
- d) Sob condições ideais, as taxas de fotossíntese aumentam até atingir um ponto de saturação luminosa, mostrado em A, no qual deixam de aumentar.

14. UNESP – No dia 16 de fevereiro de 2013, terminou o horário brasileiro de verão. À meia-noite, os relógios foram atrasados em uma hora. Considerando a intensidade da luz solar e os períodos de claro e escuro no intervalo de 24 horas, como estará a taxa fotossintética das plantas do jardim de uma casa na cidade de São Paulo ao longo dos quatro meses seguintes? O que isso pode implicar para elas?

15. UNESP

Um vaso com uma planta de folhas verdes foi colocado sobre uma mesa, no centro de um quarto totalmente vedado, de modo a impedir a entrada da luz externa, e ali permaneceu por 24 horas.

Durante as 12 primeiras horas (período I), a planta foi iluminada com luz verde, de comprimento de onda na faixa de 500 a 550 nm. Nas 12 horas seguintes (período II), a planta foi iluminada com luz laranja-avermelhada, de comprimento de onda na faixa de 650 a 700 nm.

Considerando a incidência da luz sobre a planta e a taxa fotossintética, é correto afirmar que, aos olhos de um observador não daltônico que estivesse no quarto, as folhas da planta se apresentariam

- a) de cor verde no período I e enegrecidas no período II, e a taxa de fotossíntese seria maior no período II e reduzida ou nula no período I.
- b) enegrecidas no período I e de cor vermelha no período II, e a taxa de fotossíntese seria maior no período I e reduzida ou nula no período II.
- c) enegrecidas no período I e enegrecidas no período II, e em ambos os períodos a planta não realizaria fotossíntese, mas apenas respiração.

- d) de cor verde no período I e de cor vermelha no período II, e a taxa de fotossíntese seria maior no período I do que no período II.
- e) de cor verde no período I e de cor verde no período II, e a taxa de fotossíntese seria maior no período I do que no período II.

16. UEPA – As plantas terrestres fixam imensa quantidade de gás carbônico, utilizando-o para formar novas moléculas orgânicas por meio da **fotossíntese (1)**, sendo o oxigênio o produto liberado em grande quantidade. No entanto, em florestas maduras, como a floresta Amazônica, cujas árvores já atingiram o equilíbrio, o consumo de oxigênio pela **respiração (2)** tende a igualar com sua produção na fotossíntese. A floresta Amazônica é, portanto, autossustentável. Apesar disso, sua conservação é essencial para a estabilização do clima na região, no planeta e para a sobrevivência de um imenso número de espécies animais e vegetais que constituem um acervo genético de valor incalculável para a humanidade.

Sobre os processos destacados no texto, analise as afirmativas abaixo.

- I. No processo 2, parte das moléculas de oxigênio produzido na fotossíntese é utilizada imediatamente nas mitocôndrias da célula vegetal e a outra parte é liberada na forma de celulose.
- II. A oxidação de compostos orgânicos para a liberação de energia necessária às atividades celulares, ocorre pelo processo 2, em que a molécula de glicose é decomposta em água e gás carbônico.
- III. Na fase luminosa do processo 1, há absorção da luz, transformação da energia luminosa em energia de ATP, quebra das moléculas de água em hidrogênio e oxigênio e a estrutura celular onde isso ocorre é o tilacoide.
- IV. Luz, temperatura e concentração de gás carbônico, são os principais fatores que impedem a velocidade das reações químicas no processo 1, em que o aumento da temperatura diminui as reações químicas da fase escura.
- V. A fase escura do processo 1 ocorre no estroma e compreende a formação de glicídeos, a partir de gás carbônico do ambiente.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a) I, II e IV
- b) I, III e IV
- c) II, III e IV
- d) II, III e V
- e) I, II, III e V

17. Unicamp-SP – Algumas plantas de ambientes áridos apresentam o chamado “metabolismo ácido das crasuláceas”, em que há captação do CO₂ atmosférico durante a noite, quando os estômatos estão abertos. Como resultado, as plantas produzem ácidos orgânicos, que posteriormente fornecem substrato para a principal enzima fotossintética durante o período diurno. É correto afirmar que essas plantas

- a) respiram e fotossintetizam apenas durante o período diurno.
- b) respiram e fotossintetizam apenas durante o período noturno.
- c) respiram o dia todo e fotossintetizam apenas durante o período diurno.
- d) respiram e fotossintetizam o dia todo.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C3-H10

A indústria têxtil utiliza grande quantidade de corantes no processo de tingimento dos tecidos. O escurecimento das águas dos rios causado pelo despejo desses corantes pode desencadear uma série de problemas no ecossistema aquático. Considerando esse escurecimento das águas, o impacto negativo inicial que ocorre é o(a)

- a) eutrofização.
- b) proliferação de algas.
- c) inibição da fotossíntese.
- d) fotodegradação da matéria orgânica.
- e) aumento da quantidade de gases dissolvidos.

19. Enem

C6-H22

Pesquisadores conseguiram estimular a absorção de energia luminosa em plantas graças ao uso de nanotubos de carbono. Para isso, nanotubos de carbono “se inseriram” no interior dos cloroplastos por uma montagem espontânea, através das membranas dos cloroplastos. Pigmentos da planta absorvem as radiações luminosas, os elétrons são “excitados” e se deslocam no interior de membranas dos cloroplastos, e a planta utiliza em seguida essa energia elétrica para a fabricação de açúcares. Os nanotubos de carbono podem absorver comprimentos de onda habitualmente não utilizados pelos cloroplastos, e os pesquisadores tiveram a ideia de utilizá-los como “antenas”, estimulando a conversão de energia solar pelos cloroplastos, com o aumento do transporte de elétrons.

Disponível em: <<http://lqes.iqm.unicamp.br>>. Acesso em: 14 nov. 2014 (Adaptado)

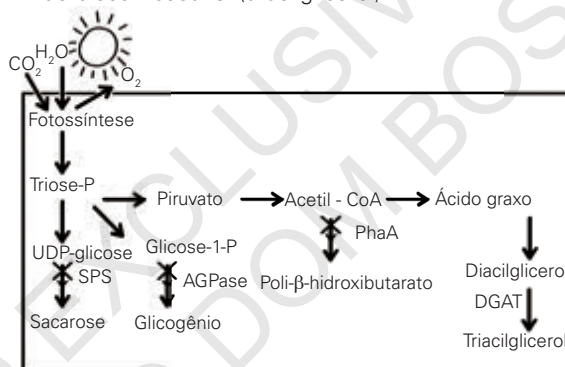
O aumento da eficiência fotossintética ocorreu pelo fato de os nanotubos de carbono promoverem diretamente a

- a) utilização de água.
- b) absorção de fótons.
- c) formação de gás oxigênio.
- d) proliferação de cloroplastos.
- e) captação de dióxido de carbono.

20. Enem

C5-H17

O quadro é um esquema da via de produção de biocombustível com base no cultivo de uma cianobactéria geneticamente modificada com a inserção do gene DGAT. Além da introdução desse gene, os pesquisadores interromperam as vias de síntese de outros compostos orgânicos, visando aumentar a eficiência na produção do biocombustível (triacilglicerol).



Considerando as vias mostradas, uma fonte de matéria-prima primária desse biocombustível é o(a)

- a) ácido graxo, produzido a partir da sacarose.
- b) gás carbônico, adquirido via fotossíntese.
- c) sacarose, um dissacarídeo rico em energia.
- d) gene DGAT, introduzido por engenharia genética.
- e) glicogênio, reserva energética das cianobactérias.

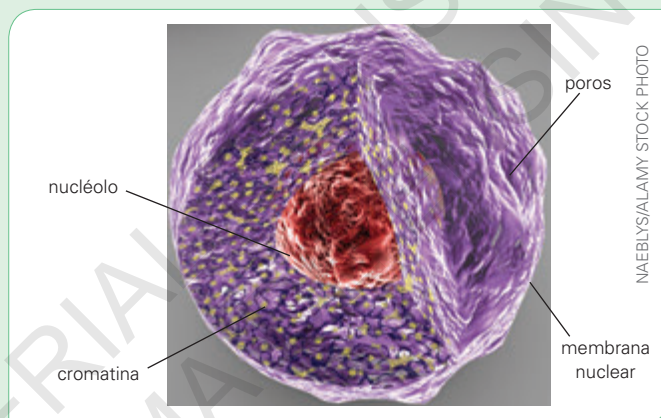
NÚCLEO CELULAR E CROMOSSOMOS

Acredita-se que a origem evolutiva do núcleo celular tenha se estabelecido por meio da endossimbiose. Esse modelo tem como suporte a similaridade entre algumas proteínas nucleares presentes nas células eucarióticas e procarióticas, como as histonas, comprovando que arqueias foram fagocitadas ou invadiram outras células primitivas.

Outra hipótese é a teoria da exomembrana, que parte da ideia de que o núcleo celular foi originado após a produção de uma nova membrana externa ao redor do envoltório nuclear, conhecida atualmente como membrana plasmática. A membrana celular original, por sua vez, transformou-se no núcleo da célula.

ORGANIZAÇÃO DO NÚCLEO

A existência de um núcleo celular organizado é a principal diferença entre as células eucarióticas e procarióticas. Nele está contida a maior parte da informação genética de um organismo, embora os cloroplastos e as mitocôndrias também apresentem material genético próprio. A massa do núcleo é constituída por 70% de água, 22% de proteínas, 7% de DNA e 1% de RNA. O núcleo é composto de envelope nuclear, cromatina, nucleoplasma e nucléolo. Observe a imagem a seguir.



Modelo esquemático das estruturas que compõem o núcleo celular. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

MEMBRANA NUCLEAR

A membrana nuclear, também denominada envelope nuclear (antigamente denominado carioteca), é a estrutura responsável por separar o núcleo celular do citoplasma. Sua composição é lipoproteica, com dois folhetos de membranas sobrepostos, separados por um espaço de 10 μm (micrometros) – visualizados apenas ao microscópio eletrônico. O envelope nuclear apresenta poros de aproximadamente 100 μm de diâmetro, por meio dos quais ocorrem as trocas de substâncias entre o núcleo e o citoplasma, controladas por um complexo de proteínas.

Na face externa, voltada para o citoplasma, o envelope nuclear tem ribossomos aderidos em continuidade com as membranas do retículo endoplasmático granular.

NUCLEOPLASMA

O nucleoplasma é um gel claro, semelhante ao hialoplasma, constituído por uma solução aquosa de proteínas, RNA, nucleosídeos, nucleotídeos e íons.

- Organização do núcleo celular
- Atividades fisiológicas do núcleo celular
- Estrutura e tipos de cromossomo
- Células haploides e diploides
- Número de cromossomos
- Cariótipo

HABILIDADES

- Citar os componentes do núcleo celular.
- Explicar a função de cada estrutura dentro da organela.
- Compreender a importância da organela na divisão celular, na hereditariedade e na síntese de proteínas.
- Citar as principais estruturas que compõem os cromossomos e suas funções.
- Relacionar evolutivamente o número de cromossomos em diferentes espécies.
- Compreender os conceitos e as diferenças entre células haploides e diploides.
- Definir o conceito de cariótipo.
- Assimilar a importância do ideograma para reconhecer anomalias cromossômicas.

NUCLÉOLO

É um corpúsculo sem membrana, em número variável (geralmente um ou dois por núcleo), constituído por RNA ribossômico. É importante ter cuidado para não confundir-lo com os cariossomos, que são formados por moléculas de DNA.

Em células que produzem muitas proteínas, o nucléolo é bastante desenvolvido, sendo possível ser visualizado no início e no final da divisão celular, uma vez que o RNA ribossômico participa da formação das subunidades dos ribossomos, importantes na tradução ou na síntese de proteínas.

CROMATINA

É formada pelo conjunto de filamentos de DNA, por histonas (proteínas específicas), RNA e cálcio. Sua disposição e seu grau de condensação variam de acordo com o tipo celular. No núcleo interfásico, isto é, na fase em que a célula cresce e aumenta de volume antes de dividir-se, a cromatina encontra-se descompactada, formando a **eucromatina**. Quando a célula está em divisão celular, a cromatina é bastante compacta e forma os cromossomos. Nessa fase a denominamos **heterocromatina**. Vale destacar que as proteínas **histonas** possibilitam que o DNA se torne bastante compacto, de maneira que a expressão dos genes se torna silenciada. À medida que o DNA fica menos compacto, a expressão gênica se torna ativa. Assim, a cromatina e os cromossomos são representações morfológicas e fisiológicas distintas da mesma estrutura.

ATIVIDADES FISIOLÓGICAS DO NÚCLEO

A membrana nuclear tem, primeiramente, a função de proteger o DNA, uma vez que impede que moléculas nocivas entrem em contato com o material genético.

O núcleo coordena as reações e as atividades celulares, pois as moléculas precursoras de cada atividade em nosso corpo são sintetizadas nas células. E é somente dentro delas que se encontra a “receita” de como produzi-las com base no DNA. Nessa organela também ocorre o processo de transcrição. O RNA mensageiro origina-se com base na fita molde de DNA.

Por fim, e mais importante, o núcleo está diretamente envolvido na hereditariedade, pois é responsável por compartilhar características entre genitor e prole, o que garante a continuidade das espécies. Para que as características sejam transmitidas às gerações futuras, as células passam por divisão celular. Assim, o material genético da célula geradora é passado para a célula gerada. Esse processo é muito importante evolutivamente, uma vez que genes vantajosos podem ser passados adiante, o que faz crescer a probabilidade de sua frequência aumentar dentro de uma população.

Estrutura e tipos de cromossomo

O cromossomo é uma estrutura composta de filamentos compactados de DNA associados ao redor de proteínas conhecidas como histonas. O ser humano geralmente possui 46 cromossomos, organizados em pares: 23 pares, sendo 22 de cromossomos **autossômicos** e um de cromossomos **sexuais**. Esses cromossomos se encontram no núcleo da célula eucariótica, enquanto, em procariotos, o cromossomo tem o formato circular (chamado de plasmídeo), sem proteínas associadas, e encontra-se livre no citoplasma.

Os cromossomos são constituídos por **cromatinas**, que nada mais são que a condensação dos filamentos de DNA enrolados nas histonas; a cromatina possui níveis de compactação. Quando um filamento de DNA se associa a diversas histonas, ele forma o **nucleossomo**, que se assemelha a um “colar de contas”. Os nucleossomos, portanto, são formados por DNA e histonas e são considerados as estruturas primárias da cromatina. À medida que essa estrutura se alonga e cresce, ela sofre torção (helicoidização), formando a cromatina propriamente dita. Dependendo da forma como ocorre essa torção, forma-se a EUCROMATINA, a chamada cromatina menos condensada; ou a HETEROCROMATINA, partes mais condensadas.

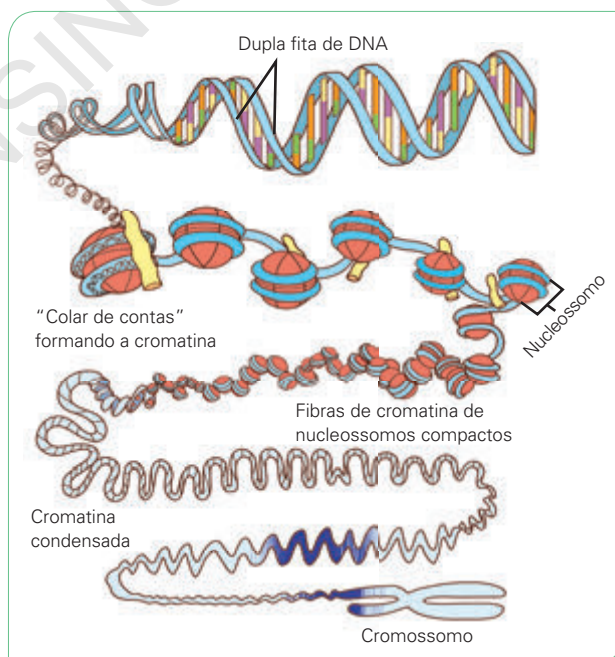


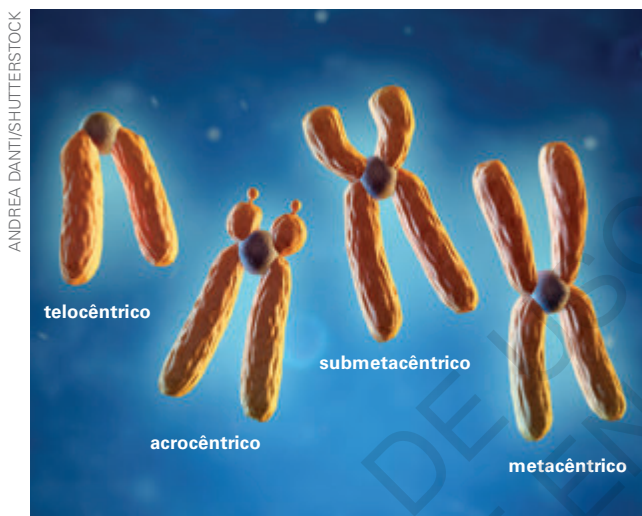
Ilustração que mostra os níveis de condensação dos filamentos de DNA, enrolados em proteínas histonas e formando os nucleossomos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

As características dos cromossomos devem estar na fase de duplicação para que se possa distinguir algumas estruturas só visíveis durante a fase de interfase na divisão celular, na qual ocorre a duplicação do filamento cromossômico e a geração de duas cópias cromossômicas conhecidas como **cromátides-irmãs**.

Portanto, durante a divisão celular, o **centrômero**, que é a região de constrição do cromossomo, mantém unidas as duas cromátides-irmãs para que os microtúbulos do fuso se conectem ao centrômero, movendo os cromossomos durante o processo de divisão celular.

Para melhor compreensão dos tipos cromossômicos, a localização do centrômero é importante, pois eles podem ser classificados em:

- **metacêntricos**: quando o centrômero se encontra no meio do cromossomo;
- **submetacêntricos**: quando o centrômero é um pouco deslocado para uma das extremidades; possuem os dois braços;
- **acrocêntricos**: quando o centrômero está muito deslocado para a extremidade, deixando um braço bem maior que o outro;
- **telocêntricos**: quando o centrômero se encontra em uma das extremidades.



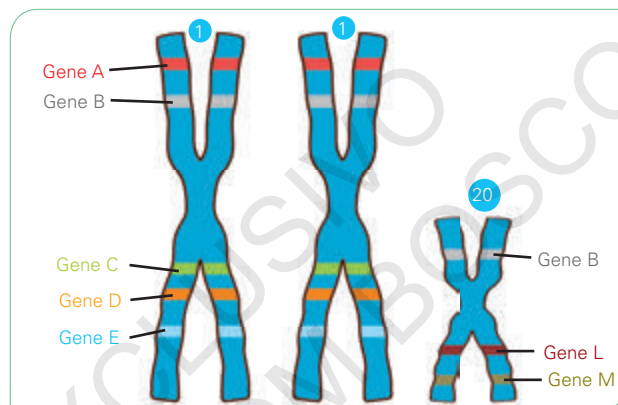
Classificação dos cromossomos baseada na posição dos centrômeros. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Alguns cromossomos podem apresentar regiões denominadas **constrições secundárias**, de forma que a porção separada do corpo dos cromossomos é denominada **zona SAT** ou **satélite**. Essa região está relacionada à formação dos nucléolos, cuja função principal é a montagem e organização dos ribossomos. Em células com maior atividade de síntese proteica, essa região SAT é maior e, consequentemente, o nucléolo também o é, visto que a principal organela responsável pela síntese de proteínas é o ribossomo.

Outra estrutura importante é o **telômero**, extremidade natural de cada braço do cromossomo. É uma parte do cromossomo formada por sequências muito repetitivas de DNA, que não codifica para nenhuma proteína e serve para proteger as extremidades, como se fossem as pontas de plástico do cadarço dos tênis, que evitam que o fio se abra e desfie. Entretanto, o telômero se “desgasta” ao longo do tempo, pois, com novas divisões celulares (a fim de multiplicar e/ou regenerar tecidos),

essa região se encurta, ficando extremamente pequena e não conseguindo mais desempenhar a função de proteger o DNA. A célula então para de se reproduzir e entra no estado de senescência ou velhice.

Na maioria dos tipos celulares, os cromossomos aparecem em pares, isto é, sempre há dois cromossomos de cada tipo, exatamente iguais em tamanho, forma, posição do centrômero e genes. Quando isso acontece, dizemos que são cromossomos **homólogos**.



Os cromossomos 1 são homólogos, isto é, possuem o mesmo tamanho, forma e posição dos centrômeros, bem como a mesma constituição gênica. Entretanto, o cromossomo 20 não é homólogo aos cromossomos 1, por ser completamente diferente em todos os aspectos quando comparado aos dois. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Células haploides e diploides

O número de cromossomos presente no núcleo celular é denominado **ploidia**. As células somáticas, responsáveis por formar órgãos e tecidos, apresentam dois lotes cromossômicos, classificados como **diploides** ($2n$). Já nas células germinativas formadoras de gametas (ovócitos e espermatozoides), existe apenas um lote cromossômico, classificado como **haploide** (n).

Os gametas, que são células haploides (n), quando formam o zigoto, tornam-se uma célula diploide ($2n$). Assim, durante a fecundação, os 23 cromossomos do espermatozoide encontram-se com os 23 cromossomos do ovócito, originando um zigoto com 46 cromossomos, no caso dos indivíduos que não apresentam anomalias na formação.

No processo da divisão celular, os gametas podem apresentar erros em um par de seus cromossomos, fazendo com que o zigoto tenha cromossomos a mais, como na síndrome de Down. Pode ocorrer também a falta de cromossomos, dando origem a outras anomalias que serão discutidas adiante.

Nas plantas com flores denominadas angiospermas, em uma das fases de desenvolvimento estão presentes as células **triploides**, com três cromossomos de cada tipo, formando trios em vez de pares.

As células do endosperma, presentes nas sementes dessas plantas, responsáveis principalmente pela nutrição do embrião, são resultado da fusão entre dois dos núcleos polares do óvulo e um núcleo de gameta masculino.

Número de cromossomos

O número de cromossomos pode variar bastante de uma espécie para outra e isso acontece ao longo da evolução, em que algumas espécies perdem cromossomos e outras ganham ao longo de milhares de anos. Observe alguns exemplos na tabela comparativa entre o número cromossômico.

ANIMAL	PLOIDIA
<i>Homo sapiens</i> (humano)	$2n = 46$
<i>Pan troglodytes</i> (chimpanzé)	$2n = 48$
<i>Rattus rattus</i> (rato-preto)	$2n = 42$
<i>Felis catus domesticus</i> (gato doméstico)	$2n = 38$
<i>Puma concolor</i> (onça-parda)	$2n = 38$
<i>Cucumis sativus</i> (pepino)	$2n = 14$
<i>Carica papaya</i> (mamão)	$2n = 18$
<i>Avena sativa</i> (aveia)	$6n = 42$
<i>Saccharum officinarum</i> (cana-de-açúcar)	$2n = 80$
<i>Ascaris univalens</i> (lombriga de rato)	$2n = 2$

Com base nessa tabela, é possível notar que há espécies com o mesmo número de cromossomos. A aveia e o rato-preto possuem 42 cromossomos, porém são de filios completamente diferentes e possuem ploidias distintas também. Os cromossomos, quando comparados entre si, são bastante diferentes em tipos (metacêntricos, acrocêntricos etc.), em relação aos diversos genes relacionados a características e funções, bem como às mutações específicas ao longo do DNA. Já espécies mais próximas entre si, como o gato doméstico e a onça-parda, apresentam a mesma quantidade de lote cromossômico. Organismos aparentados tendem a apresentar números de cromossomos,

tipos e genes semelhantes, de modo que muitos desses genes são comuns uns aos outros, assim como o número de mutações no DNA.

Cromossomos sexuais

A maioria das espécies apresenta um par de cromossomos sexuais cujos componentes diferenciam os indivíduos em relação ao sexo biológico macho e fêmea. No caso da espécie humana, pessoas do sexo feminino possuem um par de cromossomos idênticos chamados de **homogaméticos** (XX); já as pessoas do sexo masculino, um par de cromossomos diferentes chamados de **heterogaméticos** (XY). Os demais cromossomos existentes dentro da célula são denominados cromossomos autossômicos, os quais não estão ligados ao sexo e fazem parte do patrimônio genético da espécie, como os 23 pares encontrados no cariótipo dos seres humanos.

Cariótipo

O cariótipo é o conjunto de cromossomos de uma espécie, com todas as suas características (número, tamanho e classificação). Ele pode ser observado pelo microscópio principalmente durante a divisão celular, em razão do alto grau de condensação dos cromossomos.

Com a imagem obtida pelo microscópio, os cromossomos são recortados de acordo com o tipo e em ordem decrescente de tamanho. Então, é montado o **ideograma** ou **idiograma**.

A análise do ideograma é fundamental na detecção de anomalias cromossômicas em fetos por meio de alguns exames como amniocentese, no qual uma pequena quantidade do líquido amniótico é coletada para análise do cariótipo das células somáticas do feto. Com os dados dessa análise, como o número e a forma dos cromossomos, é possível dizer se o feto possui alguma anomalia genética.

ROTEIRO DE AULA

NÚCLEO CELULAR

Estrutura

Membrana nuclear

Delimita o:

Núcleo

Nucléolo

Composto de:

RNA

Cromatina

Morfologia dos:

Cromossomos

Eucromatina

Evidente na:

Interfase

Heterocromatina

Evidente na:

Divisão celular

Atividades fisiológicas

Proteção do:

DNA

Coordenação de:

Reações metabólicas

Atua diretamente na:

Transcrição

Atividades celulares

ROTEIRO DE AULA

CROMOSSOMOS

Composição

Cromatina

Composta de:

DNA e histonas

Cariótipo

Conjunto que pode ser identificado em cada espécie e analisado.

2 pares de cada tipo

Ocorre em células:

Somáticas

Diploides (2n)

1 de cada tipo

Ocorre em células:

Germinativas

Haploides (n)

Estruturas constituintes

Centrômero

Mantém as cromátides-irmãs unidas na divisão celular.

Classificação

Submetacêntrico

Metacêntrico

Telocêntrico

Acrocêntrico

Constrições secundárias

Zona SAT ou satélite

Função:

Formar os nucléolos

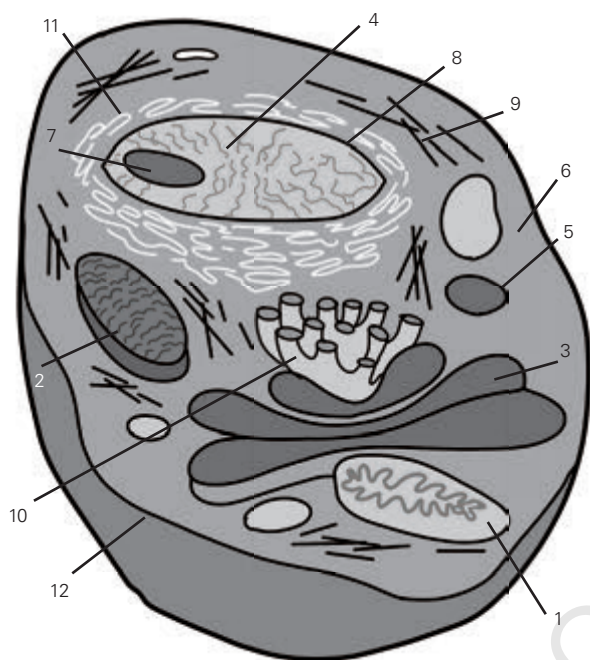
Telômero

Função:

Estabilizar o cromossomo

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. PUC-MG (adaptada) – O bom funcionamento de uma célula eucariótica depende da compartimentalização de processos específicos em organelas como as indicadas por números na figura a seguir.



É correto afirmar que

- a) 7 tem o nome de cromatina.
- b) 7 contém apenas RNA.**
- c) 4 é semelhante a um gel escuro rico em íons apenas.
- d) 8 é formada apenas por um folheto de membrana.

(7) é o nucléolo, constituído por RNA. (4) é o nucleoplasma, constituído por um gel claro composto de proteínas, RNA, nucleosídeos, nucleotídeos e íons. (8) é a membrana nuclear, formada por dois folhetos de membrana.

2. Unicamp-SP (adaptada) – Em relação a um organismo diploide, que apresenta 28 cromossomos em cada célula somática, pode-se afirmar que:

- a) seu código genético é composto de 28 moléculas de DNA de fita simples.
- b) o gameta originado desse organismo apresenta 14 cromossomos.**
- c) uma célula desse organismo apresenta 28 moléculas de RNA.
- d) seu cariótipo é composto de 28 pares de cromossomos.

O gameta possui 14 cromossomos. As alternativas A e C estão incorretas porque se trata de 28 cromossomos no total, e cada um deles é constituído por DNA de fita dupla, enovelando as proteínas. A alternativa D está incorreta porque o cariótipo terá 14 pares de cromossomos.

3. UERR

C5-H17

Os cromossomos são estruturas que coram intensivamente com uso de corantes citológicos, sendo observável à microscopia óptica durante a divisão celular. Sabendo-se disso, assinale a alternativa correta, do ponto de vista genético, que define suas características.

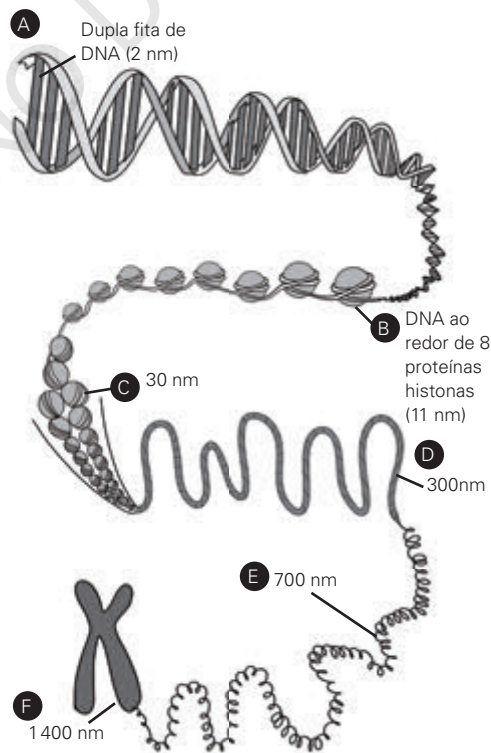
- a) São definidos como estruturas com lamelas lipoproteicas dobradas ordenadamente em espiral, formadas por subunidades de glicogênio.
- b) Eles podem ser definidos como uma sucessão linear de genes, unidades de informação genética característica de todos os seres vivos.**
- c) São definidos como pequenas moléculas de lipoproteínas, RNA e lignina, contendo informação genética dos animais.
- d) Eles podem ser definidos como finos filamentos citoplasmáticos que estabelecem comunicações entre as células, formados apenas por proteínas denominadas purinas.
- e) São definidos como estruturas citoplasmáticas que armazenam amidos e auxiliam no sistema de excreção celular.

Os cromossomos são uma sucessão linear de genes, que são as unidades de informações genéticas, unidos a proteínas.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

4. CEFET-MG (adaptada) – O DNA apresenta diferentes níveis de condensação, conforme representado na figura.



No momento em que o DNA de uma célula somática humana for visualizado no nível "F" de condensação, está ocorrendo o processo de

- a) síntese de proteínas.
- b) divisão celular.**
- c) permutação cromossômica.
- d) produção de ácido ribonucleico.
- e) duplicação do material genético.

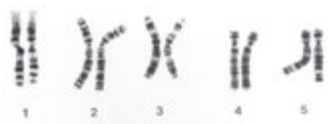
Durante a divisão celular, o cromossomo encontra-se condensado, conforme mostrado na figura.

5. IFCE – O núcleo celular é o local que abriga o material genético nas células eucariontes. No núcleo interfásico, fase em que a célula não se encontra em divisão, a cromatina aparece imersa na cariolinfa, como um emaranhado de filamentos longos e finos. Ao iniciar o processo de divisão celular, esses filamentos começam a se condensar em espiral, tornando-se mais curtos e grossos, passando a ser chamados de

- a) cromonema.
- b) cromossomo.**
- c) carioteca.
- d) DNA.
- e) genes.

O cromossomo é a molécula de DNA condensada em formato espiralado.

6. Cefet-MG – Analise a imagem a seguir do cariótipo de um indivíduo que apresenta uma anomalia.



A causa dessa anomalia é a ocorrência de:

- a) deleção do cromossomo Y.
- b) curvatura nos cromossomos.
- c) troca de partes entre os cromossomos.
- d) alteração nos tamanhos dos cromossomos.
- e) quantidade de cromossomos maior que o com**

Houve trissomia do cromossomo 21, evidenciando a presença de um cromossomo a mais desse tipo. Essa é característica da síndrome de Down.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Ibmec-RJ (adaptada) – O núcleo celular foi descoberto pelo pesquisador escocês Robert Brown, que o reconheceu como componente fundamental das células. O nome escolhido para essa organela expressa bem essa ideia: a palavra “núcleo”, de acordo com o dicionário brasileiro, significa centro ou parte central. A respeito da constituição e função do núcleo celular, julgue as afirmativas, como falsas ou verdadeiras:

- I. O núcleo só é encontrado em células eucariontes, portanto as bactérias não apresentam essa organela.
- II. Existem células eucariontes com um único núcleo, células com vários núcleos e outras células anucleadas.
- III. O núcleo abriga o material genético das células, uma vez que dentro dele se encontram os cromossomos que contêm a informação genética.
- IV. O envoltório nuclear impede a troca de qualquer tipo de material entre o núcleo e o restante da célula.

- a) V – V – F – F
- b) F – F – F – V
- c) V – F – V – F
- d) V – V – V – F
- e) V – F – V – V

8. PUC-RJ – Uma diferença entre células eucariontes e procariontes está no núcleo. Os indivíduos procariontes possuem a molécula de DNA espalhada no citoplasma, enquanto nos indivíduos eucariontes, ela se encontra no núcleo da célula. Quanto a esse núcleo, é correto afirmar que

- a) um núcleo saudável de uma célula possui sempre uma forma redonda e se encontra em seu centro, pois assim controla igualmente toda a célula.
- b) no núcleo se encontra a cromatina, que é a associação das moléculas de DNA e proteínas, imersa no citoplasma e envolvida pela membrana nuclear.
- c) o núcleo é a região da célula que controla toda a produção de proteína, já que contém a molécula do DNA.
- d) além da molécula do DNA, o núcleo da célula contém outros organelos, como os ribossomos e o retículo.

e) é o núcleo que caracteriza as bactérias e algas azuis, já que são seres unicelulares.

9. UPF-RS (adaptada) – O núcleo confere às células eucarióticas algumas vantagens sobre as células procariontes. Analise as afirmativas a seguir:

- I. Separa o processo de transcrição do processo de tradução.
- II. Protege o DNA de choques mecânicos.
- III. Controla o intercâmbio de substâncias que podem chegar até o DNA.

Assinale a alternativa correta:

- a) Todas as afirmativas estão corretas.
- b) Apenas a afirmativa I está correta.
- c) Apenas I e III estão corretas.
- d) Todas as afirmativas estão erradas.

10. UFLA-MG (adaptada) – Na espécie humana, o número diploide de cromossomos é 46. Quantos cromossomos serão encontrados, respectivamente, nos espermatozoides, ovócitos e células epidérmicas?

- a) 23, 23, 46.
- b) 22, 22, 46.
- c) 22, 22, 44.
- d) 23, 23, 44.

11. UERJ – Qualquer célula de um organismo pode sofrer mutações. Há um tipo de célula, porém de grande importância evolutiva, que é capaz de transmitir a mutação diretamente à descendência. As células com essa característica são denominadas:

- a) diploides.
- b) somáticas.
- c) germinativas.
- d) embrionárias.

12. FGV-SP (adaptada) – A figura ilustra o modelo do início da fusão de dois núcleos de células reprodutivas humanas sem anomalias.

CC STUDIO/SCIENCE PHOTO LIBRARY/
FOTOARENA

O número de moléculas de DNA presente em cada núcleo é:

- a) 22
- b) 23
- c) 44
- d) 46
- e) 92

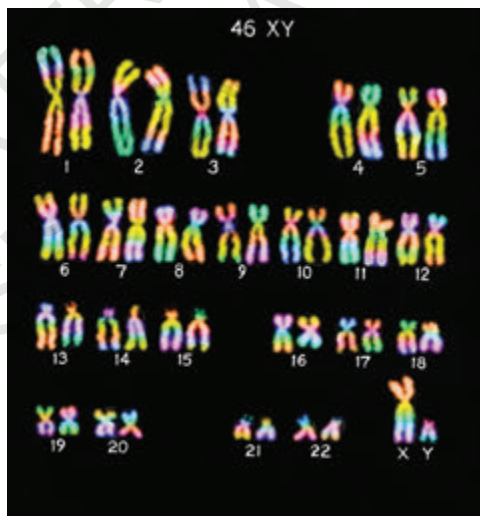
13. Cefet-MG – Pesquisadores revelaram que não são apenas os genes que transmitem atributos, como a cor dos olhos, entre pais e filhos. Proteínas chamadas histonas também são responsáveis por transmitir características hereditárias, apesar de sua função primordial ser a manutenção do DNA na forma de cromatina e cromossomos. Algumas dessas proteínas são capazes de silenciar genes quando impedem que o DNA seja desenrolado. Modificando-as, os cientistas conseguiram criar características que foram transferidas para novas gerações sem alteração nos genes.

Fonte: *Super interessante*, 06 abr. 2015. (Adaptado)

Pelo exposto, a função dessas proteínas nas alterações das características dos organismos ocorre devido à(ao)

- a) habilidade de provocar mutação deletéria.
- b) bloqueio da transcrição dos genes a serem expressos.
- c) falta de partes do material genético herdado pelos filhos.
- d) encurtamento dos cromossomos transferidos aos descendentes.
- e) migração para o citosol alterando a mensagem enviada pelo núcleo.

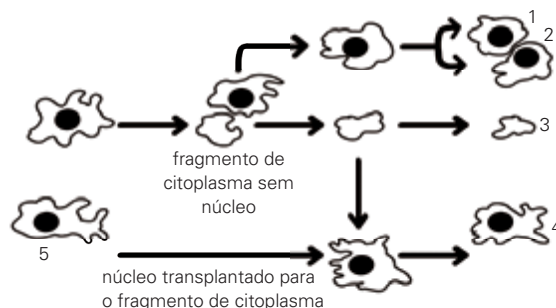
14. Sistema Dom Bosco – A imagem a seguir representa um ideograma do cariótipo de um ser humano.



a) Com base em seus conhecimentos, descreva se o cariótipo pertence a um indivíduo do sexo masculino ou feminino e justifique.

b) Classifique os cromossomos 5 com base na posição do centrômero.

15. Mackenzie-SP (adaptada) – O esquema a seguir representa um experimento realizado em amebas.



Considere as afirmativas a seguir:

- I. A célula 4 terá as mesmas características genéticas da célula 5.
- II. As células musculares são excelentes para extrair DNA por conterem maior quantidade de núcleos.
- III. O núcleo é responsável pela reprodução das características ao longo das gerações.

ESTUDO PARA O ENEM

18. UECE

C5-H17

A célula eucariótica é compartimentada, a procariótica não. Esta afirmação faz sentido quando comparamos os dois padrões de organização celular sob o seguinte aspecto:

- dimensões celulares. A relação superfície/volume é maior na célula procariótica que na eucariótica. Assim, a célula procariótica apresenta-se com uma área superficial suficientemente grande para satisfazê-la em termos nutritivos. Ao mesmo tempo, o seu espaço interno é adequado à ocorrência das reações metabólicas num ambiente descompartimentado.
- relação nucleoplasmática. A relação nucleoplasmática varia de 1/1 a 1/3 na célula eucariótica, mostrando-nos que, enquanto o núcleo varia de volume, o citoplasma permanece com volume constante. Portanto, a compartimentação na célula eucariótica aumenta a superfície citoplasmática para fazer face ao aumento de volume do núcleo.
- presença de estruturas membranosas. A presença de mesossoma e nucléolo nas células procarióticas dispensa a presença de outras organelas citoplasmáticas.
- processo evolutivo. A compartimentação das células eucarióticas é decorrência do processo evolutivo desenvolvido no sentido da diminuição das suas superfícies internas, já que as superfícies externas crescem mais que o volume da célula, na medida em que as dimensões celulares aumentam.
- endossimbiose. Somente as células procarióticas sofreram modificações na morfologia celular com base nesse evento evolutivo que resultou na formação do núcleo.

19. Sistema Dom Bosco

C5-H17

A síndrome de Down é causada pela presença de três cromossomos 21 em todas ou na maior parte das células de um indivíduo. Isso ocorre na hora da concepção de uma criança. As pessoas com síndrome de Down, ou trissomia do cromossomo 21, têm 47 cromossomos em suas células em vez de 46, como a maior parte da população.

Disponível em: <<http://www.movimentodown.org.br/sindrome-de-down/o-que-e/>>.
Acesso em: out. 2018.

A identificação do fator que origina indivíduos com essa síndrome tornou-se possível pela utilização da técnica de

- produção do DNA recombinante.
- clonagem.
- contagem e identificação dos cromossomos.
- culturas de células e tecidos.
- mapeamento do genoma humano.

20. Sistema Dom Bosco

C5-H17

Observe a figura a seguir, em que as pessoas representam os cromossomos.



CONEYL JAY/GETTY IMAGES

Ao fazer uma analogia da representação das pessoas na imagem com os cromossomos,

- apenas os braços podem representar as cromátides-irmãs.
- o telômero pode ser representado pela cabeça das pessoas.
- os cromossomos representados poderiam ser classificados como acrocêntricos.
- a região abdominal representa uma constrição secundária.
- a região abdominal representa uma constrição denominada centrômero.

12

DIVISÃO CELULAR: MITOSE E MEIOSE

- Ciclo celular
- Mitose
- Variação da quantidade de DNA na mitose
- Fases da meiose e sua importância
- Variação da quantidade de DNA na meiose
- Meiose × mitose

HABILIDADES

- Descrever a importância da mitose para os organismos.
- Citar e explicar as etapas do ciclo celular.
- Conhecer as consequências do ciclo celular e explicar as etapas da mitose.
- Compreender a variação do número de cromossomos durante as etapas do ciclo celular e da mitose.
- Descrever a importância da meiose para os organismos.
- Citar e explicar as etapas da meiose.
- Compreender a variação do número de cromossomos ao longo da meiose.
- Explicar as principais diferenças entre mitose e meiose.
- Explicar as principais diferenças entre meiose I e meiose II.

IMPORTÂNCIA DA DIVISÃO CELULAR

Mitose e meiose são duas formas de divisão celular. A **mitose** origina duas células-filhas idênticas à célula-mãe, com o mesmo número de cromossomos dela. Por isso, dizemos que é uma divisão **equacional**, representada por (E!). A **meiose**, por outro lado, é o processo no qual uma célula origina quatro células com metade do conjunto cromossômico da célula-mãe.

Existem células que sofrem mitose frequentemente, como as células da medula óssea (produtoras das células sanguíneas) e as dos tecidos meristemáticos vegetais (responsáveis pelo crescimento da planta). As células do fígado entram em divisão, originando diversas duplas de outras células iguais após a morte celular proveniente de uma doença como hepatite. Existem também células que nunca se dividem, como os neurônios, as células musculares estriadas e as musculares cardíacas.

Em organismos que realizam a reprodução assexuada, como as algas, as amebas e as bactérias, ao sofrer divisão celular, um organismo originará dois outros idênticos geneticamente a ele. Nesse caso, a divisão celular é sinônimo de **reprodução assexuada**.

A mitose também tem grande importância para os seres pluricelulares por promover as mudanças a seguir.

- **Desenvolvimento** – Embriões são formados por células que se dividem constantemente, dando origem aos tecidos e órgãos que constituem um novo indivíduo.
- **Crescimento** – Os organismos crescem devido ao aumento, em número e volume, das células. A mitose promove o aumento do número de células.
- **Renovação celular** – As células dos vários tecidos que constituem um organismo precisam ser renovadas periodicamente, originando células precursoras por meio da divisão celular. O tecido epitelial, por exemplo, necessita ser renovado, em média, a cada 28 dias.
- **Regeneração** – Células lesadas ou mortas podem ser substituídas por meio da divisão celular, como ocorrem em fraturas ósseas, por exemplo.

Durante o desenvolvimento da célula, a relação entre o volume celular e a área de sua membrana aumenta até alcançar um valor crítico, desencadeando a divisão. Assim, o crescimento da superfície não acompanha o aumento do seu volume e essa falta de proporção torna a manutenção do metabolismo da célula inviável. Esse fato irá promover a divisão celular para tornar a superfície compatível com o volume no início de cada ciclo.

CICLO CELULAR

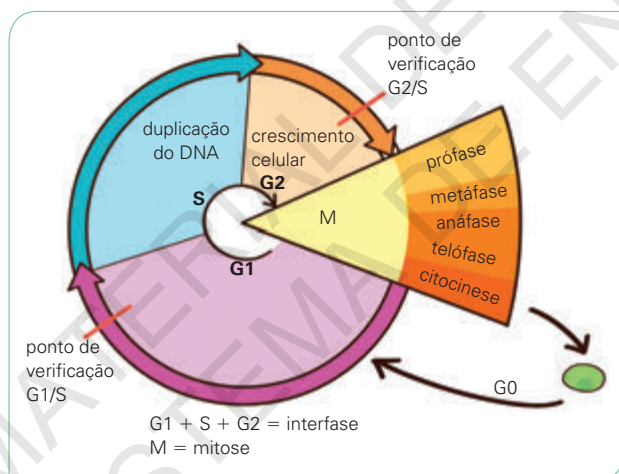
As células têm determinado tempo de vida e podem morrer ou se dividir, originando novas células. Seu destino depende de uma sequência de eventos que ocorrem dentro do **ciclo celular** (ou ciclo mitótico), que compreende a **interfase** e a **mitose** (fase M).

INTERFASE

É o período, entre as divisões celulares, de crescimento e desenvolvimento em que diversas reações bioquímicas ocorrem simultaneamente.

A interfase é dividida em três fases: G1, S e G2.

- **G1** significa *gap 1* ou intervalo 1. Nessa fase, a célula cresce e são produzidas as proteínas que vão atuar na divisão celular. Em geral, tem duração média de quatro horas. Ocorre também o **ponto de verificação G1/S**, no qual a célula só avança para a fase S se tiver todas as enzimas necessárias para atuar na replicação do DNA. A célula pode sair do ciclo celular em resposta a sinais regulatórios e passar para a **fase G0**, que a mantém em estado estável e tamanho constante. Assim, pode permanecer nessa fase por um longo tempo ou entrar novamente na fase G1.
- A **fase S** refere-se à replicação do DNA (S de síntese). Assim, os cromossomos são duplicados e cada um deles passa a apresentar duas cromátides-irmãs.
- A **fase G2** refere-se a um segundo intervalo – *gap 2*. Nela, ocorrem diversos processos bioquímicos e, ao final, existe o **ponto de verificação G2/M**, de forma que a célula só avança para a fase M de divisão celular caso o DNA não esteja danificado.



No esquema é possível notar as fases da interfase G1, S e G2. Somente após essas três fases a célula poderá iniciar o processo de divisão celular (mitose ou fase M).

MITOSE

É a divisão celular propriamente dita. Nessa fase, uma célula origina duas outras células com informações genéticas exatamente iguais. A mitose é dividida em cinco estágios: prófase, metáfase, anáfase, telófase e citocinese.

PRÓFASE

Neste estágio, os cromossomos irão se condensar e as cromátides-irmãs formadas na fase S da interfase ficarão bem evidentes. O **fuso mitótico**, conhecido como o arranjo de microtúbulos que move os cromossomos, será formado. Em células animais, o fuso cresce dos **centrossomos**, estruturas responsáveis por carregar os **centríolos**, que são compostos de microtúbulos. Assim, os centrossomos migram para lados opostos da célula, iniciando o fuso mitótico.

METÁFASE

Neste estágio, os cromossomos encontram-se todos alinhados em um único plano entre os dois centrossomos, formando a **placa metafásica**.

ANÁFASE

Neste estágio, as cromátides-irmãs separam-se e movem-se para os polos opostos do fuso.

TELÓFASE E CITOCINESE

Na telófase, os cromossomos chegam ao polo do fuso e a membrana nuclear é reconstituída ao redor de cada grupo de cromossomos, originando dois núcleos dentro de uma mesma célula.

Na citocinese, o citoplasma é dividido, formando duas células.

As células de gimnospermas e angiospermas não têm centríolos e, portanto, durante a formação do fuso mitótico, as fibras vão para os polos opostos da célula, mas sem a orientação dessa organela. Por conta disso, a mitose vegetal é denominada **anastral**, enquanto a mitose animal é denominada **astral**.

Outra diferença é que a célula animal sofre estrangulamento na região equatorial, originando a citocinese. A célula vegetal, por conta da parede celular, não sofre estrangulamento, mas há um acúmulo de vesículas oriundas do complexo golgiense, que se acumulam no centro da célula, formando o fragmoplasto e a lamela média. Como o fragmoplasto é originado do centro para as regiões periféricas, a citocinese é denominada **citocinese centrífuga**.

CONSEQUÊNCIAS DA DIVISÃO CELULAR

Com o ciclo celular, dois fatos importantes acontecem:

- uma célula produz duas novas células com as mesmas informações genéticas que as suas, sendo geneticamente idênticas;
- cada célula produzida é formada por metade do citoplasma e organelas da célula geradora.

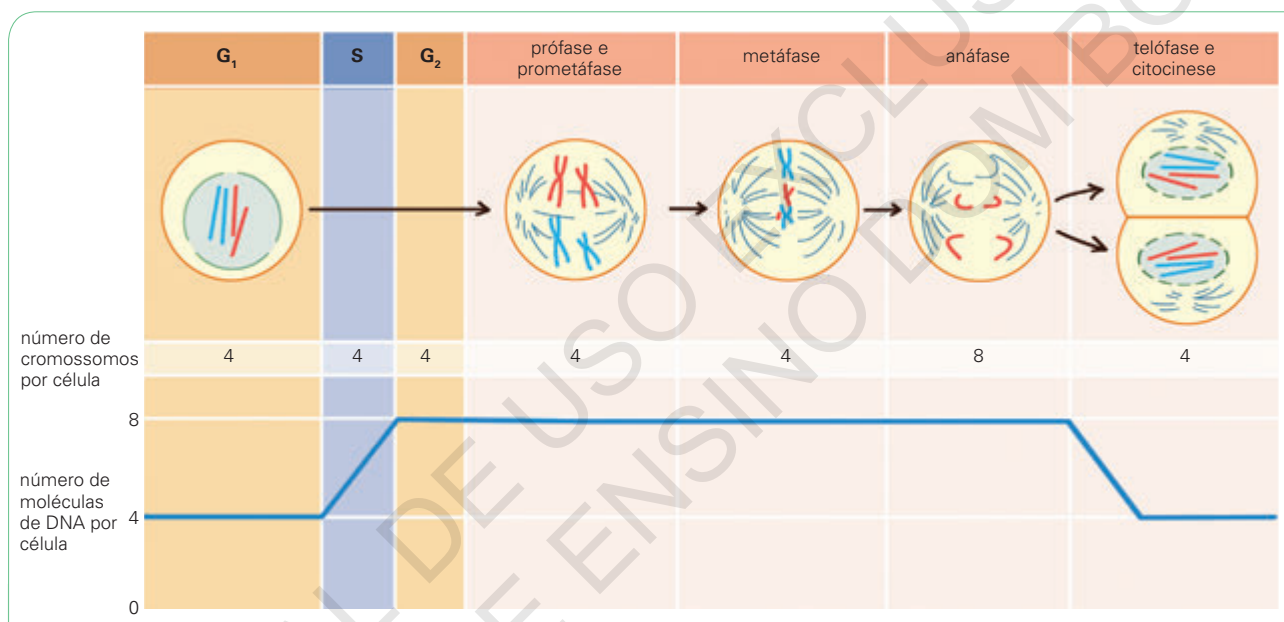
Entretanto, a quantidade de organelas e demais constituintes presentes no citoplasma não é distribuída igualmente entre elas, o que sugere que as células-filhas não sejam completamente idênticas.

VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE DNA NA MITOSE

A variação entre o número de cromossomos, cromátides e DNA é grande ao longo do processo de divisão celular. Para acompanhar o número dessas estruturas durante todo esse processo, existem duas regras simples:

- 1) para determinar o número de cromossomos, basta contar o número de centrômeros existentes;
- 2) para determinar o número de moléculas de DNA, é preciso contar as cromátides. Cada cromossomo consiste em uma única cromátide, ou seja, uma única molécula de DNA na fase G₁ da interfase.

Assim, uma célula $2n = 4$ terá quatro cromossomos e quatro cromátides na fase G₁ da interfase. Como ocorre duplicação do DNA na fase S, da fase G₂ até o final da metáfase haverá quatro cromossomos e oito cromátides. Na anáfase, o número de cromossomos por célula sobe para oito e o número de cromátides se mantém (oito). Por fim, na telófase e na citocinese, o número de cromossomos por célula diminui para quatro, bem como o número de cromátides. Isso pode ser representado da seguinte maneira em formato de gráfico:



Quadro comparativo das fases da mitose em relação ao número de cromossomos por célula e quantidade de moléculas de DNA. Após a síntese de DNA (fase S), o número de moléculas de DNA aumenta e volta a diminuir na telófase. Entretanto, o número de cromossomos é duplicado apenas na anáfase e, posteriormente, volta à quantidade inicial.

Há aproximadamente 1,5 bilhão de anos, surgiu uma nova possibilidade de reprodução, capaz de gerar seres geneticamente diferentes entre si: a reprodução sexuada. Isso foi possível graças à divisão celular denominada meiose, em que a variabilidade genética cria novos rearranjos no DNA, possibilitando o aparecimento de novas características.

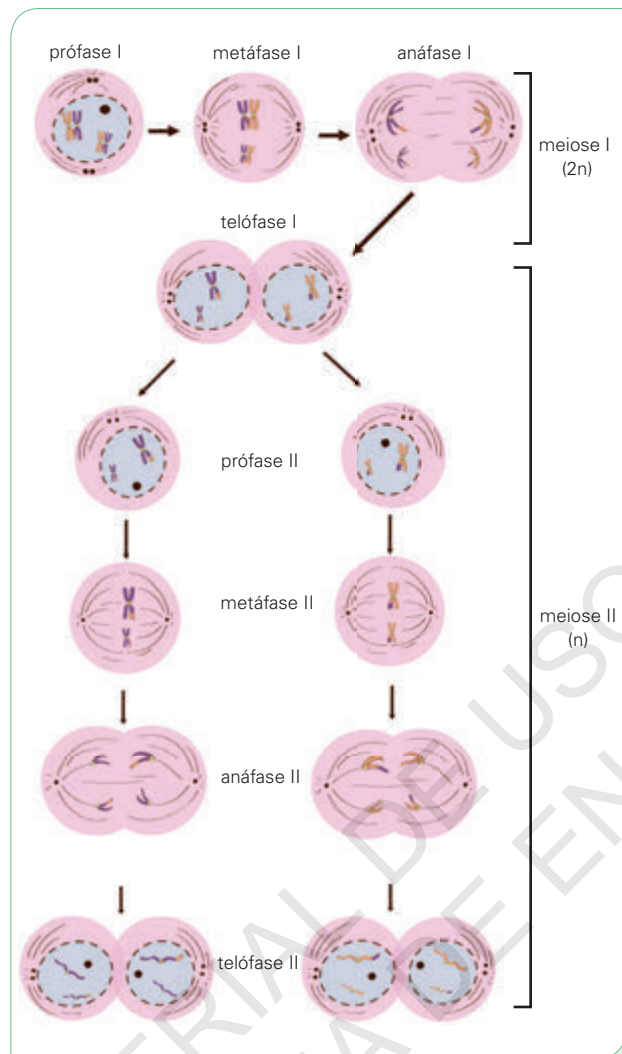
FASES DA MEIOSE E SUA IMPORTÂNCIA

Assim como ocorre na mitose, a meiose é precedida pela interfase, contemplando as fases G₁, S e G₂. Em geral, é composta de dois processos distintos: **meiose I** e **meiose II**.

Cada uma delas é um tipo de divisão celular. Ao final da meiose I, o número de cromossomos por célula é reduzido à metade e, por isso, diz-se que se trata de uma **divisão reducional**. Em outras palavras, uma célula diploide ($2n$) produz duas células haploides (n).

Ao final da meiose II, o número de cromossomos por célula é igual, sendo chamada de divisão equacional, como na mitose. Ou seja, cada uma das duas células

haploides (n) originadas na primeira divisão produzem outras duas iguais, totalizando quatro células haploides (n) ao final do processo. Embora a meiose II seja muito semelhante à mitose, apresenta características diferentes: o número de cromossomos já foi reduzido à metade na meiose I, e a célula não começa o processo com o mesmo número de cromossomos.



A meiose ocorre em duas fases: meiose I e meiose II. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Vale destacar que, além de produzir **variabilidade genética**, a meiose é de grande relevância para os seres vivos, pois é por meio desse processo que são formadas as células reprodutivas (gametas) localizadas nas gônadas de animais ou plantas de reprodução sexuada. Esses gametas unem-se para formar um zigoto, originando novos indivíduos com carga genética diferente da dos progenitores.

MEIOSE I

A meiose I é constituída por cinco estágios semelhantes ao da mitose – prófase I, metáfase I, anáfase I, telófase I e citocinese –, com algumas diferenças que serão discutidas ao longo deste módulo.

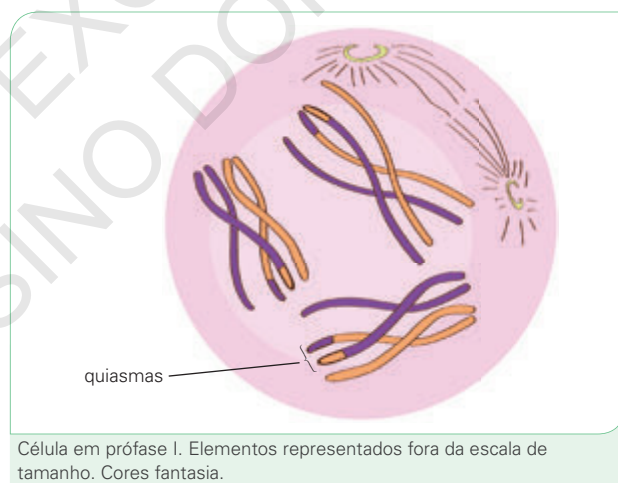
Prófase I

A prófase I é um estágio longo, dividido em cinco subestágios: leptoteno, zigoteno, paquíteno, diploteno e diacinese.

No **leptoteno**, os cromossomos contraem-se, tornando-se visíveis. No **zigoteno**, a condensação dos cromossomos continua e os homólogos formam pares, ficando uns bem próximos aos outros – **sinapse**.

No **paquíteno**, os cromossomos tornam-se mais curtos e grossos, desenvolvendo-se o complexo sinaptonêmico entre os homólogos. Nesse momento, ocorre o **crossing-over**, isto é, os cromossomos homólogos trocam informações genéticas entre si. Esse é o processo que promove a variabilidade genética, de maneira que os gametas produzidos ao final da meiose são completamente diferentes uns dos outros.

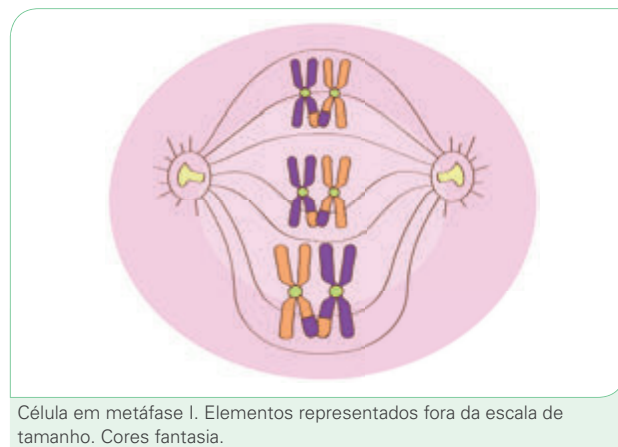
No **diploteno**, os centrômeros dos cromossomos homólogos separam-se, mas permanecem ligados pelos **quiasmas**, que são resultados do *crossing-over*. Na **diacinese**, os cromossomos continuam se condensando e os quiasmas se movem para as pontas deles à medida que se separam.



Célula em prófase I. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Metáfase I

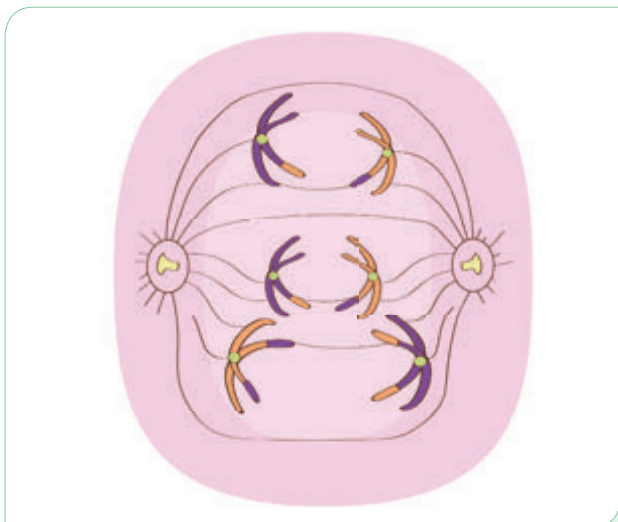
Esse estágio inicia-se quando os cromossomos homólogos se encontram alinhados na placa metafásica e continuam unidos pelos quiasmas (formados na prófase I).



Célula em metáfase I. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Anáfase I

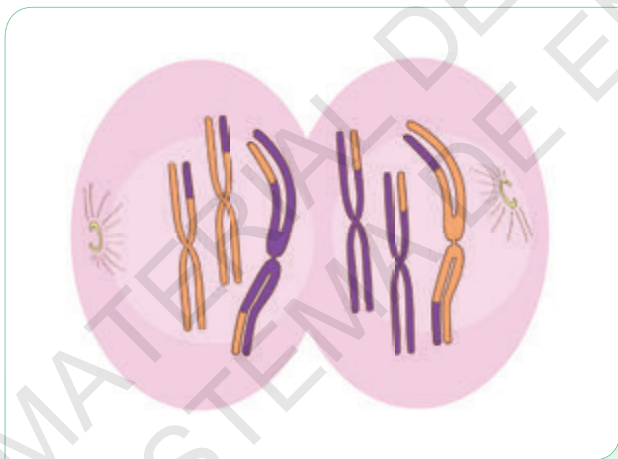
Nesse estágio, os cromossomos homólogos separam-se, embora as cromátides irmãs permaneçam juntas.



Célula em anáfase I. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Telófase I e citocinese (ou intercinese)

Na telófase I, os cromossomos chegam aos polos do fuso e o citoplasma divide-se. Na citocinese (ou intercinese), a membrana nuclear reconstitui-se ao redor dos cromossomos que se encontram agrupados em cada polo do fuso, o fuso se desfaz e os cromossomos se descondensam. Esse período corresponde ao período intermediário entre a meiose I e a meiose II.



Célula em telófase I. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

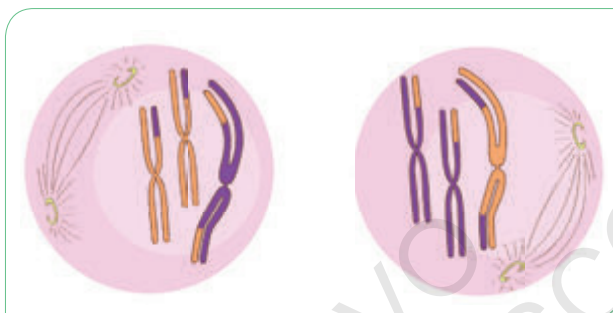
MEIOSE II

A meiose II é similar à mitose, contendo as mesmas fases: prófase II, metáfase II, anáfase II, telófase II e citocinese.

Prófase II

Nesse estágio, os cromossomos se recondensam, o envoltório nuclear se desfaz novamente e o fuso é

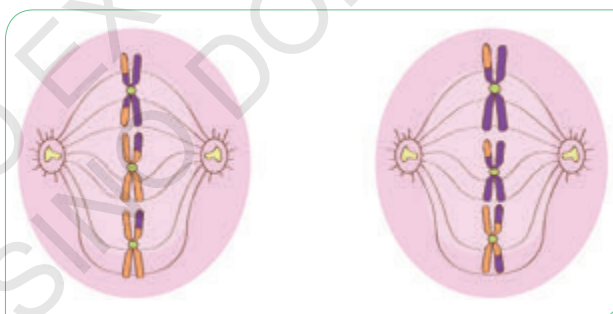
reconstituído. Em algumas células, os cromossomos continuam condensados e o fuso não é desintegrado, de forma que elas já passam diretamente para a metáfase II.



Células em prófase II. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Metáfase II

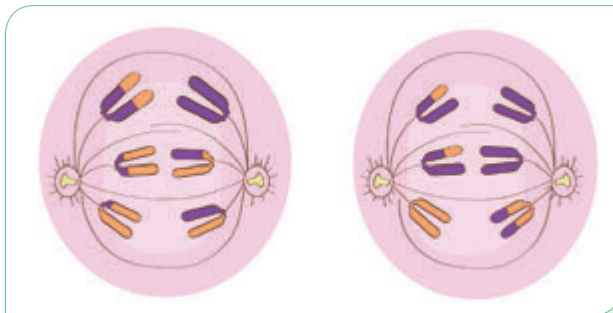
Essa fase é semelhante à mitose, pois os cromossomos individuais se alinham na placa metafásica, com as cromátides irmãs voltadas para os polos do fuso.



Células em metáfase II. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Anáfase II

Nesse estágio, os cinetócoros das cromátides irmãs separam-se, sendo levadas para polos opostos. Assim, cada cromátide é um cromossomo distinto.

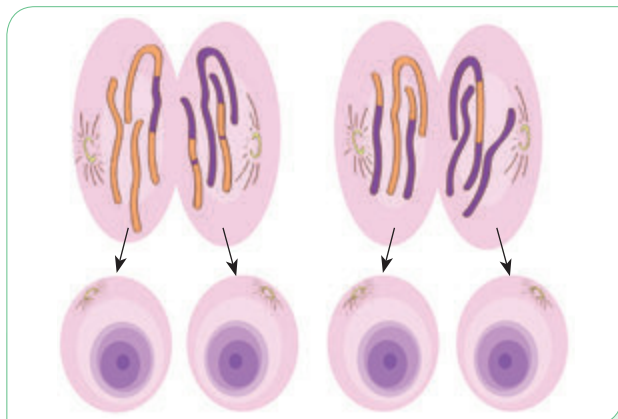


Células em anáfase II. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Telófase II e citocinese

Nesse estágio, os cromossomos chegam aos polos do fuso e descondensam-se, a membrana nuclear é reconstituída ao redor dos cromossomos e o fuso desintegra-se. Na citocinese, a membrana citoplasmática é

reconstituída, originando duas novas células cada uma (total de quatro células).



Células em telófase II. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

As principais diferenças entre mitose, meiose I e meiose II estão resumidas no quadro a seguir.

Evento	Mitose	Meiose I	Meiose II
Ocorre <i>crossing-over</i> ?	Não	Sim	Não
O que se separa na anáfase?	Cromátides irmãs	Pares de cromossomos homólogos	Cromátides irmãs
O que se alinha na placa metafásica?	Cromossomos individuais	Pares de cromossomos	Cromossomos individuais
Ocorre divisão celular?	Sim	Sim	Sim
Os homólogos formam pares?	Não	Sim	Não
Há variabilidade genética?	Não	Sim	Não

VARIAÇÃO DA QUANTIDADE DE DNA NA MEIOSE

Na meiose, também há variação na quantidade de DNA no núcleo em dois momentos: durante a separação dos cromossomos homólogos (anáfase I) e na separação das cromátides irmãs (anáfase II). Se, por exemplo, uma célula tiver oito cromossomos ($2n = 8$), na anáfase I ela terá oito cromossomos e 16 cromátides irmãs e, na anáfase II, quatro cromossomos e oito cromátides irmãs.

MEIOSE × MITOSE

Tanto a mitose como a meiose se referem a processos de divisão celular e, embora até os nomes sejam semelhantes, os resultados de ambas são bem diferentes.

Resumo das diferenças gerais entre mitose e meiose

	Mitose	Meiose
Número de divisão nuclear	1	2
Número de cromossomos das células-filhas	Igual ao da célula-mãe	Metade dos cromossomos quando comparada à célula-mãe
Tipo de divisão	Equacional (E!)	Reducional (R!) + Equacional (E!)
Número final de células-filhas de uma célula parental	2 células	4 células

ROTEIRO DE AULA

DIVISÃO CELULAR: MITOSE

Uma célula gera:

Duas células iguais

Tipo de divisão

Equacional (E!)

Importância funcional

Crescimento

Tipo de divisão

Renovação celular

Ciclo celular

Fase G1

Crescimento celular

Produção de proteínas

Fase S

Síntese de DNA

Fase G2

Processos bioquímicos

Prófase

Formação do fuso, desintegração da membrana nuclear, cromossomos condensados ao extremo.

Metáfase

Cromossomos alinhados no plano equatorial.

Fases da mitose

Anáfase

Separação das cromátides-irmãs.

Telófase

Cromossomos chegam ao fuso e a membrana nuclear é reconstituída.

Citocinese

Divisão do citoplasma.

ROTEIRO DE AULA

MEIOSE

1 célula diploide ($2n$) gera:

2 células haploides (n)

Tipo de divisão:

Reducional (R!)

Importância

Variabilidade genética

Formação de gametas

Etapas

Interfase

Meiose I

Crossing-over

Prófase I

Leptoteno

Zigoteno

Paquiteno

Diploteno

Diacinese

Metáfase I

Cromossomos homólogos alinhados na placa equatorial.

Anáfase I

Cromossomos homólogos separam-se em direção aos polos opostos.

Telófase II

Cromossomos homólogos chegam aos polos.

Citocinese

Citoplasma divide-se, originando duas células.

Meiose II

Prófase II

Cromossomos condensados, formação do fuso, núcleo desfeito.

Metáfase II

Cromossomos alinhados na placa equatorial.

Anáfase II

Cromátides irmãs separam-se em direção a polos opostos.

Telófase II

Cromátides irmãs chegam aos polos.

Citocinese

Citoplasma divide-se, originando duas células (total = 4).

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. IFSul-RS – Todas as células vegetais e animais apresentam um processo de reprodução chamado mitose e outro processo de reprodução chamado meiose. Esses processos diferenciam-se quanto ao tipo de células envolvidas, tais como células epiteliais, musculares, gametas etc.

A afirmativa que relata corretamente o processo que envolve a formação das últimas células referidas acima é a que propõe que uma célula:

- a) diploide ($2n$) forma duas células haploides (n).
- b) haploide ($2n$) forma quatro células haploides (n).
- c) diploide ($2n$) forma quatro células haploides (n).**
- d) haploide ($2n$) forma duas células haploides (n).

Células diploides formam ao final quatro células haploides na meiose.

2. Famerp-SP – A figura representa uma célula em uma das fases de certa divisão celular:

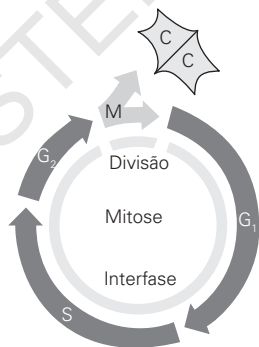


Supondo que essa divisão celular se concretize, gerando células-filhas, pode-se afirmar que

- a) serão originadas quatro células-filhas geneticamente idênticas.
- b) cada célula-filha terá quatro cromossomos diferentes.**
- c) cada célula-filha terá dois cromossomos diferentes.
- d) serão originadas duas células-filhas geneticamente idênticas.
- e) a divisão ocorreu em uma célula somática, originando duas células-filhas idênticas.

A meiose é reducional, portanto, uma célula diploide $2n = 4$ poderá formar quatro células com dois cromossomos.

3. Fuvest-SP (adaptada) – Na figura abaixo, está representado o ciclo celular. Na fase S ocorre síntese de DNA, na fase M ocorre a mitose e dela resultam novas células, indicadas pela letra C.



Considerando as fases apresentadas, descreva o que acontece na fase S da interfase.

Durante a fase S, ocorre a duplicação do DNA, ou seja, um cromossomo passa a ter duas cromátides-irmãs, dobrando o número de moléculas de DNA na célula.

4. Fuvest-SP

C5-H17

Células de embrião de drosófila ($2n=8$) que estavam em divisão foram tratadas com uma substância que inibe a formação do fuso, impedindo que a divisão celular prosiga. Após esse tratamento, quantos cromossomos e quantas cromátides, respectivamente, cada célula terá?

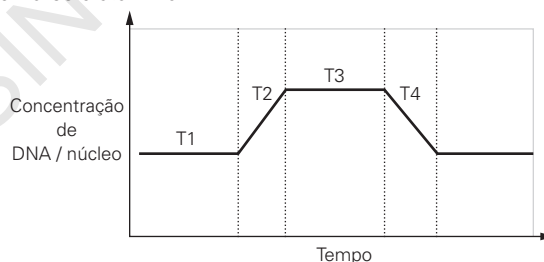
- a) 4 e 4
- b) 4 e 8
- c) 8 e 8
- d) 8 e 16**
- e) 16 e 16

Como a célula é $2n=8$, isso quer dizer que ela tem oito cromossomos e que, após a divisão celular, as cromátides de todos os cromossomos foram duplicadas, porém não foram separadas devido ao tratamento com a substância que inibe a formação do fuso. Sendo assim, cada célula terá oito cromossomos com duas cromátides cada um, ou seja, haverá 16 cromátides.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

5. UFU-MG – O gráfico a seguir mostra variações da quantidade de DNA por núcleo durante o ciclo celular de uma célula animal.



Em qual dos períodos encontramos o cromossomo constituído por duas cromátides-irmãs, cada uma com uma molécula de DNA, e a ocorrência da migração das cromátides-irmãs para os polos da célula, respectivamente?

- a) T2 e T3
- b) T1 e T3
- c) T3 e T4**
- d) T1 e T4

A questão fala sobre divisão celular e as fases da interfase, que são: G_1 , S e G_2 . As fases G_1 e G_2 são o intervalo de tempo e S é a síntese, ou seja, duplicação dos elementos. Na primeira fase (T1), a célula está em descanso, conforme mostra a linha retilínea do gráfico. Na segunda fase (T2), os elementos na célula são duplicados (quando a reta sobe). Na terceira fase (T3), a célula entra em descanso novamente e, em seguida, acontecem as fases da mitose (T4), dividindo os elementos (quando a linha cai). A questão pede que se encontre o período em que o cromossomo tem duas cromátides-irmãs, ou seja, quando elas já estão duplicadas, e o período em que há migração para os polos, ocorrendo a divisão celular. Encontramos, então, respectivamente, os períodos T3 e T4.

6. Mackenzie-SP (adaptada) – Em uma célula em metáfase II, é possível observar

- a) cromossomos homólogos.
- b) quiasmas.
- c) cromátides irmãs.**
- d) envoltório nuclear.
- e) tétrades.

Durante a metáfase II, as cromátides irmãs encontram-se alinhadas na placa equatorial.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Unicentro-PR – Uma nova droga no tratamento contra o câncer está sendo testada e atinge as células que estão em divisão celular, mais especificamente no final da metáfase. Nessas células, a droga impedirá que ocorra a

- condensação dos cromossomos.
- separação das cromátides-irmãs.
- formação do fuso mitótico.
- formação da placa equatorial.
- formação de fibras do fuso.

8. UFRGS-RS – Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes aos constituintes do núcleo celular.

- () A carioteca é uma membrana lipoproteica dupla presente durante a mitose.
- () Os nucléolos são observados na interfase.
- () Os cromossomos condensados na fase inicial da mitose são constituídos por duas cromátides.
- () Cromossomos homólogos são os que apresentam constituições diferentes.

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

- V – V – F – V
- V – F – V – F
- F – V – V – F
- F – F – V – V
- V – F – F – V

9. Uece – Considere os eventos abaixo, que podem ocorrer na mitose ou na meiose.

- Emparelhamento dos cromossomos homólogos duplicados.
- Alinhamento dos cromossomos no plano equatorial da célula.
- Permutação de segmentos entre cromossomos homólogos.
- Divisão dos centrômeros, resultando na separação das cromátides irmãs.

No processo de multiplicação celular para reparação de tecidos, os eventos relacionados à distribuição equitativa do material genético entre as células resultantes estão contidos somente em:

- I e III.
- II e IV.
- II e III.
- I e IV.

10. Unitins-TO – A mitose e a meiose são dois tipos de divisão celular. Em relação a esses processos, podemos afirmar que:

- A meiose resulta em quatro células haploides.
- A mitose resulta em duas células com o mesmo número de cromossomos da célula original.
- O processo de meiose tem um número de fases maior do que a mitose.
- A mitose ocorre em células somáticas e a meiose, em células reprodutivas.
- O número de cromossomos das células resultantes na mitose é igual ao das células que lhes deram origem e somente as que sofreram meiose podem apresentar recombinação gênica.

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

- I, II, III, IV e V.
- I, II e V apenas.

- II e III apenas.
- IV apenas.
- III, IV e V apenas.

11. PUC-PR – Sobre a divisão celular, considerando a prófase I da meiose I, é correto afirmar que:

- A característica mais marcante do diploteno é que os cromossomos ainda emparelhados se cruzam em certos pontos chamados quiasmas.
- No paquíteno ocorre o afastamento dos cromossomos homólogos e os cromômeros são bem visíveis, formando as cromátides irmãs.
- Na diacinese, as cromátides permanecem no centro celular, a carioteca se refaz, os núcleos reaparecem e os centríolos atingem os polos celulares.
- A prófase I é uma fase curta em que os centríolos que não sofreram duplicação na interfase permanecem no centro celular e a carioteca se desintegra ao final.
- No leptoteno, o emparelhamento dos cromossomos é chamado de sinapse cromossômica.

12. UERR – As células em divisão passam por uma sequência regular de eventos, dentro de duas fases, chamada ciclo celular. Diante dessa afirmação, assinale a alternativa correta que cita as duas fases do ciclo celular.

- Interfase e mitose.
- Mitose e prófase.
- Interfase e leucinose.
- Mitose e telófase.
- Interfase e cariotiose.

13. Udesc – A figura representa, de maneira resumida, as fases da interfase (G1, S e G2) e de divisão (M) do ciclo de vida de uma célula, o chamado ciclo celular.



Em relação ao ciclo celular, assinale a alternativa correta.

- M é a fase mais longa na maioria das células.
- Em M ocorre a duplicação dos cromossomos.
- Em G2 ocorre verificação do processo de duplicação do DNA.
- Em S os cromossomos se apresentam altamente compactados.
- Em G1 inicia-se a compactação dos cromossomos.

14. UEPA – O crescimento populacional humano é produto da reprodução sem controle, que agrava os problemas de superpopulação mundial. Por outro lado, a reprodução nos organismos unicelulares ocorre por **divisão celular**, enquanto nos organismos multicelulares esse processo é responsável pelo crescimento e reparo de tecidos.

Sobre o processo em destaque, analise as afirmativas abaixo.

- A prófase I da meiose I possui cinco subfases: leptoteno, zigoteno, paquíteno, diploteno e diacinese.
- Na telófase, os cromossomos começam a se desespiralizar e adquirem a forma de fita.
- Na anáfase, ocorre a separação das cromátides.

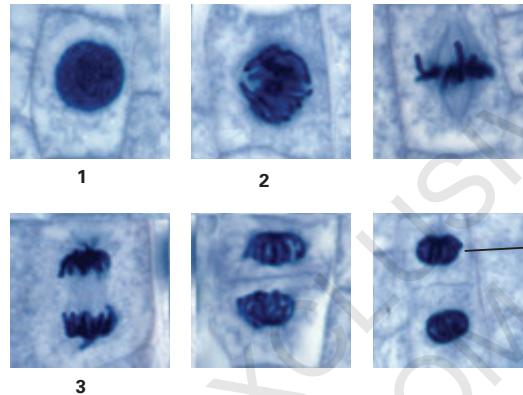
IV. Na meiose I, a metáfase I caracteriza-se pelo alinhamento dos pares homólogos na placa equatorial.

V. O produto da meiose são quatro células haploides.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a) I, II e IV. c) II, III e V. e) I, II, III, IV e V.
 b) I, III e V. d) III, IV e V.

15. Fuvest-SP (adaptada) – A sequência de fotografias abaixo mostra uma célula em interfase e outras em etapas da mitose, até a formação de novas células.



Considerando que o conjunto haploide de cromossomos corresponde à quantidade N de DNA, a quantidade de DNA das células indicadas pelos números 1, 2, 3 e 4, é respectivamente:

- a) N, 2N, N e N/2. c) 2N, 4N, 4N e N. e) 2N, 4N, 2N e 2N.
 b) 2N, 4N, 2N e N. d) 2N, 4N, 4N e 2N.

16. UEL-PR – Leia o texto a seguir:

Quando se fala em divisão celular, não valem as regras matemáticas: para uma célula dividir significa duplicar. A célula se divide ao meio, mas antes duplica o programa genético localizado em seus cromossomos. Isso permite que cada uma das células-filhas reconstitua tudo o que foi dividido no processo.

Fonte: AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia*. v. 1. São Paulo: Moderna, 1994. p. 203.

Considerando uma célula haploide com 8 cromossomos ($n = 8$), assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a constituição cromossômica dessa célula em divisão na fase de metáfase da mitose.

- a) 8 cromossomos distintos, cada um com 1 cromátide.
 b) 8 cromossomos distintos, cada um com 2 cromátides.
 c) 8 cromossomos pareados 2 a 2 e cada um com 1 cromátide.
 d) 8 cromossomos pareados 2 a 2 cada um com duas cromátides.
 e) 8 cromossomos pareados 4 e 4 cada um com 2 cromátides.

17. Fatec-SP – Das afirmativas abaixo:

I. O *crossing-over* permite a recombinação dos genes localizados em cromossomos homólogos. **II-** Meiose é um tipo de divisão celular na qual uma célula diplóide dá origem a quatro células haplóides.

II. A intérfase é um período de grande atividade metabólica no núcleo. É nessa fase que o DNA se duplica e o RNA é sintetizado.

III. A intérfase é um período de grande atividade metabólica no núcleo. É nessa fase que o DNA se duplica e o RNA é sintetizado.

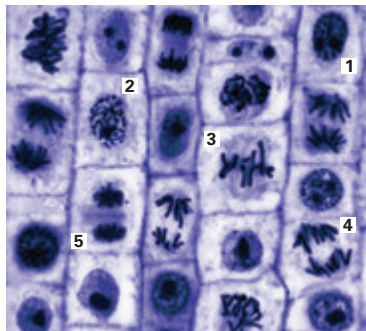
- a) apenas a afirmativa I é correta.
 b) apenas a afirmativa II é correta.
 c) apenas a afirmativa III é correta.
 d) apenas duas afirmativas são corretas.
 e) todas as afirmativas são corretas.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C5-H17

Para estudar os cromossomos, é preciso observá-los no momento em que se encontram no ponto máximo de sua condensação. A imagem corresponde ao tecido da raiz de cebola, visto ao microscópio, e cada número marca uma das diferentes etapas do ciclo celular.



Qual número corresponde à melhor etapa para que esse estudo seja possível?

- a) 1 c) 3 e) 5
b) 2 d) 4

19. Enem

C5-H17

O paclitaxel é um triterpeno poli-hidroxilado que foi originalmente isolado da casca de *Taxus brevifolia*, árvore de crescimento lento e em risco de extinção, mas agora é obtido por rota química semissintética. Esse fármaco é utilizado como agente quimioterápico no tratamento de tumores de ovário, mama e pulmão. Seu mecanismo de ação antitumoral envolve sua ligação à tubulina, interferindo com a função dos microtúbulos.

Disponível em: <www.teses.usp.br>.
Acesso em: 29 fev. 2012. (Adaptado)

De acordo com a ação antitumoral descrita, que função celular é diretamente afetada pelo paclitaxel?

- a) Divisão celular. d) Geração de energia.
b) Transporte passivo. e) Síntese de proteínas.
c) Equilíbrio osmótico.

20. Sistema Dom Bosco

C5-H17

O Brasil possui um grande número de espécies distintas, entre animais, vegetais e microrganismos, envolvidas em uma imensa complexidade e distribuídas em uma grande variedade de ecossistemas.

SANDES, A. R. R.; BLASI, G. *Biodiversidade e diversidade química e genética*. Disponível em: <<http://novas-tecnologias.com.br>>.

Acesso em: 22 set. 2015. (Adaptado)

O incremento da variabilidade ocorre em razão da permuta genética, a qual propicia a troca de segmentos entre cromátides não irmãs na meiose.

Essa troca de segmentos é determinante na:

- a) produção de indivíduos mais férteis.
b) transmissão de novas características adquiridas.
c) recombinação genética na formação dos gametas.
d) ocorrência de mutações somáticas nos descendentes.
e) variação do número de cromossomos característico da espécie.

13

REPRODUÇÃO ASSEXUADA, SEXUADA, CICLOS HAPLOBIONTES, DIPLOBIONTE E OUTROS PADRÕES REPRODUTIVOS

- Reprodução assexuada
- Reprodução sexuada
- Ciclos de vida
- Ciclo diplobionte
- Diferentes padrões reprodutivos

HABILIDADES

- Citar e descrever os tipos de reprodução assexuada.
- Reconhecer organismos capazes de realizar reprodução assexuada.
- Compreender a importância da reprodução sexuada.
- Citar e descrever os ciclos haplontes.
- Reconhecer organismos capazes de realizar ciclos haplontes.
- Relacionar mitose com reprodução assexuada.
- Relacionar meiose com reprodução sexuada.
- Descrever e compreender a importância do ciclo diplobionte.
- Reconhecer organismos que realizam o ciclo diplobionte.
- Conhecer outros padrões reprodutivos e alguns dos organismos que os realizam.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Reprodução assexuada é o processo no qual um organismo produz outros dois organismos geneticamente idênticos a ele. Em termos de nível celular, podemos dizer que é o método pelo qual uma célula se multiplica. Há diversas formas de reprodução assexuada, entre as quais se destacam: a fissão (divisão) binária, a esporulação e o brotamento.

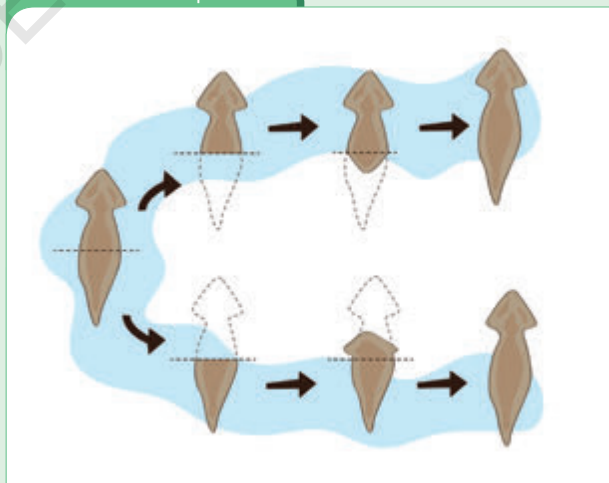
FISSÃO BINÁRIA

É um processo também conhecido como cissiparidade, bipartição ou divisão binária, em que um organismo-mãe, geralmente unicelular, origina dois organismos geneticamente idênticos. Organismos unicelulares, como bactérias, algumas algas e alguns protozoários, são capazes de realizar esse tipo de reprodução. Além desses organismos, podemos observar a ocorrência de fissão binária em organismos pluricelulares, como a planária, um platelminto.

Nas bactérias, assim como nas células dos organismos eucariontes, a fissão binária só ocorre após o aumento da célula e a formação de um septo que separa a progenitora da célula-filha. Nesses casos, o DNA sofre duplicação para originar organismos viáveis.

As planárias, apesar de serem organismos pluricelulares, também são capazes de realizar esse tipo de processo. Não há uma preparação antes de a divisão ocorrer, elas sofrem constrição na região mediana do corpo, separando cabeça de cauda. Em seguida, ocorre o desenvolvimento do restante do organismo em um processo chamado de regeneração.

Fissão binária em planária



Fissão binária, seguida de regeneração, em planárias. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Apesar de ser essencialmente um processo que gera clones do organismo-mãe, na fissão binária ainda é possível ocorrer variações genéticas entre os indivíduos, ou entre eles em relação ao original. Isso porque existe a possibilidade de haver

mutações, por exemplo, durante o processo de duplicação do DNA, podendo gerar variabilidade entre os indivíduos nesse tipo de reprodução assexuada.

ESPORULAÇÃO

A esporulação, diferentemente das outras reproduções vistas até aqui, ocorre por meio da disseminação de esporos, células especializadas que tendem a se desenvolver em condições ambientais favoráveis, gerando novos indivíduos. Esse tipo de reprodução ocorre em fungos e algumas algas.

O termo **esporulação** também é utilizado para denominar o processo pelo qual bactérias produzem esporos para resistir a condições ambientais desfavoráveis. No entanto, essa não é uma forma de reprodução, mas sim de resistência às condições ambientais adversas.

BROTAMENTO

Também chamado de gemiparidade, consiste na formação de brotos geneticamente idênticos ao genitor, que se separam do indivíduo-mãe e formam novos indivíduos. O brotamento ocorre em uma variedade de organismos, entre eles as plantas, como as angiospermas, bem como os animais, como os poríferos (esponjas) e os cnidários.

Esse tipo de reprodução é utilizado numa técnica de propagação denominada **estaquia**. Ela é realizada depois do plantio de um ramo, galho ou propriamente de um broto da planta. Esse método é utilizado principalmente para jardins, reflorestamento, ornamentação etc. Nem todas as plantas têm essa capacidade, mas a estaquia garante a conservação da qualidade da planta original e as plantas desenvolvem-se mais rapidamente.

O morango, alguns tipos de samambaia e algumas espécies de grama formam caules denominados estolhos, que se ramificam e originam brotos que posteriormente se transformam em novos indivíduos.

FRAGMENTAÇÃO

Tipo de reprodução em que um ou mais pedaços do indivíduo dão origem a um novo indivíduo. Diferentemente do processo de fissão binária, há possibilidade de o indivíduo originar-se de múltiplos fragmentos. Além disso, esse tipo de reprodução assexuada envolve a capacidade elevada de **regeneração** de animais com pouca diferenciação tecidual, como é o caso da estrela-do-mar.

Diferentemente do que se pode pensar, a planária, apesar de sofrer regeneração, não é classificada como fragmentação em relação ao tipo de reprodução assexuada, pois apenas as partes da cauda e da cabeça podem originar novos indivíduos. É raro que outros fragmentos originem novo indivíduo no caso delas.

Além da estrela-do-mar, algumas cianobactérias e algas filamentosas realizam esse tipo de reprodução assexuada.

REPRODUÇÃO SEXUADA

A reprodução sexuada acontece quando dois indivíduos diferentes combinam seus materiais genéticos e originam um novo indivíduo com características distintas.

Produzir descendência diversa é uma vantagem evolutiva muito grande, pois aumenta a chance de existirem indivíduos capazes de sobreviver em diferentes ambientes.

O ciclo de vida de organismos sexuados consiste numa série de alterações pelas quais eles passam. O ciclo inicia-se quando os gametas se encontram, dando origem a um zigoto, e termina quando o indivíduo desenvolvido passa a produzir seus gametas. Portanto, há dois ciclos importantes que estão intimamente ligados a esse processo: a **fecundação** e a **meiose**.

A fecundação basicamente refere-se à fusão dos gametas feminino e masculino, que são células haploides (n) originando um indivíduo diploide ($2n$).

A fecundação externa consiste na junção dos gametas haploides no ambiente externo. Um bom exemplo é o que acontece com os anuros, como sapos, rãs e pererecas: as fêmeas liberam os ovos, todos juntos, e o macho, por sua vez, precisa liberar gametas suficientes para fecundá-los. Todo o processo de geração e desenvolvimento do zigoto, e depois do girino, ocorre no ambiente aquático, que auxilia no deslocamento dos gametas masculinos até o feminino.

Já a fecundação interna ocorre dentro do corpo de um dos progenitores, geralmente o feminino. Portanto, para que essa fecundação ocorra, é necessário que haja inoculação interna dos gametas de um dos parentais, geralmente o masculino. Esse processo denomina-se **cópula** e, em muitas espécies, vem acompanhado de rituais de acasalamento. Em comparação com a fecundação externa, suas vantagens são: menor perda ou morte dos gametas durante o processo e independência do ambiente para que ocorra.

Após a fecundação interna, o embrião ainda pode se desenvolver de formas diferentes.

- **ovíparos**: após a fecundação, a fêmea bota um ovo no ambiente, que contém o embrião que irá se desenvolver dentro desse "receptáculo", dispõe de nutrientes e fornece proteção ao indivíduo que se desenvolve ali.
- **vivíparos**: o embrião desenvolve-se dentro do corpo materno, saindo apenas após estar desenvolvido o suficiente (cada animal dessa classificação tem um período específico de gestação).
- **ovovivíparos**: após a fecundação, há formação do ovo, porém ele permanece dentro do corpo dos progenitores. Exemplo: cavalo-marinho.

CICLOS DE VIDA

Nos seres vivos, a meiose acontece em vários momentos da vida: logo após a fecundação, sendo denominada **meiose inicial** ou **zigótica**, durante a formação

dos gametas (**meiose gamética** ou **final**) ou durante o ciclo de vida, tal como na formação de esporos (**meiose intermediária** ou **espórica**). Os tipos de meiose estão relacionados ao ciclo de vida dos organismos.

Os ciclos de vida podem ser haplobiontes, isto é, em todas as fases do ciclo celular o número do conjunto cromossômico presente nas células (ploidia) do indivíduo permanece constante. O ciclo **haplobionte** ainda pode ser dividido em ciclo **haplobionte haplonte**, se os organismos forem haploides, e **haplobionte diplonte**, se os organismos forem diploides. O ciclo de vida também pode ser **diplobionte**, no qual existem tanto organismos haploides quanto diploides.

CICLO HAPLOBIONTE HAPLONTE

O ciclo haplobionte haplonte (ou apenas ciclo haplonte) ocorre na maioria dos fungos, em alguns protozoários e em algumas algas.

No caso dos fungos, ocorre fusão de duas hifas haploides, originando **hifas dicarióticas** – dois núcleos (n) separados, no mesmo local –, que se desenvolvem, transformando-se em corpo frutífero (chapéu) ou **basidiocarpo**. Na parte inferior dessa estrutura, existem hifas dicarióticas que se fundem, assim como os núcleos, gerando um indivíduo diploide ($2n$), e sofrem meiose. A partir de então, são originados quatro núcleos haploides (n), que crescem e formam uma projeção chamada basídio, responsável pela formação de esporos (basidiosporos), os quais germinam e reiniciam o ciclo.

Nesse ciclo, o indivíduo adulto é haploide (n) e gera gametas por meio da mitose. A fecundação ocorre, originando um zigoto diploide ($2n$), e ele passa por meiose, originando esporos haploides (n). Pelo fato de a meiose ocorrer logo após a formação do zigoto, ela é denominada **meiose pós-zigótica**. Esse ciclo é caracterizado por ter **alternância de fases** ($n \rightarrow 2n$).

CICLO HAPLOBIONTE DIPLONTE

O ciclo haplobionte diplonte, também chamado de ciclo diplonte, ocorre na maioria dos animais (incluindo o ser humano) e em algumas algas.

Nesse ciclo, o indivíduo adulto é diploide ($2n$) e gera gametas haploides (n) por meio da meiose. A fecundação origina um zigoto diploide ($2n$), que se desenvolve por mitose até chegar à vida adulta. Como a meiose ocorre na formação dos gametas, ela é denominada **meiose gamética** e apresenta **alternância de fases** ($n \rightarrow 2n$).

Ciclo diplobionte e outros padrões reprodutivos

Duas minhocas podem permanecer unidas realizando a cópula durante horas. Nesse processo, o esperma é transferido, e os ovos são fertilizados. Em algumas

semanas, esses ovos se tornam novas minhocas e a reprodução sexuada estará completa. Mas quem será a mãe? Embora simples, talvez a resposta seja inesperada: ambas as minhocas.

A reprodução é uma característica biológica extremamente complexa e diversificada. Em algumas espécies, indivíduos trocam de sexo biológico durante a vida, enquanto em outras, os dois sexos (masculino e feminino) estão presentes no mesmo indivíduo, como é o caso das minhocas e de muitas plantas. Existem organismos que fertilizam os próprios ovos, assim como há espécies que não dependem da copulação (sexo) para se reproduzir. Em alguns animais, como as abelhas, a reprodução é restrita a poucos indivíduos dentro de uma população.

Ciclo diplobionte

O ciclo **diplobionte** (também chamado de **haplo-diplobionte**) ocorre nos ciclos de vida de organismos cuja divisiva meiótica leva à formação de esporos haploides por um indivíduo diploide (também conhecido como **esporófito**, ou geração esporofítica). Cada esporo haploide, produzido pela geração esporofítica diploide, origina um indivíduo também haploide (conhecido como **gametófito** ou geração gametofítica), que produz gametas por meio de divisões mitóticas. Após a fecundação, os zigotos desenvolvem-se em novos esporófitos.

A alternância entre haploide e diploide nas gerações é conhecida, em certos casos, como **metagênese**. Alguns fungos e a maioria das algas pluricelulares e das plantas são capazes de realizá-la, uma vez que todas apresentam **fase gametofítica** – responsável pela formação dos gametas (n) – e **fase esporofítica** – responsável pela produção de esporos (n).

A duração e o tamanho relativo do esporófito e do gametófito variam entre os diversos grupos. Em plantas, por exemplo, como as briófitas (musgos), a fase gametofítica é mais duradoura quando comparada à fase esporofítica. Já nas angiospermas (plantas com flores), a fase esporofítica é a mais duradoura.

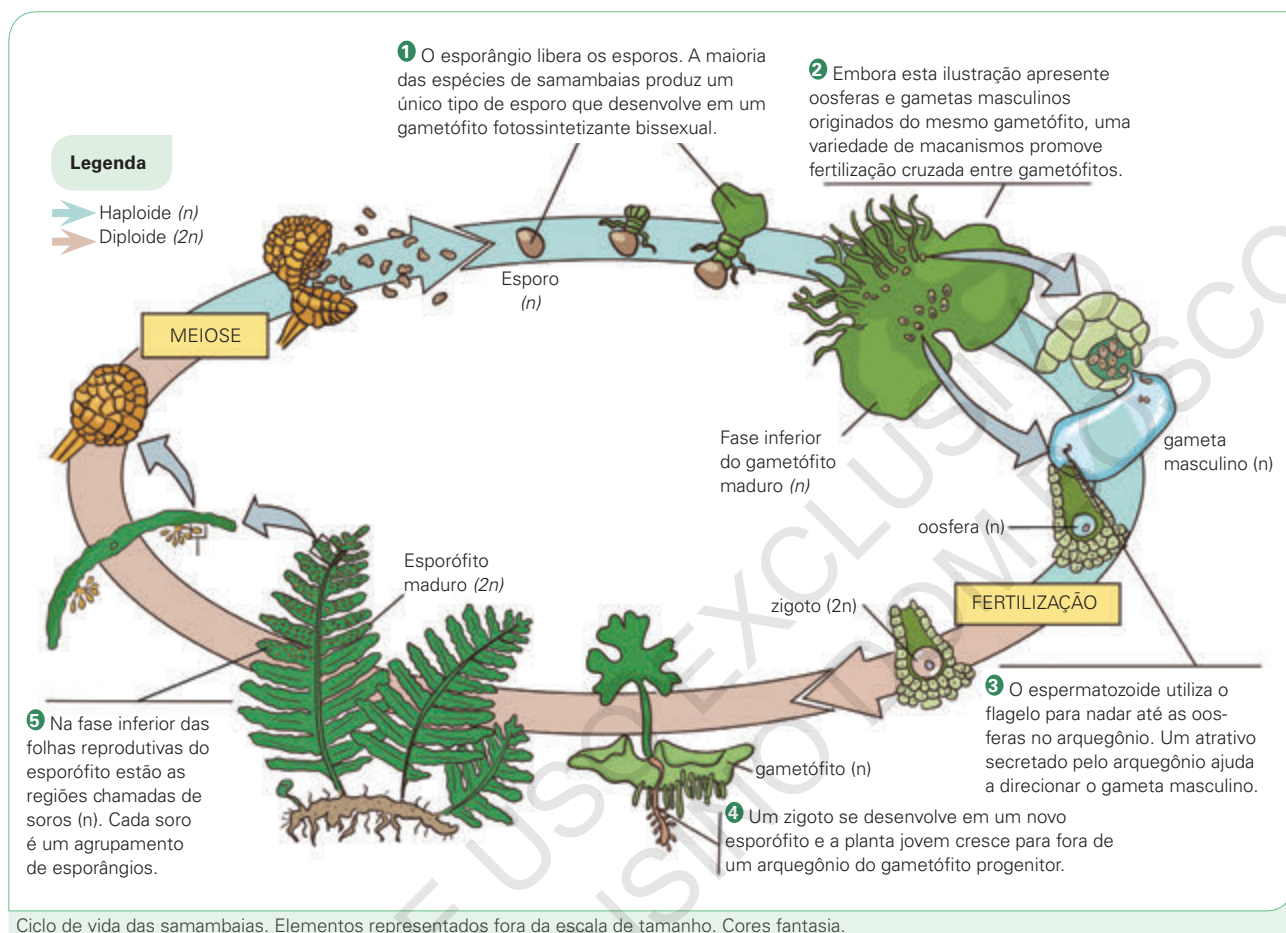
REPRODUÇÃO EM SAMAMBAIAS

Nas samambaias, as folhas são o esporófito maduro da planta, responsável por produzir esporos, que são os pontos pretos presos a ela, também chamados de **soros**. O esporófito é um organismo diploide, enquanto o soro é haploide, pois é nesse momento que ocorre a meiose.

Ao caírem no solo, os soros germinam e originam gametófitos, os quais são chamados de **protalo**, uma estrutura responsável pela produção dos gametas masculinos e femininos. O protalo **tem formato de coração** e apresenta os **arquegônios** (nos quais é possível observar a **oosfera**) e **anterídios** (responsáveis pela produção de **gametas masculinos**).

Na presença de água, o anterozoide flagelado nada até encontrar a oosfera (fecundação), formando um zigoto (2n). O embrião inicia seu desenvolvimento, necessitando

do gametófito apenas por um curto período de tempo. O embrião forma, então, um novo esporófito (2n), que se enraíza no solo e inicia um novo ciclo.



Diferentes padrões reprodutivos

Existem dois modos principais de reprodução desempenhada pelos seres vivos com base nas divisões celulares mitóticas e meióticas.

PARTENOGÊNESE

Reprodução assexuada em que o indivíduo se desenvolve a partir de um ovócito não fecundado. Em geral, esse processo reprodutivo tem como vantagem o baixo consumo energético, uma vez que os indivíduos não necessitam procurar um parceiro. A partenogênese também possibilita grande dispersão, já que a maioria dos organismos produz grande número de ovos de uma só vez. Alguns tipos de vermes, formigas, vespas e abelhas se reproduzem por partenogênese. No caso das abelhas, os machos (zangões) são adultos férteis e haploides que surgem por partenogênese. As abelhas fêmeas são adultos diploides que se desenvolvem a partir de ovos fertilizados – portanto, ocorre meiose. Dependendo da dieta que recebem, as abelhas tornam-se estéreis (operárias) ou férteis (rainha).

Entre os vertebrados, a partenogênese é observada em cerca de uma a cada mil espécies. Exemplos incluem espécies de tubarão-martelo, sucuri e dragão-de-komodo.

Existe ainda uma forma mais complexa de partenogênese que envolve a duplicação dos cromossomos após a meiose, produzindo descendentes diploides. Tal processo ocorre em vários gêneros de peixes, anfíbios e répteis. Algumas espécies de lagartos fêmeas reproduzem-se exclusivamente por esse modo de partenogênese, portanto não existem machos nessas espécies. No entanto, as fêmeas têm comportamento de corte e acasalamento típicos de espécies do mesmo gênero que realizam reprodução sexuada. Isso é importante para que haja maior liberação do hormônio sexual feminino estradiol e progesterona, essenciais para a ovulação.

HERMAFRODITISMO

Organismos sésseis (fixos) como plantas e alguns animais, a exemplo das esponjas e alguns moluscos, encontram na locomoção uma barreira para realizarem a reprodução sexuada.

O **hermafroditismo** é uma adaptação evolutiva para esse problema, pois o indivíduo apresenta os

sistemas reprodutivos masculino e feminino. Isso possibilita o cruzamento entre dois indivíduos. Cada organismo recebe e doa espermatozoides durante a cópula. Existem, ainda, espécies capazes de se autofecundarem.

Em virtude dessa possível autofecundação, a taxa de endogamia é alta. Ou seja, o grau de parentesco é próximo entre os indivíduos da espécie, o que facilita a ocorrência de doenças, mutações genéticas e consequente extinção daquela população. Por isso, em muitas plantas hermafroditas há estratégias para coibir essa autofecundação, tais como o amadurecimento das estruturas femininas e masculinas em tempos diferentes.

POLIEMBRIONIA

A poliembrionia ocorre quando um zigoto, durante seu desenvolvimento, produz células que se separam e continuam a se desenvolver, originando novos embriões.

Esse evento reprodutivo é muito comum na família Dasypodidae, representada pelos tatus, no qual um zigoto é capaz de originar até quatro filhotes idênticos geneticamente. Esse processo também explica a origem de gêmeos monozigóticos (idênticos) na espécie humana.

PEDOGÊNESE

Nesse processo, organismos que ainda se encontram no **estágio de larva** realizam reprodução assexuada, mais especificamente a partenogênese. Um exemplo é o platelminto *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose. Esse organismo realiza a pedogênese no interior do caramujo e origina formas infectantes denominadas **cercárias**. Esse processo é

bem útil do ponto de vista evolutivo para modos de vida parasitas, pois tem como vantagem o encurtamento do ciclo reprodutivo e o aumento do número de descendentes gerados.

MUDANÇA DE SEXO

Em algumas espécies, a mudança de sexo ocorre naturalmente durante a vida. Esse padrão reprodutivo é comum em peixes e anfíbios, como ocorre na espécie *Thalassoma bifasciatum* (bodião-de-cabeça-azul), ser vivo que forma grandes haréns constituídos por um único macho e várias fêmeas. Quando o macho morre, a fêmea maior (geralmente mais velha) sofre mudanças hormonais e fisiológicas que a tornam um indivíduo macho. Dentro de uma semana, passa a produzir espermatozoides e a fecundar as fêmeas. Essa característica assegura o sucesso na reprodução da espécie, visto que machos de maior porte tendem a defender melhor o harém contra intrusos.

Em certas espécies de ostras, ocorre o processo inverso: alguns machos se tornam fêmeas. Ao atingir determinado tamanho, acontece a troca de sexo, uma vez que um maior porte do corpo possibilita maior produção de gametas. Essa adaptação resulta em maior sucesso reprodutivo, já que mais gametas liberados no ambiente geram mais descendentes.

NEOTENIA

Esse processo consiste na maturidade genital e na reprodução sexual precoce de indivíduos que não perderam completamente as características de larva. Um exemplo são as salamandras, que, mesmo ainda apresentando brânquias e morfologia larval, conseguem reproduzir-se sexuadamente.

ROTEIRO DE AULA

CICLOS DE VIDA

Reprodução assexuada

Forma de divisão celular:

Mitose

Divisão binária

Esporulação

Brotamento

Bactérias

Protozoários

Algas

Fungos

Algas

Alguns animais

Plantas

Algas

Reprodução sexuada

Forma de divisão celular:

Meiose

Haplobionte

Diplobionte

Haplonte

Diplonte

Meiose inicial

Meiose gamética

Meiose espórica

ROTEIRO DE AULA

CICLO DIPLOBIONTE

Reprodução do tipo:

Sexuada

Divisão celular:

Meiose espórica

Forma:

Esporos haploides

Gametófito

Representa:

Fase haploide

Fecundação gera:

Zigoto diploide

Esporófito

Representa:

Fase diploide

Sofre nova meiose originando esporos haploides

Alternância de gerações haploides e diploides, também chamada de:

Metagênese

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Unisinos-RS (adaptada) – O ciclo de vida dos animais é caracterizado pelo crescimento, reprodução e morte dos indivíduos. Sabendo que o crescimento ocorre por meio de sucessivas divisões celulares e reprodução, pela formação dos gametas e consequentemente fecundação com um gameta de outro indivíduo da mesma espécie, qual das alternativas abaixo indica, respectivamente, o tipo de divisão celular envolvido nos processos de crescimento do organismo e formação dos gametas?

- a) Fissão binária e meiose.
- b) Meiose e mitose.
- c) Mitose e fissão binária.
- d) Mitose e meiose.**
- e) Fissão binária e mitose.

A mitose é o processo que permite os organismos crescerem, e a meiose forma os gametas.

2. UPE (adaptada) – Os zangões, machos das abelhas, são formados por um processo de partenogênese. Já as abelhas operárias são fruto de um processo de fecundação. Diante dessas informações, analise as afirmativas a seguir:

- I. Por serem fruto de partenogênese, os machos possuem o dobro de cromossomos encontrados na abelha-rainha.
- II. A abelha-rainha possui ovócitos com o mesmo número de cromossomos encontrados nas células somáticas das operárias, pois ela também é uma fêmea.
- III. Todas as fêmeas possuem suas células somáticas diploides, enquanto os machos possuem células haploides.
- IV. A abelha-rainha tem ovócitos que são haploides. Ao serem fecundados, geram indivíduos com células diploides.

Estão corretas:

- a) I e II
- b) I e III
- c) II e III
- d) II e IV
- e) III e IV**

A afirmativa I está incorreta, porque eles têm metade dos cromossomos na abelha-rainha. A afirmativa II está incorreta, pois a abelha-rainha terá o ovócito com o mesmo número de cromossomos que os zangões.

3. Unifins-TO – A alternância de gerações ou metagênese é um tipo de ciclo de vida encontrado nas plantas e alguns grupos de animais. A expressão “alternância” se aplica somente quando o estágio multicelular haploide se alterna com

- a) estágio diploide unicelular.
- b) estágio haploide unicelular.
- c) estágio haploide multicelular.
- d) estágio diploide multicelular.**
- e) estágio diploide multicelular ou unicelular.

Aplica-se o termo alternância quando o estágio multicelular haploide se alterna com o estágio multicelular diploide.

4. Fatec-SP

C5-H17

As estratégias de reprodução sexuada são adaptações dos organismos aos ambientes. Elas determinam os ciclos de vida dos milhões de espécies de eucariontes. Esses ciclos são classificados em:

- haplobionte haplonte (como o dos fungos saprófitos *Rhizopus*);
- haplobionte diplonte (como o dos Animalia);
- diplobionte (como o das plantas Embryophyta).

A principal diferença entre esses ciclos consiste no momento em que ocorre

- a) mitose
- b) dipausa
- c) esporulação
- d) nascimento
- e) meiose**

A diferença principal entre os ciclos haplobiontes e entre o ciclo diplobionte é o momento em que a meiose acontece.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

5. UFRN (adaptada)

– Em um experimento, um tipo de planta que se reproduz tanto de forma sexuada como de forma assexuada é cultivado em dois ambientes artificiais distintos (I e II). No ambiente I, as condições de temperatura e umidade são constantes e não há presença de insetos. No ambiente II, há insetos e a temperatura e a umidade são instáveis. Considerando os dois ambientes, a reprodução que teria melhor resultado na produção vegetal é:

- a) reprodução sexuada, nos dois ambientes, pois esta gera indivíduos idênticos que produzem um maior número de plantas.
- b) no ambiente II, reprodução assexuada, pois uma planta bem adaptada vai gerar um descendente também bem adaptado.
- c) nos dois ambientes, reprodução assexuada, pois esta gera plantas já maduras e adaptadas, não apresentando fragilidades em presença de pragas.
- d) no ambiente II, reprodução sexuada, pois esta gera sempre uma variedade de indivíduos que se adaptam melhor em determinados ambientes.**

Reprodução sexuada gera variabilidade e automaticamente possibilita que os organismos se adaptem melhor a determinados ambientes, enquanto a reprodução assexuada não gera variabilidade genética.

6. IFPE (adaptada)

– No reino *Plantae*, encontramos os grupos vegetais, cuja metagênese (alternância de gerações) é bem marcante. Com relação a seus ciclos reprodutivos, é correto afirmar que:

- a) Os esporos são células haploides formadas pela meiose.**
- b) Nas briófitas, a fase dominante é o esporófito e a fase passageira é o gametófito.
- c) O gametófito é diploide (2n), sendo formado pela germinação dos gametas.
- d) Nas angiospermas, a fase dominante é o gametófito e a fase passageira é o esporófito.
- e) Nas pteridófitas, o gametófito é diploide e chamado de protonema.

A meiose é espórica. A afirmativa B está incorreta, porque a fase duradoura é o gametófito. A afirmativa C está incorreta, pois o gametófito é haploide e produz gametas. A afirmativa D está incorreta, porque a fase duradoura nas angiospermas é a esporófitica. A afirmativa E está incorreta, pois o gametófito é haploide e o nome dado ao gametófito das briófitas é protonema.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

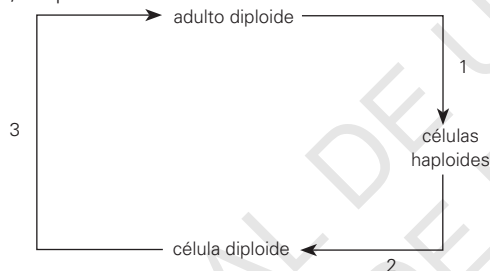
7. Unitins-TO – Nos animais e nas plantas, a meiose gamética e a meiose esporica resultarão, respectivamente, em

- gametas e esporos haploides.
- gametas e esporos diploides.
- esporos e zigotos haploides.
- esporos e gametas diploides.
- zigotos e gametas diploides.

8. Cefet-MG – Em 2001, após ataque terrorista que causou a queda do *World Trade Center*, foram enviadas pelo correio cartas contendo a bactéria *Bacillus anthracis*. As cartas contaminadas só foram identificadas quando um funcionário do endereço destinatário morreu por inalação do pó branco. A sobrevivência do microrganismo citado, durante o envio da carta, foi possível pela(o)

- presença de células vegetativas, com alto potencial de proliferação.
- formação de esporos, forma de resistência a ambientes desfavoráveis.
- isolamento térmico, para evitar oscilações de temperatura e choque térmico.
- adição de material nutritivo, necessário às atividades vitais do microrganismo.
- proximidade do endereço remetente e destinatário, para garantir viabilidade celular.

9. UFPE – A figura a seguir representa algumas etapas do ciclo de vida de uma espécie animal. Analise e assinale a alternativa que corresponde às etapas 1, 2 e 3, respectivamente:



- meiose, desenvolvimento e fecundação
- mitose, fecundação e meiose
- mitose, fecundação e desenvolvimento
- meiose, fecundação e desenvolvimento
- mitose, meiose e fecundação

10. Sistema Dom Bosco – Os tatus (*Dasypodidae* sp.) têm a capacidade de produzir vários organismos originados da fecundação de apenas um ovócito com um espermatozoide. Explique que processo reprodutivo é esse e como ele ocorre.

11. Mackenzie-SP**Um fungo, uma tragédia**

Em 1845, na Irlanda, irrompeu uma devastadora praga da batata, que resultou em perdas quase que totais nas colheitas do produto agrícola mais importante do país. Nos anos seguintes, essa praga levou as populações de camponeses ao desespero com mais de um milhão de mortes causadas pela fome, já que a batata era o seu produto e alimento básico. A mancha ou mancha da batata é causada por um fungo parasita, o *Phytophthora infestans*. As plantas afetadas têm suas folhas e tubérculos apodrecidos, e a transmissão por esporos, é muito rápida.

Fonte: Trecho extraído do livro de *Cesar e Cezar*, volume II.

A respeito da reprodução dos fungos, são feitas as seguintes afirmações:

- Todos eles apresentam reprodução assexuada realizada por esporos.
- Nem todos eles apresentam reprodução sexuada.
- O esporo do fungo é uma célula haploide que, sozinha, pode dar origem a um novo indivíduo.
- Os fungos mais simples, os ficomicetos, só apresentam reprodução assexuada.

Estão corretas:

- | | | |
|------------|----------------|------------|
| a) I e II | c) I, II e III | e) II e IV |
| b) I e III | d) II e III | |

12. PUC-SP – Analise a tira de quadrinhos abaixo:



Embora hermafroditas, os caramujos normalmente têm fecundação cruzada, mecanismo que leva a descendência a apresentar

- aumento de variabilidade genética em relação à autofecundação e maior chance de adaptação das espécies ao ambiente.
- diminuição da variabilidade genética em relação à autofecundação e maior chance de adaptação das espécies ao ambiente.
- variabilidade genética semelhante à da autofecundação e as mesmas chances de adaptação das espécies ao ambiente.
- diminuição de variabilidade genética em relação à autofecundação e menor chance de adaptação das espécies ao ambiente.

e) variabilidade genética semelhante à da autofecundação e menor chance de adaptação das espécies ao ambiente.

13. Fuvest-SP – As plantas podem reproduzir-se sexuada ou assexuadamente, e cada um desses modos de reprodução tem impacto diferente sobre a variabilidade genética gerada.

Analise as seguintes situações:

- I. Plantação de feijão para subsistência, em agricultura familiar.
- II. Plantação de variedade de cana-de-açúcar adequada à região, em escala industrial.
- III. Recuperação de área degradada, com o repovoamento por espécies de plantas nativas.

Com base na adequação de maior ou menor variabilidade genética para cada situação, a escolha da reprodução assexuada é a indicada para

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

14. UNESP (adaptada) – No Brasil, está largamente distribuída a espécie *Schistosoma mansoni*, em especial no Nordeste e no Leste. Esse platelminto causa a esquistossomose, conhecida como “barriga-d’água”. No Brasil, a esquistossomose encontra-se em franca expansão, com focos surgindo nas cidades do sul e noroeste de Minas Gerais. Essa doença tem no homem seu principal hospedeiro definitivo, sendo que as modificações ambientais, introduzidas por ele, favorecem a sua proliferação.

Com base nessas informações e em seus conhecimentos, marque a alternativa correta:

- a) As cercárias são as formas infectantes e reproduzem-se sexuadamente.
- b) As cercárias são formas de esporos produzidas por partenogênese.
- c) Esse platelminto se reproduz por esporulação.
- d) Esse platelminto possui alternância de gerações, tendo o ciclo diplobionte.
- e) Esse platelminto produz cercárias, que abandonam o caracol por meio da pedogênese.

15. UFSC (adaptada) – Há registros de declínio expressivo de populações de abelhas melíferas em vários países, inclusive no Brasil. O desaparecimento das fabricantes de mel preocupa não só pela ameaça à existência desse produto, mas também porque as abelhas têm chamado a atenção principalmente pelo importante papel ecológico. Elas são responsáveis por 70% da polinização dos vegetais consumidos no mundo, ao transportar o pólen de uma flor para outra. Entre as prováveis causas para o desaparecimento das abelhas estão os componentes químicos presentes nos defensivos agrícolas, as mudanças climáticas e a infestação por um ácaro que se alimenta da hemolinfa das abelhas. Na busca por respostas, o Instituto Tecnológico Vale, em Belém (PA), em colaboração com a Organização de Pesquisa da Comunidade Científica e Industrial, na Austrália, desenvolveu microssensores, que são colados no tórax das abelhas da espécie *Apis mellifera* africanizada

para avaliação do seu comportamento sob a influência de pesticidas e de eventos climáticos.

ERENO, Dinorah. Abelhas vigiadas. *Pesquisa Fapesp*: 221, p. 70-73, jul. 2014. Disponível em: <<https://enem.estuda.com/questoes/?re-solver=&prova=&q=&inicio=&cat=6&q=partenog%EAnese&difficuldade=&ignorar=1questão33>>. (Adaptado)

Sobre assuntos relacionados ao texto, analise as afirmativas a seguir:

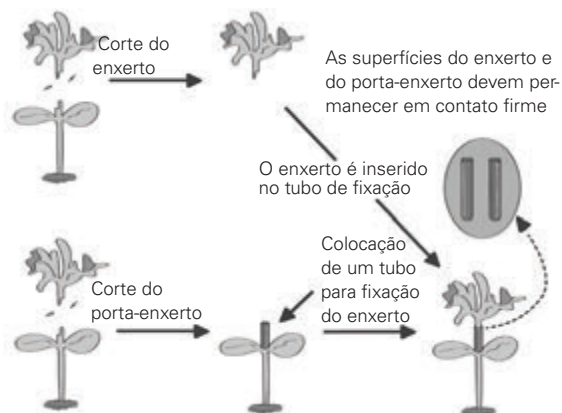
- 01) Os zangões são organismos diploides.
- 02) As abelhas-operárias são diploides e diferenciam-se da abelha-rainha por se alimentar de geleia real enquanto larva.
- 04) Os zangões são originados por meio da partenogênese.
- 08) Se o zangão e a abelha-rainha cruzarem, nascem apenas abelhas fêmeas.

A alternativa que apresenta a soma das afirmativas corretas é:

- a) 03
- b) 07
- c) 10
- d) 12
- e) 19

16. UNESP – A enxertia consiste em implantar parte de uma planta viva em outra planta de igual ou diferente espécie. A planta introduzida (enxerto) produz folhas, flores e frutos, enquanto a planta receptora (porta-enxerto) capta água e nutrientes do solo.

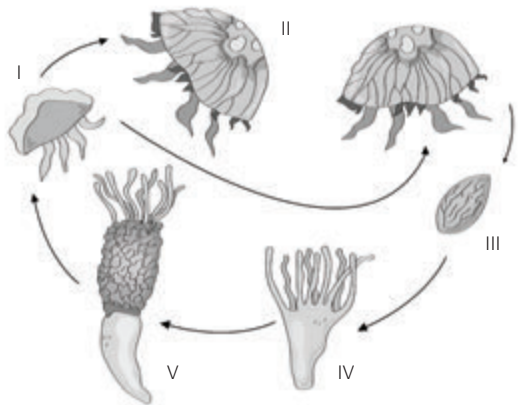
A figura esquematiza uma das técnicas indicadas para a enxertia entre espécies de hortaliças, tais como pepino, abóbora, melão e melancia.



Suponha que um enxerto de pepino (*Cucumis sativus*) tenha sido introduzido em um porta-enxerto de abóbora (*Cucurbita moschata*). Os frutos produzidos por essa enxertia serão

- a) pepinos cujas sementes darão origem a exemplares de *Cucurbita moschata*.
- b) híbridos estéreis com características de *Cucumis sativus* e de *Cucurbita moschata*.
- c) abóboras cujas sementes darão origem a exemplares de *Cucumis sativus*.
- d) abóboras cujas sementes darão origem a exemplares de *Cucumis moschata*.
- e) pepinos cujas sementes darão origem a exemplares de *Cucumis sativus*.

17. **Unifor-CE (adaptada)** – A figura abaixo mostra o ciclo de vida de um cnidário.



Cite o nome de cada fase de vida do cnidário enumeradas.

ESTUDO PARA O ENEM

18. **Enem** C3-H11

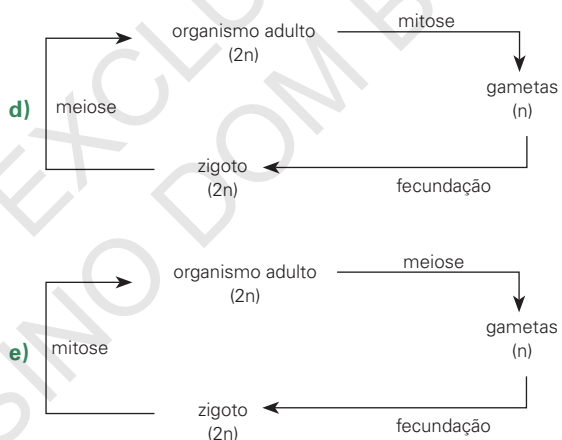
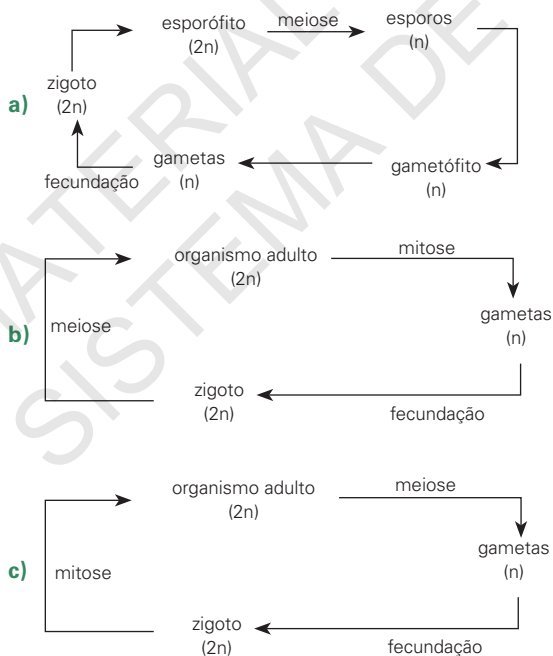
A reprodução vegetativa de plantas por meio de estacas é um processo natural. A humanidade, observando esse processo, desenvolveu uma técnica para propagar plantas em escala comercial. A base genética dessa técnica é semelhante àquela presente no(a)

- a) transgenia.
- d) controle biológico.
- b) clonagem.
- e) melhoramento genético.
- c) hibridização.

19. **Enem** C5-H17

Os seres vivos apresentam diferentes ciclos de vida, caracterizados pelas fases nas quais gametas são produzidos e pelos processos reprodutivos que resultam na geração de novos indivíduos.

Considerando-se um modelo simplificado padrão para geração de indivíduos viáveis, a alternativa que corresponde ao observado em seres humanos é:



20. **Enem** C5-H17

Em certas localidades ao longo do Rio Amazonas, são encontradas populações de determinada espécie de lagarto que se reproduzem por partenogênese. Essas populações são constituídas, exclusivamente, por fêmeas que procriam sem machos, gerando apenas fêmeas. Isso se deve a mutações que ocorrem ao acaso nas populações bissexuadas. Avalie as afirmações seguintes, relativas a esse processo de reprodução.

- I. Na partenogênese, as fêmeas dão origem apenas a fêmeas, enquanto, nas populações bissexuadas, cerca de 50% dos filhotes são fêmeas.
- II. Se uma população bissexuada se mistura com uma que se reproduz por partenogênese, esta última desaparece.
- III. Na partenogênese, um número x de fêmeas é capaz de produzir o dobro do número de descendentes de uma população bissexuada de x indivíduos, uma vez que, nesta, só a fêmea põe ovos.

É correto o que se afirma

- a) apenas em I.
- b) apenas em II.
- c) apenas em I e III.
- d) apenas em II e III.

FUNDAMENTOS DA GENÉTICA: GENÓTIPO, FENÓTIPO E LINHAGENS

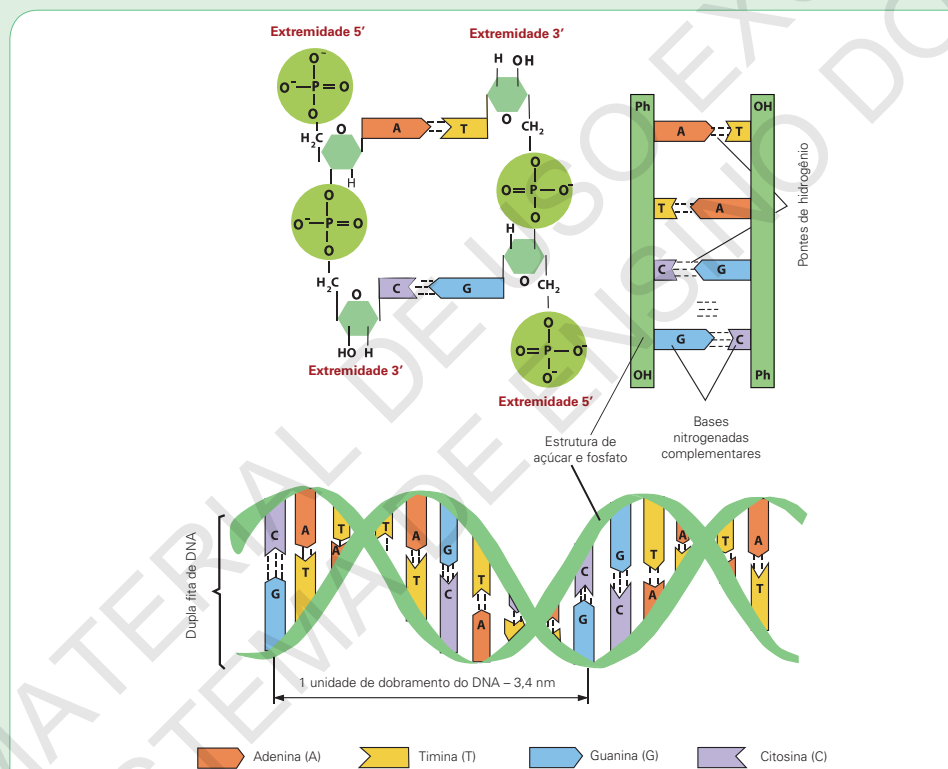
14

BASE DA GENÉTICA

Todas as descobertas genéticas só se tornaram possíveis com base no entendimento sobre sua matéria-prima principal, o **DNA (ácido desoxirribonucleico)**. No DNA estão contidas as informações necessárias para compreender cada detalhe dos organismos, como metabolismo, desenvolvimento e funções de cada célula ou tecido.

GENES

O DNA é composto por uma pentose, bases nitrogenadas e um grupo fosfato, formando um **nucleotídeo**.



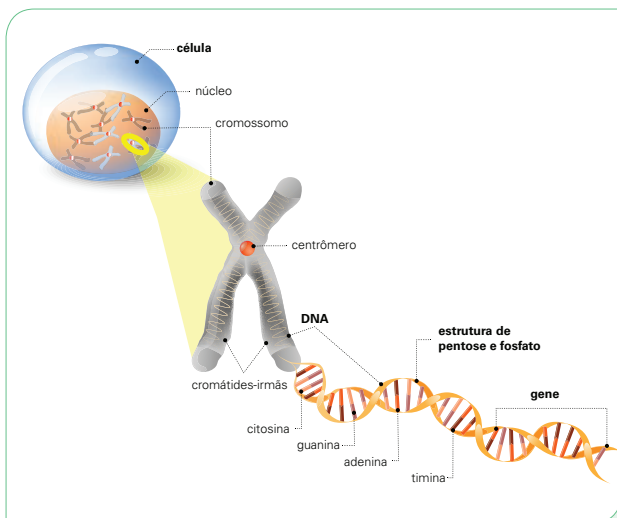
Estrutura de um nucleotídeo, que forma a dupla fita de DNA, por meio do pareamento de bases nitrogenadas. Esse pareamento de bases constitui uma região codificadora de proteína, ou seja, uma região específica do DNA que é lida, transcrita e traduzida em uma proteína (gene). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Embora pareça que a ordem das bases nitrogenadas no DNA é aleatória, ela tem função específica e forma **genes** e **regiões reguladoras**. Foram necessários milhões de anos para formar essa ordem. Várias possibilidades foram “testadas”, de modo que essas regiões codificassem proteínas compatíveis com a vida e nos conferissem as adaptações que apresentamos atualmente.

- Base da Genética
- Vocabulário genético
- Genótipo e fenótipo
- Linhagem

HABILIDADES

- Compreender a importância da Genética.
- Explicar a diferença entre gene, genoma e alelo.
- Assimilar os conceitos de *locus* gênico e cromossomos homólogos.
- Compreender os conceitos de genótipo e fenótipo.
- Diferenciar alelos dominantes de alelos recessivos.
- Identificar genótipos homocigotos e heterocigotos.
- Entender o que são linhagens.
- Identificar linhagens puras ou selvagens e linhagens híbridas.
- Compreender o que é fenocópia.



As regiões codificadoras, os genes, estão presentes nos cromossomos, em uma das cromátides-irmãs. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Os genes podem variar de tamanho e cada um deles é responsável por conter as informações necessárias para codificar **proteínas** com funções específicas. Por exemplo, vamos considerar os genes A e B. Apesar de o gene A ser menor que o gene B, os dois apresentam um trecho de pares de bases em comum que codificam para os mesmos aminoácidos. No entanto, as cadeias polipeptídicas formadas pelos aminoácidos são diferentes. Portanto, os genes também o são. Observe:

GAATGGCTCAATTGCCAAGCTA → gene A

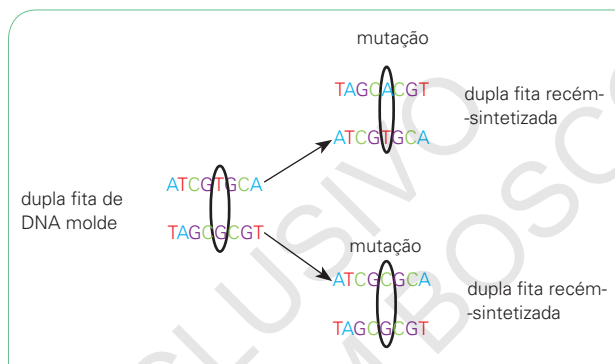
CGGCTACTACTACTCAATTGCCGGTCAGGACT → gene B

Entre as principais características do DNA, está a capacidade de **replicação**. Para isso, a dupla fita de DNA é aberta, expondo as duas fitas individuais com as bases nitrogenadas expostas para que novas bases possam se ligar e formar uma nova fita complementar para cada fita do DNA de origem. Com as fitas moldes sendo complementadas, são produzidas duas novas moléculas de DNA.

Outro aspecto importante dessa molécula é a **mutabilidade**. Ao longo do processo de replicação do DNA, é possível que ocorram alterações na sequência de bases nitrogenadas, de maneira que pode ser adicionada, por exemplo, uma guanina no lugar de uma adenina, pareando erroneamente com uma timina. Essa simples troca de uma base pode gerar alteração na produção de um aminoácido, que pode ser trocado por outro, o que gera uma proteína errada. É possível que algumas das cópias geradas com base nessa fita sejam passadas para as próximas gerações e origem novas características, vantajosas ou não para o indivíduo.

DESIGNUA/SHUTTERSTOCK

Por fim, outra característica importante do DNA é a **tradução** em forma e função. A molécula de DNA é utilizada como molde para transcrição de uma molécula de fita simples de mRNA, que contém uracila no lugar de timina. Essa fita de mRNA é lida e utilizada como molde para que as trinças de bases nitrogenadas nela contidas sejam traduzidas em aminoácidos e composta em uma cadeia de proteína.



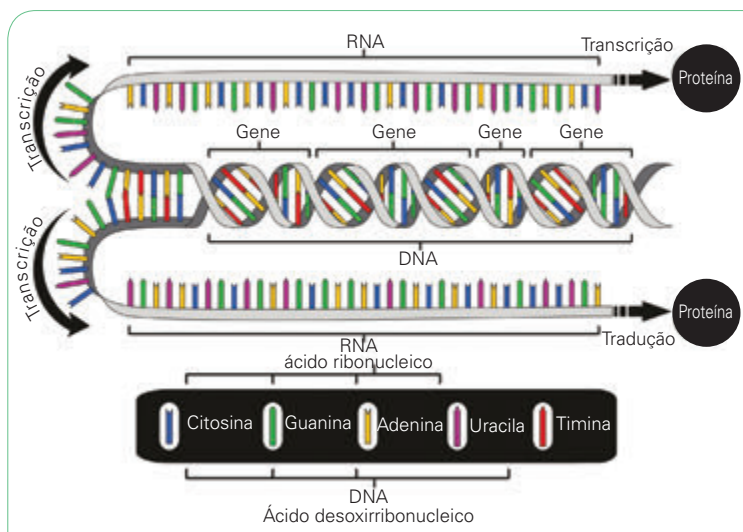
No modelo de estrutura molecular de DNA acima, hipoteticamente ocorrem duas mutações durante a replicação. A timina é trocada por uma adenina em uma fita. Na outra fita, a timina é substituída por uma citosina. Repare que as fitas recém-sintetizadas com base na fita molde também são diferentes por conta das mutações.

VOCABULÁRIO GENÉTICO

Os termos utilizados em Genética não são comuns em nosso cotidiano. Por isso, entendê-los e associá-los aos conceitos corretos é fundamental para melhor compreender esse tema.

GENOMA

Trata-se do conjunto de todos os genes presentes no DNA existente nas células de um organismo.



O esquema mostra a formação do RNA com base no DNA. As informações contidas no RNA são responsáveis pela produção das proteínas formadas pela união de polipeptídeos.

UDAIX/SHUTTERSTOCK

COMPONENTES DA GENÉTICA

Cromossomos

O DNA está presente em forma de **cromossomos** no núcleo das células eucariontes, em formato de **cromatina**. São chamados de **cromossomos homólogos** quando os pares contêm as mesmas informações genéticas para características idênticas.

Os cromossomos são classificados em **autossômicos** (responsáveis pelas características comuns a ambos os sexos) e **sexuais** (responsáveis principalmente por determinar o sexo, sendo o feminino representado por XX e o masculino por XY em seres humanos). Nas aves, ZZ está relacionado à fêmea e ZW, ao macho. A representação dos cromossomos varia de acordo com os grupos de organismos estudados.

Locus, alelos e genes

Os **genes**, são os segmentos de DNA capazes de codificar proteínas e correspondem a aproximadamente 2% do total do genoma. O local ocupado pelo gene no cromossomo é denominado **locus gênico**. Quando nos referimos a mais de um local ou a mais de um gene, dizemos que são **loci gênicos** (no plural). Esse mesmo local é ocupado pelos mesmos genes nos cromossomos homólogos.

Cada gene pode ter variações de sua cópia, de forma que, em um dos cromossomos homólogos, pode ter uma variante da que está no outro cromossomo. Essas duas variantes muitas vezes geram a codificação de proteínas diferentes. Por exemplo, a sequência A codifica para uma proteína X, enquanto a sequência a, presente no seu cromossomo homólogo, codifica para uma proteína Y. Assim, dizemos que **alelo** é a variação que determinado gene pode ter entre os cromossomos homólogos. Quando um gene tem apenas uma variação, os alelos podem ser representados como alelo *A* e *a* ou *B* e *b*, respectivamente. Quando o gene tem mais de quatro variantes (por exemplo, alelos A1, A2, A3 e A4), dizemos que o gene é **polimórfico**.

O **genótipo** refere-se à constituição gênica de um indivíduo, isto é, aos genes que este tem. Geralmente os genes são representados por letras (*Aa*, *AA*, *aa*, *A1A1*, *A1A2* etc.).

O **fenótipo**, por sua vez, é definido como uma característica apresentada no indivíduo, seja em relação à morfologia, à fisiologia, à bioquímica ou ao comportamento.

Genótipo, fenótipo e linhagens

GENÓTIPO E FENÓTIPO

Um gene codifica uma proteína e pode ter variantes denominados **alelos**. Considerando que o gene está localizado no cromossomo e que esse cromossomo tem dois braços, podemos dizer que os alelos estão em pares.

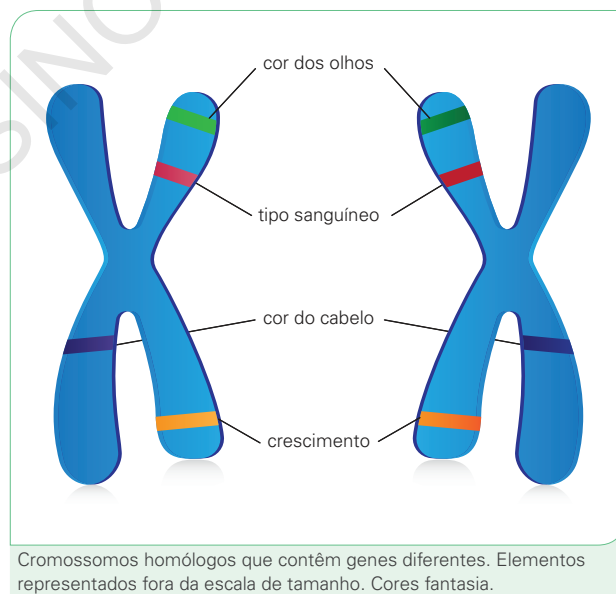
O conjunto alélico referente ao gene é denominado **genótipo**, sendo este responsável por expressar as características de um indivíduo.

Os alelos são representados por letras. Por exemplo: em ervilhas, temos os alelos **A** e **a**, que, quando aparecem juntos, produzem indivíduos de cores diferentes. Os **genótipos** de ervilhas amarelas são **AA** ou **Aa**, e o das ervilhas verdes é **aa**.

Em cromossomos homólogos, podemos observar diversos genes com características diferentes, que traduzem proteínas com funções distintas umas das outras. Seus alelos estão localizados nas mesmas regiões dos cromossomos homólogos.

Os genótipos dos organismos são denominados **homozigotos** quando existem duas cópias do mesmo alelo (*AA* ou *aa*) e **heterozigotos** quando há cópias de alelos diferentes (*Aa*). No exemplo da cor de ervilhas, os genótipos *AA* ou *aa* (amarelas) são homozigotos, e os genótipos heterozigotos são *Aa* (verdes).

Os alelos são classificados também quanto à dominância, podendo ser dominantes ou recessivos. Um **alelo dominante** é aquele cuja presença de apenas uma cópia já é suficiente para expressar determinada característica. Sendo assim, os alelos dominantes podem estar presentes tanto em genótipos homozigóticos quanto em genótipos heterozigóticos.



No exemplo da cor de ervilhas, a característica amarela é resultante da combinação dos alelos, gerando dois genótipos.

Genótipos: *AA* e *Aa* →
→ Característica: ervilha amarela

No caso de **recessivo**, são necessárias duas cópias do mesmo alelo para que determinada característica seja expressa. Portanto, eles sempre apresentam genótipo homozigoto.

Genótipo: aa → Característica: ervilha verde

O **fenótipo** é a expressão de um genótipo por meio de características verificáveis, influenciadas ou não por fatores ambientais. Um exemplo da expressão fenotípica é o formato de "V" do cabelo na testa.

Fatores ambientais podem determinar o aparecimento de um fenótipo completamente diferente do correspondente ao genótipo existente no indivíduo.

Quando esse fenômeno ocorre em virtude de influências ambientais, é denominado **fenocópia**. Os coelhos da raça "himalaia", que vivem em regiões de temperaturas elevadas, têm pelagem branca e coloração escura na cauda, no focinho, nas orelhas e nas patas. Dependendo da variação de temperatura no ambiente, as manchas escuras podem se alastrar pelo animal, cobrindo áreas maiores do corpo, ou podem aparecer manchas em outras regiões. Entretanto, quando vivem em regiões de baixas temperaturas, esses animais apresentam pelagem escura, similar à dos coelhos naturalmente negros, sendo essa característica considerada uma fenocópia destes últimos. Isso acontece porque, embora o genótipo dos coelhos himalaia seja o mesmo, ele se expressa de forma diferente por influência dos fatores ambientais – nesse caso, a temperatura.

Outros exemplos de fenocópias podem ser observados em humanos, como cabelos tingidos e bronzeamento artificial. Trata-se de fenótipos diferentes dos genótipos dos indivíduos, que ocorrem por causa de influências ambientais (externas).

LINHAGEM

Linhagem ou variedade é o conjunto de indivíduos de uma espécie que têm o mesmo genótipo (denominada **linhagem genotípica**) ou o mesmo fenótipo (denominada **linhagem fenotípica**).

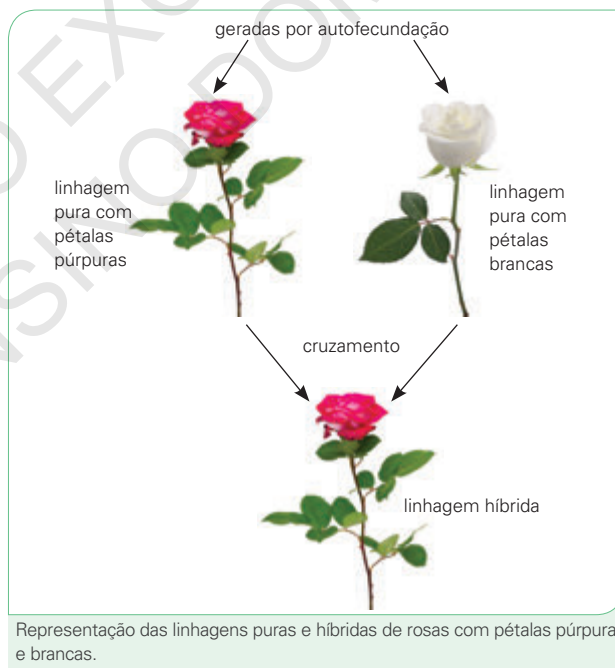
As linhagens genotípicas sempre apresentam o mesmo fenótipo, exceto quando há influência ambiental. Porém, as linhagens fenotípicas podem expressar genótipos diferentes.

O quadro a seguir representa três genótipos, sendo eles: PP, Pp (alelos dominantes) e pp (alelos recessivos). Já o fenótipo apresenta apenas duas classes: uma de pelagem preta e outra branca. Nesse caso, existem apenas duas classes de fenótipos, uma vez que há dominância de um alelo sobre o outro.

Genótipo	Fenótipo
PP	pelagem preta
Pp	pelagem preta
pp	pelagem branca

Há também divisões, como **linhagens puras**, as quais resultam de um **genótipo homocigoto** e **linhagens híbridas** que costumam apresentar **genótipos heterocigotos**.

O cruzamento de plantas cujas pétalas são púrpuras geram descendentes com as mesmas características, gerando linhagens puras. O cruzamento entre plantas de pétalas brancas e plantas de pétalas púrpuras resulta em pétalas púrpuras, sendo esta uma linhagem híbrida.



ROTEIRO DE AULA

FUNDAMENTOS DA GENÉTICA

Histórico de descobertas na Genética

1965

Mendel

Com base em experimentos com ervilhas, sugeriu a existência de fatores responsáveis pela hereditariedade.

1953

Watson, Crick e Franklin

Descrição da estrutura do DNA

1996

É clonado o primeiro mamífero

2003

Sequenciamento do genoma humano

Características do DNA

Replicação

Mutação e transcrição

Tradução

Vocabulário genético

Genoma

Conjunto dos genes contidos no DNA da célula ou espécie.

Cromossomos

Classificados em

SexuaisAutossômicosGenes

Alelos

Localização dos genes:

LocusGenótipo

Constituição gênica do indivíduo

Fenótipo

Características presentes no indivíduo

ROTEIRO DE AULA

GENÓTIPO

Conjunto de alelos de determinado:

Gene

Responsável por expressar características de um indivíduo que pode ser:

Homozigoto

Heterozigoto

Manifestação de um genótipo:

Fenótipo

Condicionado pelo alelo recessivo

Homozigoto

Expressa fenótipo diferente daquele determinado pelo seu genótipo

Fenocópia

Sofre influência

Ambiental

LINHAGEM

Ocorre por fecundação cruzada:

Genótipo

Híbrida

Heterozigoto

Ocorre por autofecundação:

Genótipo

Pura

Homozigoto

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UFF-RJ

C5-H17

Genes que se localizam no mesmo *locus* ou em ambos os cromossomos de um par e que respondem pela manifestação de um certo caráter denominam-se:homólogos

- a) homólogos
- b) alelos
- c) codominates
- d) homozigóticos
- e) híbridos

Cromossomos homólogos são aqueles idênticos que formam um par, sendo um proveniente do pai e outro da mãe. Os genes alelos são aqueles que ocupam a mesma posição nestes cromossomos homólogos e possuem a função de designar as mesmas características.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

2. UECE (adaptada) – Os geneticistas puseram à prova a hipótese de que a determinação e a transmissão hereditária dos grupos sanguíneos M, MN e N é feita por genes localizados em um determinado par cromossômico. Esses grupos sanguíneos não mostram incidência preferencial por nenhum dos sexos, de maneira que os geneticistas complementaram a sua hipótese especificando que o par cromossômico que contém os genes responsáveis pela produção dos antígenos M e N nas hemácias é autossômico, ou seja, não se encontram nos cromossomos sexuais. De acordo com essa informação e seus conhecimentos em genética, assinale a opção correta.

- a) Considerando que os genes pertencentes a dois diferentes *locus* são denominados alelos (do grego = *allelon*, cada outro), pode-se dizer os genes M e N constituem um par de alelos.
- b) Os genótipos MM e NN são, pois, homozigotos, enquanto o genótipo MN é heterozigoto.
- c) Indivíduos que possuem genótipo MM, filhos de pais que apresentam os mesmos genótipos, representam uma linhagem híbrida.
- d) O caso no texto dessa questão exemplifica um exemplo clássico de fenocópia.

A alternativa A está incorreta porque os genes se encontram no mesmo *locus*. A alternativa C está incorreta porque serão exemplos de linhagem pura, por terem sempre os mesmos genótipos. A alternativa D está incorreta porque fenocópia se refere a um fenótipo induzido por condições ambientais, mas assemelhado a outro determinado geneticamente.

3. UnB-DF (adaptada)

O que é VIDA?

Para a ciência, o conceito de vida para um ser vivo é algo que precisa atender a certas definições. Entre elas: temos a definição de vida segundo a Genética: “Um sistema vivo é capaz de evoluir por seleção natural”. Genes diferentes são responsáveis por características diferentes do organismo. Na reprodução, esse código genético é passado para o organismo gerado. Ocasionalmente, pequenas “falhas” ocorrem na replicação do código, e surgem indivíduos com pequenas variações – ou mutações.”

Com base no texto e em seus conhecimentos, analise a frase a seguir: Diferentes características podem ser codificadas por um mesmo gene.

Essa afirmativa está correta? Justifique.

Sim, porque um gene pode ter vários alelos que produzem proteínas diferentes. Consequentemente, produzirão novas características. Além disso, estas podem variar de acordo com a interação do gene com o ambiente.

4. Fuvest-SP (adaptada) – O genoma é o conjunto de todos os genes de um organismo.

É correto afirmar que o genoma

- a) varia entre os tecidos do corpo de um indivíduo.
- b) é semelhante em indivíduos de uma mesma espécie, mas difere entre espécies.
- c) não distingue procaríotos de eucaríotos.
- d) é o mesmo em todas as formas de vida.

A alternativa A está incorreta, porque não varia entre os tecidos. A alternativa C está incorreta, pois consegue distinguir eucaríotos de procaríotos. A alternativa D está incorreta, porque varia entre as formas de vida.

5. Unifor-CE (adaptada) – Um estudante, ao iniciar o curso de Genética, anotou o seguinte:

- I. O gene é todo o genoma do indivíduo.
- II. Cada par de alelos presentes nas células diploides separam-se na meiose, de forma que cada célula haploide recebe apenas um alelo do par.
- III. Locus é o lugar onde o cromossomo se encontra.

Com base em seus conhecimentos, marque a alternativa correta.

- a) A afirmativa I está correta.
- b) A afirmativa II está incorreta.
- c) A afirmativa III está incorreta.
- d) As afirmativas I e II estão incorretas.
- e) As afirmativas I e III estão incorretas.




A afirmativa I está incorreta, porque o gene é uma região codificante do genoma responsável pela produção de uma proteína. A afirmativa III está incorreta, pois o locus é uma região onde se encontra determinado gene ou alelo.

6. Sistema Dom Bosco – Os coelhos da raça himalaia são caracterizados por apresentarem pelagem branca e manchas escuras no focinho, nas orelhas, na cauda e nas patas. Entretanto, quando esses indivíduos nascem em regiões frias, eles apresentam pelagem completamente escura, sendo confundidos com coelhos negros. Sabendo-se que o genótipo responsável por ambas as variações na cor do pelo não sofreu mutações, como você explica a ocorrência desse evento?

Trata-se de um exemplo de fenocópia, isto é, o genótipo foi influenciado pelo ambiente (no caso, a temperatura da região), e, por conta disso, o fenótipo foi expresso de forma diferente.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Sistema Dom Bosco – O quadro a seguir representa a coloração da pelagem de cães da raça labrador.

		
Eric Isselee/Shutterstock	Jagodka/Shutterstock	Jagodka/Shutterstock
Preto BBEE BbEE BBee BbEe	Chocolate BbEE bbEe	Amarelo BBee Bbee Bbee

Com base nessas informações, é correto afirmar:

- Há três classes fenotípicas e sete classes genotípicas.
- Há três classes fenotípicas e três classes genotípicas.
- Há nove classes fenotípicas e três classes genotípicas.
- Há três classes fenotípicas e nove classes genotípicas.

8. PUC-RS (adaptada) – Ervilhas amarelas são A1A1. O símbolo "A1" se refere a _____, que se localiza em um locus do cromossomo. Marque a alternativa que completa corretamente a frase acima:

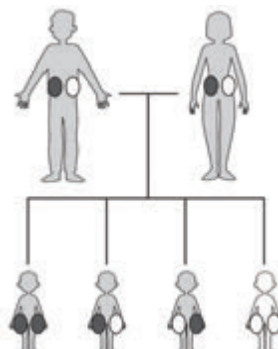
- um genoma
- um locus
- um cromossomo
- um alelo
- uma cromátide

9. Cesgranrio-RJ (adaptada) – As células de um indivíduo, para um determinado locus, apresentam _____ em _____.

As lacunas da frase podem ser corretamente preenchidas por:

- o mesmo gene – em ambos os cromossomos homólogos
- genes diferentes – em cromossomos diferentes
- o mesmo gene – em cromossomos sexuais
- o genoma completo – em ambos os cromossomos homólogos
- o genoma completo – em cromossomos diferentes

10. UnB-DF (adaptada)



A cor da pele é definida pela interação de um número ainda não completamente delimitado de genes com o meio ambiente. A figura anterior mostra um heterograma de uma família que apresenta mutação em um gene principal de cor da pele, representado na cor branca. A cor preta representa um alelo selvagem.

No que diz respeito à cor da pele, indivíduos com o mesmo genótipo podem apresentar diferentes fenótipos, e indivíduos com o mesmo fenótipo podem apresentar diferentes genótipos. Essa afirmativa está correta? Justifique sua resposta.

11. Univag-MT (adaptada) – A tabela a seguir representa as porcentagens dos grupos sanguíneos nas populações 1 e 2. Os genótipos para os tipos sanguíneos são: *ii* para tipo O (genótipo recessivo) e *ab* para AB. Sangues Rh positivo possuem genótipo *RR* ou *Rr*, enquanto sangues Rh negativos possuem genótipo *rr* (genótipo recessivo).

	Sangue O+	Sangue AB+	Sangue O-	Sangue AB-
População 1	36%	3,5%	4%	0,5%
População 2	40%	7%	0,31%	0,05%

Com relação aos genótipos que determinam os fenótipos nos sistemas de tipagem sanguínea ABO e Rh, é correto afirmar que:

- a) 4% da população 1 é homocigota para ambos os fenótipos.
- b) 0,31% da população 2 é homocigota dominante.
- c) 0,05% da população 2 é heterocigota para ambos os fenótipos.
- d) 3,5% da população 1 é homocigota para ambos os fenótipos.
- e) 36% da população 1 é heterocigota para ambos os fenótipos.

12. Fuvest-SP (adaptada) – Uma planta heterocigota de ervilha com vagens infladas produziu por autofecundação uma descendência constituída por dois tipos de indivíduos: com vagens infladas e com vagens achatadas.

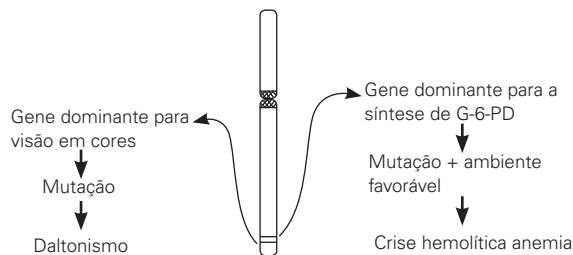
Com base nessas informações, marque a alternativa correta:

- a) As plantas parentais representam uma linhagem híbrida.
- b) As vagens infladas da geração produzida são obrigatoriamente homocigotas.
- c) As vagens infladas da geração produzida são obrigatoriamente heterocigotas.
- d) As vagens achatadas são homocigotas dominantes.

13. Imepac-MG (adaptada) – O albinismo é uma característica de herança recessiva, produzida pelo genótipo *aa*. Um cão albino, ao cruzar com uma cadela de pelagem normal (fêmea 1), produziu três ninhadas em um total de 19 animais, todos com pelagem de cor normal. O mesmo cão, ao cruzar com outra cadela normal (fêmea 2), produziu uma ninhada com quatro filhotes, sendo dois normais e dois albinos. Com base nessas informações e em seus conhecimentos, marque a alternativa correta:

- a) Os filhotes originados da fêmea 1 possuem genótipo homocigoto.
- b) Os filhotes de pelagem normal, filhos da fêmea 2, possuem genótipo heterocigoto.
- c) A fêmea 2 tem genótipo homocigoto.
- d) Os filhotes albinos, filhos da fêmea 2, são heterocigotos.

14. UFMG (adaptada) – Observe esta figura, em que está representado o cromossomo X:



A enzima G-6-PD (glicose-6-fosfato desidrogenase), presente nas hemácias, está envolvida no metabolismo da glicose. Sabe-se que a deficiência dessa enzima torna a hemácia sensível a certas drogas, por exemplo, alguns tipos de analgésicos.

Agora analise este quadro:

Variante da G-6-PD	Genes	Atividade enzimática (%)	Quadro clínico
B	B	100	Normal
A	A	80-100	Normal
A-	A-	10-20	Sensibilidade a drogas; crise hemolítica leve
Med	B-	0-5	Sensibilidade a drogas; crise hemolítica grave

Considerando a figura do cromossomo X apresentada e as informações contidas nesse gráfico, responda: os genes que determinam os diferentes tipos da enzima G-6-PD são alelos? Justifique sua resposta.

15. UFRGS-RS (adaptada) – Suponha que a condição bruxo seja uma característica de herança genética dominante. Rony, Neville e Draco são bruxos, filhos de pais bruxos, provenientes de famílias bruxas tradicionais. Hermione é bruxa, mas filha de trouxas (não bruxos). Simas é bruxo, filho de uma bruxa e de um trouxa. Harry é bruxo, filho de bruxos, sendo sua mãe filha de trouxas. Com base no texto e em seus conhecimentos sobre genética:

a) Classifique as famílias de Simas e Draco em relação ao tipo de linhagem.

- b) Harry é menos bruxo que Rony? Justifique sua resposta.

16. UEPB (adaptada) – Sobre o vocabulário genético, associe corretamente os numerais com as letras:

- I. genótipo
II. fenótipo
III. gene

- A. Cada segmento de DNA capaz de transcrever sua mensagem em uma molécula de RNA.
B. É a constituição genética de um organismo, ou seja, o conjunto de alelos que ele herdou dos genitores.
C. São as características internas ou externas de um ser vivo, geneticamente determinadas.

Assinale a alternativa correta:

- a) I-A ; II-B ; III-C
b) I-B ; II-A ; III-C
c) I-B ; II-C ; III-A
d) I-A ; II-C ; III-B
e) I-C ; II-B ; III-A

17. UFPI – As células musculares são diferentes das células nervosas porque

- a) contêm genes diferentes.
b) possuem maior número de genes.
c) usam códigos genéticos diferentes.
d) possuem menor número de genes.
e) expressam genes diferentes.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptado)

C5-H17

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

Espécie	Nome comum	Tamanho estimado do genoma (pb)	Nº de proteínas descritas
<i>Oryza sativa</i>	Arroz	5.000.000.000	224.181
<i>Mus musculus</i>	Camundongo	3.454.200.000	249.081
<i>Homo sapiens</i>	Homem	3.400.000.000	459.114
<i>Rattus norvegicus</i>	Rato	2.900.000.000	109.077
<i>Drosophila melanogaster</i>	Mosca-da-fruta	180.000.000	86.266

De acordo com as informações acima:

- a) A maior porção do genoma é codificante e produz proteínas.
b) A produção de proteínas não está vinculada à molécula de DNA.
c) O tamanho do genoma não é diretamente proporcional ao número de proteínas produzidas pelo organismo.
d) Quanto mais complexo o organismo, maior o tamanho de seu genoma.
e) Genomas com mais de um milhão de pares de bases são encontrados apenas nos seres invertebrados.

19. Enem

C5-H17

Em um hospital, acidentalmente, uma funcionária ficou exposta a uma alta quantidade de radiação liberada por um aparelho de raios X em funcionamento. Posteriormente, ela engravidou e seu filho nasceu com grave anemia. Foi verificado que a criança apresentava a doença em razão da exposição anterior da mãe à radiação.

O que justifica, nesse caso, o aparecimento da anemia na criança?

- a) A célula-ovo sofreu uma alteração genética.
b) As células somáticas da mãe sofreram uma mutação.
c) A célula gamética materna que foi fecundada sofreu uma mutação.
d) As hemácias da mãe que foram transmitidas à criança não eram normais.
e) As células hematopoiéticas sofreram alteração do número de cromossomos.

20. Enem (adaptada)

C5-H17

Em um experimento, plantas de folhas verdes foram divididas em dois grupos: o primeiro tinha exposição à luz solar e o segundo grupo era mantido no escuro. Após alguns dias, foi observado que o grupo exposto ao sol apresentava folhas verdes e o grupo mantido no escuro apresentava folhas amarelas. Com base nesses resultados, é correto afirmar:

- a) Os grupos apresentaram genótipos e fenótipos diferentes.
b) Os grupos apresentaram os mesmos genótipos e fenótipos diferentes.
c) Os grupos apresentaram os mesmos fenótipos e genótipos diferentes.
d) Os grupos apresentaram o mesmo fenótipo e diversos genótipos.
e) Os grupos apresentaram fenótipos variados.

15

MUTAÇÕES GENÉTICAS E MUTAÇÕES CROMOSSÔMICAS

- Base molecular das mutações
- Classificação das mutações e consequências moleculares
- Mutações estruturais
- Mutações numéricas

HABILIDADES

- Compreender o conceito de mutação gênica.
- Explicar os principais mecanismos moleculares capazes de promover mutações.
- Citar agentes mutagênicos.
- Compreender a importância das mutações para a evolução dos seres vivos.
- Identificar algumas doenças provocadas por mutações gênicas.
- Relacionar mutação com síntese de RNA e síntese de proteínas.
- Compreender a importância dos principais tipos de mutação cromossômica estrutural e numérica na vida dos organismos.
- Citar as principais síndromes provocadas pelas mutações cromossômicas estruturais e numéricas.
- Compreender os efeitos causados pelas mutações cromossômicas numéricas na evolução dos seres vivos.

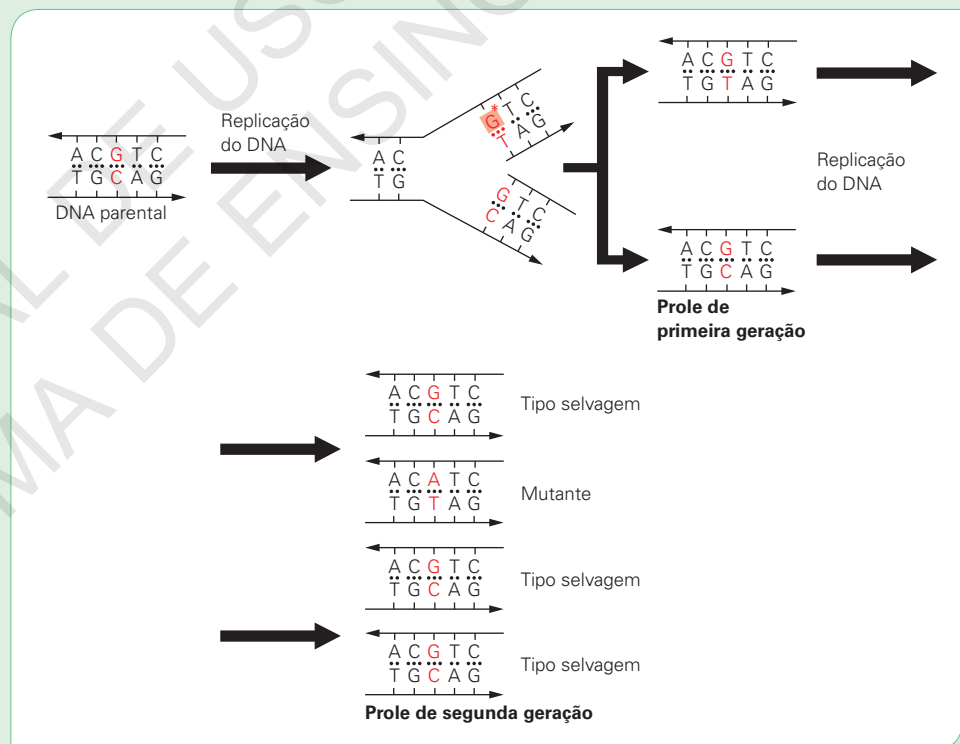
BASE MOLECULAR DAS MUTAÇÕES

O termo **mutação** refere-se a qualquer alteração no material genético de um indivíduo ou de uma população, sendo classificada em mutação **gênica** e mutação **cromossômica**.

A mutação gênica, remete às alterações em um ou mais pares de bases no DNA, as quais podem surgir **espontaneamente** ou ser **induzidas**. Elas também podem ser chamadas de mutações **pontuais** quando se referem à alteração de um único nucleotídeo.

MUTAÇÕES ESPONTÂNEAS

As mutações espontâneas são aquelas que acontecem de forma natural e aleatória, podendo ocorrer em todas as células. Esse tipo de mutação se dá principalmente durante o processo de replicação do DNA, em que falhas podem acontecer, como o pareamento incorreto de bases e adições ou subtrações de pares de bases, gerando mudança na sequência de DNA que está sendo replicada.



Erros durante o processo de replicação do DNA podem causar mutações.

Outro processo que promove mutações espontâneas são as lesões que danificam diretamente os nucleotídeos. A lesão mais comum é a **depurinação**, que consiste na quebra de ligações entre a base e a desoxirribose, levando à perda de uma adenina ou uma guanina na sequência de DNA. A **desaminação** também ocorre com alta frequência e consiste na substituição de um grupamento amina ($-NH_2$) por uma hidroxila ($-OH$),

de forma que, se uma citosina, por exemplo, perder uma amina, irá se tornar uma uracila. Assim, seu par será uma adenina, não uma guanina, como era originalmente.

Por fim, outro fator que promove lesões no DNA é a **oxidação das bases nucleotídicas**. Isso acontece quando as bases (principalmente a guanina, que é a mais suscetível a essa alteração) reagem com oxigênios ativos, como peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais de hidroxila (OH), de modo que ocorre alteração no seu pareamento.

MUTAÇÕES INDUZIDAS

As **mutações induzidas** surgem da ação de um agente mutagênico e ocorrem em maior frequência, quando comparadas às mutações espontâneas. Elas são caracterizadas pela influência de substâncias mutagênicas que levam a alterações na composição das bases nitrogenadas ou, então, nos nucleotídeos, alterando o pareamento de bases. Pode haver **incorporação de moléculas** estruturalmente análogas às bases, de forma que nucleotídeos sejam adicionados incorretamente pelo fato de as propriedades de pareamento dessas moléculas análogas serem diferentes dos nucleotídeos originais.

Entre as classes de compostos que podem levar a mutações induzidas, estão os **agentes alquilantes**, compostos que conseguem adicionar um grupo alquila às bases nitrogenadas do DNA, promovendo mau pareamento dos nucleotídeos. Em decorrência disso, durante a duplicação do DNA pode ocorrer a adição de um nucleotídeo incorreto, de forma que as cópias serão diferentes da molécula molde. Um exemplo de agente alquilante é a **cisplatina**, utilizada no tratamento contra o câncer.

Os agentes mutagênicos, além de alterarem o pareamento, podem danificar uma ou mais bases, de forma que elas não consigam se parear com os nucleotídeos específicos. Esse tipo de processo geralmente resulta em bloqueio da replicação do DNA, uma vez que o DNA polimerase não é capaz de reconhecer o nucleotídeo danificado. Os principais agentes causadores de danos são a **luz ultravioleta** e a **radiação ionizante**. A luz ultravioleta promove união entre duas bases pirimídicas adjacentes. Já a radiação ionizante forma moléculas excitadas que danificam o DNA, quebrando ligações ou produzindo moléculas degradantes.

CLASSIFICAÇÃO DAS MUTAÇÕES E CONSEQUÊNCIAS MOLECULARES

As principais formas de mutação são as substituições de base, as inserções e as deleções.

SUBSTITUIÇÕES DE BASE

Também chamadas de **mutações pontuais**, as substituições de base são aquelas em que um nucleotídeo é substituído por outro; podem ser classifi-

cadas em transições ou transversões. As **transições** ocorrem quando uma base é substituída por outra base da mesma categoria química, ou seja, uma base do tipo purina é trocada por outra purina ou uma do tipo pirimidina é trocada por outra do mesmo tipo. Elas podem resultar na alteração da produção dos aminoácidos, que são codificados de acordo com a trinca de bases, levando à produção de um aminoácido errado; ou pode haver até mesmo troca do lugar da trinca iniciadora AUG (que codifica o aminoácido metionina), resultando na perda de um trecho do RNA, que não será lido e, conseqüentemente, a informação será perdida.

As **transversões** ocorrem quando uma base é substituída por outra base de categoria química diferente, ou seja, uma base púrica é substituída por uma pirimídica, ou vice-versa. Assim, um C pode ser substituído por um A ou G, bem como um T pode ser substituído por um A ou G (se for uma base pirimídica sendo trocada por uma base púrica). Ou um A pode ser substituído por um C ou T, bem como um G pode ser substituído por um C ou T (se for uma base púrica sendo trocada por uma base pirimídica).

CONSEQUÊNCIAS DAS MUTAÇÕES PONTUAIS

Quando ocorre uma mutação pontual nos genes, há três possibilidades de resultado.

A **mutação sinônima** ou **mutação silenciosa** é aquela em que, mesmo ocorrendo a mutação, o aminoácido final ainda será o mesmo. Por isso, a proteína final continuará com a mesma sequência de aminoácidos, mesmo tendo sofrido mutação. Isso acontece pelo fato de o código genético ser **degenerado**, ou seja, pode haver mais de um códon capaz de produzir o mesmo aminoácido.

A **mutação com troca de sentido**, ou não sinônima, é aquela na qual ocorre uma mutação pontual capaz de trocar o aminoácido da cadeia polipeptídica por um aminoácido diferente.

Nas **mutações sem sentido**, o códon pode ser trocado para um códon de término (*stop* códon). Dessa forma, a cadeia polipeptídica geralmente perde sua funcionalidade e se torna menor do que o esperado.

Caso as mutações aconteçam em regiões não codificantes, pode haver alteração na expressão dos genes do entorno, seja inibindo-os, seja ativando-os, ou, ainda, fazer que as proteínas dos genes vizinhos alterem a produção em relação à quantidade, isto é, produzam mais ou menos proteínas do que deveriam.

INSERÇÕES E DELEÇÕES QUE OCORREM NA SEQUÊNCIA DE DNA

Ocorrem quando há inserção ou deleção de um ou mais nucleotídeos na sequência de DNA. Como consequência, pode haver alteração na matriz de leitura, isto é, na sequência de DNA, promovendo modificação na cadeia de aminoácidos.

Exemplo de inserção: ATGCGTAT → ATGGCGTAT

Exemplo de deleção: ATGCGTAT → AT_ CGTAT

Existe uma substância chamada alaranjado de acridina que é utilizada como corante. Esse composto é considerado um agente intercalante, por se posicionar entre duas bases vizinhas de uma mesma cadeia de DNA, fazendo que a distância entre elas aumente ao distorcer a hélice. Isso promove a adição de nucleotídeos no espaço.

Por outro lado, se o agente intercalante for adicionado a uma cadeia em crescimento durante a replicação do DNA, algum nucleotídeo pode não ser adicionado, promovendo mutações do tipo deleção.

DOENÇA	TIPO DE MUTAÇÃO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA DOENÇA
Anemia falciforme	Troca de uma base nitrogenada, que determina um aminoácido diferente do correto na tradução da trinca.	Anemia; infartos teciduais; infecções.
Doença da hemoglobina H (HbH)	Deleção ou anomalia de três dos quatro genes da alfa-globina.	Anemia moderada a grave; esplenomegalia.
Hidroplasia fetal (Hb Barts)	Deleção ou anomalia de todos os genes da alfa-globina	Anemia grave ou hipoxemia; insuficiência cardíaca.
Beta-talassemia tipo 0	Mutação pontual, introduzindo um códon de término no início do RNA mensageiro, ou perda de várias bases, pois o códon de término foi inserido no meio da cadeia.	Anemia severa; esplenomegalia; frequentemente fatal, caso não seja tratada.
Beta-talassemia	Alteração quantitativa da síntese de beta-globina decorrente de uma mutação em ponto, o que resulta na deleção ou inserção de poucos nucleotídeos.	Características semelhantes à beta-talassemia tipo 0, porém mais frequente e de forma mais branda.

Mutações cromossômicas

MUTAÇÕES ESTRUTURAIS

Nos seres pluricelulares, somente mutações em linhagens de células que produzem gametas podem ser transmitidas à prole. Nos animais, a maioria das mutações ocorre em células somáticas, que se perdem quando o indivíduo morre.

As **mutações estruturais** são aquelas que originam alterações na estrutura dos **cromossomos** e podem ser classificadas em: duplicações, deleções, inversões e translocações.

DUPLICAÇÕES

Esse tipo de mutação ocorre quando fragmentos dentro do cromossomo são duplicados. Acontece principalmente durante o processo de permutação (*crossing-over*), na meiose, e suas consequências não são graves, uma vez que não há falta de informações genéticas, mas excesso de uma pequena região que foi duplicada.

DELEÇÕES

Esse tipo de mutação acontece quando um cromossomo perde fragmentos de DNA, provocando perda parcial ou completa de alguns genes. A mutação pode ser relativamente grave, podendo até mesmo levar à morte do feto, dependendo da região em que ocorrer.

Alguns exemplos de síndromes relacionadas a deleções são: de Williams, de Prader-Willi, de Angelman e do *cri-du-chat*.

A síndrome de *cri-du-chat* é ocasionada pela perda do material genético do braço curto do cromossomo 5. As pessoas acometidas por ela emitem um ruído característico quando crianças, em razão de alterações nas pregas vocais. Por conta disso, a síndrome também é denominada síndrome do miado do gato. Além disso, retardo mental profundo também é característico dessa anomalia.

A síndrome de Prader-Willi pode ocorrer em virtude da deleção de parte do cromossomo 15 de origem paterna, pela sua total ausência ou não funcionalidade, ou em razão da duplicação do cromossomo 15 de origem materna. A pessoa acometida por essa síndrome apresenta sintomas como problemas de comportamento, deficiência intelectual e baixa estatura, além de puberdade atrasada e fome constante, o que desencadeia a obesidade.

Caso as deleções ocorram no cromossomo 15 de origem materna, promoverá o aparecimento da síndrome de Angelman, que tem como sintomas incapacidade de engatinhar ou balbuciar, fala mínima e risos frequentes. A longo prazo, pode ocorrer incapacidade de andar, mover-se ou equilibrar-se bem (ataxia).

INVERSÕES

Esse tipo de mutação ocorre quando o fragmento de um cromossomo se solta, sofre um giro de 180° e reintroduz-se nele. Em geral, indivíduos que sofrem esse tipo de mutação são normais, pois não há alteração em seu conjunto gênico. Entretanto, se houver quebra de um gene, pode ser grave ou até mesmo fatal, dependendo da função do gene danificado.

TRANSLOCAÇÕES

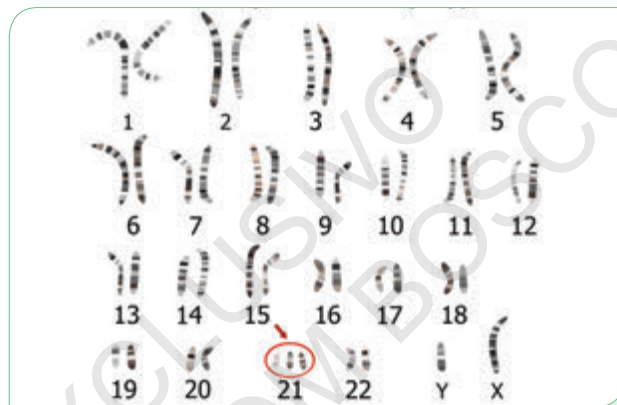
Esse tipo de mutação ocorre quando há trocas de fragmentos entre cromossomos não homólogos. Dessa forma, não há perda de genes, apenas um rearranjo. Dependendo de onde ocorrer, pode haver semiesterilidade.

Uma das causas da **síndrome de Down** é um tipo específico de translocação denominada **translocação robertsoniana** sofrido nos cromossomos dos pais. O princípio da translocação robertsoniana é sua ocorrência entre dois cromossomos acrocêntricos que se fundem perto ou mesmo no centrômero, resultando na perda dos braços curtos dos cromossomos.

Ocorre geralmente entre o cromossomo 21 e o braço longo de um dos cromossomos acrocêntricos, costumeiramente o 14 e o 22. O indivíduo com trans-

locação terá uma cópia extra quase completa do cromossomo 21, unida geralmente ao cromossomo 14, apresentando fenótipo normal.

Entre os possíveis padrões de segregação para originar gametas, pode acarretar a formação de um gameta com apenas um cromossomo 21, um gameta com apenas um cromossomo 14 e um gameta com três cópias do cromossomo 21. Este último, se for fecundado, promoverá a síndrome de Down.



Cariótipo de uma pessoa do sexo masculino com síndrome de Down. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasias.

ZUZANA EGERTOVA / ALAMY STOCK PHOTO

MUTAÇÕES NUMÉRICAS

São aquelas em que há alteração na **quantidade de cromossomos** das células. Em geral, podem ser divididas em euploidia e aneuploidia.

EUPLOIDIA

As alterações euploides envolvem alterações de conjuntos completos de cromossomos, sendo denominados **poliploides**. Por exemplo, um conjunto cromossômico (n) nas células gaméticas humanas é igual a 23 cromossomos, sendo essas células haploides ($n=23$). Entretanto, nas células somáticas, há 2 conjuntos de cromossomos, totalizando 46 cromossomos ($2n=46$), sendo denominadas células **diploides**. Se em organismos que têm um conjunto (n) igual a 4 cromossomos houver 12 cromossomos, isso significa que há três conjuntos de cromossomos naquela célula ($3n=12$), o que é denominado **triploidia**. Se houver 16 cromossomos, $4n=16$, é chamado **tetraploidia**.

As consequências da euploidia são muito graves, de forma que a maioria dos organismos é abortada espontaneamente quando apresenta uma ploidia muito elevada. Entretanto, é comum encontrar algumas espécies de plantas triploides e tetraploides inclusive gerando novas espécies, e, por isso, essas alterações não são caracterizadas como anomalia nesses casos.

Há duas formas de poliploidia: a autopoliploidia e a alopoliploidia. A **autopoliploidia** é o tipo de poliploidia no qual os conjuntos cromossômicos extras são derivados da mesma espécie. Já a **alopoliploidia** é o tipo de poliploidia no qual os conjuntos cromossômicos extras são derivados de espécies diferentes que em determi-

nado ponto se reproduziram, originando descendentes férteis que sobreviveram e propagaram os genes.

Ambos os casos podem ser uma forma de **especialização**, isto é, origem de novas espécies. Estudos recentes, de 2018, realizados por Winterfield e colaboradores, sugerem que as espécies de plantas do gênero *Phalaris* sp. (gramíneas) têm conjunto cromossômico que varia entre 6 e 7, como consequência de translocações nos genes de um ancestral $2n=14$. Por meio de diversos cruzamentos entre outras espécies com esse ancestral, novas espécies tetraploides teriam sido originadas.

Diversas plantas poliploides também têm sido desenvolvidas artificialmente e uma grande variedade delas tem emprego comercial, como melancias, uvas e morangos. Por meio dessas alterações numéricas, é possível criar plantas mais resistentes a pragas, com produtividade mais alta e frutos maiores, sem sementes e doces.

ANEUPLOIDIA

Esse tipo de mutação ocorre quando afeta apenas um ou alguns cromossomos. As aneuploidias resultam de distúrbios na meiose durante a formação dos gametas, quando os pares dos cromossomos homólogos não se separam corretamente em polos opostos durante a anáfase I ou o par de cromátides-irmãs não se separa na anáfase II, resultando em gametas com um cromossomo a mais ou um a menos. Assim, quando ocorrem esses erros, chamamos de **não disjunção**, eles podem ser classificados em nulissomia, monossomia e trissomia.

A **nulissomia** ocorre quando há perda de um par inteiro de cromossomos, sendo representada por $2n-2$. Não há nenhum caso compatível com a vida na espécie humana, ou seja, é inviável. Esse tipo de aneuploidia é originado por gametas que não possuem nenhum cromossomo do par afetado.

A **monossomia** acontece quando há perda de um cromossomo do par de cromossomos homólogos, restando apenas uma cópia do cromossomo especificado, sendo representado por $2n-1$. Esse tipo de aneuploidia geralmente é originado da fecundação de um gameta normal com outro que tem um cromossomo a menos. Um exemplo de monossomia é a síndrome de Turner.

A **trissomia** ocorre quando há ganho de um cromossomo homólogo, resultando em três cromossomos homólogos. Originada da fecundação de um gameta normal com um gameta que tem um cromossomo a mais. Esse tipo de aneuploidia é representado por $2n+1$ e é bastante comum na espécie humana.

PRINCIPAIS ANEUPLODIAS HUMANAS

Há algumas trissomias que são graves em virtude das alterações que geram, por exemplo, a **síndrome de Patau** (trissomia do cromossomo 13) e a **síndrome de Edwards** (trissomia do cromossomo 18).

Síndrome de Down

Esta é uma das aneuploidias mais comuns e ocorre em razão da existência de um cromossomo 21 a mais, sendo denominada também como trissomia do 21. Pode ser representada por $47, XX+21$ ou $47, XY+21$. As principais características de um indivíduo com essa síndrome são: deficiência intelectual de severidade variável, fenda palpebral oblíqua, orelhas com implantação baixa, prega palmar única, língua grossa, entre outros. Os portadores dessa condição também apresentam malformações cardíacas, distúrbios visuais e doenças respiratórias. Ela pode ser originada por meio de translocações, conforme explicado anteriormente.

Diversos estudos já comprovaram que, quanto mais avançada a idade de uma mulher, maior a chance de esta gerar uma criança com síndrome de Down. Entretanto, com os avanços nos estudos nessa área, a conscientização da população e o estímulo ao engajamento no mercado de trabalho, a expectativa de vida de pessoas com síndrome de Down tem aumentado acentuadamente.

Síndrome do triplo X

A síndrome do triplo X ou superfêmea é uma trissomia representada por $47, XXX$, em que há três cromossomos X. É causada pela malformação gamética ou por erro no início do desenvolvimento embrionário. Mulheres com essa síndrome vivem normalmente e não costumam apresentar nenhum sintoma.

Síndrome do duplo Y

A síndrome do duplo Y ou supermacho é uma trissomia que ocorre nos cromossomos sexuais, em que há duas cópias do cromossomo Y. É representada por $47, XYY$. Pessoas com essa síndrome vivem normalmente, sem nenhum sintoma aparente, embora haja relatos de elas serem bastante temperamentais, agindo agressivamente ou de forma impulsiva.

Síndrome de Klinefelter

Representada por $47, XXY$, afeta apenas homens e se dá pela presença de um cromossomo X a mais, sendo uma **trissomia dos cromossomos sexuais**. Geralmente, pessoas com essa síndrome são altas, com membros longos, estéreis em razão da baixa produção de espermatozoides (oligospermia) e apresentam mamas relativamente desenvolvidas (ginecomastia), além de retardo mental de nível variado.

Síndrome de Turner

Representada por $45, X0$, é causada pela ausência de um cromossomo alossômico ou sexual X (monossomia) e afeta apenas mulheres. Em geral, pessoas com essa síndrome apresentam baixa estatura, puberdade atrasada, infertilidade e malformações cardíacas, além de dificuldade de aprendizagem.

ROTEIRO DE AULA

MUTAÇÕES GÊNICAS

Espontâneas

Em razão de:

Lesões e erros durante a replicação do DNA

Induzidas

Em razão de lesões provocadas por:

Luz UV

Radiação ionizante

Radicais livres

Incorporação de análogos às bases

Mau pareamento

Promovem no DNA:

Substituições de bases ou mutações pontuais

Inserções

Deleções

Consequências:

Proteínas diferentes que originam:

Doenças

Variações fenotípicas

Alterações na expressão gênica

ROTEIRO DE AULA

MUTAÇÕES CROMOSSÔMICAS

Estruturais

Duplicação

Deleção

Síndrome de Williams

Síndrome de Prader-Willi

Síndrome de Angelman

Inversão

Translocação

Síndrome de Down

Numéricas

Euploidia

Poliplóidia

Autopoliploidia

Alopoliploidia

Triploidia (3n)

Tetraploidia (4n)

Aneuploidia

Nulissomia

Monossomia

Síndrome de Turner

Trissomia

Síndrome de Down

Síndrome de Klinefelter

Síndrome do triplo X

Síndrome do duplo Y

Especiação

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Unitins-TO – A molécula de DNA, além de guardar inúmeras informações, controla o funcionamento das células e é responsável pela síntese de proteínas. Apesar de ser considerada uma molécula estável, o DNA pode sofrer algumas alterações em sua sequência de nucleotídeos. Essas alterações são chamadas de

- a) transcrição.
- b) replicação.
- c) mutação.**
- d) combinação.
- e) tradução.

Alterações no DNA são denominadas mutações. Transcrição é o processo de formação do RNA a partir da cadeia molde de DNA. A replicação é o processo de duplicação de uma molécula de DNA de dupla cadeia. A recombinação gênica refere-se à troca de genes entre duas moléculas de ácido nucleico, para formar novas combinações de genes em um cromossomo. Durante a tradução ocorre o reconhecimento das sequências nucleotídicas do RNAm e a correlação com a sequência que corresponde a determinados aminoácidos.

2. Unicamp-SP (adaptada) – As mutações e recombinações gênicas são os principais acontecimentos biológicos responsáveis pela variabilidade genética nas populações da maioria das espécies de seres vivos. As mutações gênicas responsáveis pela variabilidade genética são

- a) alterações do código genético provocado somente por radiação.
- b) alterações consequentes da transformação de um nucleotídeo em outro, gerando sempre um aminoácido diferente.
- c) alterações de bases nitrogenadas que são transmitidas por reprodução aos seus descendentes.**
- d) alterações causadas provocadas por raios UV apenas, originando diversas doenças.

A alternativa A está incorreta porque não é somente a radiação que promove mutações. A alternativa B está incorreta porque não há transformação de um nucleotídeo em outro, mas substituição, deleção ou inserção, alterando a sequência de DNA e, assim, podendo alterar a sequência de aminoácidos das proteínas. A alternativa D está incorreta porque não são somente os raios UV que promovem mutações.

3. Cefet-MG (adaptada) – Analise a imagem a seguir do cariótipo de um indivíduo que apresenta uma anomalia.

Com base nessas informações e em seus conhecimentos, cite a causa dessa anomalia.

ZUZANA EGERTOVA / ALAMY STOCK PHOTO



O cariótipo do indivíduo tem 3 cromossomos 21, característica da síndrome de Down. Tal anomalia é causada pela ausência de disjunção cromossômica na meiose.

4. UEPA – As mutações são alterações na expressão individual dos genes e alterações que envolvem o número ou a estrutura dos cromossomos. Existem no ambiente alguns fatores que provocam mutações, dentre eles estão as radiações e algumas substâncias químicas. Por outro lado, ocorrem mutações cromossômicas que podem ser causadas por defeitos na estrutura do cromossomo ou por variação no número destes. Dentre estas últimas, destacam-se as síndromes de Down, Klinefelter e Turner.

Sobre as síndromes mencionadas no texto, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. A trissomia do cromossomo 21 ocorre em indivíduos que possuem um cromossomo autossômico a mais.
- II. É caracterizada pela ausência de um cromossomo alossômico, possuindo apenas um cromossomo X.
- III. Ocorre tanto nos homens como nas mulheres, cujos cariótipos são representados respectivamente por 47, XY e 47, XX.
- IV. Ocorre no par sexual e atinge os indivíduos do sexo masculino portadores de dois cromossomos X e um Y.
- V. Ocorre no par sexual e afeta indivíduos do sexo feminino, cujo cariótipo é representado por 45, X0.

A alternativa que indica as características correspondentes às síndromes mencionadas no texto é:

- a) Down** corresponde à I e III; Turner corresponde à II e V; Klinefelter corresponde à IV.
- b) Down** corresponde à I e V; Turner corresponde à III e IV; Klinefelter corresponde à II e III.
- c) Down** corresponde à III e IV; Turner corresponde à II e III; Klinefelter corresponde à V.
- d) Down** corresponde à II e III; Turner corresponde à I e V; Klinefelter corresponde à III e IV.
- e) Down** corresponde à IV e V; Turner corresponde à III; Klinefelter corresponde à I e II.

Síndrome de Down ocorre por trissomia, apresentando cariótipo 47, XX ou 47, XY. Síndrome de Turner é uma monossomia, tendo apenas um cromossomo X, com cariótipo 45, X0. Síndrome de Klinefelter é uma trissomia dos cromossomos sexuais, apresentando um X a mais, e seu cariótipo é 47, XXY.

5. FGV-SP

C4-H13

A substituição de apenas um nucleotídeo no DNA pode representar uma grave consequência ao seu portador, em função de uma modificação de um componente molecular na proteína sintetizada a partir do trecho alterado. É o caso da anemia falciforme, na qual a síntese da hemoglobina humana normal, Hb A, é parcial ou totalmente substituída pela hemoglobina falciforme

mutante, Hb S, em decorrência da presença de um nucleotídeo com adenina no lugar de outro com timina. Tal mutação é responsável pela

- leitura incompleta do RNAm transcrito, codificador da hemoglobina.
- alteração na sequência de aminoácidos da hemoglobina sintetizada.
- modificação na sequência de nucleotídeos da hemoglobina das hemácias.
- tradução de uma hemoglobina mutante com um aminoácido a mais.
- transcrição de uma hemoglobina mutante com um aminoácido a menos.

A anemia falciforme ocorre em virtude de uma mutação na posição 6 do gene beta-globina, promovendo alteração do aminoácido ácido glutâmico para valina.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

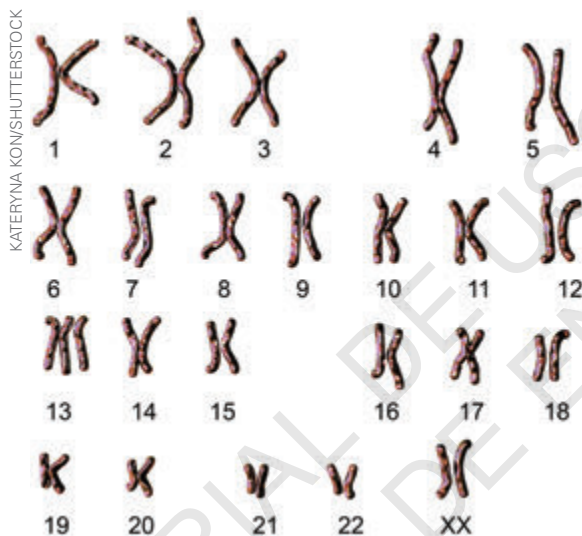
- 6. PUC-PR (adaptada)** – Algumas mutações genéticas, como a síndrome de Down, ocorrem quando um segmento de um cromossomo se prende a outros cromossomos, que não o seu homólogo. Assim, não necessariamente a síndrome de Down é causada por uma trissomia livre do cromossomo 21, mas também pode ser causada por um outro processo específico. Cite que processo é esse e como ele acontece.

A síndrome de Down pode ocorrer por translocação, de forma que parte

do cromossomo 21 se liga geralmente ao cromossomo 14.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 7. UPF-RS (adaptada)** – Considere o cariótipo humano apresentado na figura abaixo. Assinale a única alternativa que contém informações corretas sobre ele.



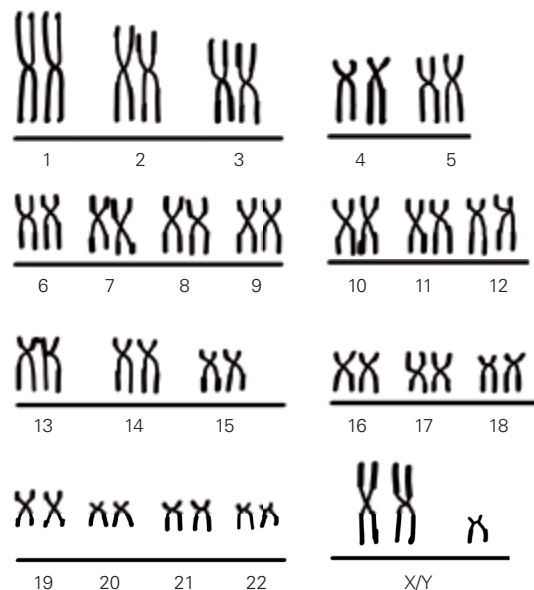
- Refere-se a um indivíduo triploide, do sexo feminino.
 - Pertence a um portador de uma trissomia, a qual ocorre apenas em indivíduos do sexo feminino.
 - Apresenta um caso de alteração cromossômica numérica classificada como euploidia.
 - Pertence a um portador de trissomia autossômica, causada por erro na segregação cromossômica durante a meiose.
 - Refere-se a um indivíduo haploide, devido à ausência do cromossomo Y.
- 8. PUC-RJ** – Diversas doenças estão relacionadas a mutações no material genético. Porém, mutações pontuais, com a alteração de apenas uma base nitrogenada, muitas vezes não resultam em substituição efetiva do aminoácido correspondente ao códon mutado na proteína produzida. Isto se dá devido ao fato de
- o código genético ser universal.
 - o código genético ser repetitivo ou degenerado.

- o erro ser corrigido pela célula durante a tradução.
- o código genético não poder sofrer alterações.
- os genes mutados não serem transcritos ou traduzidos.

- 9. Fuvest-SP** – Certa planta apresenta variabilidade no formato e na espessura das folhas: há indivíduos que possuem folhas largas e carnosas, e outros, folhas largas e finas; existem também indivíduos que têm folhas estreitas e carnosas, e outros com folhas estreitas e finas. Essas características são determinadas geneticamente. As variantes dos genes responsáveis pela variabilidade dessas características da folha originaram-se por

- seleção natural.
- mutação.
- recombinação gênica.
- adaptação.
- isolamento geográfico.

- 10. Unichristus-CE** – O ideograma a seguir refere-se a uma síndrome cuja alteração apresenta

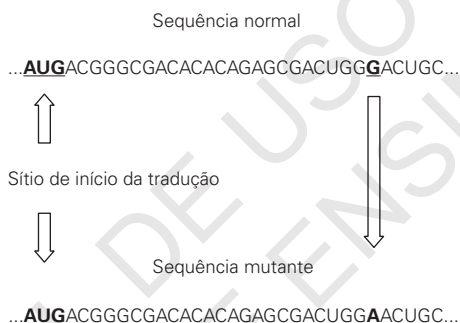


- a) um cromossomo autossômico a mais quando comparado ao cariótipo masculino considerado normal.
- b) dois cromossomos alossômicos a mais quando comparado ao cariótipo feminino considerado normal.
- c) um cromossomo alossômico a mais quando comparado ao cariótipo masculino considerado normal.
- d) um cromossomo autossômico a menos quando comparado ao cariótipo feminino considerado normal.
- e) dois cromossomos alossômicos a menos quando comparado ao cariótipo masculino considerado normal.

11. UFC-CE (adaptada) – Um cientista realizou um experimento para compreender o aparecimento de uma alteração no tamanho reduzido de uma das asas de um lote de insetos polinizadores. O pesquisador constatou que um dos cromossomos não homólogos dos animais com a asa modificada apresentava pedaços de um outro cromossomo ligado a ele, o que sugere ser o motivo da alteração do tamanho da asa. Esse tipo de aberração estrutural é denominado

- a) inversão.
- b) deleção.
- c) duplicação.
- d) recombinação.
- e) translocação.

12. UECE – Uma mutação severa foi identificada numa família humana. As sequências de bases nitrogenadas sem a mutação (normal) e com a mutação (sublinhada e marcada com uma seta) estão representadas no quadro abaixo. Em ambas as sequências, estão em destaque o sítio de início da tradução e a base alterada.



Tomando por base o quadro acima, que apresenta uma sequência sem mutação (normal) e uma sequência mutante de uma doença humana severa, assinale a opção que corresponde ao ácido nucleico representado e ao número de aminoácidos codificados pela sequência de bases entre o sítio de início da tradução e a mutação.

- a) DNA, 8
- b) DNA, 24
- c) RNA, 8
- d) RNA, 24

13. USC-SP

Os avanços das tecnologias biomédicas apresentam grandes benefícios à população, porém geram algumas situações preocupantes. Pesquisas comprovaram que crianças de até 15 anos, submetidas a doses de radiação provenientes de duas a três tomografias na região da cabeça, podem triplicar os riscos de câncer no cérebro.

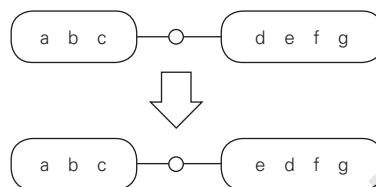
Disponível em: *Ciência Hoje*, n. 294, julho de 2012, p. 13. (Adaptado)

De acordo com o texto, pode-se afirmar que

- a) todas as células expostas a qualquer tipo de radiação, independentemente do tempo de exposição, sofrem mutação.
- b) as células cerebrais, por não apresentarem mitoses após o nascimento, ficam muito mais susceptíveis às radiações.

- c) a probabilidade do câncer em células expostas à radiação aumenta devido à quantidade e ao tempo de exposição.
- d) todo exame que utilize qualquer fonte radioativa deveria ser evitado em qualquer circunstância.
- e) nenhuma das células existentes no cérebro é mielinizada, por isso elas ficam mais expostas ao efeito da radiação.

14. UFAL (adaptada) – O esquema a seguir representa um cromossomo comum que sofreu um tipo de mutação estrutural.



Cite o tipo de mutação ocorrida.

15. UFRGS-RS – A sequência abaixo corresponde a um trecho de DNA específico que sofreu uma mutação gênica por substituição de um nucleotídeo na 5ª posição.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNA Normal	³ T	A	C	G	T	G	G	A	C	T	G	A	G	G	A ⁵
					↑										
DNA Mutante	³ T	A	C	G	A	G	G	A	C	T	G	A	G	G	A ⁵
					↑										

RNA_m: AUG = metionina; CAC = histidina; CUC = leucina; CUG = leucina; ACU = treonina; CCU = prolina.

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

- a) Gera uma cadeia polipeptídica com um aminoácido a menos.
- b) Aumenta o número de códons do RNA_m.
- c) É silenciosa, aumentando a variabilidade genética da espécie.
- d) Altera o módulo de leitura do RNA_m e o tamanho da proteína.
- e) Causa a substituição de um aminoácido na proteína.

16. Udesc – Leia o texto a seguir:

Após anos e anos anunciando a descoberta de inúmeros genes disto ou daquilo, desde o do câncer de mama até o da esquizofrenia e o da homossexualidade, não é de estranhar que a imprensa tenha feito tanto barulho. Não é apenas a maioria dos jornalistas, mas provavelmente a maior parte do público, que tem sua compreensão de genética moldada pelo paradigma das síndromes genéticas, como a distrofia muscular de Duchenne. Segundo esta visão simplista predominante, alterações discretas e localizadas na sequência de DNA, por vezes de uma única "letra" na sequência correspondente aos aminoácidos de uma única proteína, necessariamente acarretam efeitos devastadores sobre a saúde ou o desenvolvimento da pessoa afetada, assim como de parte de sua descendência.

Analise as proposições segundo o texto:

- I. As alterações na sequência de DNA, conforme citado no texto: *por vezes de uma única "letra"*, são as chamadas mutações.
- II. Na realidade, o autor comete um erro em seu texto, pois alterações de uma *única "letra"* não podem provocar alterações nas proteínas.

- III. Alterações nas sequências de DNA são ocasionadas por fatores físicos ou químicos.
- IV. As chamadas *síndromes genéticas*, citadas pelo autor, ocorrem exclusivamente pelo aumento ou diminuição no número de cromossomos nos indivíduos.
- V. Contrariando o argumento do autor, os genes são determinísticos, ou seja, se um indivíduo possuir um gene ele irá se manifestar na pessoa.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente I é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas III e V são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.

17. **Acafe-SC (adaptada)** – As aberrações cromossômicas são alterações estruturais (perda de pedaços ou inversões) ou alterações numéricas (falta ou excesso) de cromossomos nas células. Essas alterações podem levar ao desenvolvimento de algumas síndromes, ou mesmo à inviabilização do desenvolvimento embrionário. Uma síndrome conhecida é aquela na qual indivíduos nascem com uma monossomia de cromossomo X, ou seja, com cariótipo 45, X0. Qual é o nome dessa síndrome?

ESTUDO PARA O ENEM

18. FGV-SP

C4-H13

Alguns naturalistas defendem que todas as variações estão ligadas à reprodução sexuada, o que é certamente um erro. Citei, em outra obra, uma extensa lista de plantas que os jardineiros chamam “plantas anômalas”, isto é, plantas nas quais se vê surgir, de repente, um broto apresentando qualquer caráter novo e, por vezes, diferente por completo de outros brotos da mesma planta.

<http://ecologia.ib.usp.br/>. Adaptado.

Darwin desconhecia as leis sobre hereditariedade, porém estava correto em afirmar que nem todas as variações estão ligadas ao ato da reprodução sexuada. O surgimento repentino de características, com origem não sexuada, completamente distintas em alguns brotos da mesma planta é explicado atualmente

- a) pelas interações gênicas, tais como a epistasia e a pleiotropia.
- b) pela segregação independente de cromossomos na meiose.
- c) pelo processo de permutação na prófase 1 da meiose.
- d) pela manifestação de alelos recessivos em homozigose.
- e) pelas mutações genéticas, aleatórias e espontâneas.

19. Sistema Dom Bosco

C5-H17

Pesquisadores foram capazes de neutralizar o cromossomo extra responsável por causar a síndrome de Down em células humanas isoladas. O resultado do experimento, apesar de estar longe de ser aplicado em humanos, representa um avanço na construção de um possível tratamento. O estudo, publicado na revista Nature, foi feito por cientistas da Universidade de Massachusetts, nos EUA. De acordo com o relatório, neutralizando o defeito genético em questão, padrões anormais do crescimento celular, característicos do Down, foram normalizados (...). Os cientistas usaram, então, um procedimento chamado de ‘edição de genoma’ que, como em um texto de computador, permite que o DNA

seja ‘copiado e colado’. Com a técnica, eles fizeram, com que, um gene chamado XIST ficasse sobre o cromossomo extra em células isoladas de pessoas com Down. Quando colocado neste lugar, o gene ativou o RNA e fez com que ele cobrisse o cromossomo extra, culminando em seu “desligamento”, que, por sua vez, interrompeu o desenvolvimento anômalo da célula.

Fonte: *Revista Galileu*. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com>>. Acesso em: dez. 2018.

Sobre essa síndrome, é correto afirmar:

- a) Pessoas com síndrome de Down possuem cariótipo 45, XX ou 45, XY.
- b) A síndrome de Down é um tipo de monossomia.
- c) Esse procedimento pode ser a cura para monossomias.
- d) Esse procedimento pode ser a cura para a síndrome de Turner.
- e) Esse procedimento pode ser a cura para as síndromes de Edwards, Patau e triplo X.

20. Enem

C5-H17

A cariotipagem é um método que analisa células de um indivíduo para determinar seu padrão cromossômico. Essa técnica consiste na montagem fotográfica, em sequência, dos pares de cromossomos e permite identificar um indivíduo normal (46, XX ou 46, XY) ou com alguma alteração cromossômica. A investigação do cariótipo de uma criança do sexo masculino com alterações morfológicas e comprometimento cognitivo verificou que ela apresentava fórmula 47, XY + 18.

A alteração cromossômica da criança pode ser classificada como:

- a) estrutural, do tipo deleção.
- b) numérica, do tipo euploidia.
- c) numérica, do tipo poliploidia.
- d) estrutural, do tipo duplicação.
- e) numérica, do tipo aneuploidia.

16

PRIMEIRA LEI DE MENDEL, NOÇÕES DE PROBABILIDADE, HEREDOGRAMAS E GEMELARIDADE

- Mendel e a ideia do gene
- Relação entre a meiose e a primeira lei de Mendel
- Cruzamento-teste e retrocruzamento
- Noções básicas de probabilidade
- Heredogramas
- Gemelaridade

HABILIDADES

- Aprender os passos do método científico.
- Compreender a primeira lei de Mendel para a Genética nos tempos atuais.
- Entender as diferenças entre cruzamento-teste e retrocruzamento.
- Resolver questões mendelianas por meio de conceitos estatísticos
- Montar e interpretar heredogramas.
- Relacionar heredogramas a doenças autossômicas e recessivas.
- Compreender a importância dos heredogramas nos aconselhamentos genéticos.
- Diferenciar o processo de formação de gêmeos mono-zigóticos e dizigóticos..

MENDEL E A IDEIA DO GENE

O monge e cientista Gregor Johann Mendel (1822-1884), desenvolveu as bases da Genética moderna, possibilitando à sociedade compreender como a hereditariedade influencia a transmissão de características.

Com o objetivo de compreender como os caracteres – por exemplo, as cores e o formato das flores e das sementes – eram transmitidos a cada geração de plantas, ele iniciou seus experimentos, por volta de 1857, com ervilhas, em decorrência de seu fácil cultivo, gerações curtas e caracteres com grande diversidade e de fácil reconhecimento. O cruzamento pode ser controlado e feito artificialmente polinizando-se manualmente as flores.

Mendel descobriu os princípios básicos da hereditariedade, desenvolvendo sua teoria antes mesmo de os cromossomos serem observados ao microscópio e terem seu comportamento compreendido. A hipótese da herança particulada proposta por ele levou à ideia de estruturas ligadas aos gametas que portavam as características parentais, os fatores mendelianos, atualmente denominados de genes.

O EXPERIMENTO DE MENDEL: LEI DA SEGREGAÇÃO INDEPENDENTE

Mendel não foi o único a realizar experimentos para descobrir como as características são transmitidas ao longo das gerações, mas foi ele quem obteve sucesso em razão de sua metodologia científica e do objeto de estudo escolhido para os experimentos: as ervilhas. Essa planta tem flores com estruturas masculinas e femininas, o que possibilita a autopolinização. Isso permitiu que Mendel, ao retirar a parte masculina da flor, controlasse o mecanismo de fertilização.

Na primeira etapa de seu experimento, Mendel avaliou a herança das características fáceis de serem diferenciadas: flores púrpuras ou brancas, sementes amarelas ou verdes, flores axiais ou terminais, sementes lisas ou rugosas, entre outras características. Esses aspectos fizeram parte dos seus estudos como resultado dos cruzamentos. Para isso, utilizou variedades puras, que, após muitas gerações de autopolinização, produziram a mesma variedade das plantas parentais.

Assim, ele iniciou os experimentos com o cruzamento entre vegetais com sementes amarelas e verdes, chamando essa geração de **parental (P)**. Esse cruzamento é chamado de **hibridização**.

Por meio da fecundação cruzada da geração parental, obteve a primeira geração de descendentes, denominada **geração F1**, em que todas as sementes eram amarelas, sem ocorrência da coloração verde. Portanto, ele denominou a cor amarela como uma característica **dominante**.

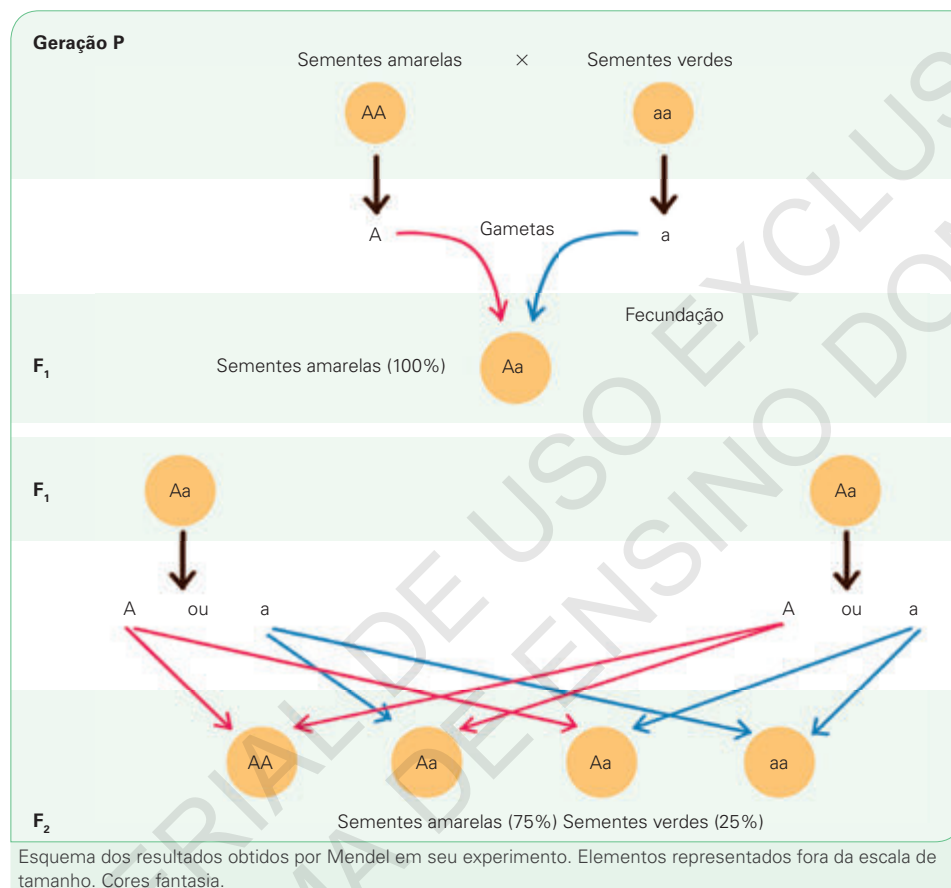
O próximo passo foi realizar o autocruzamento (autopolinização) entre indivíduos da geração F1 (amarela × amarela), originando a **geração F2**. Ele observou que, em F2, a quantidade de sementes amarelas era maior que a de verdes – aproximadamente, três amarelas para cada verde (3:1). Como as plantas com sementes verdes apareceram em menor número, denominou essa característica como **recessiva**.

Com base nos resultados desse experimento, Mendel conseguiu corroborar sua hipótese de que havia fatores responsáveis pelas características que eram passadas

às próximas gerações. O fator responsável pela característica dominante foi passado para a próxima geração, inibindo a característica recessiva, como visto nas plantas F1, mesmo não sendo expressas. O fator responsável pela característica recessiva foi passado para a geração seguinte, que, ao se unir com outro fator recessivo, expressou o que foi visto na geração F2.

Mendel sugeriu que, para cada característica referente à cor da semente, havia dois fatores – **A** e **a** –, em que plantas amarelas seriam **AA** e plantas verdes, **aa**.

Na geração parental, foram cruzadas plantas puras de sementes amarelas (**AA**) com plantas puras de sementes verdes (**aa**). Como um fator segrega independentemente em um gameta e encontra outro fator na produção de um novo indivíduo, a geração F1 terá fatores **Aa**, apresentando a cor amarela, por ser uma característica dominante. Com o autocruzamento da geração F1, a geração F2 apresenta o genótipo **AA**, **Aa**, **aA** e **aa**, que resulta no fenótipo amarelo (**A_**) ou verde (**aa**).















Observando a coloração das sementes, a proporção fenotípica na geração F1 é de 100% de sementes amarelas, e a proporção genotípica é de 100% de **Aa**, isto é, 100% de **heterozigotos**. Na geração F2, a proporção fenotípica é de $\frac{3}{4}$ de sementes amarelas e $\frac{1}{4}$ de sementes verdes, enquanto a proporção genotípica é de $\frac{1}{4}$ **AA** (**homozigotos dominantes**), $\frac{1}{2}$ de **Aa** (**heterozigotos**) e $\frac{1}{4}$ de **aa** (**homozigotos recessivos**). Por se tratar de apenas uma característica, dizemos que se trata de um caso de **monoibridismo**.

Assim, foi formulada a **primeira lei de Mendel**: todas as características são condicionadas por pares de fatores que se separam na formação dos gametas, indo um fator do par para cada gameta, que é, portanto, puro.

Sabendo a composição genética dos indivíduos, pode-se prever a composição dos alelos de sua descendência por meio do quadro de Punnett, esquema desenhado manualmente. No quadrado, as letras maiúsculas representam os alelos dominantes e as minúsculas, os alelos recessivos. Cruzando os gametas (**Aa** × **Aa**), obtêm-se, na F2, três plantas amarelas (**AA** e **Aa**) e uma planta verde (**aa**).

		Gametas		
		A	a	
Gametas	A	AA	Aa	Descendentes
	a	Aa	aa	

Para verificar a constância dessa proporção na F₂, Mendel estudou outros seis caracteres hereditários, cada um representado por duas características diferentes, obtendo sempre a mesma proporção: 3:1.

Caracter estudado	Dominante	Recessivo
Forma da semente	Lisa 	Rugosa 
Cor do tegumento da semente	Colorida 	Branca 
Forma da vagem	Lisa 	Com constrictões 
Cor da vagem	Verde 	Amarela 
Posição da flor	Axial 	Terminal 
Altura do caule	Alto 	Baixo 

RELAÇÃO ENTRE A MEIOSE E A PRIMEIRA LEI DE MENDEL

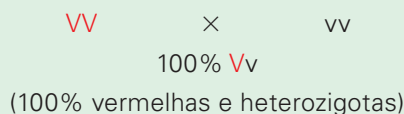
Em 1910, o zoólogo e geneticista Thomas Morgan (1856-1945) e colaboradores formularam a teoria cromossômica de herança, segundo a qual os genes são encontrados em locais específicos nos cromossomos e a meiose pode explicar as leis de Mendel. Assim, eles identificaram que os gametas têm metade dos cromossomos e que estes se unem durante a fecundação, originando um zigoto. Para compreender melhor essa teoria, imagine uma célula com um par de cromossomos homólogos, com determinado par de alelos. Ao final da meiose, são originadas quatro células haploides (gametas), cada um com um alelo que foi separado ao longo da divisão celular.

CRUZAMENTO-TESTE E RETROCRUZAMENTO

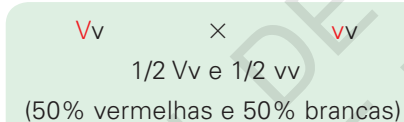
O **cruzamento-teste** é utilizado na determinação do genótipo de indivíduos que apresentam fenótipo dominante, uma vez que eles podem ser homocigotos ou heterocigotos. Para descobrir o genótipo, os pesquisadores cruzam esse indivíduo com outro que apresente característica recessiva. Assim, se o indivíduo em análise for homocigoto dominante, toda a sua prole terá a característica dominante, sendo heterocigota. Por exemplo, suponha que a característica em questão sejam as pétalas vermelhas de uma flor (dominante representada pelo genótipo $V_$) e as pétalas brancas (recessiva representada pelo genótipo vv). No cruzamento, temos:



Caso a planta com pétalas vermelhas seja **homocigota dominante**, toda a prole obrigatoriamente terá pétalas vermelhas.



Caso a planta com pétalas vermelhas seja **heterocigota**, 50% de sua prole terá pétalas vermelhas e 50% terão pétalas brancas.



O **retrocruzamento** refere-se ao acasalamento de indivíduos da geração F_1 com um dos seus parentais ou com indivíduos com o mesmo fenótipo que seus parentais.

NOÇÕES BÁSICAS DE PROBABILIDADE

Os resultados dos experimentos, em geral, são corroborados por dados estatísticos, utilizando principalmente a probabilidade de determinados eventos acontecerem.

CÁLCULO DE PROBABILIDADES

A probabilidade é uma ferramenta matemática utilizada para estimar resultados de eventos que ocorrem aleatoriamente. A previsão dos resultados é baseada no número de repetições dos eventos dentro de um total de eventos possíveis.

Para o cálculo de probabilidade, pode-se utilizar a seguinte fórmula:

$$P(A) = A/S$$

A: número de eventos desejados.

S: número de eventos possíveis.

REGRA DO "E" E "OU"

É possível calcular a probabilidade de um **ou** de outro evento acontecer, dadas certas possibilidades, ou ainda de um **e** de outro evento ocorrerem simultaneamente.

Regra do "ou"

A regra do "ou" é usada para calcular a probabilidade de ocorrerem eventos exclusivos. Assim, calcula-se a probabilidade de eventos exclusivos acontecerem ao **somar** a probabilidade de cada evento ocorrer isoladamente.

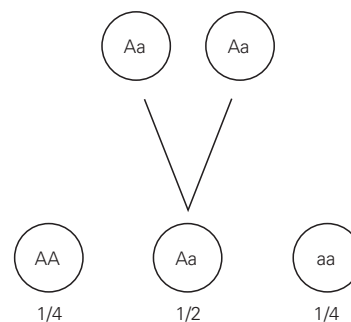
Toda vez que se quiser calcular um **ou** outro evento, **somam-se** as probabilidades de cada um dos eventos acontecerem independentemente.

Regra do "e"

A regra do "e" é utilizada para calcular a probabilidade de ocorrerem eventos simultâneos. Assim, calcula-se a probabilidade de eventos simultâneos acontecerem ao se **multiplicar** a probabilidade de cada evento ocorrer isoladamente.

Sabendo-se que o albinismo é uma doença autossômica recessiva, qual é a probabilidade de um casal, ambos heterocigotos, gerar uma criança albina de genótipo aa e do sexo masculino?

Primeiro, fazemos o cruzamento:



Para a criança ser albina, ela precisa ser do genótipo aa . Portanto:

$$P(\text{albino}) = 1/4.$$

A probabilidade de a criança ser do sexo masculino é:

$$P(\text{sexo masculino}) = 1/2.$$

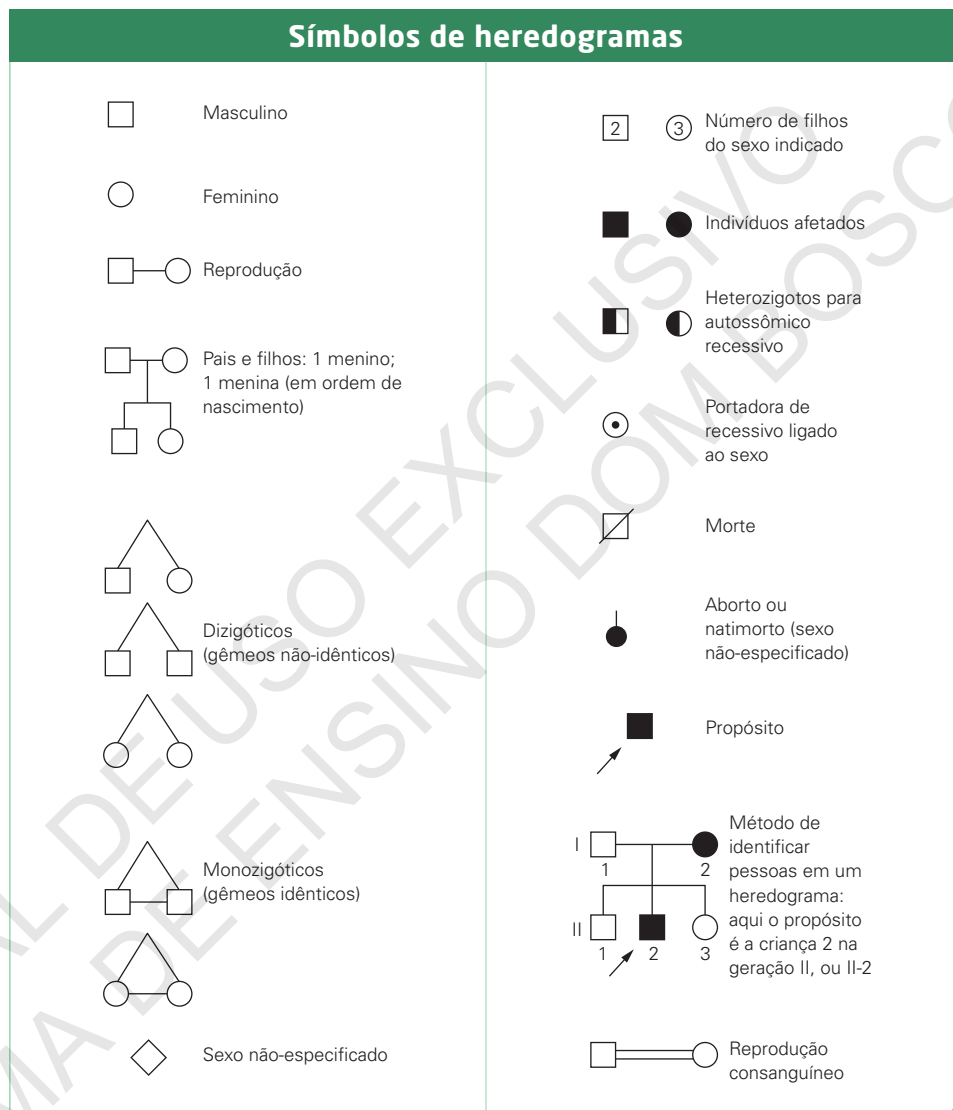
Portanto, para que a criança seja albina **e** do sexo masculino (ou seja, simultaneamente), a probabilidade é:

$$P = 1/4 \times 1/2 = 1/8.$$

HEREDOGRAMAS

O **heredograma**, também conhecido como **árvore genealógica** ou **genealogia**, é um diagrama que descreve a história familiar, em termos de ascendência e descendência, e avalia a incidência de determinada característica ou doença.

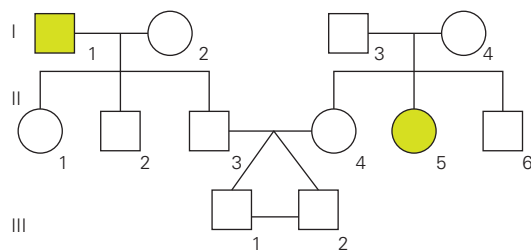
Para animais domésticos, como cavalos, gados, cães e gatos, os heredogramas também podem ser utilizados para avaliar o *pedigree*, isto é, quão pura é determinada linhagem.



O heredograma deve seguir algumas regras em sua montagem. Primeiro, forma-se um casal, o homem preferencialmente fica à esquerda e a mulher, à direita. Os filhos devem ser colocados em ordem de nascimento, da esquerda para a direita. Cada geração é indicada por algarismos romanos (I, II, III...), e os indivíduos são indicados por números arábicos, da esquerda para a direita em ordem crescente.

Existe também a possibilidade de adicionar algarismos arábicos em todos os indivíduos, desde o primeiro da primeira geração até o último da última geração, sempre da esquerda para a direita em ordem crescente.

O heredograma a seguir utilizado como modelo apresenta três gerações. Na primeira geração, o indivíduo I-1 é um homem afetado por uma doença, assim como o indivíduo II-5, que, no caso, é uma mulher afetada. A terceira geração refere-se a gêmeos monozigóticos do sexo masculino filhos dos indivíduos II-3 e II-4.

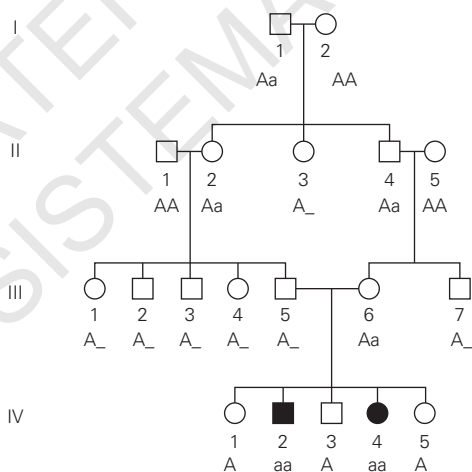


Exemplo de heredograma, apresentando numeração romana para as gerações e numeração arábica para os indivíduos em cada geração.

A análise do heredograma permite determinar o **padrão de herança** de determinada característica ou doença, indicando se ela é, por exemplo, dominante ou recessiva. Além disso, é possível **identificar os genótipos** de parte dos indivíduos envolvidos para, assim, fazer inferências e calcular probabilidades de as próximas gerações herdarem determinado alelo responsável por uma característica específica. Quando um membro da família manifesta um fenótipo dominante, mas não há certeza a respeito de seu genótipo, então seus alelos serão indicados como, por exemplo, A_{-} .

HEREDOGRAMA DE HERANÇAS AUTOSÔMICAS RECESSIVAS

Em heredogramas de características autossômicas recessivas, é possível identificar o padrão de herança por conta de alguns aspectos: em geral, a característica recessiva aparece em ambos os sexos com igual frequência e tende a pular gerações; a prole afetada costuma nascer de genitores não afetados; quando os genitores são heterozigotos, aproximadamente 1/4 da prole será afetada; e, por fim, a característica aparece em maior frequência quando há casamentos consanguíneos, isto é, casamento entre parentes.

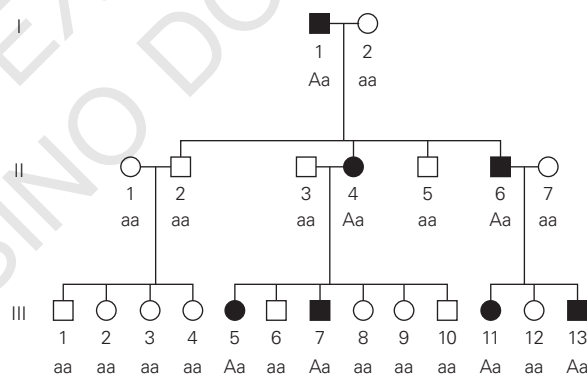


Heredograma referente à herança autossômica recessiva.

No heredograma anterior, é possível perceber que se trata de uma característica autossômica recessiva por haver poucos afetados e de filhos afetados de genitores normais, embora primos. Como sabemos que os indivíduos IV-2 e IV-4 são afetados, automaticamente os genótipos deles serão aa . Por ser uma herança autossômica recessiva, é possível inferir que os pais (indivíduos III-5 e III-6) sejam heterozigotos e que todos os indivíduos afetados terão o genótipo homocigoto recessivo (aa).

HEREDOGRAMA DE HERANÇAS AUTOSÔMICAS DOMINANTES

Em heredogramas de características autossômicas dominantes, é possível identificar o padrão de herança pelos seguintes aspectos: o fenótipo aparece em ambos os sexos com frequências iguais, e ambos o transmitem para a prole. Além disso, há pelo menos um indivíduo afetado em cada geração, e a prole afetada deve, obrigatoriamente, receber o alelo (A) de um dos genitores afetados. Por fim, quando um genitor é afetado (heterozigoto – Aa) e o outro não (homocigoto – aa), 1/2 da prole é afetada.



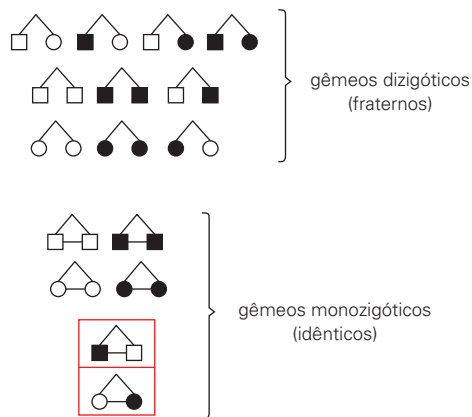
Heredograma representando um tipo de herança autossômica dominante. É possível concluir isso pelo fato de haver ao menos um indivíduo afetado em cada geração.

GEMELARIDADE

Gêmeos são irmãos que nascem de uma mesma gestação, podendo ser idênticos (monozigóticos) ou não (dizigóticos). Na espécie humana, os nascimentos duplos são considerados raros, e, mais raros ainda, os nascimentos triplos e quádruplos. A incidência de gestações gemelares é 1 para cada 80 gestações, e 1 para cada 7 400 gestações, no caso de trigêmeos.

Gestações múltiplas naturais ocorrem em razão da poliembrião ou ovulação múltipla, principalmente em animais como porcas e cadelas, sendo comum a fecundação por machos diferentes. Em tatus, é comum a ocorrência de poliembrião, em que um ovócito é fecundado e origina embriões idênticos geneticamente.

Na espécie humana, a poliembrião leva à formação de gêmeos monozigóticos, enquanto a ovulação múltipla produz gêmeos dizigóticos.



Os gêmeos idênticos destacados nos retângulos vermelhos são de especial interesse para a Genética, pois se trata de uma situação inusitada: os gêmeos monozigóticos discordantes. Nesse caso, apesar de compartilharem o mesmo material genético, o par discorda em uma ou mais características, sendo geralmente associados à ocorrência de mutações em um dos membros do par.

GÊMEOS MONOZIGÓTICOS

Os gêmeos monozigóticos, também denominados univitelinos ou idênticos, são originados por divisão

espontânea de um embrião formado da fecundação de um único ovócito com um espermatozoide. Portanto, eles são geneticamente iguais e compartilham a mesma placenta, podendo ser considerados clones naturais e ter, inclusive, compatibilidade em doação de sangue ou até órgãos, embora apresentem impressões digitais diferentes. Entretanto, estão sujeitos a fatores ambientais diferentes, no caso de serem criados em locais diferentes, por exemplo.

Em algumas situações, pode ocorrer de gêmeos monozigóticos nascerem ligados anatomicamente por alguma parte do corpo, sendo denominados **gêmeos siameses** ou **xifópagos**.

GÊMEOS DIZIGÓTICOS

Também chamados bivitelinos ou fraternos, são originados pela liberação de mais de um ovócito durante o ciclo menstrual, de maneira que cada um deles é fecundado por um espermatozoide diferente, gerando dois embriões independentes, cada um com uma placenta. Por conta disso, eles são geneticamente diferentes, podem ser de sexos diferentes e, inclusive, apresentam características diferentes.

MATERIAL DE USO EDUCACIONAL
SISTEMA DE ENSINO DAVINCI

ROTEIRO DE AULA

PRIMEIRA LEI DE MENDEL

Primeira lei de Mendel

Fatores responsáveis pelas características seriam passados para as próximas gerações.

Experimento

Cruzamento de linhagens de ervilhas

Geração parental

Sementes amarelas AA

X

Sementes verdes aa

Geração F₁

100% amarelas Aa

Autocruzamento (F₁)

Amarelas Aa

X

Amarelas Aa

Geração F₂

AA

Aa

Aa

aa

Fenótipo

Amarelo

Amarelo

Amarelo

Verde

Proporção fenotípica:

3:1

ROTEIRO DE AULA

HEREDOGRAMAS E GEMELARIDADE

Heredogramas

Herança autossômica recessiva

Pais normais e filhos apresentando a herança

É frequente em casamento consanguíneos

Herança autossômica dominante

Pais têm o fenótipo, e o filho apresentará a característica. Neste caso, não pula uma geração

Gemelaridade

Monozigóticos

Geneticamente iguais

Ovulação múltipla

Poliembrionia

Impressões digitais diferentes

Dizigóticos

Geneticamente diferentes

Não compartilham a mesma placenta

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Facto-TO – Em uma determinada raça de gado bovino, a presença ou ausência de chifres depende da combinação de um par de alelos, H e h. Após o cruzamento de um macho com uma fêmea bovina, ambos sem chifres, nasceu um bezerro com chifres. Analise as alternativas abaixo e marque aquela que corresponde ao genótipo dos progenitores do bezerro com chifres.

- a) HH e HH
 b) Hh e hh
 c) hh e hh
 d) Hh e Hh
 e) HH e hh

Se os pais não têm chifres e o filhote nasceu com chifres, isso indica que essa característica é recessiva. Portanto, para nascer um indivíduo com característica recessiva, ele necessita ser hh, e os pais, obrigatoriamente, precisam ser heterozigotos (Hh).

2. UECE – A cada nascimento de um ser humano a probabilidade de ser do sexo feminino ou do sexo masculino é representada corretamente pela seguinte porcentagem:

- a) 100%
 b) 75%
 c) 25%
 d) 50%

Utiliza-se a regra do "ou", ou seja, somam-se as probabilidades. Logo, $1/2 + 1/2 = 0,5 + 0,5 = 1$ ou 100%.

3. Fuvest-SP (adaptada) – Para que a célula possa transportar, para seu interior, o colesterol da circulação sanguínea, é necessária a presença de uma determinada proteína em sua membrana. Existem mutações no gene responsável pela síntese dessa proteína que impedem a sua produção. Quando um homem ou uma mulher possui uma dessas mutações, mesmo tendo também um alelo normal, apresenta hipercolesterolemia, ou seja, aumento do nível de colesterol no sangue. Com base nessas informações, cite o tipo de herança da hipercolesterolemia. Justifique sua resposta.

A hipercolesterolemia é uma doença autossômica dominante, pois a presença de apenas um alelo dominante é o suficiente para surgirem os sintomas, afetando homens e mulheres.

4. UCS-RS – Os gêmeos univitelinos são formados

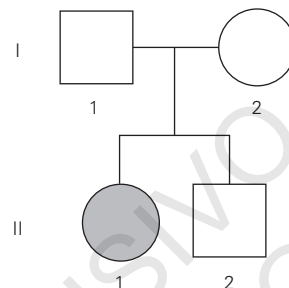
- a) após a fertilização, com a entrada de dois espermatozoides no ovócito I.
 b) devido à divisão de um único zigoto e não do óvulo.
 c) durante a fertilização, com a entrada do espermatozoide no ovócito secundário.
 d) pela disjunção do ovócito I na gametogênese feminina.
 e) devido à presença de um espermatozoide contendo a informação hereditária de formar duas placentas.

Os gêmeos univitelinos, também chamados de monozigóticos, são formados pela divisão do zigoto, ou seja, após a fecundação.

5. Fuvest-SP

C5-H17

No heredograma a seguir, a menina II-1 tem uma doença determinada pela homozigose quanto a um alelo mutante de gene localizado num autossomo. A probabilidade de que seu irmão II-2, clinicamente normal, possua esse alelo é:



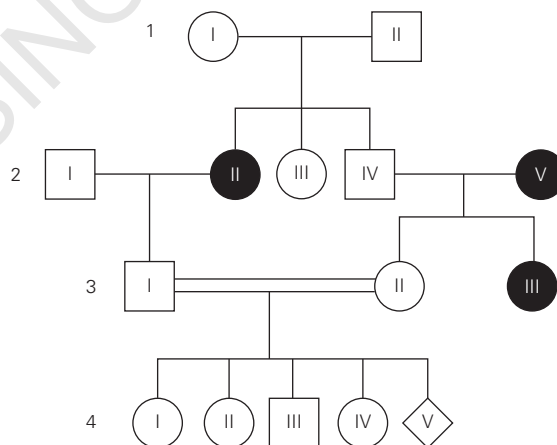
- a) 0
 b) 1/4
 c) 1/3
 d) 1/2
 e) 2/3

Se a menina II-1 é afetada, isso quer dizer que seus pais são heterozigotos. Portanto, seu irmão tem probabilidade igual a 2/3 de ser heterozigoto. Por ser normal, ele pode ser AA, Aa ou Aa, logo, 2 possibilidades em 3.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

6. UFRR



A figura representa o heredograma de uma família de portadores de albinismo tipo I, que na espécie humana é condicionado por um alelo recessivo. As pessoas com o genótipo aa são albinas com pele, cabelo e olhos muito claros, em virtude da ausência do pigmento melanina. De acordo com o heredograma apresentado, qual é a probabilidade de o filho do casal 3-I e 3-II, o indivíduo representado como 4-V, ser albino?

- a) 100%
 b) 50%
 c) 75%
 d) 25%
 e) 0%

O albinismo é uma anomalia autossômica recessiva, cuja probabilidade de ocorrer aumenta quando há casamentos consanguíneos, como mostrado entre os indivíduos 3-I e 3-II. Assim, eles são heterozigotos pelo fato de seus pais serem afetados. O cruzamento entre eles dará o seguinte resultado: $Dd \times Dd = 1/4 DD, 1/2 Dd$ e $1/4 dd$, sendo este último genótipo o de uma pessoa afetada. Portanto, o resultado é $1/4$ ou 25%.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Unitins-TO – Quando duas populações de um camundongo *Mus musculus*, uma homocigota para o alelo dominante (BB) e uma homocigota para um alelo recessivo (bb), foram cruzadas, toda a descendência da geração F1 assemelha-se ao tipo parental dominante (Bb), mas sendo heterocigótica. O intercruzamento da geração F1 resulta na proporção fenotípica mendeliana 3:1 na geração F2, pois os genótipos serão:

- 3/4 BB e 1/4 bb.
- 1/4 Bb, 2/4 BB e 1/4 bb.
- 1/4 BB, 1/4 Bb e 2/4 bb.
- 1/4 BB, 2/4 Bb e 1/4 bb.
- 1/2 BB e 1/2 bb.

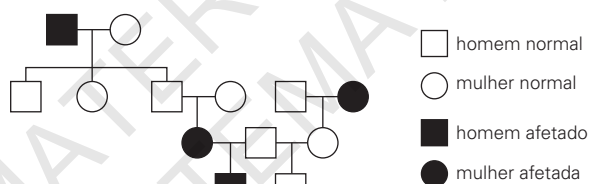
8. PUC-RS – A doença de Gaucher, autossômica recessiva, afeta o metabolismo dos lipídios. O afetado, se não tratado, tem aumento do fígado e do baço, anemia, diminuição de plaquetas e de glóbulos brancos, desgaste ósseo, fadiga, cansaço e atraso de crescimento. É correto afirmar que um paciente com esta doença transmite o gene defeituoso para

- seus filhos homens, apenas.
- suas filhas mulheres, apenas.
- 25% de sua descendência, apenas.
- 50% de sua descendência, apenas.
- 100% de sua descendência.

9. UECE – Em relação à anomalia gênica autossômica recessiva albinismo, qual será a proporção de espermatozoides que conterá o gene A em um homem heterocigoto?

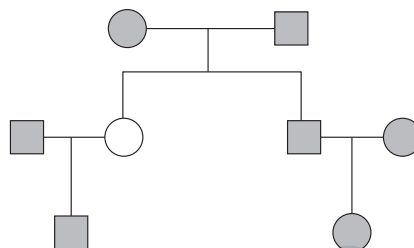
- 25%
- 75%
- 100%
- 50%

10. Cefet-MG (adaptado) – O heredograma mostra a ocorrência da fibrose cística em uma determinada família. Essa doença, de caráter autossômico, caracteriza-se por afecção pulmonar crônica, insuficiência pancreática exócrina e aumento da concentração de cloreto no suor.



Calcule a probabilidade de o indivíduo IV-2 ser portador do gene da fibrose cística.

11. UECE (adaptado) – Observe o heredograma a seguir:



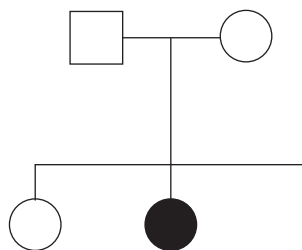
A partir do heredograma acima, pode-se concluir acertadamente que se trata de uma herança:

- recessiva.
- dominante.
- ligada ao sexo.
- mitocondrial.

12. UEA-AM – Dois irmãos gêmeos univitelinos de pele clara moravam em Gramado (RS). Um dos irmãos se mudou para Fortaleza (CE), onde começou a praticar surfe, estando exposto frequentemente ao sol. O irmão que permaneceu em Gramado dificilmente ficava exposto ao sol e somente praticava esportes em ambientes fechados. Passado um ano, os irmãos se reencontraram e a diferença entre o tom de pele de ambos ficou evidente. Com relação à síntese de melanina, essa diferença se deve ao fato de os irmãos apresentarem:

- genótipos diferentes que levam à síntese da mesma quantidade de melanina, independente das condições ambientais.
- genótipos iguais que levam à síntese de diferentes quantidades de melanina, dependendo da interação desses genótipos com o ambiente.
- genótipos iguais que sofrem mutações que levam à síntese da mesma quantidade de melanina, para adaptar a pele ao tipo de ambiente.
- genótipos diferentes que levam à síntese de diferentes quantidades de melanina, dependendo da interação desses genótipos com o ambiente.
- genótipos iguais que levam à síntese da mesma quantidade de melanina, independente das condições do ambiente.

13. Univag-MT – A fibrose cística é uma doença hereditária que causa alterações em certas glândulas, provocando problemas respiratórios e digestivos. Já fenilcetonúria é uma doença que provoca danos no sistema nervoso, caso haja um acúmulo do aminoácido fenilalanina. Ambas são determinadas por alelos autossômicos, localizados em cromossomos distintos. Considere uma família cujo indivíduo destacado apresenta essas duas doenças.



De acordo com o heredograma, é correto afirmar que:

- a) A probabilidade de o casal gerar um filho do sexo masculino com as duas doenças será $1/32$.
- b) A filha normal possui genótipos heterozigotos para ambas as doenças.
- c) A probabilidade de o casal gerar outra filha com as duas doenças é de $1/16$.
- d) O pai é heterozigoto para ambas as doenças, e a mãe é recessiva para ambas.
- e) A probabilidade de o casal gerar uma criança duplo-dominante será de $1/8$.

- 14. OBB (adaptada)** – A anemia falciforme é uma doença caracterizada pela produção de moléculas de hemoglobina anormais, incapazes de transportar O_2 , comprometendo a oxigenação do organismo. Indivíduos com genótipo AA produzem a molécula normal de hemoglobina, não sendo afetados pela doença. Indivíduos com genótipo SS produzem apenas a forma anormal de hemoglobina, sendo afetados pela anemia falciforme. Já indivíduos heterozigotos (AS) apresentam a forma branda da doença, condição conhecida como traço falciforme. A frequência desses alelos varia entre diferentes populações humanas. Em algumas regiões onde a malária é endêmica, a frequência de indivíduos AS é maior quando comparadas à de populações humanas onde a malária é incomum. O plasmódio, agente causador da malária, invade as hemácias, onde se reproduz assexuadamente. A presença da hemoglobina anormal dificulta essa etapa do ciclo de vida do plasmódio. Outras células que são afetadas pelo plasmódio são os hepatócitos. O plasmódio é transmitido pelo mosquito *Anopheles* sp.

Considere um casal formado por um homem que não apresenta nenhum traço de anemia falciforme e por uma mulher que é acometida pela forma branda da doença. Ele deseja ter filhos, mas a esposa se recusa a engravidar porque acredita que há chance de nascer uma criança afetada pela forma grave da doença. Com base nessas informações, responda: A mulher está correta? Justifique sua resposta.

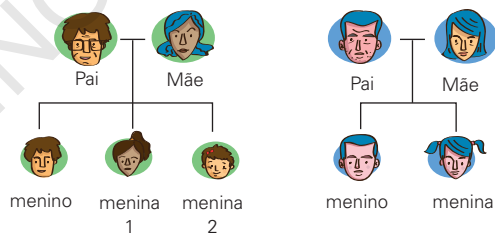
- 15. Mackenzie-SP** – Uma mulher canhota, com visão normal para cores, cujo pai era daltônico, casa-se com um homem daltônico e destro, filho de mãe canhota. Sabendo-se que o uso da mão esquerda é condicionado por um gene autossômico recessivo, a probabilidade desse casal ter uma filha heterozigota para os dois genes é de

- a) $1/2$.
- b) 1.
- c) $1/4$.
- d) $1/8$.
- e) $1/6$.

- 16. UEFS-BA** – A probabilidade de uma mulher com polidactilia e visão normal, heterozigota para os dois fenótipos, casada com um homem sem polidactilia, míope, homozigoto, ter um filho, não importando o sexo, sem polidactilia e com visão normal, supondo que esses caracteres transmitam independentemente, é de

- a) 12,5%.
- b) 25%.
- c) 50%.
- d) 75%.
- e) 100%.

- 17. UERJ (adaptado)** – Analisando a genealogia das famílias Alfa e Beta, observa-se que na família Alfa apenas a mãe tem cabelos azuis, enquanto na família Beta, todos tem cabelos dessa cor.



Admita que a característica cabelo azul siga os princípios descritos por Mendel para transmissão dos genes. Com base nas genealogias apresentadas, cite qual é o tipo de herança da característica cabelo azul e calcule a probabilidade de a menina 1 da família Alfa ter um filho com cabelos azuis se ela se casar com o menino da família Beta. Explique como você chegou a essas conclusões.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C5-H17

A fenilcetonúria é uma doença hereditária autossômica recessiva, associada à mutação do gene PAH, que limita a metabolização do aminoácido fenilalanina. Por isso, é obrigatório, por lei, que as embalagens de alimentos, como refrigerantes dietéticos, informem a presença de fenilalanina em sua composição. Uma mulher portadora de mutação para o gene PAH tem três filhos normais, com um homem normal, cujo pai sofria de fenilcetonúria, devido à mesma mutação no gene PAH encontrada em um dos alelos da mulher. Qual a probabilidade de a quarta criança gerada por esses pais apresentarem fenilcetonúria?

- a) 0%
- b) 12,5%
- c) 25%
- d) 50%
- e) 75%

19. UEPB

C5-H17

Sobre o vocabulário genético, associe corretamente:

- I. Genótipo
- II. Fenótipo
- III. Gene
- IV. Heredograma

- A. É a montagem de um grupo familiar com o uso de símbolos, também conhecido como genealogia, mapa familiar ou *pedigree*.
- B. Cada segmento de DNA capaz de transcrever sua mensagem em uma molécula de RNA.
- C. É a constituição genética de um organismo, ou seja, o conjunto de alelos que ele herdou dos genitores.
- D. São as características internas ou externas de um ser vivo, geneticamente determinadas.

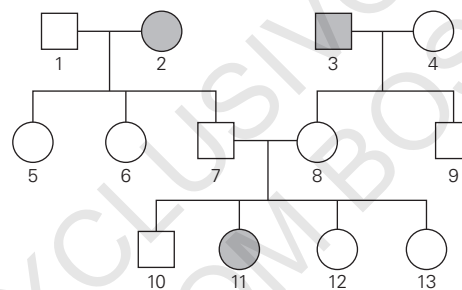
Assinale a alternativa correta:

- a) I-A ; II-B ; III-D ; IV-C
- b) I-C ; II-D ; III-B ; IV-A
- c) I-B ; II-A ; III-D ; IV-C
- d) I-A ; II-C ; III-B ; IV-D
- e) I-D ; II-B ; III-A ; IV-C

20. Enem

C5-H17

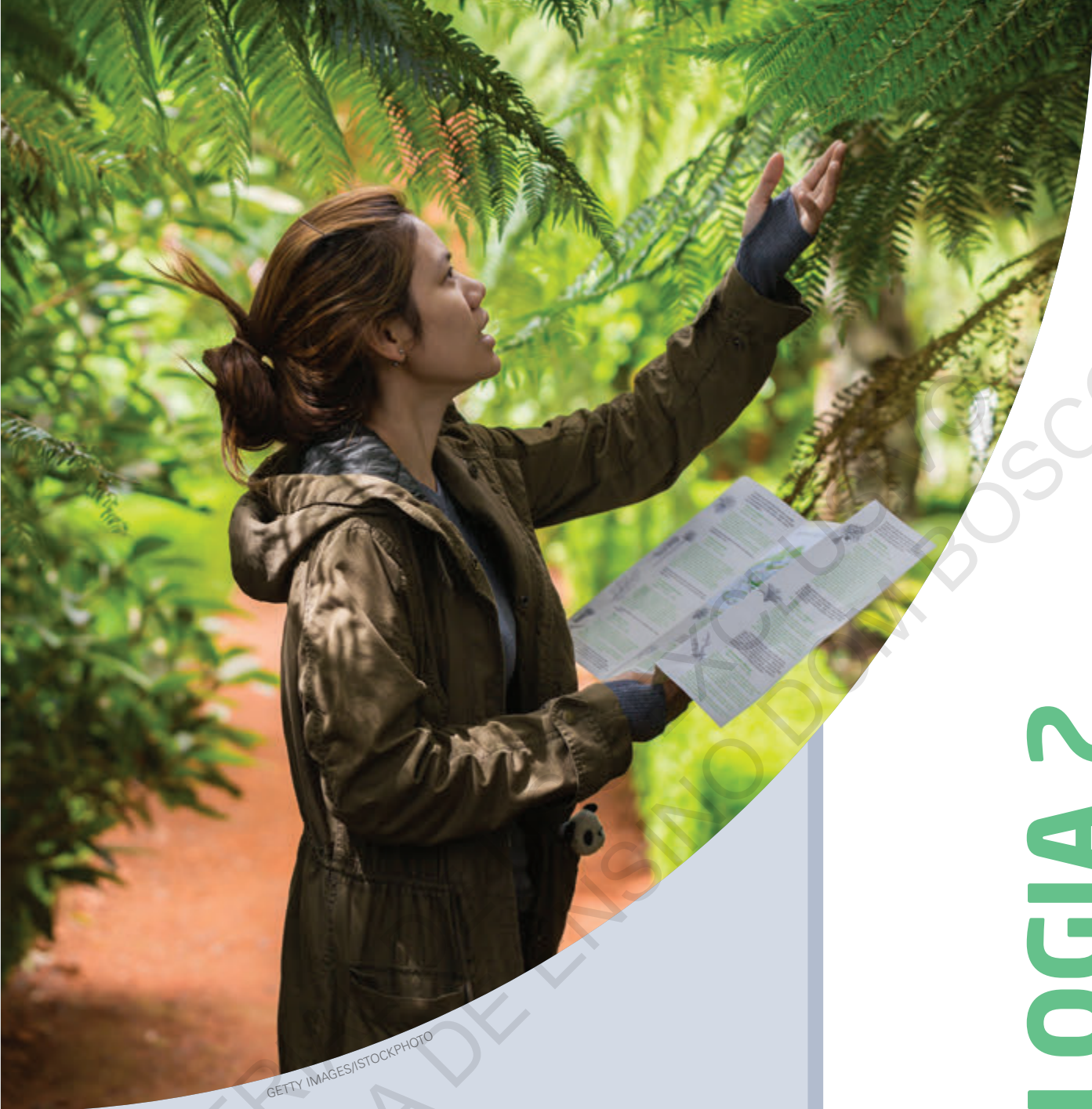
O heredograma mostra a incidência de uma anomalia genética em um grupo familiar.



- Mulher com anomalia
- Mulher sem anomalia
- Homem com anomalia
- Homem sem anomalia

O indivíduo representado pelo número 10, preocupado em transmitir o alelo com a anomalia para seus filhos, calcula que probabilidade de ele ser portador desse alelo, que é:

- a) 0%
- b) 25%
- c) 50%
- d) 67%
- e) 75%



GETTY IMAGES/STOCKPHOTO

MATERIA DE ENSINO
SISTEMA DE ENSINO BOSCO

BIOLOGIA 2

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

1

CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS, DOMÍNIOS DA NATUREZA E VÍRUS

- Sistemas de classificação
- Domínios da natureza
- Vírus

HABILIDADES

- Reconhecer a importância da classificação biológica para a organização e compreensão da diversidade dos seres vivos.
- Conhecer e utilizar os principais critérios de classificação, as regras de nomenclatura e as categorias taxonômicas reconhecidas atualmente.
- Compreender árvores filogenéticas que representam relações de parentesco entre diversos seres vivos.
- Relacionar a classificação dos domínios dos seres vivos ao avanço da tecnologia.
- Compreender a estrutura dos vírus e por que eles dependem dos seres vivos para se replicar.
- Identificar as principais doenças antigas e atuais causadas por vírus.
- Associar curas e tratamentos de doenças com o desenvolvimento científico e tecnológico.

Os sistemas de classificação modernos consideram inúmeros aspectos de um ser vivo para inseri-lo em determinado grupo.

Sistemas de classificação

Um sistema de classificação deve buscar a universalidade. Sendo assim, a **sistemática** é o ramo da Biologia que estuda e organiza os organismos vivos. Já a **taxonomia** é a área da sistemática que trata da identificação, descrição, classificação e nomenclatura dos seres vivos.

A história dos sistemas de classificação biológica está diretamente ligada à modernização dos microscópios e das tecnologias científicas.

A primeira classificação dos seres vivos foi feita pelo filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.), considerado o “pai da Zoologia”. Ele os organizou em dois grandes grupos: as plantas (sem movimento) e os animais (com movimento).

Os primeiros sistemas de classificação eram baseados em caracteres anatômicos semelhantes, mas não representavam uma proximidade evolutiva. Por isso, são atualmente considerados artificiais.

A partir do século XVIII, começaram a ser utilizados critérios objetivos para os sistemas de classificação, com dados fornecidos pela Morfologia, Fisiologia, Ecologia e Embriologia, buscando compreender as relações de parentesco evolutivo. Tais sistemas são hoje considerados naturais e estabeleceram duas importantes vantagens:

1. os agrupamentos, baseados em múltiplas características, asseguram a reunião de seres realmente semelhantes;
2. a divisão dos organismos com base no grau de parentesco evolutivo reflete sua **filogenia** (história evolutiva).

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE LINEU

O naturalista, médico e professor sueco Carl von Linné (1707-1778) – em português, Lineu – publicou, em 1735, o livro *Systema Naturae*, no qual propôs um sistema de classificação e nomenclatura dos seres vivos.

Tal sistema de classificação ordenava os seres vivos em categorias taxonômicas hierárquicas.

Para Lineu, **espécie** era a menor unidade taxonômica, agrupando organismos semelhantes a um tipo ideal e imutável. As demais categorias taxonômicas (ou táxons) estabelecidas em ordem crescente de hierarquia foram: **gênero** (agrupa espécies semelhantes); **família** (agrupa gêneros semelhantes); **ordem** (agrupa famílias semelhantes); **classes** (agrupa ordens semelhantes) e **filos** ou **divisões** (grupo de classes), os quais foram agrupados em **reinos**.

Nomenclatura binominal

A denominação popular a organismos, como *maria-bonita*, *sabiá*, *lambari*, é útil no dia a dia, mas pode causar confusão, já que varia conforme a região. O fruto conhecido como *bergamota* no Sul do país é chamado de *tangerina* em São Paulo; no Nordeste é conhecido como *mimosa* ou *laranja-cravo*; em Goiás, *ponkan* ou *mexerica*. Há, ainda, quem o chame de *mandarina*, *fuxiqueira* ou *manjerica*.

Para evitar divergências, especialmente em pesquisas científicas, biólogos empregam nomes científicos em latim aos organismos, tendo como base as regras

de nomenclatura binomial formalizadas por Lineu, no século XVIII. Assim, o nome de científico de um organismo será reconhecido em todo o mundo, independentemente do idioma usado.

Os princípios definidos pelas regras internacionais de nomenclatura científica são:

- 1. Os nomes científicos devem ser escritos em latim ou latinizados e com destaque no texto (itálico, negrito ou sublinhado). Exemplo: *Pheretima hawayana*, **Pheretima hawayana** ou Pheretima hawayana (minhoca);
- 2. o nome da espécie é binomial: o nome do gênero acompanhado do nome do **epíteto específico**;
- 3. o nome do gênero é um substantivo e deve ser escrito com inicial maiúscula; o nome da espécie é um adjetivo e deve ser escrito com inicial minúscula. Exemplo: *Felis catus* (gato doméstico);
- 4. quando existe subespécie, o nome que a designa deve ser escrito depois do nome da espécie, sempre com inicial minúscula. Exemplo: *Rhea americana alba* (ema-branca);
- 5. quando existe subgênero, o nome que o designa deve ser escrito depois do nome do gênero, entre parênteses e com inicial maiúscula. Exemplo: *Anopheles (Nyssorhinchus) darlingi* (mosquito-prego, transmissor da malária);
- 6. para animais, o nome da família deve ter a terminologia *idae* no final da palavra. Para plantas, a terminologia para família é *aceae*;

Categorias taxonômicas

As categorias taxonômicas obrigatórias em ordem crescente são: espécie, gênero, família, ordem, classe, filo e reino ou divisão (em Botânica).

Classificando uma espécie

A **espécie** é a unidade básica da classificação biológica. Gatos domésticos e gatos selvagens pertencem ao gênero *Felis*, mas são de espécies distintas.

Os indivíduos de uma mesma espécie tem o máximo de caracteres compartilhados, incluindo similaridade bioquímica e o mesmo cariótipo (cromossomos iguais em número, forma e tamanho), resultado de uma origem ancestral em comum.

Consideram-se atualmente como **conceito biológico de espécie** os grupos naturais de populações nos quais os indivíduos semelhantes são potencialmente intercruzantes e sexualmente isolados de outras populações, ou seja, são férteis entre si e estéreis com outras espécies.

Todos guardam semelhanças com leões e onças, por isso são incluídos na família **Felidae**. Hábitos alimentares, semelhanças fisiológicas e embriológicas possibilitam agrupá-los junto a ursos, lobos e focas, na ordem **Camívora**. Assim como esses animais, cavalos, cangurus, baleias e seres humanos têm o coração com quatro cavidades, temperatura corporal constante, glândulas mamárias, pelos na superfície corporal, entre outras características pelas quais são agrupados na classe **Mammalia**. Mamíferos, peixes, anfíbios, répteis e aves desenvolvem, durante o período embrionário,

um eixo de sustentação denominado **notocorda**.

Essa característica faz os mamíferos serem incluídos no filo **Chordata**. Estes, em conjunto com invertebrados como cnidários, anelídeos, artrópodes, moluscos e todos os outros animais, formam o reino **Animalia** ou **Metazoa**.

O aprofundamento das técnicas de análise da estrutura celular em procariótica ou eucariótica permitiu que o microbiologista Carl R. Woese (1928 -2012) propusesse em 1977 a separação dos procariotos em dois grupos distintos: o das arqueobactérias e o das eucabactérias, enquanto os eucariotos formariam outro agrupamento. Em 1990, com o avanço das técnicas moleculares, ele e seus colaboradores perceberam que arqueias não são bactérias, já que são muito diferentes entre si, portanto formariam uma categoria taxonômica superior ao reino, dividindo os seres vivos em três domínios: Archea, Bacteria e Eucarya.

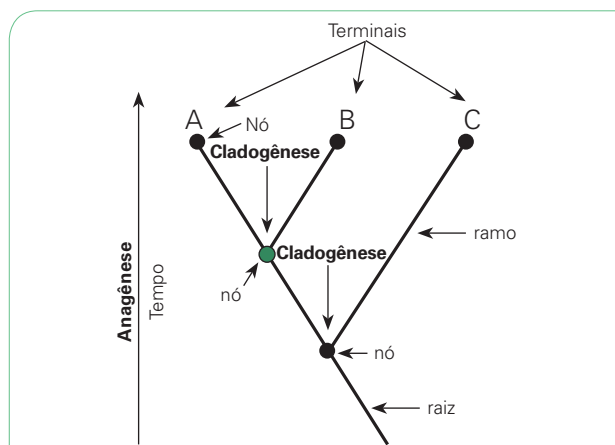
SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

A **sistemática filogenética** ou **cladística** é um método de classificação dos seres vivos fundamentado na ancestralidade evolutiva das espécies. É uma reconstrução da história evolutiva, por meio de hipóteses que consideram a relação de parentesco entre grupos ou táxons. Proposto em 1950 pelo biólogo alemão Willi Hennig (1913-1976), esse sistema promoveu diversas reformulações nas classificações em todos os níveis hierárquicos, inclusive nas categorias superiores.

Nos estudos filogenéticos, as relações evolutivas são representadas graficamente por **cladogramas** ou **clados**.

Interpretando um cladograma

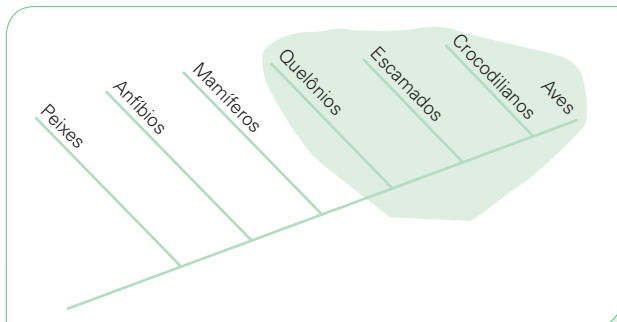
Na análise de um cladograma, considera-se o processo evolutivo de acordo com dois eventos: a **anagênese** (processo de evolução, no interior de uma espécie, que leva ao surgimento ou à alteração de um caráter ou novidade evolutiva nas populações) e a **cladogênese** (processo de especiação – uma espécie ancestral dá origem a duas ou mais espécies novas). Portanto, uma novidade evolutiva é uma **condição derivada** e pode ser considerada para a distinção ou formação de novos grupos. Observe a seguir o diagrama dos principais processos evolutivos.



Representação de um cladograma, com os possíveis eventos de anagênese e cladogênese.

A **raiz** é a base de onde partem os ramos. Os **nós** são os prováveis pontos de ruptura da população original, causada por evento de cladogênese; dele originam-se os ramos. Os grupos descendentes do ancestral da raiz estão dispostos nos ramos terminais.

Os grupos que partem do mesmo nó, como ocorre nos terminais A e B, são chamados de grupo-irmão e são mais aparentados entre si do que com o grupo C. O grupo que reúne todos os descendentes de um ancestral comum é chamado de grupo **monofilético**.



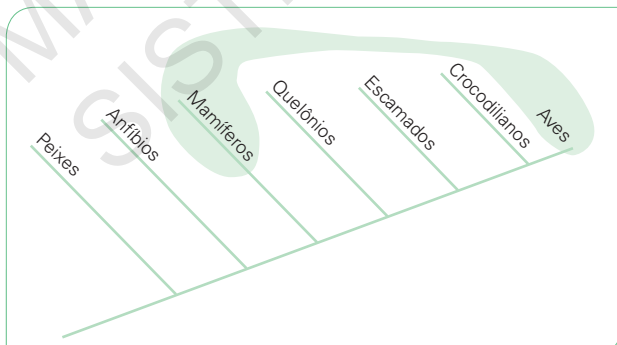
Répteis e aves formam um grupo monofilético porque descendem de um ancestral comum.

Um grupo **parafilético** reúne alguns descendentes de um ancestral comum, porém não todos eles.



O grupo dos répteis é parafilético, pois não inclui as aves, que apresentam o mesmo ancestral comum.

Grupo **polifilético** é o que não inclui o ancestral comum de todos os indivíduos, ou seja, é aquele em que seus integrantes têm vários ancestrais comuns, um em cada grupo. Em outras palavras, o polifiletismo ocorre quando são reunidas partes de dois ou mais grupos monofiléticos.



O grupo dos animais homeotérmicos (aves e mamíferos) é polifilético.

Condição primitiva ou derivada

Os cladogramas são montados ao se analisar comparativamente uma série de características presentes ou não nos grupos estudados. Para cada caractere, deve-se definir sua condição:

- **Primitiva** ou **plesiomórfica** (*plesio* = próxima a; *morfo* = forma), ou ainda plesiomorfia – estado ancestral;
- **Derivada** ou **apomórfica** (*apo* = longe de; *morfo* = forma), ou apomorfia – estado derivado, portanto, uma novidade evolutiva;
- **Sinapomorfias** (*sin* = união) – apomorfias compartilhadas por vários grupos.

Somente as apomorfias são lançadas nos ramos de um clado, pois são essas variações que indicam o processo evolutivo.

Domínios da natureza

CLASSIFICAÇÃO DE WOESE

Carl Woese (1928-2012), cientista norte-americano, agrupou os organismos em três grandes domínios, categoria superior ao reino: Bacteria, Archaea e Eukarya. Atualmente, essa é a proposta mais aceita, a qual será adotada em nossos estudos.

O domínio **Bacteria** inclui todas as bactérias e cianobactérias – sendo organismos autótrofos ou heterótrofos. O domínio **Archaea** (arqueias) é formado por organismos extremófilos que vivem em ambientes com temperaturas muito elevadas ou ricos em metano ou enxofre, nos quais outros grupos de organismos não sobrevivem. Além disso, as arqueias não apresentam camadas glicopeptídicas na parede celular, como as bactérias. Os organismos desses dois domínios não apresentam membranas ao redor do núcleo, característica que os definem como procaríotos.

O domínio **Eukarya** inclui todos os eucariotos, isto é, seres que têm sistemas intracelulares de membranas e envoltório nuclear: protozoários, algas, fungos, plantas e animais. A diversificação desse grupo é notável. Por meio de evidências moleculares, os agrupamentos atuais têm se confirmado. Um exemplo é o caso dos fungos, que são mais aparentados dos animais do que das plantas, diferentemente do que se pensava anteriormente.

O grupo dos **Protistas** é formado por organismos unicelulares ou pluricelulares sem tecidos verdadeiros e que não se encaixam nos outros reinos: as algas (seres autótrofos) e os protozoários (seres heterótrofos). É importante destacar que o termo protista é usado para se referir ao coletivo de organismos eucarióticos que não formam tecidos verdadeiros, por isso a palavra **não** tem valor taxonômico.

O reino **Fungi** inclui os eucariotos unicelulares ou pluricelulares sem tecidos verdadeiros, mas com nutrição heterótrofa por absorção. Armazenam carboidratos na forma de glicogênio, como os animais, mas têm

uma estrutura corporal e um sistema de reprodução semelhantes aos das plantas, além de parede celular de quitina. São representados por leveduras, mofos ou bolores, orelhas-de-pau e cogumelos.

O reino **Plantae** (Metaphyta) inclui organismos pluricelulares com tecidos, eucariotos e autótrofos fotossintetizantes. São as briófitas, as pteridófitas, as gimnospermas e as angiospermas.

O reino **Animalia** (Metazoa) inclui eucariotos pluricelulares com tecidos e heterótrofos por ingestão. Inclui o filo dos poríferos, cnidários, platelmintos, nematódeos, anelídeos, equinodermos, moluscos, artrópodes e os cordados.

Vírus

Vírus (que, em latim, significa veneno) são estruturas visíveis apenas com o uso de microscópio eletrônico.

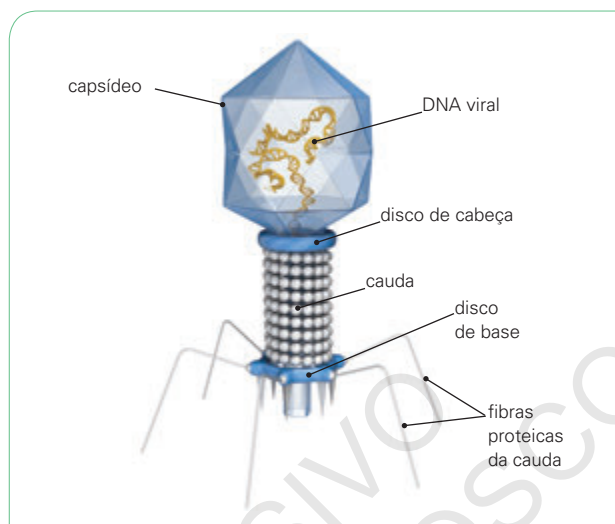
Os vírus são acelulares, ou seja, não apresentam organização celular, portanto não têm metabolismo próprio. Por isso são denominados **parasitas intracelulares obrigatórios**. Esses organismos necessitam do equipamento bioquímico de uma célula hospedeira para poderem se reproduzir. Fora das células hospedeiras, não apresentam atividade, permanecendo cristalizados, os chamados **vírião**.

Por esses motivos, há muitas divergências em classificá-los como seres vivos. Dessa maneira, seguem uma classificação independente, de acordo com as regras do Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (ICTV). Eles são classificados com base no material genético, na morfologia do vírião e do envelope, na forma de replicação e na resposta imune do hospedeiro.

Podem parasitar células procarióticas (bactérias e arqueias) ou eucarióticas (protistas, animais, plantas e fungos). No entanto, os vírus geralmente são específicos a um tipo celular, sendo, ainda, altamente específicos quanto a seus hospedeiros. Uma espécie ou grupo de vírus pode ser capaz de infectar e adoecer uma única espécie de hospedeiro, como o vírus da varíola que só ataca o ser humano ou como o Rhabdovírus (causador da doença conhecida como raiva), que pode infectar os mamíferos em geral. Os vírus de eucariotos multicelulares infectam tecidos específicos de determinado hospedeiro, fenômeno denominado **tropismo de tecido**.

ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL

Os vírus apresentam uma cápsula proteica denominada capsídeo e um único tipo de material genético, que pode ser ácido desoxirribonucleico (DNA) ou ácido ribonucleico (RNA). Por isso, usam-se os termos vírus de DNA (**adenovírus**, vírus causadores da varíola, do herpes e da hepatite) e vírus de RNA (vírus causadores da gripe, da raiva, da encefalite, da poliomielite e HIV – vírus da imunodeficiência humana). Alguns deles, como o HIV, apresentam capsídeo coberto por membrana lipídica constituída pela membrana plasmática da célula invadida e recebe o nome de vírus envelopados.

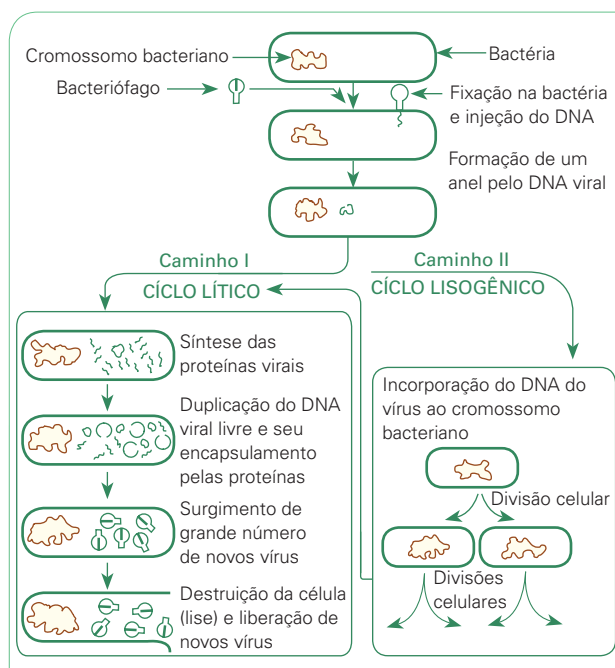


Estruturas de um bacteriófago (fago) – vírus que infectam bactérias e apresentam DNA como material genético. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

CICLOS DE REPLICAÇÃO VIRAL

O ciclo de replicação de um vírus é realizado totalmente no interior de uma célula hospedeira. Esse ciclo pode ser de dois tipos: **lítico** ou **lisogênico**.

Quando o ciclo é lítico, a célula hospedeira é destruída, e os novos vírus produzidos em seu interior espalham-se no organismo hospedeiro, infectando novas células. No ciclo do tipo lisogênico, não há destruição da célula hospedeira, e o material genético viral é incorporado ao material genético da célula, sendo transmitido para as células-filhas hospedeiras. Eles podem, a qualquer momento, entrar em um ciclo lítico. Os bacteriófagos são capazes de realizar esses dois tipos de ciclos.



No ciclo lítico ocorre a morte da célula hospedeira. No ciclo lisogênico, a célula hospedeira não morre e se multiplica com o DNA viral incorporado ao seu. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Replicação de um vírus com RNA

Nos vírus de gripe, poliomielite, sarampo, raiva e encefalite, o RNA viral orienta a formação da molécula que comanda a síntese das proteínas da sua cápsula, bem como de novas moléculas do seu material genético. Para isso, ele utiliza enzimas, aminoácidos e nucleotídeos da célula parasitada.

RNA viral → RNA mensageiro → Síntese de proteínas

Nos retrovírus (vírus que têm o RNA como material genético), encontra-se a enzima **transcriptase reversa**, capaz de produzir um DNA desse RNA. Nesse caso, as moléculas de DNA recém-formadas são incorporadas ao DNA da célula hospedeira e podem ser transcritas em moléculas de RNA, que passarão a comandar a síntese proteica.

DOENÇAS VIRAIS EM SERES HUMANOS

Os vírus são causadores de doenças denominadas viroses. O controle e/ou a diminuição de viroses mostra-se de difícil alcance por conta de suas constantes mutações, principalmente os de RNA, pois não há atuação de enzimas reparadoras. Sendo assim, ainda não se chegou a um medicamento capaz de curar a Aids, causada pelo HIV.

Aids (ou Sida)

Seu agente causador é o vírus da imunodeficiência humana (HIV), formado por uma cápsula esférica de glicoproteínas mergulhada em uma dupla camada lipídica. O HIV infecta o linfócito T4, conhecido também como linfócito CD4. Isso ocorre porque as moléculas de proteínas do envelope viral têm grande afinidade com a proteína CD4 presente na membrana plasmática do linfócito T4, responsáveis por coordenar a defesa imunológica (produção de anticorpos) do organismo contra vírus, bactérias e fungos.

Sua transmissão se dá pelos seguintes meios: relação sexual (heterossexual ou homossexual) sem proteção com portador do HIV; uso ou compartilhamento de seringa ou outro material cirúrgico ou cortante não esterilizado; transfusão de sangue; derivados ou transplante de órgãos contaminados; inseminação artificial com sêmen contaminado pelo HIV; transmissão vertical de mãe para o feto na gestação; trabalho de parto ou amamentação.

O vírus da Aids não é transmitido por abraço, aperto de mão, beijo, tosse, espirro, uso de piscina devidamente clorada, uso comum de banheiro, roupa, talheres, copos, toalhas, louças, pentes ou outros objetos. Também não ocorre a transmissão por meio de picada de mosquito ou pelo contato com animais domésticos.

Durante o primeiro ano de desenvolvimento da doença, grande parte dos vírus é destruída pela produção e atuação de linfócitos e outras células de defesa, ainda em grande número. Portanto, nem todo portador do vírus HIV desenvolve a Aids, pois muitos permanecem assintomáticos por anos em virtude da evolução lenta

e gradual da doença. Contudo, o vírus continua a multiplicar-se no organismo ao longo do tempo, diminuindo o número de linfócitos. Por isso, a pessoa contaminada, sem tratamento adequado, passa a sofrer de várias patologias, causadas por microrganismos oportunistas.

As medidas para prevenir a doença incluem: uso de preservativo durante relações sexuais; manuseio correto de materiais perfurocortantes; não reaproveitamento de seringas descartáveis; transfusões sanguíneas seguras; uso de tratamento durante a gravidez para evitar a contaminação do feto

Os medicamentos atuais não provocam a destruição do vírus HIV, mas retardam a evolução da doença, facilitando o tratamento das infecções oportunistas e aumentando a qualidade de vida do paciente. As principais drogas antirretrovirais impedem a síntese do DNA a partir do RNA viral, já que são inibidoras da transcriptase reversa, como o *azidotimidina* ou *zidovudina* (AZT); 3TC; DDI e DDC. Outros medicamentos são inibidores de protease. Essa enzima quebra as proteínas em unidades menores para formar a cápsula viral; quando inativa, a cápsula não é formada, e a replicação do vírus não se completa. O coquetel de remédios para o tratamento da Aids é distribuído gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

A grande dificuldade para a produção de uma vacina contra a Aids é a capacidade que o HIV, assim como outros vírus, tem de sofrer inúmeras mutações de forma muito rápida, aumentando sua diversidade genética. Em virtude da especificidade da vacina, os anticorpos não conseguem atuar sobre a diversidade de subtipos de HIV resultantes de mutações. Em 2017, pesquisadores do Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos e Johnson & Johnson anunciaram a "vacina de mosaico Ad26-env". Ela usa pedaços de vários vírus HIV para gerar respostas imunes (produção de anticorpos) para um amplo espectro de tipos de HIV, aumentando a indução de respostas imunes capazes de cobrir ampla gama de subtipos do HIV.

Vírus influenza

Seus agentes causadores são: vírus tipo A, B e C (gripe comum). O tipo A subdivide-se em H1N1, H2N2, H3N2 e H7N9, responsáveis por grandes epidemias.

O tipo mais comum da gripe humana é causado pelo vírus H3N2. Sua transmissão é direta, por meio da saliva, ao falar, espirrar ou tossir.

Seus sintomas incluem: febre acima de 38 °C, tosse seca, coriza e dores na cabeça e no corpo.

Sua prevenção ocorre por meio vacinas contra algumas formas do vírus e de medicamentos inibidores da replicação que bloqueiam a multiplicação viral. Os resfriados comuns são causados pelos rinovírus, e os sintomas, apesar de semelhantes, são mais brandos.

Dengue

O agente causador é vírus do gênero *Flavivirus*, família *Flaviviridae*, que pode ser de quatro tipos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4.

Sua transmissão se dá pela picada do mosquito fêmea *Aedes aegypti*.

Os sintomas são febre, dores musculares e articulares, dor de cabeça e atrás dos olhos, vermelhidão e coceira na pele. Em casos graves, causa dor abdominal intensa, vômitos e sangramento de mucosas. A dengue hemorrágica é considerada o tipo mais grave, pois provoca sangramento em vários órgãos.

A profilaxia à doença ocorre por meio do controle do mosquito e da eliminação de criadouros de larvas (água limpa parada). A reincidência de focos de dengue deve-se à presença de pessoas infectadas próximas aos locais onde há o mosquito e as condições para sua reprodução.

O tratamento da dengue clássica sintomática inclui antitérmicos e analgésicos (não hemorrágicos, tipo AAS), além de repouso. A vacina contra a dengue foi desenvolvida pelo laboratório Sanofi, aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), em 2015. É vendida na rede privada no Brasil desde julho de 2016 e só deve ser tomada por quem já foi infectado pelo vírus. Pessoas não contaminadas apresentaram maiores efeitos colaterais à vacina.

Febre amarela

Seu agente causador é o arbovírus (transmitido por artrópodes, como o mosquito), do gênero *Flavivirus*, família Flaviviridae.

Existem dois ciclos epidemiológicos de transmissão: no urbano, por meio da picada do mosquito fêmea *Aedes aegypti* infectado; no ciclo silvestre, pela picada dos mosquitos fêmea dos gêneros *Haemagogus* e *Sabethes*, que picam primatas não humanos (macacos), principais hospedeiros do vírus. Nesse último ciclo, o ser humano participa como um hospedeiro acidental, ao adentrar em áreas de mata.

No ano de 2017, os surtos de febre amarela na região Sudeste, em áreas de risco, estimularam a caça a diferentes espécies de primatas, motivação sem fundamentos, tendo em vista que estes animais não transmitem a febre amarela aos humanos. Com a morte desses animais, o número de contaminações humanas pode aumentar, uma vez que sem os macacos se perde o “termômetro” da incidência de mosquitos.

Os sintomas são febre, dor muscular e articular, vômito e fadiga. Em casos graves, icterícia (coloração amarela na pele e nos olhos), hemorragias e insuficiência renal e hepática. As lesões de febre amarela comprometem principalmente fígado, coração, rins e tecidos linfoides.

A profilaxia à doença ocorre por meio do controle dos mosquitos transmissores e de vacinação, ofertada pelo SUS. Pessoas que forem viajar a áreas endêmicas devem ser vacinadas com pelo menos dez dias de antecedência.

Zika

Seu agente causador é o vírus do gênero *Flavivirus*, o mesmo da dengue e da febre amarela.

Sua transmissão se dá pela picada do mosquito fêmea *Aedes aegypti* (o mesmo da dengue) e *A. albopictus*. Os especialistas suspeitam que o vírus chegou ao Brasil durante a Copa do Mundo de 2014, com os turistas.

Na maioria dos casos, as pessoas infectadas não apresentam manifestações clínicas. Nos episódios em que há manifestação da doença, os principais sintomas são semelhantes aos da dengue clássica. Muitos casos de microcefalia em bebês de mães infectadas têm sido detectados, sendo que o risco principal ocorre no primeiro trimestre da gestação. Tal situação é ainda pouco documentada na literatura médica. Também foi registrada a ocorrência da Síndrome de Guillain-Barré associada ao Zika vírus, que causa fraqueza muscular e paralisia dos músculos.

A profilaxia à doença é a mesma aplicada na prevenção da dengue.

Febre chikungunya (chicungunha)

Seu agente causador é o arbovírus, causado pelo vírus *Chikungunya*, da família Togaviridae, gênero *Alphavirus*.

Sua transmissão se dá pela picada do mosquito fêmea *Aedes aegypti* e *A. albopictus*.

A febre *chikungunya* provoca sintomas semelhantes aos da dengue, mas as dores articulares fortes surgem quase imediatamente, sobretudo nas mãos e nos pés. Essas dores podem durar meses. Não é possível contrair *chikungunya* mais de uma vez, pois a pessoa fica imune pelo resto da vida.

A profilaxia à doença ocorre por meio da eliminação dos criadouros de mosquitos, assim como no caso da dengue.

Ebola (febre hemorrágica)

Seu agente causador é estirpes do vírus ebola (gênero *Ebolavirus*, família Filoviridae).

É uma zoonose que acomete humanos por meio do consumo, da manipulação ou do contato com fluidos de animais doentes. Entre humanos, ocorre pelo contato com o sangue e outros fluidos corporais ou objetos contaminados. Altamente contagiosa, sendo transmitida apenas após o aparecimento dos sintomas.

Os sintomas são febre, forte dor de cabeça, dor muscular, fraqueza, diarreia, vômitos, dor abdominal e hemorragia, disfunção hepática, erupção cutânea e insuficiência renal.

Uma vacina contra o Ebola está sendo testada em humanos no Congo.

ROTEIRO DE AULA

Sistema de classificação

Aristóteles

Lineu

Nomenclatura binomial

Taxonomia

Dois reinos

Animal

Vegetal

**Gênero
+
espécie**

Categorias taxonômicas

Semelhanças

Filogenia

1. Espécie

2. Gênero

3. Família

4. Ordem

5. Classe

6. Filo

7. Reino

8. Domínio

Relações filogenéticas

ROTEIRO DE AULA

Domínios da natureza

Exceção:

Bactéria

Archaea

Eucaryota

Agrupados e classificados de acordo com características:

Vírus

Morfológicas

Fisiológicas

Embrionárias

Análise de RNA
ribossômico

**Organização
morfológica**

**Material
genético**

Proposta por:

celulares

DNA

RNA

Por isso
chamados de:

Adenovírus

Retrovírus

Carl Woese

Parasitas intracelulares obrigatórios

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Fuvest-SP** – Existem vírus que

- a) se reproduzem independentemente de células.
- b) têm genoma constituído de DNA e RNA.
- c) sintetizam DNA a partir de RNA.**
- d) realizam respiração aeróbica no interior da cápsula proteica.
- e) possuem citoplasma, que não contem organelas.

Os retrovírus (ex.: HIV) sintetizam DNA de seu RNA, utilizando a enzima transcriptase reversa e proteínas virais integrase e protease.

2. **Unifesp (adaptada)** – “Em uma área de transição entre a mata atlântica e o cerrado, são encontrados o pau-d’arco (*Tabebuia serratifolia*), a caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e alguns ipês (*Tabebuia aurea*, *Tabebuia alba*, *Cybistax antisyphilitica*). O cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*) é também frequente naquela região.”

Considerando os critérios da classificação biológica, quantos gêneros e quantas espécies foram citados?

As espécies *Tabebuia serratifoli*, *T. cassinoides*, *T. aurea* e *T. alba* pertencem ao mesmo gênero. As espécies *Cybistax antisyphilitica* e *Pyrostegia venusta* pertencem a gêneros diferentes, completando três gêneros distintos: *Tabebuia*, *Cybistax* e *Pyrostegia*. São quatro as espécies do gênero *Tabebuia*, uma do gênero *Cybistax* e outra do gênero *Pyrostegia*, completando seis espécies.

completando seis espécies.

completando seis espécies.

completando seis espécies.

completando seis espécies.

completando seis espécies.

3. **PUC-RJ** – Os seres vivos são descendentes de um ancestral unicelular que surgiu há, aproximadamente, 4 bilhões de anos. Devido a sua ancestralidade comum, os organismos, com exceção dos vírus, compartilham algumas características não encontradas no mundo inanimado.

- a) Descreva as características compartilhadas pelos organismos.

Consistem em uma ou mais células e contém informação genética: usam

a informação genética para se reproduzir. São geneticamente relacionados

e evoluem. Podem converter moléculas obtidas do seu ambiente em novas

moléculas orgânicas. São capazes de extrair energia do ambiente e usá-la

para o trabalho biológico. Conseguem regular seu ambiente interno.

- b) Quais são as exceções que levam os cientistas a terem dúvidas se os vírus podem ser classificados como seres vivos?

Não são formados por células, ou seja, são acelulares. Formam-se de

cápsulas de proteína ou outras substâncias (ex.: lipídeos e glicídios), que

contêm material genético. São parasitas celulares obrigatórios e depen-

dem de outros seres para realizar suas funções fisiológicas.

4. **Udesc** – A organização dos componentes orgânicos nos seres vivos (com exceção dos vírus), em nível celular, pode ser de dois tipos básicos: procarióticas e eucarióticas.

Com relação a estes dois tipos de células, assinale (V) para verdadeiro e (F) para falso.

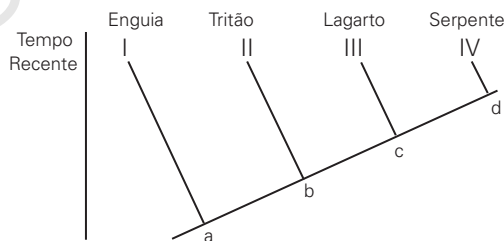
- () Nas células eucarióticas existe uma compartimentalização para atividades específicas como, por exemplo, a digestão e o armazenamento.
- () Nas células eucarióticas o material genético encontra-se disperso no citoplasma.
- () Nas células procarióticas existem, além da membrana citoplasmática, membranas internas denominadas de endomembranas.
- () Em células procarióticas encontram-se além do DNA nuclear o DNA mitocondrial.
- () As células procarióticas são encontradas principalmente nas algas e nos fungos.

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

- a) V – F – F – F – F**
- b) F – F – V – F – F
- c) V – V – V – F – V
- d) F – F – V – F – V
- e) V – V – F – F – V

As células procarióticas não apresentam organelas, e o material cromossômico (DNA ou RNA) fica disperso no citoplasma. As algas e os fungos são seres eucarióticos e apresentam organelas membranosas e material genético dentro de um envoltório nuclear.

5. **UFMG (adaptada)** – Observe esta representação de parte de uma árvore evolutiva:



Com base nessa representação, comente as afirmativas a seguir:

- a) A enguia, o tritão, o lagarto e a serpente possuem ancestral comum?

Sim, com base no cladograma, o nó basal (a), de onde partiu o primeiro

ramo (grupo I), surgiu há mais tempo que os nós que deram origem aos

grupos II, III e IV.

- b) A especiação dos lagartos foi anterior à do tritão?

A especiação que deu origem a I é mais antiga que aquela que originou

II, III e IV. Portanto, a especialização do tritão não foi antes da do lagarto.

- c) Parentes distantes, nessa árvore, como enguias e lagartos, podem apresentar algumas semelhanças fenotípicas?

Sim, pois tiveram um ancestral comum, antes do evento A.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEPA – Leia o texto para responder à questão.

Nas florestas tropicais da América Central e da América do Sul, vivem várias espécies aparentadas de sapos coloridos popularmente conhecidos por sapinhos-ponta-de-flexa. A espécie *Phyllobates terribilis* é considerada o vertebrado mais venenoso do Planeta e possui a seguinte classificação taxonômica: Animalia, Chordata, Amphibia, Anura, Neobatrachia, Dendrobatidae, Phyllobates.

Texto Modificado de Bio, Sonia Lopes, 2008.

Sobre a classificação taxonômica da espécie mencionada no texto, é correto afirmar que:

- Chordata é a família à qual pertence a espécie.
- Phyllobates* é a ordem da espécie.
- Dendrobatidae é a família da espécie.
- Terribilis* é o gênero da espécie em questão.
- Anura é a classe à qual pertence a espécie.

8. Enem

Lobos da espécie *Canis lycaon*, do leste dos Estados Unidos, estão inter cruzando com coiotes (*Canis latrans*). Além disso, indivíduos presentes na borda oeste da área de distribuição de *C. lycaon* estão se acasalando também com lobos cinzentos (*Canis lupus*). Todos esses cruzamentos têm gerado descendentes férteis.

Fonte: *Scientific American Brasil*, Rio de Janeiro, ano II, 2011 (adaptado).

Os animais descritos foram classificados como espécies distintas no século XVIII. No entanto, aplicando-se o conceito biológico de espécie, proposto por Ernst Mayr em 1942, e ainda muito usado hoje em dia, esse fato não se confirma, porque:

- esses animais são morfologicamente muito semelhantes.
- o fluxo gênico entre as três populações é mantido.
- apresentam nichos ecológicos muito parecidos.
- todos têm o mesmo ancestral comum.
- pertencem ao mesmo gênero.

9. UPE – A classificação atual dos seres vivos considera as semelhanças anatômicas, a composição química e estrutura genética. Assim, o nome de cada espécie deve ser constituído por duas palavras: a primeira designando o gênero; e a segunda, a espécie. No Brasil, existem cerca de 118 espécies de primatas, sendo considerado o país com o maior número de espécies. A Amazônia é o bioma com a maior diversidade, onde é possível se encontrarem três delas: *Alouatta belzebul*, *Ateles belzebuth* e *Ateles paniscus*. Com base nessas considerações e nos princípios que regem essa classificação, é CORRETO afirmar que

6. UEL-PR

C4-H13

Grupos de populações naturais potencialmente capazes de se cruzar e de produzir descendência fértil pertencem, necessariamente:

- a gêneros diferentes.
- a famílias diferentes.
- à mesma comunidade.
- à mesma sociedade.
- à mesma espécie.

Espécie é o menor nível da hierarquia taxonômica, e indivíduos de uma população são considerados da mesma espécie quando têm a capacidade de se reproduzir e gerar descendentes férteis.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à

saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

- Alouatta belzebul* e *Ateles belzebuth* possuem o maior grau de parentesco que entre *Ateles paniscus* e *Ateles belzebuth*.
- Ateles paniscus* e *Ateles belzebuth* são espécies com grau de parentesco no nível de gênero.
- Alouatta belzebul* e *Ateles belzebuth* são espécies com grau de parentesco no nível de espécie.
- Ateles paniscus* e *Ateles belzebuth* possuem o mesmo gênero, mas são de famílias diferentes.
- Alouatta belzebul* e *Ateles belzebuth*, apesar de gêneros diferentes, pertencem à mesma espécie.

10. UECE – No que diz respeito ao Zica Vírus (ZIKV), assinale a afirmação verdadeira.

- Pode provocar danos no cérebro, que comprometem a visão, a audição e a coordenação motora, mesmo sem a manifestação da microcefalia.
- Da família *Flaviviridae*, corresponde a um retrovírus transmitido pelo *Aedes aegypti*.
- Provoca febre, vômitos, tosse, dores no corpo, sendo o sintoma mais grave a paralisia dos membros inferiores.
- o controle da doença, na população, passa pelo controle dos focos de *Aedes aegypti* e por campanhas de vacinação voltadas à imunização contra o vírus.

11. Unitins-TO – O sistema binomial de nomenclatura biológica, publicado por Lineu em 1735, é utilizado até hoje para a designação científica de qualquer espécie de ser vivo. Das alternativas a seguir, qual contém as espécies grafadas de acordo com as regras do sistema binomial?

- Turdus rufiventris*, *Zea mays*, *Canis familiaris*, *Mus musculus*, *Lumbricus terrestris*.
- Turdus rufiventris*, *Zea mays*, *Canis familiaris*, *Mus musculus*, *Lumbricus terrestris*.
- Turdus Rufiventris*, *Zea Mays*, *Canis Familiaris*, *Mus Musculus*, *Lumbricus Terrestris*.
- turdus rufiventris*, *zea mays*, *canis familiaris*, *mus musculus*, *lumbricus terrestris*.
- turdus Rufiventris*, *zea Mays*, *canis Familiaris*, *mus Musculus*, *lumbricus Terrestris*.

12. Unicamp-SP – Campinas viveu no verão deste ano a maior epidemia de dengue da sua história e situação semelhante foi observada em outras cidades brasileiras. Indique o vetor dessa virose, onde ele se reproduz e a situação de temperatura que influencia sua reprodução.

- a) O vetor do vírus da dengue é o *Aedes aegypti*. Suas fases imaturas desenvolvem-se no solo e há diminuição na sua reprodução em temperaturas abaixo de 17 °C.
- b) O vetor do vírus da dengue é o *Culex quiquefasciatus*. Suas fases imaturas desenvolvem-se na água suja e há aumento na sua reprodução em temperaturas abaixo de 17 °C.
- c) O vetor do vírus da dengue é o *Aedes aegypti*. Suas fases imaturas desenvolvem-se na água limpa e há diminuição na sua reprodução em temperaturas abaixo de 17 °C.
- d) O vetor do vírus da dengue é o *Culex quiquefasciatus*. Sua reprodução se dá no solo e sofre aumento em temperaturas abaixo de 17 °C.

13. PUC-RJ – O AZT é um dos fármacos constituintes do coquetel que vem sendo utilizado com sucesso no tratamento da Aids. O AZT é um análogo de nucleosídeo que tem como princípio impedir a transcrição reversa do HIV.

Dessa forma, é correto afirmar que o AZT atua sobre a síntese de:

- a) proteínas dos vírus, nos ribossomos.
- b) RNA a partir do DNA da célula hospedeira.
- c) DNA a partir do RNA viral, na célula hospedeira.
- d) DNA viral e posterior inserção no genoma da célula hospedeira.
- e) RNA infectante a partir do DNA viral.

14. Unicamp-SP – O vírus Ebola foi isolado em 1976, após uma epidemia de febre hemorrágica ocorrida em vilas do noroeste do Zaire, perto do rio Ebola. Esse vírus está associado a um quadro de febre hemorrágica extremamente letal, que acomete as células hepáticas e o sistema reticuloendotelial. O surto atual na África Ocidental (cujos primeiros casos foram notificados em março de 2014) é o maior e mais complexo desde a descoberta do vírus. Os morcegos são considerados um dos reservatórios naturais do vírus. Sabe-se que a fábrica onde surgiram os primeiros casos dos surtos de 1976 e 1979 era o habitat de vários morcegos. Hoje o vírus é transmitido de pessoa para pessoa.

- a) Como é a estrutura de um vírus? Dê exemplo de duas zoonoses virais.

- b) Compare as formas de transmissão do vírus Ebola e do vírus da gripe.

15. UFPR – Classificando-se os seres vivos, é possível estabelecer uma ordem na diversidade da natureza, facilitando a sua compreensão. Assim, é correto afirmar que:

- (01) o sistema binomial de nomenclatura adota a espécie como unidade básica de classificação.

- (02) em taxionomia, uma Ordem engloba diversas Famílias, assim como um Gênero reúne diferentes Espécies.
- (04) um determinado vegetal, de acordo com a classificação vigente, pertencerá, obrigatoriamente, a um reino, a um filo ou divisão, a uma classe, a uma ordem, a uma família, a um gênero e a uma espécie.
- (08) o reino Protista engloba organismos unicelulares eucariontes, entre os quais se incluem protozoários e certas algas.
- (16) o reino Fungi engloba os cogumelos, os líquens e as briófitas.
- (32) os seres pertencentes ao reino Monera se caracterizam por serem todos unicelulares, com membrana nuclear bem estruturada.

16. PUC-PR (adaptada)

Quando um cientista descobre uma nova espécie, tem o privilégio de lhe dar um nome. (...) O cientista e ativista político Rousseau H. Flower, que desprezava comunistas, descobriu uma nova espécie de verme e batizou-a de *khruschewia ridicula*, uma referência ao líder soviético Nikita Khrushchev. Um fã da banda de punk rock dos anos 70 Sex Pistols descobriu dois insetos extintos, que foram chamados de *Sid viciousi* e *Johnny rotteni*, em tributo aos integrantes Sid Vicious e Johnny Rotten.

Já o pesquisador de insetos e galanteador G. W. Kirkaldy aproveitou para celebrar suas conquistas românticas. Ele descobriu uma série de insetos e batizou-os com nomes que terminam com “chisme”, um sufixo grego que se pronuncia como a expressão inglesa *kiss me*, que significa “beije-me”. Os bichinhos então se chamam *Polychisme* (beije-me, Poly), *Marichisme* (beije-me, Mari), *Dollichisme* (beije-me, Dolli) e por aí vai. (...)

Fonte: <http://guiadoscuriosos.uol.com.br/blog/2012/05/29/um-inseto-chamado-schwarzenegger-e-outras-especies-curiosas>.

Então, o binômio científico de dois insetos como os acima seria: *Polychisme poecilus* e *Polychisme chilensis*. Analise as afirmativas a seguir e responda às questões.

- I. Todos os animais citados são deuterostômios.
 - II. Todos os seres citados são hiponeuros.
 - III. Os insetos com o nome terminado em “chisme” pertencem ao mesmo gênero.
 - IV. Todos os seres vivos pertencem ao mesmo Reino.
- a) Todos os nomes científicos estão grafados segundo as normas de nomenclatura?

- b) Das afirmativas acima apenas duas estão corretas. Quais são?

17. UERJ – Desde o começo de 2017, tem-se verificado no Brasil o maior surto de febre amarela das últimas décadas. Sabe-se que, para acompanhar a disseminação dessa enfermidade, é importante monitorar populações naturais de macacos. Aponte uma razão para que esse monitoramento seja realizado. Explique, ainda, por que a febre amarela ocorre frequentemente em regiões tropicais.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C8-H29

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

(Disponível em: <www.bbc.co.uk>. Acesso em: 5 dez. 2012. Adaptado).

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

- A prevenção de diversas doenças infectocontagiosas em todo o mundo com o desenvolvimento da vacina.
- A compreensão de que vírus podem se multiplicar em matéria orgânica.
- O tratamento para muitas enfermidades que acometem milhões de pessoas.
- O estabelecimento da ética na utilização de crianças em modelos experimentais.
- A constatação de que os vírus de animais nunca são transmitidos para os humanos.

19. Enem

C8-H28

Tanto a febre amarela quanto a dengue são doenças causadas por vírus do grupo dos arbovírus, pertencentes ao gênero *Flavivirus*, existindo quatro sorotipos para o vírus causador da dengue. A transmissão de ambas acontece

por meio da picada de mosquitos, como o *Aedes aegypti*. Entretanto, embora compartilhem essas características, hoje somente existe vacina, no Brasil, para a febre amarela e nenhuma vacina efetiva para a dengue.

Esse fato pode ser atribuído à:

- maior taxa de mutação do vírus da febre amarela do que do vírus da dengue.
- alta variabilidade antigênica do vírus da dengue em relação ao vírus da febre amarela.
- menor adaptação do vírus da dengue à população humana do que do vírus da febre amarela.
- presença de dois tipos de ácidos nucleicos no vírus da dengue e somente um tipo no vírus da febre amarela.
- baixa capacidade de indução da resposta imunológica pelo vírus da dengue em relação ao da febre amarela.

20. Enem

C8-H28

Em 1861 foi anunciada a existência de um fóssil denominado *Arqueopteryx*, que revolucionou o debate acerca da evolução dos animais. Tratava-se de um dinossauro que possuía penas em seu corpo. A partir dessa descoberta, a árvore filogenética dos animais acabou sofrendo transformações quanto ao ancestral direto das aves. Nessa nova árvore filogenética, de qual grupo as aves se originaram?

- Peixes ósseos.
- Répteis.
- Mamíferos.
- Peixes cartilagenosos.
- Anfíbios.

2

PROCARIOTOS E A SOCIEDADE

- Domínio Archaea
- Domínio Bacteria
- Organização celular de procariotos
- Nutrição dos procariotos
- Respiração dos procariotos
- Reprodução dos procariotos
- Importância ambiental dos procariotos
- Importância econômica dos procariotos
- Doenças causadas por bactérias

HABILIDADES

- Reconhecer a organização e a classificação das células procarióticas, com ênfase nas estruturas celulares e na variação morfológica.
- Diferenciar as morfologias das células do domínio Bacteria.
- Identificar as principais características que diferenciam o domínio Bacteria do domínio Archaea.
- Relacionar as especificidades das bactérias com as condições ambientais em que vivem.
- Compreender os diferentes processos reprodutivos como meio de variabilidade genética.
- Reconhecer a importante participação dos procariotos na manutenção do equilíbrio do meio ambiente e sua relação com os seres humanos.
- Relacionar especificidades das arqueias com as condições ambientais em que vivem.
- Conhecer a importância dos procariotos no desenvolvimento da biotecnologia.
- Relacionar causas e sintomas de diferentes doenças causadas por bactérias.
- Compreender a importância do uso correto de antibióticos.

Atualmente, os procariotos estão distribuídos em dois grandes domínios: Archaea e Bacteria.

Morfológicamente, arqueia e eubactéria são bastante similares, mas existem alguns caracteres fisiológicos que permitem a distinção entre eles. Tal distinção só pode ser feita pelo sequenciamento de ácido desoxirribonucleico (DNA).

Domínio Archaea

O domínio Archaea (do grego *archaea* = antigo, ancestral) agrupa as arqueias, organismos unicelulares que habitam ambientes extremófilos, como fontes termais, respiradouros vulcânicos submarinos, meios ácidos, com altas temperaturas ou salinidade etc.

Geralmente apresentam parede celular composta de pseudopeptideoglicano ou glicoproteínas, e não apresentam peptidoglicano (diferente das bactérias), sendo, portanto mais próximas às células eucarióticas. Além disso, os processos gerais de transcrição do DNA e síntese proteica são semelhantes aos dos eucariotos.

As arqueias apresentam metabolismo quimiorganotrófico (utilizam compostos químicos orgânicos) ou quimiolitotrófico (utilizam compostos químicos inorgânicos) e espécies aeróbias e anaeróbias são comuns. Muitas das características metabólicas das arqueias são comuns às bactérias, mas as metanogênicas são exclusivas das arqueias.

Atualmente são conhecidos os filios:

- **Korarchaeota:** considerada a forma mais primitiva, são as termófilas, encontradas por exemplo nas piscinas de fontes termais do Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos.
- **Euryarchaeota:** incluem-se os organismos metanogênicos, que vivem em esgotos, pântanos e no trato digestório de cupins e ruminantes. Digerem a celulose.
- **Crenarchaeota:** são as arqueias hipertermofílicas, vivem em vulcões com temperatura entre 60 °C e 80 °C e fontes termais ácidas com pH entre 2 e 3. Usam a energia química do gás sulfídrico para produzir compostos orgânicos por quimiossíntese.
- **Nanoarchaeota:** contém uma única espécie, a *Nanoarchaeum equitans*, encontrada em respiradouros hidrotermais no fundo do Oceano Atlântico e nas fontes termais do Parque Yellowstone, nos Estados Unidos.

Domínio Bacteria

O domínio Bacteria (do grego *bakteria*: bastão) compreende as **eubactérias**, organismos unicelulares que podem viver isolados ou em colônias, encontrados em todos os ambientes terrestres e aquáticos. Atuam na decomposição da matéria orgânica ou em relações de comensalismo, mutualismo ou parasitismo.

A célula bacteriana possui uma organização mais simples que a dos demais seres vivos. Sua principal característica é a ausência de membrana nuclear e organelas membranosas.

CIANOBACTÉRIAS

Também chamadas de cianofíceas ou algas azuis, durante muito tempo as cianobactérias foram incluídas no grupo das algas. As cianobactérias são um grupo particular de bactérias, exclusivamente autótrofas fotossintetizantes que não apresentam cloroplastos e possuem uma organização celular simples, semelhante à das bactérias, formada por: membrana plasmática e citoplasma contendo ribossomos, DNA. Como exclusividade, apresentam parede celular protegida por um envoltório de mucilagem que as protege contra desidratação. Não apresentam flagelos nem pelos e movimentam-se por deslizamento.

No citoplasma, encontram-se membranas fotossintetizantes e grãos de cianossomos que otimizam a atividade fotossintética das cianobactérias. As cianobactérias possuem três grupos de pigmentos: clorofila (verde), ficocianina (azul) e ficoeritrina (vermelho), sendo um dos fatores responsáveis pela mudança na coloração de corpos de água.

As cianobactérias podem ser encontradas em ambientes aquáticos marinhos ou de água doce, nos quais constituem os principais componentes do toplâncton, e também em solos úmidos.

Organização celular de procariontos

A célula bacteriana apresenta uma parede celular de peptidoglicano (polímero de aminoácidos e polisacarídeo) que lhe confere rigidez. Já as arqueias apresentam composição variada em sua parede celular em vez de peptidoglicanos. Algumas espécies formam externamente à sua parede uma cápsula que as protege contra os processos de fagocitose e as auxilia na aderência de superfícies.

Internamente à parede celular, uma membrana plasmática lipoproteica é responsável pela permeabilidade seletiva. Observe no quadro a comparação entre as membranas plasmáticas de bactérias e arqueias.

Membrana	Bactéria	Arqueia
Quantidade de proteínas	Alta	Alta
Composição lipídica	Fosfolipídeos	Variada (fosfolipídeos, sulfolipídeos, glicolipídeos, isoprenoides, hidrocarbonetos ramificados)
Estrutura dos lipídeos	Cadeia linear	Cadeia ramificada
Ligação dos lipídeos	Éster	Éter

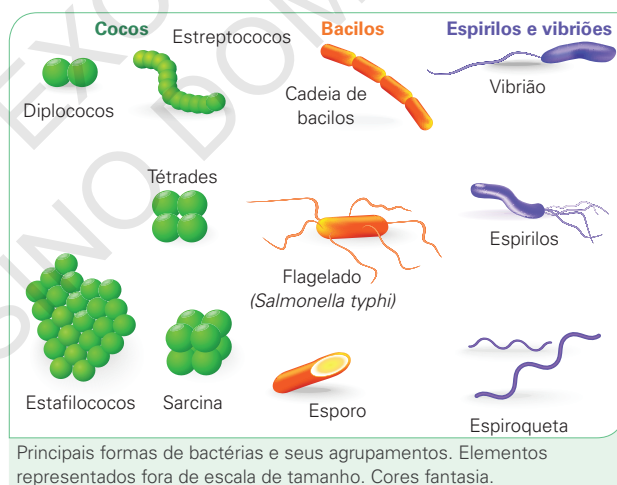
O citoplasma é composto de hialoplasma contendo ribossomos e o **nucleoide**, formado por um único DNA circular. Algumas espécies apresentam plasmídeo

(ou episomo), segmento circular de DNA utilizado no processo de conjugação, promovendo a recombinação gênica. O plasmídeo apresenta alta capacidade de mutação, o que contribui para o surgimento de bactérias resistentes a antibióticos.

Embora arqueias sejam procariontos, já que não possuem membrana nuclear e um cromossomo circular, possuem similaridades com os eucariotos por apresentar DNA protegido por proteínas denominadas histonas.

As fímbrias (ou pili) são filamentos proteicos com funções de fixação e troca de material genético durante a conjugação bacteriana, formando a fímbria sexual. Externamente, a bactéria pode apresentar flagelos de função locomotora.

A forma e o tamanho de arqueias e bactérias são similares. A forma externa de uma bactéria pode ser de quatro tipos básicos: coco (esférica), bacilo (bastão), espirilo (espiral) e vibrião (forma de vírgula). Os cocos podem se agrupar em colônias e formar diplococos (aos pares), sarcinas (forma de cubo), estreptococos (forma de colar de contas) ou estafilococos (forma de cacho de uvas) etc.



IDENTIFICAÇÃO DE BACTÉRIAS

Baseando-se na composição química da parede celular, é possível classificar as bactérias em Gram-positivas ou Gram-negativas.

O método é chamado de coloração de Gram, sendo aplicado em bactérias com a parede exterior formada por múltiplas camadas de peptidoglicano. Se a bactéria apresenta cor púrpura ou azul, esta é identificada como Gram-positiva.

Se a bactéria apresenta cor vermelha, esta é identificada como Gram-negativa, que possui uma fina camada de peptidoglicano e membrana externa formada por carboidratos, lipídeos e proteínas.

Nutrição dos procariontos

Quanto à nutrição, procariontos são classificados como autótrofos (produzem o próprio alimento) ou heterótrofos (não produzem o próprio alimento). A maioria é heterótrofa parasita ou decompositora

(saprotrófico). Há também bactérias heterótrofas que fazem fermentação (alcoólica, láctica, acética) e outras são mutualísticas, que compõem a microbiota intestinal, auxiliando na digestão e na produção de algumas vitaminas (K, B₁₂ e riboflavina), além das litotróficas que utilizam compostos inorgânicos, tais como água, sulfureto de hidrogênio ou amônia.

Os procariontos autótrofos são classificados em:

- **Fotoautotrófico:** sulfobactérias (púrpuras ou verdes) e cianobactérias. As sulfobactérias possuem o pigmento bacterioclorofila que absorve luz como fonte de energia. O CO₂ é a fonte de carbono e o gás sulfídrico, o doador de hidrogênio.
- **Fotoheterotrófico:** bactérias não sulfurosas (organotróficas). A luz é a fonte de energia e os compostos orgânicos, como álcool, açúcar e ácidos graxos, são utilizados como fonte de carbono.
- **Quimioautotrófico:** bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrobacter* e *Nitrosomonas*, que participam do ciclo do nitrogênio. Não utilizam luz e oxidam substâncias inorgânicas para obter energia e produzir substâncias orgânicas.
- Algumas espécies de arqueias, como as do gênero *Halobacterium*, possuem um pigmento denominado bacteriorrodopsina, que as deixa com coloração rósea ou púrpuro-avermelhada. Esse pigmento absorve luz solar, cuja energia é usada para produção de trifosfato de adenosina (ATP). É o processo fotossintético mais simples de que se tem conhecimento.

Respiração dos procariontos

No processo de respiração, ocorre a degradação de matéria orgânica para a produção de energia na forma de ATP, que pode ser realizada com a presença de oxigênio, caracterizando a respiração **aeróbia**. Os organismos que não utilizam oxigênio são denominados **anaeróbios** e podem ser de dois tipos:

- **anaeróbios facultativos:** realizam respiração aeróbia na presença de oxigênio (*Escherichia coli*, bactéria causadora da cólera) e respiração anaeróbia ou fermentação na ausência de oxigênio (lactobacilos que realizam fermentação láctica);
- **anaeróbios obrigatórios:** não possuem enzimas necessárias ao aproveitamento do oxigênio e, por isso, morrem em sua presença. Exemplo: *Clostridium tetani*, bactéria causadora do tétano, e arqueias metanogênicas ou que vivem em ambientes com ausência de oxigênio.

Reprodução dos procariontos

Estudos sugerem que as arqueias se reproduzem assexuadamente por divisão binária, sendo a variabilidade genética possível somente por meio de mutação.

As cianobactérias podem se reproduzir por fragmentação em filamentos menores chamados **hormogônios**, divisão binária ou esporos.

Assim como as arqueias, as cianobactérias dependem de mutações para ter variabilidade em seu material genético.

As bactérias realizam reprodução assexuada por divisão binária ou cissiparidade (surgimento de duas células-filhas geneticamente iguais).

Na reprodução assexuada, a principal fonte de variabilidade genética é a mutação. Porém, as bactérias podem fazer transferência de fragmentos de DNA de uma célula para outra, que podem ser considerados formas de reprodução sexuada. São três os processos de recombinação genética entre bactérias:

- **Conjugação:** pedaços de DNA sob a forma de plasmídeos passam diretamente da bactéria doadora para a receptora, através de fímbrias ou pili (pelos sexuais);
- **Transformação:** a bactéria absorve moléculas de DNA dispersas no meio, geralmente oriundas de outras bactérias mortas;
- **Transdução:** moléculas de DNA transferem-se de uma bactéria para outra usando um vírus bacteriófago como vetor, cujo DNA contém fragmento de DNA da bactéria anteriormente infectada. Se a próxima bactéria infectada por um desses bacteriófagos não entrar em lise, utilizará os genes transportados pelo vírus em sua constituição.

ESPOROS DE BACTÉRIAS

Esporos são células de vida latente com paredes muito resistentes, que persistem enquanto as condições ambientais são desfavoráveis. Nas cianobactérias, os esporos formados são denominados acinetos.

Importância ambiental dos procariontos

As arqueias, as bactérias e as cianobactérias atuam no meio ambiente de diversas maneiras. Um exemplo é o processo da decomposição da matéria orgânica em partículas menores, tais como amônia, sais minerais, água, gás carbônico etc.

Os resíduos provenientes desse processo podem ser utilizados por outros seres vivos, possibilitando a reciclagem da matéria nos ambientes. Sem a decomposição, os seres vivos não teriam matéria-prima para formar seus organismos.

EUBACTERIA

As bactérias participam de inúmeras interações ecológicas. Algumas associações são negativas e provocam doenças no hospedeiro, como o parasitismo.

No entanto, a grande maioria das bactérias realiza interações positivas, nas quais ambas as espécies participantes são beneficiadas. Assim como cianobacté-

rias, as bactérias do gênero *Rhizobium*, por exemplo, realizam associação mutualística com leguminosas (feijão, ervilha, soja, alfafa), nas quais formam pequenos nódulos nas raízes dessas plantas, de onde retiram nitrogênio do ar atmosférico fixando-o no solo na forma de compostos nitrogenados, usados pelas plantas em seu metabolismo. Em troca, recebem compostos orgânicos resultantes da fotossíntese realizada pela planta.

As bactérias quimiossintetizantes *Nitrossomonas* transformam a amônia (íons amônio) liberada pelos animais em nitrito, que são convertidos em nitrato por outro grupo de bactérias quimiossintetizantes, as *Nitrobacter*. Os íons nitrato podem ser assimilados pelas plantas ou serem novamente convertidos em nitritos e depois em nitrogênio por bactérias desnitrificantes. Nesta última forma, o nitrogênio retorna ao ambiente, reiniciando o ciclo.

Existem também bactérias do gênero *Pseudomonas* que são capazes de degradar o petróleo derramado no mar. Esses organismos são utilizados em técnicas de **biorremediação**, isto é, processos que removem, reduzem ou degradam os produtos tóxicos lançados no ambiente.

As bactérias compõem grande parte da massa de um organismo pluricelular, presentes dentro e fora dos corpos. Essa associação, com outros microrganismos, forma o **microbioma**. Por meio de estudos recentes, calcula-se que existam no intestino grosso humano, no qual vive a maior parte do microbioma, cerca de 39 trilhões de bactérias. Esse valor varia com a idade, o sexo, a altura e o peso de cada indivíduo. Outros fatores que alteram a concentração de bactérias são os processos metabólicos e fisiológicos: estima-se que, durante a defecação, sejam liberados cerca de 1/3 das bactérias do cólon (porção final do intestino grosso).

Cianobactérias

As cianobactérias são consideradas os organismos mais abundantes do planeta, já que ocorrem em praticamente todos os ecossistemas, como rios, lagos, mares, solos úmidos, fontes termais e regiões extremamente frias.

Assim como as arqueias, as cianobactérias foram as primeiras habitantes do planeta Terra, onde lançaram oxigênio na atmosfera primitiva há 3,5 bilhões de anos, possibilitando a existência dos organismos com respiração aeróbia.

Associadas às bactérias, elas participam do ciclo do nitrogênio, transformando o nitrogênio gasoso (N_2) em compostos nitrogenados, que são utilizados pelas plantas.

Com as algas marinhas e de água doce, as cianobactérias são consideradas os verdadeiros “pulmões do mundo”, por serem a principal fonte de oxigênio para o planeta. Isso porque grande parte do oxigênio produzido pelas florestas terrestres é consumida por elas, enquanto as cianobactérias e as algas liberam a maior parte do oxigênio produzido durante a fotossíntese para o ambiente. Além disso, a área disponível para as algas e cianobactérias é maior que para as plantas, visto que cerca de 70% do planeta Terra é coberto por água.

São também um dos principais componentes do fitoplâncton (conjunto de microrganismos fotossintetizantes), ocupando um importante papel ecológico de produtoras na cadeia alimentar marinha. Em algumas condições, formam florações que produzem toxinas (cianotoxinas). Embora não se conheça claramente as causas da liberação dessas toxinas, há evidências de que seja um mecanismo de defesa contra a predação de herbívoros.

Podem, também, associar-se a fungos formando os **líquens**. Nessa associação, os fungos cultivam as cianobactérias, que fornecem os nutrientes por meio da fotossíntese.

ARCHAEA

O fundo oceânico é um ambiente essencialmente escuro, com poucos nutrientes disponíveis e submetido a altas pressões. Nele, as arqueias compõem grande parte da biomassa, além de ter um papel-chave nos ciclos biogeoquímicos, degradando a matéria orgânica e disponibilizando-a para a entrada na cadeia alimentar.

As arqueias metanogênicas são ecologicamente importantes na ciclagem de matéria orgânica, visto que a metanogênese (geração de metano) é a última etapa da redução total do carbono. Geralmente são encontradas em ambientes com pouco ou nenhum oxigênio disponível, como pântanos, sedimentos e depósitos de lixo urbano.

Além de atuar naturalmente no ciclo do carbono, as arqueias metanogênicas – com as bactérias fermentadoras – são úteis na decomposição do lixo urbano e na geração de gás metano (biogás), que pode ser aproveitado como combustível.

Existem arqueias que também desenvolvem relações ecológicas de parasitismos, como a termofílica *Nanoarchaeum equitans* que parasita a arqueia *Ignococcus* sp.

Algumas espécies de arqueias são empregadas em processos de biorremediação para limpar ambientes aquáticos contaminados com petróleo (junto com bactérias) ou no tratamento de resíduos industriais das águas de produção, em que o uso de microrganismos convencionais não é possível por causa da alta salinidade.

Importância econômica dos procariotos

PRODUÇÃO DE BEBIDAS E ALIMENTOS POR BACTÉRIAS

Muitas espécies de bactérias são fundamentais na indústria alimentícia. Alguns dos produtos gerados pela fermentação bacteriana são:

- **ácido láctico:** produzido pelos lactobacilos. O ácido láctico altera o pH do leite, possibilitando sua transformação em uma série de derivados, como iogurte, coalhada, queijos;
- **ácido acético:** é o principal componente do vinagre, produzido por bactérias dos gêneros *Acetobacter* e *Glucobacter*. Pode ser produzido também sintetica-

mente pela oxidação total do etanol ou pela carbonilação do metanol. O ácido acético é usado na indústria química e na indústria alimentícia;

- **fermentação alcoólica:** nesse processo, açúcares como glicose, frutose e sacarose são convertidos em energia celular, com produção de etanol e dióxido de carbono como resíduos metabólicos. Embora grande parte da fermentação da cerveja e de vinhos seja feita por leveduras (tipo de fungo unicelular), as bactérias também têm um importante papel nesse processo, especialmente na diminuição da acidez do vinho e estabilização microbiológica que garante o aroma e o sabor.

A indústria de alimentos enlatados aplica medidas rigorosas para eliminar os esporos da bactéria *Clostridium botulinum*, responsável pelo botulismo, intoxicação alimentar que pode ser fatal. Em pequenas concentrações, o botox (nome comercial da toxina) é usado para fins estéticos (atenuar rugas e marcas de expressão) e clínicos, no tratamento de bruxismo e da paralisia cerebral.

PRODUÇÃO DE MEDICAMENTOS

Algumas bactérias são usadas na produção de antibióticos, substâncias que afetam somente o metabolismo das bactérias. Geralmente os antibióticos funcionam atacando a parede celular da célula procariótica. Como a composição da parede celular das arqueias é de outra natureza, elas se mostram não sensíveis à ação dos antibióticos.

Mais recentemente, as bactérias têm sido empregadas na engenharia genética para a produção de medicamentos contra doenças como tuberculose, tétano e coqueluche. A insulina humana e o hormônio do crescimento são exemplos de fármacos produzidos com bactérias (*Escherichia coli*) geneticamente modificadas.

As vacinas são produzidas de bactérias patogênicas atenuadas ou vivas e são capazes de estimular o sistema imunológico a produzir anticorpos.

PREJUÍZOS ECONÔMICOS

Além de doenças em animais, algumas bactérias podem causar patologias em plantas, denominadas genericamente de bactérias fitopatogênicas.

Como plantações em geral são monoculturas, bactérias disseminam-se rapidamente, tornando-se difícil exterminá-las e, por conseguinte, causando grandes perdas econômicas.

Entre essas bactérias, destacam-se o gênero *Acidovorax*, que causa a mancha bacteriana do fruto; o gênero *Burkholderia*, que causa a queima da panícula do arroz; *Pseudomonas* e *Xanthomonas*, responsáveis pela mancha do pepino e do tomateiro; e o gênero *Ralstonia*, que causa a murcha da batata.

Doenças bacterianas

Algumas bactérias podem causar doenças parasitando tecidos de hospedeiros; outras vivem em simbiose, como a *Escherichia coli*, uma habitante natural da flora intestinal de humanos e de alguns animais que, em grande quantidade e em situações adversas, podem causar gastroenterite ou infecção urinária. Já outras bactérias, como as do gênero *Clostridium*, causam tétano e botulismo. Existem vários casos de doenças sexualmente transmissíveis (DST) causadas por bactérias, como a gonorreia e a sífilis.

As doenças bacterianas podem ser transmitidas de diversas formas, como contato direto com superfícies ou secreções contaminadas, pelas vias respiratórias, alimentos contaminados ou por contato sexual sem preservativo.

A prevenção de certas doenças bacterianas ocorre por meio de vacinas.

Bactérias resistentes

Algumas bactérias são normalmente sensíveis a determinados antibióticos, enquanto outras se tornam resistentes. Essa resistência pode ser natural ou adquirida. Um dos principais fatores da resistência bacteriana a antibióticos se dá por alteração genética que se expressa bioquimicamente, em razão de seu alto poder de mutação espontânea e recombinação de genes durante a reprodução. O uso indiscriminado do antibiótico pode ser a segunda causa, não por promover alteração diretamente no material genético da bactéria, mas por ser agente selecionador de indivíduos mais resistentes numa população.

A melhor prevenção contra o aumento da resistência bactericida é evitar o uso indiscriminado e/ou incorreto do antibiótico, como doses exageradas ou reduzidas, a falta de atenção ao cumprimento dos horários de ingestão do medicamento e a automedicação.

O exame antibiograma, que consiste no cultivo de bactérias que acometem um paciente, é a melhor forma de definir o tratamento com o uso de antibióticos.

Principais doenças bacterianas

Bactéria	Doença	Transmissão	Sintomas
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> (bacilo de Koch)	Tuberculose	Vias aéreas	Tosse seca, expectoração, falta de apetite, hemoptise (tosse com sangue).
<i>Mycobacterium leprae</i> (bacilo de Hansen)	Hanseníase	Vias aéreas e contato direto	Lesões ulceradas e deformantes, com perda da sensibilidade, principalmente nas extremidades do corpo.
<i>Treponema pallidum</i>	Sífilis	Contato sexual sem preservativo ou transmissão vertical	Úlceras no local de entrada da bactéria na pele (pênis, vagina, ânus, boca).

Principais doenças bacterianas

Bactéria	Doença	Transmissão	Sintomas
<i>Bordetella pertussis</i>	Coqueluche	Contato direto e vias aéreas	Tosse seca constante.
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Difteria	Vias aéreas	Dificuldade em falar e engolir.
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Pneumonia bacteriana	Vias aéreas	Tosse, febre, dificuldade respiratória.
<i>Salmonella typhi</i> (bacilo de Eberth)	Febre tifoide	Água e alimentos contaminados	Diarreia, cólicas e febre.
<i>Neisseria meningitidis</i>	Meningite meningocócica	Contato direto	Febre, dores na cabeça, principalmente na nuca.
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	Via fecal-oral	Diarreias intensas, vômito e desidratação.
<i>Clostridium tetani</i> (bacilo de Nicolaier)	Tétano	Contaminação de ferimentos na pele ou mucosas	Enrijecimento muscular.
<i>Clostridium botulinum</i>	Botulismo	Ingestão da toxina liberada em conservas pela bactéria ou em alimentos contaminados.	Tremores, paralisia muscular progressiva e paralisia respiratória.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Escarlatina	Contato com saliva, secreção nasal, espirro ou perdígotos de pessoas contaminadas.	Dor de garganta, febre e erupções na pele, com manchas vermelho-escarlate.
<i>Rickettsia rickettsii</i>	Febre maculosa	Picada do carrapato-estrela (<i>Amblyomma cajennense</i>) ou de sua ninfa (fase do seu ciclo).	Febre, dores de cabeça e nas articulações e manchas na pele.
<i>Leptospira interrogans</i> ou <i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i> (forma mais grave: síndrome de Well)	Leptospirose	Penetração da bactéria pela pele, mucosas da boca, narinas e olhos. Ocorre quando entra em contato com água ou alimentos contaminados por urina de ratos.	Febre, dor de cabeça e no corpo, hemorragias digestivas, lesões na pele e problemas respiratórios.
<i>Chlamydia trachomatis</i>	Tracoma	Contato com os olhos, nariz e secreções bucais de indivíduos contaminados.	Fotofobia, prurido, secreção e lacrimejamento nos olhos.
<i>Salmonella</i> sp.	Gastroenterite	Fecal-oral	Febre, vômito, diarreia, dor abdominal.
<i>Haemophilus ducreyi</i>	Cancro mole	Relações sexuais sem preservativos.	Lesões nos órgãos genitais.
<i>Yersinia pestis</i>	Peste bubônica	Pela pulga do rato (<i>Xenopsylla cheopis</i>) contaminada com a bactéria; marmotas, esquilos e ratos são transmissores.	Manchas escuras na pele e comprometimento pulmonar.

ROTEIRO DE AULA

Domínio

Archaea

Bacteria

Polissacarídeos

← Parede celular com →

Peptidoglicano

Classificação

Formas

Korarchaeota

Coco

Crenarchaeota

Bacilo

Nanoarchaeota

Espirilo

Euryarchaeota

Vibrião

Nutrição

Autótrofos

Heterótrofos

Fotoautotróficos

Parasitas

Químioautotrófico

Saprófitas

Mutualísticas

Fermentadoras

Fotoheterotrófico

ROTEIRO DE AULA

Procaríotos e sociedade

Importância ambiental

Degradação da matéria orgânica

formação de:

compostos nitrogenados

Participação nos ciclos biogeoquímicos,

a exemplo da fixação do:

nitrogênio

Relações mutualísticas com

leguminosas e líquens

Principais produtoras do gás

oxigênio

Fermentação

acética

lática

alcoólica

Importância econômica

Produção de gás

metano

Biotechnologia

técnicas de PCR

fármacos por meio da engenharia genética

insulina

antibióticos

combatem doenças bacterianas

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Unicamp-SP – Em 2016, a Organização Mundial da Saúde (OMS) apresentou novas diretrizes para o tratamento de três doenças sexualmente transmissíveis: sífilis, gonorreia e clamidíase.

As três doenças citadas são causadas por:

- a) microrganismos (bactérias ou vírus), que passaram dos macacos para o ser humano há muitos anos, levando ao surgimento de epidemias e pandemias.
- b) bactérias, que podem se tornar resistentes a antibióticos, se utilizados em excesso ou de forma inapropriada, dificultando o tratamento.**
- c) bactérias, que podem ser tratadas e eliminadas pelo uso diligente de preservativos (masculinos ou femininos) durante as relações sexuais.
- d) protozoários, que podem ser tratados e eliminados pelo uso diligente de preservativos (masculinos ou femininos) durante as relações sexuais.

Sífilis, gonorreia e clamidíase são causadas por bactérias, que podem se tornar resistentes a antibióticos, se utilizados em excesso ou de forma inapropriada, dificultando o tratamento.

2. IFSP (adaptada) – Sobre a organização estrutural da célula bacteriana, é correto afirmar que sua principal característica é a:

- a) presença de núcleo com nucléolo.
- b) presença de núcleo sem nucléolo.
- c) presença de envoltório nuclear.
- d) ausência de material genético.
- e) ausência de núcleo delimitado por envoltório nuclear.**

Bactérias são organismos procariotos que possuem como característica a ausência de envoltório nuclear.

3. PUC-RJ (adaptada) – Johanna Döbereiner foi uma pesquisadora pioneira no Brasil, que correlacionou a maior produção de biomassa vegetal em leguminosas com a presença de nódulos em suas raízes. Com qual processo de um ciclo biogeoquímico essas estruturas estão relacionadas?

Os nódulos nas raízes são associações de bactérias com leguminosas que estão relacionadas à fixação do nitrogênio.

4. Unicamp-SP – A vaca é um ruminante, cujo estômago tem compartimentos onde ocorre o processo de digestão da celulose. Esse processo é auxiliado por microrganismos.

- a) Que tipo de relação biológica existe entre a vaca e esses outros seres vivos? Justifique.

Esses microrganismos produzem a enzima celulase, que é responsável pela hidrólise da celulose. Em relação aos ruminantes, têm uma relação harmônica, interespecífica, de benefícios mútuos, denominada mutualismo.

- b) Que nutrientes do mesmo grupo da celulose os humanos conseguem digerir?

Amido, glicogênio (polissacarídeos).

5. Cefet-MG (adaptada)

C8-H28

Trabalhos comparativos de sequências de DNA de diversos organismos classificaram em apenas três grandes grupos (ou domínios) todos os organismos conhecidos até então: *Bacteria*, *Archaea* e *Eukarya*. Contrapondo-se ao que se acreditava há 40 anos, as arqueobactérias (atualmente denominadas arqueias) não originaram as bactérias atuais, mas derivaram do mesmo ancestral comum que elas.

Disponível em: <<http://www.infoescola.com/biologia/archaea/>>.

Apesar dessa semelhança evolutiva, as arqueias diferem-se das bactérias porque as primeiras:

- a) apresentam célula procariótica.
- b) contêm tanto DNA quanto RNA.
- c) possuem organização unicelular e peptidoglicano na parede celular.
- d) habitam ambientes com condições extremas e não apresentam peptidoglicano.
- e) são capazes de produzir seu próprio alimento.**

As arqueias diferem-se das bactérias por serem organismos extremófilos (habitam ambientes com condições abióticas extremas) e por não apresentarem peptidoglicano na parede celular.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científicotecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

6. UFRJ – Algumas bactérias são patogênicas por causa das toxinas que produzem. Esse é o caso da *Clostridium tetani*, uma bactéria anaeróbia obrigatória causadora do tétano. Essa bactéria não invade o organismo, mas libera a toxina tetânica, que afeta o sistema nervoso e produz rigidez muscular quando prolifera em feridas profundas; entretanto, quando a bactéria infecta feridas superficiais, não ocorre tétano.

Explique por que o tétano só ocorre em feridas mais profundas.

Nas feridas mais profundas, o ambiente é anaeróbio, criando um ambiente favorável para a proliferação da bactéria *C. tetani*, que é anaeróbia.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UFRGS-RS – Um dos maiores problemas mundiais de saúde pública é a infecção hospitalar. Recentemente, constatou-se que a bactéria *Klebsiella pneumoniae*, responsável pela pneumonia e por infecções da corrente sanguínea, tornou-se resistente a todos os antibióticos utilizados atualmente. Essa resistência, por sua vez, foi propagada por conjugação para a bactéria *Escherichia coli*, que vive nos intestinos de animais homeotérmicos e é onipresente em nosso ambiente.

Considere as afirmações sobre a situação apresentada.

- I. A utilização de antibióticos exerce pressão seletiva para a aquisição de resistência.
- II. A utilização de antibióticos causa mutações que conferem resistência às bactérias.
- III. As bactérias podem adquirir resistência sem terem sido expostas aos antibióticos.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

8. Sistema Dom Bosco – Algumas bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Azotobacter* são importantes para o ciclo do nitrogênio, como fixadoras do N_2 . A segunda vive no solo e é capaz de captar o N do ar e liberá-lo no solo na forma de íon amônio. A primeira vive como endossimbionte nas raízes de leguminosas.

Qual é o processo que caracteriza esse tipo de metabolismo?

- a) Mutualismo
- b) Fotossíntese
- c) Heterotrófico
- d) Aeróbio
- e) Anaeróbio

9. Univesp – Essas bactérias elaboram a quimiossíntese e utilizam os seguintes compostos em seus processos de oxidação: NO_2 e NH_3 .

De acordo com esses compostos utilizados, assinale a alternativa que nomeia essas bactérias.

- a) Sulfobactérias.
- b) Ferrobactérias.
- c) Nitrobactérias.
- d) Cianobactérias.
- e) Arqueobactérias.

10. Fatec-SP – Um dos problemas enfrentados atualmente pelas cidades é o grande volume de esgoto doméstico gerado por seus habitantes. Uma das formas de minimizar o impacto desses resíduos é o tratamento dos efluentes realizado pelas estações de tratamento. O principal método utilizado para isso é o tratamento por lodos ativados, no qual o esgoto é colocado em contato com uma massa de bactérias em um sistema que garante a constante movimentação e oxigenação da mistura, ambas necessárias para que o processo de decomposição possa ocorrer. As bactérias envolvidas no método de tratamento de esgoto descrito obtêm energia por meio do processo de:

- a) fermentação, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
- b) respiração anaeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para realizar a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica.
- c) respiração anaeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
- d) respiração aeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria inorgânica em matéria orgânica.
- e) respiração aeróbia, pois necessitam do gás oxigênio para promover a transformação da matéria orgânica em matéria inorgânica.

11. Fuvest-SP – As bactérias do gênero *Helicobacter* vivem em ambientes com pH ao redor de 2; as do gênero *Enterococcus*, num pH ao redor de 5; e as bactérias do gênero *Escherichia* vivem em ambientes com pH próximo de 8. Considerando essas informações, qual o órgão em que é mais provável encontrar cada um desses gêneros de bactérias?

12. Unicamp-SP – Campinas viveu no verão deste ano a maior epidemia de dengue da sua história e situação semelhante foi observada em outras cidades brasileiras. Indique o vetor dessa virose, onde ele se reproduz e a situação de temperatura que influencia sua reprodução.

- a) O vetor do vírus da dengue é o *Aedes aegypti*. Suas fases imaturas desenvolvem-se no solo e há diminuição na sua reprodução em temperaturas abaixo de $17^\circ C$.
- b) O vetor do vírus da dengue é o *Culex quiquefasciatus*. Suas fases imaturas desenvolvem-se na água suja e há aumento na sua reprodução em temperaturas abaixo de $17^\circ C$.
- c) O vetor do vírus da dengue é o *Aedes aegypti*. Suas fases imaturas desenvolvem-se na água limpa e há diminuição na sua reprodução em temperaturas abaixo de $17^\circ C$.
- d) O vetor do vírus da dengue é o *Culex quiquefasciatus*. Sua reprodução se dá no solo e sofre aumento em temperaturas abaixo de $17^\circ C$.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C8-H29

Os medicamentos são rotineiramente utilizados pelo ser humano com o intuito de diminuir ou, por muitas vezes, curar possíveis transtornos de saúde. Os antibióticos são grupos de fármacos inseridos no tratamento de doenças causadas por bactérias:

- a) ativando o sistema imunológico do hospedeiro.
- b) interferindo na cascata bioquímica da inflamação.
- c) removendo as toxinas sintetizadas pelas bactérias.
- d) combatendo as células hospedeiras das bactérias.
- e) danificando estruturas específicas da célula bacteriana.

19. Enem

C8-H29

Suponha que uma doença desconhecida esteja dizimando um rebanho bovino de uma cidade e alguns veterinários tenham conseguido isolar o agente causador da doença, verificando que se trata de um ser unicelular e procaríoto. Para combater a doença, os veterinários devem administrar, nos bovinos contaminados,

- a) vacinas.
- b) antivirais.
- c) fungicidas.
- d) vermífugos.
- e) antibióticos.

20. Enem

C3-H11

Para o consumidor, é praticamente impossível identificar a diferença entre a sacola biodegradável e a comum, feita de polietileno – derivado do petróleo. Alguns governos municipais já exigem que os supermercados ofereçam sacolas biodegradáveis em substituição às sacolas comuns.

Disponível em: <<http://epocanegocios.globo.com>>.

A atitude tomada pelos governos municipais deve-se ao(à):

- a) maior resistência que os materiais biodegradáveis apresentam em relação aos comuns.
- b) escassez das matérias-primas derivadas do petróleo para produção das sacolas comuns.
- c) custo consideravelmente menor das sacolas biodegradáveis em relação ao das sacolas comuns.
- d) maior capacidade de produção das sacolas biodegradáveis, já que as fontes podem ser renováveis.
- e) rápida decomposição das sacolas biodegradáveis pela ação de bactérias, em comparação às sacolas comuns.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOMINUS



PROTISTAS: PROTOZOÁRIOS E ALGAS

- Origem e evolução dos protistas
- Características gerais e classificação dos protozoários
- Aspectos ecológicos dos protozoários
- Protozoonoses
- Características gerais das algas
- Classificação das algas
- Reprodução das algas

HABILIDADES

- Reconhecer as diferentes morfologias dos protozoários.
- Associar características adaptativas dos protozoários com seu modo de vida e de distribuição nos ambientes.
- Associar a necessidade de higiene pessoal como forma de prevenir doenças causadas por protozoários.
- Conhecer o ciclo de vida de alguns protozoários causadores de doenças.
- Caracterizar as algas como organismos protistas.
- Reconhecer e descrever a morfologia e a fisiologia das algas e sua relação com o hábitat.
- Conhecer o sistema de classificação das algas.
- Identificar a importância ambiental e econômica das algas.
- Reconhecer causadores de doenças.

Entre os seres vivos, os protistas são os que possuem maior diversificação de estratégias adaptativas, refletida no grande número de grupos descritos.

Origem e evolução dos protistas

De acordo com a teoria da endossimbiose as mitocôndrias e os cloroplastos de células eucarióticas foram originados de organismos procariotos. Bactérias aeróbias que invadiram ou foram fagocitadas por células eucarióticas heterotróficas passaram a viver em simbiose, dando origem às mitocôndrias.

A linhagem de eucariotos que derivou apenas desse tipo de endossimbiose com bactérias aeróbias está representada pelos Diplomonadidas, Parabasálias, Amebozoas, Foraminíferos, Radiolários, Heliozoários, Fungos e Animais. Em alguns desses organismos, a mitocôndria foi perdida ou transformada em novas funções. Todos os demais eucariotos derivam de outra linhagem em que ocorreu endossimbiose também com cianobactérias.

Os cloroplastos provavelmente passaram por processos de endossimbiose primária ou por outros processos de **endossimbiose secundária**, na qual células com mitocôndria podem ter englobado uma cianobactéria fotossintetizante, originando os cloroplastos. Os organismos clorofilados que surgiram **somente** por endossimbiose primária foram as algas verdes, as plantas e as algas vermelhas.

Os demais organismos clorofilados surgiram por endossimbiose secundária com algas verdes ou vermelhas, em que fagocitaram e incorporaram os cloroplastos de tais algas. Dessa maneira, geraram cloroplastos complexos com três ou quatro membranas e parte do ácido desoxirribonucleico (DNA) dessa organela foi também incorporada ao material genético da célula hospedeira.

Portanto, acredita-se que parte da grande diversidade dos protistas se deve a eventos de endossimbiose, que então deram origem a duas linhagens evolutivas: a derivada por endossimbiose.

A endossimbiose com algas verdes originou duas linhagens: os **euglenoides** (em que, durante a evolução, alguns representantes perderam os cloroplastos e tornaram-se heterótrofos) e os **cinetoplastídeos** (heterótrofos que perderam o cloroplasto, como o *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas).

AMEBOZOAS

Os principais representantes desse filo são as amebas, as quais podem ser de vida livre, comensais ou parasitas. O citoplasma diferencia-se em duas regiões: ectoplasma ou plasmagel, mais externo e viscoso; endoplasma ou plasmasol, interno e fluido. As mudanças no grau de viscosidade permitem a emissão de pseudópodes para seu deslocamento e englobamento de partículas alimentares. Espécies de vida livre alimentam-se de bactérias, algas e outros protozoários e digerem as presas por fagocitose.

Algumas amebas apresentam carapaças protetoras – tecamebas, compostas de minerais de sílica e carbonato de cálcio.

ACTINOPODA E FORAMINIFERA

Os Actinopoda incluem os radiolários e os heliozoários, que apresentam pseudópodes muito finos e ramificados denominados reticulópode. Os **radiolários** são todos marinhos, planctônicos e apresentam uma cápsula central, esférica e perfurada, com um esqueleto feito de sílica.

Heliozoários geralmente vivem em água doce, são esféricos e não apresentam cápsula interna central. Capturam alimento com seus pseudópodes afilados.

Os **foraminíferos** são protozoários microscópicos marinhos, com carapaça de carbonato de cálcio, que formam pseudópodes finos e ramificados numa espécie de trama que captura pequenos microrganismos dos quais se alimentam.

ZOOMASTIGOPHORA OU CINETOPLASTIDA

Os representantes desse filo locomovem-se por meio de um ou mais flagelos, também utilizados para a alimentação. Apresentam uma única e grande mitocôndria que, na base do flagelo, apresenta uma dilatação com grande quantidade de DNA denominada **cinetoplasto**.

Os representantes mais conhecidos são os parasitas humanos *Giardia* sp., *Trichomonas* sp., *Trypanosoma* sp. e *Leishmania* sp.

A reprodução dos flagelados geralmente ocorre por cissiparidade.

Ciliophora

Fazem a locomoção por cílios, que se movem coordenadamente, e apresentam grande variedade de formas e tamanhos. Entre os protozoários, os ciliados são estruturalmente mais complexos e possuem diferentes especializações. A maioria dos ciliados é de vida livre, de água doce ou salgada. Alguns podem ser parasitas.

Os paramécios são o grupo mais representativo entre os ciliados. Eles movem-se rapidamente por impulso dos batimentos ciliares, em um movimento de rotação em torno do próprio eixo. O alimento é levado até o sulco oral pela corrente formada pelo batimento ciliar. Possuem dois vacúolos pulsáteis de posição fixa, um em cada extremidade do microrganismo, responsáveis pela regulação osmótica.

Apicomplexa

Um conjunto de organelas denominadas **complexo apical** caracteriza esse filo, presente em partes do estágio de seu desenvolvimento. Elas auxiliam o protozoário a penetrar ou se fixar na célula hospedeira.

Os representantes desse filo são parasitas obrigatórios, alimentam-se por absorção e podem parasitar diversos filios de animais, entre os quais o ser humano.

Suas células têm forma arredondada ou alongada, com um núcleo e sem muitas organelas. A reprodução assexuada se faz por divisão múltipla ou esquizogonia – processo em que a célula se torna multinucleada por mitoses sucessivas, resultando na divisão do citoplasma. O desenvolvimento de um esporo infeccioso, geralmente revestido com **carapaça** resistente, ocorre em alguma fase do ciclo de vida.

Pode ocorrer uma fase sexuada no ciclo de vida, com a diferenciação das células em gametas e posterior fusão – processo da gamogonia. A reprodução por esporogonia é típica do grupo. Após a formação do

zigoto, a célula passa por encistamento e sofre meiose, originando quatro esporozoítos haploides. Estes se multiplicam por mitose até serem eliminados do cisto.

ESTRUTURA E FISIOLOGIA DOS PROTOZOÁRIOS

Por apresentarem grande diversidade de habitats, formas e alimentação, os diferentes filios de protozoários apresentam particularidades. No geral, a célula dos protozoários apresenta envoltório (membrana plasmática), citoplasma e núcleo. Pode ser flexível como nas amebas ou apresentar película resistente que mantém a forma da célula inalterada. O citoplasma contém organelas celulares típicas de eucariotes e o envoltório nuclear.

Protozoários de água doce são hipertônicos em relação ao meio, por isso recebem água por osmose. O controle hídrico é feito pelo vacúolo pulsátil (ou contrátil). Protozoários marinhos são isotônicos em relação ao meio e não possuem vacúolo contrátil.



Micrografia eletrônica de vacúolos contráteis de um *Paramecium caudatum*. Aumento desconhecido.

MICRO_PHOTO/ISTOCKPHOTO.COM

REPRODUÇÃO DOS PROTOZOÁRIOS

A reprodução assexuada é a mais comum nos protozoários. Destaca-se a fissão binária ou cissiparidade, que resulta em dois indivíduos idênticos. Alguns protozoários, em condições desfavoráveis ou obrigatoriamente em alguma fase de seu ciclo de vida, podem formar cistos, cuja função é proteger a célula das adversidades ambientais.

Na reprodução sexuada, ocorre a fusão de dois organismos, formação de zigoto e uma posterior divisão. A reprodução sexuada tem sua importância na recombinação genética. A conjugação não envolve gametas e é observada em paramécios, em condições ambientais desfavoráveis.

PROTOZOONozES

Causadas por protozoários, certas doenças muitas vezes estão relacionadas à falta de higiene e de saneamento básico.

Alguns protozoários parasitas apresentam ciclo de vida **monoxênico ou monogenético**, que envolve apenas

um hospedeiro. Outros apresentam ciclo **heteroxênico ou digenético**, envolvendo dois ou mais hospedeiros. Estes podem ser intermediários, quando apresentam parasita em fase larvária, ou de reprodução assexuada.

O hospedeiro definitivo é aquele que apresenta o parasita em fase adulta ou de reprodução sexuada. Quan-

do o parasita é transmitido por outro ser, este é denominado **vetor** e a transmissão pode ser de forma ativa ou passiva. Muitos protozoários causadores de doenças podem desenvolver um ciclo de vida em hospedeiros diferentes. Um deles pode desempenhar apenas o papel de reservatório natural, e o outro manifesta a infecção.

Doença / Agente etiológico	Transmissão	Sintomas	Profilaxia
Amebíase: <i>Entamoeba histolytica</i>	Ingestão de água ou alimentos contendo cistos eliminados com as fezes da pessoa contaminada.	Diarreia sanguinolenta, cólicas abdominais, náuseas, vômitos, emagrecimento, fadiga muscular.	Saneamento básico; ingestão de água tratada ou fervida e de frutas e verduras bem lavadas; higiene pessoal e tratamento dos doentes.
Giardíase: <i>Giardia intestinalis</i> (<i>G. lamblia</i>)	Ingestão de cistos, geralmente presentes na água e nos alimentos contaminados.	Dor abdominal, irritabilidade, falta de apetite, náusea, vômito e diarreia aquosa alternada com fezes gordurosas.	Saneamento básico; tratamento dos doentes, higiene pessoal; cuidados na ingestão de alimentos, especialmente de verduras cruas.
Tricomoniase: <i>Trichomonas vaginalis</i> (protozoário flagelado)	Direta: contato sexual sem preservativo com portadores; uso de sanitários e banheiros contaminados, uso compartilhado de roupas íntimas e toalhas.	Corrimento amarelado ou esverdeado, dores, pruridos, odor forte e infecções na vagina e na uretra. Registram-se casos assintomáticos, principalmente em homens.	Uso de preservativo nas relações sexuais, cuidados higiênicos no uso de sanitários e banheiros, não compartilhamento de roupas íntimas e toalhas.
Toxoplasmose: <i>Toxoplasma gondii</i> (protozoário esporozóario)	Ingestão de água ou alimentos contaminados com cistos do parasita; ingestão de carne crua ou malcozida de animais infectados; transmissão vertical (de mãe para filho durante a gravidez).	Assintomática ou sintomas semelhantes aos de uma gripe; comprometimento da retina com risco de cegueira, lesões no sistema nervoso e nos pulmões em casos de pessoas com sistema imunológico comprometido.	Ingestão de carnes bem cozidas e alimentos higienizados; ingestão de água potável; evitar contato com fezes de animais contaminados, principalmente gatos.
Leishmaniose: <i>Leishmania brasiliensis</i> <i>Leishmania chagasi</i>	Pela picada da fêmea do mosquito-palha, contaminado com o protozoário.	A leishmaniose tegumentar ou úlcera de Bauru se manifesta com feridas na pele, ulcerosas e de bordas elevadas. A leishmaniose visceral ataca o fígado e o baço, provocando febre, anemia, inapetência, inchaço do baço e do fígado.	Combate à proliferação do inseto, eliminando poças que servem de criadouro para larvas; uso de repelentes e telas protetoras; tratamento dos doentes.
Doença de Chagas ou tripanossomíase americana (<i>Trypanosoma cruzi</i>)	Pelas formas infectantes (tripomastigotas metacíclicas), presentes nas fezes do barbeiro que defeca no momento da picada.	Cansaço, febre, aumento do fígado e do baço, inchaço dos gânglios linfáticos (primeiros estágios). No estágio avançado, os protozoários se instalam no coração, provocam lesões e causam insuficiência cardíaca.	Impedir a picada do transmissor com proteção sobre as camas e telas de proteção nas janelas e portas; combate ao foco do triatomíneo; tratamento dos doentes.
Malária (<i>Plasmodium</i> sp.)	Pela picada da fêmea do mosquito <i>Anopheles</i> contaminado com o protozoário.	Picos de febre alta e calafrios associados a mal-estar, cefaleia, dores musculares e articulares, náuseas, sudorese e prostração.	Combate aos criadouros de mosquitos; tratamento dos doentes; uso de proteção sobre as camas e telas de proteção nas janelas e portas.

CICLO BIOLÓGICO DOS PRINCIPAIS PROTOZOÁRIOS PARASITAS

Entamoeba histolítica

Causa a amebíase e apresenta ciclo monoxênico. No final do intestino delgado, os cistos ingeridos se rompem, liberando os trofozoítos que migram para o intestino grosso (fase comensal), no qual se reproduzem por divisão binária e formam novos cistos. A fase patológica é iniciada quando há invasão da mucosa intestinal ou de outros órgãos como o fígado, o cérebro e os pulmões, alcançados pela corrente sanguínea. Nesse segundo caso, a espécie é a *E. dispar*.

Trypanosoma cruzi

Causa a doença de Chagas e tem como vetores os barbeiros *Triatoma infestans* e *Panstrongylus megalistus*, que adquirem o *Trypanosoma cruzi* sugando o sangue de pessoas contaminadas ou de animais, que funcionam como reservatório do protozoário. A contaminação pode ocorrer também por transfusão de sangue, transplantes, na gravidez e de forma oral, por ingestão de alimento não pasteurizado, contendo fezes com o protozoário tripanossoma, como no caso do açai e do caldo de cana. Atingindo a corrente sanguínea, os tripanossomos podem invadir células de diferentes órgãos, especialmente o coração, levando à insuficiência cardíaca.

Plasmodium sp.

Os esporozoítos do gênero *Plasmodium* são causadores da malária, doença que afeta milhares de pessoas, principalmente em regiões tropicais. A infecção causa acessos febris cíclicos de acordo com a fase do ciclo de vida.

Ao entrarem na corrente sanguínea pela picada do mosquito, os esporozoítos migram para o fígado, no qual, no interior das células hepáticas, dividem-se assexuadamente. Após várias divisões, as células se rompem, liberando os merozoítos que irão infectar hemáceas. Após a multiplicação em hemácias, os merozoítos transformam-se em trofozoítos e são liberados com suas toxinas. Esse evento pode ocorrer a cada 48 horas (febre terçã) em infecção por *Plasmodium falciparum* ou *P. vivax* e a cada 72 horas em infecção por *P. malariae* (febre quartã), e as toxinas causam febre alta, tremores, sudorese, cansaço, dores de cabeça e no corpo.

O protozoário é transmitido pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles*. No Brasil, a região de maior incidência é a Amazônica (Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins).

Leishmania sp.

No Brasil, ocorrem a leishmaniose tegumentar americana ou cutânea (*Leishmania brasiliensis*) e a leishmaniose visceral americana (*Leishmania chagasi*). No caso da leishmaniose visceral, há comprometimento do baço, do fígado e da medula óssea, além de baixa resposta imune. Na leishmaniose tegumentar, as lesões começam como pápulas ou nódulos e evoluem para ulcerações com borda alta e cratera central, pode ser indolor.

Os protozoários flagelados se desenvolvem no intestino da fêmea do mosquito-palha *Lutzomia longipalpis* (flebotomos). Esses mosquitos são infectados ao picar mamíferos contaminados como gambás, ratos e cães, que são os reservatórios desse parasita, o qual se apresenta sob a forma de amastigota. A forma infectante para os humanos é a promastigota (forma flagelada), transformação sofrida pelo amastigota no intestino do inseto. Esses protozoários entram na corrente sanguínea e, ao invadir os macrófagos, perdem o flagelo e passam a ser chamados de amastigotas novamente.

Algas

As algas estão incluídas entre os organismos vivos mais antigos da Terra, presentes há três bilhões de anos.

Características gerais das algas

As algas (do latim: *algae* = erva do mar) são organismos unicelulares ou pluricelulares com o corpo reduzido a um talo e não apresentam tecido verdadeiro e vasos condutores de seiva, como é o caso das plantas. Por não formarem raiz, caule nem folhas, classificam-se como **talófitas**.

O tamanho das algas unicelulares pode variar de um a centenas de micrômetros. Ao formarem colônias, alcançam grandes dimensões.

A maioria das algas constitui-se de organismos autótrofos fotossintetizantes, contendo clorofila e outros pigmentos dentro dos cloroplastos. Todas que realizam fotossíntese utilizam clorofila **a** como principal pigmento e outras formas como acessórios. Algas verdes e euglenófitas apresentam também a clorofila **b**, como nas plantas. Algas vermelhas têm clorofila **d** e todas as demais apresentam a clorofila **c**.

As algas, em sua maioria, são fotossintetizantes e descritas como protistas autótrofos; outras são consideradas protistas heterótrofos, como algumas euglenas.



Euglena sp. em microscopia de luz. Aumento desconhecido.

Os cloroplastos são variáveis quanto a número, tamanho, forma e pigmentos. Também apresentam DNA próprio, por isso acredita-se que tenham surgido por endossimbiose após a ingestão de cianobactérias.

A parede celular das algas é rígida e constituída por polissacarídeos de celulose, manose, xilose e glicoproteínas. Como as plantas, elas apresentam o amido como substância de reserva.

Classificação das algas

Análises recentes de filogenia mostram que esses organismos apresentam diferentes linhagens; portanto, trata-se de um grupo polifilético.

A classificação tradicional das algas multicelulares baseia-se principalmente nos diferentes tipos de pigmentos dos cloroplastos e carotenoides.

Vários filós vêm sendo formados com o avanço das pesquisas moleculares.

DINOPHYTAS

Também são denominados Pyrrophytas (*pyrro* = fogo) ou dinoflagelados por possuírem dois flagelos: um anterior, que circunda a célula, e outro posterior, para locomoção. São organismos unicelulares ou coloniais, de maioria marinha e com algumas espécies de água doce.

Apresentam como substância de reserva o amido. Ocorrem formas de vida com nutrição autótrofa e heterótrofa. As formas autótrofas apresentam clorofilas **a** e **c**, e carotenoide **peridinina** (pigmento marrom-avermelhado, exclusivo dos dinoflagelados). A maioria dos fenômenos de bioluminescência está relacionada à presença de dinoflagelados.

Alguns dinoflagelados são simbiotes de outros protistas e de invertebrados, como é o caso das zooxantelas.

Além das cianobactérias, alguns gêneros como *Noctiluca*, *Peridinium* e *Gonyaulax* podem causar o fenômeno da maré vermelha. Por alguma condição ambiental favorável, elas se proliferam intensamente, liberando toxinas que provocam a contaminação e a morte de peixes e outros animais marinhos.

BACILLARIOPHYTA

Os organismos pertencentes a esse filo são popularmente conhecidos como algas **diatomáceas**. Podem viver isolados ou em colônias e são o principal constituinte do fitoplâncton. As algas diatomáceas são encontradas tanto em ambientes marinhos quanto nos de água doce e nos terrestres úmidos.

A carapaça é impregnada de dióxido de silício (SiO_2) e está envolvida por uma fina camada denominada **frústula**. É formada por duas valvas que se encaixam perfeitamente e são altamente ornamentadas, sendo a base para sua taxonomia.

Seus cloroplastos contêm clorofilas **a** e **c**, apresentando também pigmentos carotenoides, como a **fucoxantina** (pigmento marrom), e o polissacarídeo crisolaminarina como substância de reserva.

Essas algas não possuem órgão locomotor, mas apresentam a rafe, estrutura central que auxilia no deslizamento.

No litoral brasileiro, a deposição de carapaças de diatomáceas formou extensas camadas de rochas sedimentares, denominadas **diatomitos**. Elas são exploradas para a fabricação de abrasivos, cosméticos, filtros, pomadas dermatológicas, creme dental, inseticidas e vários outros produtos.

CHRYSOPHYTA

As Chrysophytas formam um grupo unicelular semelhante às diatomáceas, mas os botânicos as consideram um filo separado. Apresentam clorofila **a** e **c**, e fucoxantina. Os pigmentos marrom-amarelados e a iridescência produzida pela sílica, da parede celular, dão a algumas crisofíceas um aspecto dourado. Apresentam cloroplasto grande e dois flagelos com um estigma na base.

EUGLENOPHYTA

As euglenofíceas são unicelulares, habitando mares e água doce. A maioria das espécies de euglenas é heterotrófica e alimenta-se de partículas, embora ocorram espécies autótrofas com plastos envolvidos por uma película de natureza proteica e clorofila **a** e **b**, **xantofilas** e **β-caroteno**. A substância de reserva é o paramilo.

Apresentam um ou dois flagelos usualmente desiguais, um deles não emergente. Há um estigma ou mancha ocelar na base do flagelo, estrutura utilizada nos mecanismos de orientação em direção à luz. As euglenofíceas reproduzem-se assexuadamente por divisão celular longitudinal. As células encontram-se sempre solitárias e nunca formam colônias.

Organismos autotróficos com clorofila **e** podem absorver e ingerir moléculas orgânicas por heterotrofia e são chamados de **mixotróficos**. Essa habilidade garante a sobrevivência de euglenofíceas em ambientes com ou sem luz.

CHLOROPHYTA

Também conhecidas como algas verdes, são encontradas em ambientes marinhos e, principalmente, em ambientes de água doce (onde constituem a maior parte do plâncton), sob a forma de colônias, filamentos ou isoladas.

Algumas espécies formam os líquens, em conjunto com as cianobactérias e os fungos. Seus cloroplastos contêm os pigmentos clorofilas **a** e **b**, caroteno (alaranjado) e xantofila (amarelo), sendo o amido sua principal substância de reserva. A celulose constitui a parede celular. Tais características, também dos vegetais, fazem acreditar que antigos grupos de algas verdes sejam ancestrais das plantas terrestres.

A reprodução pode ser sexuada ou assexuada. As algas do gênero *Ulva* reproduzem-se por alternância de geração e algumas algas filamentosas, como do gênero *Spirogyra*, apresentam reprodução por conjugação.

Algas como a espécie *Chlamydomonas reinhardtii* têm sido estudadas na produção de hidrogênio como fonte de combustível por causa de sua capacidade de produzir hidrogênio na ausência de oxigênio e enxofre. As algas representam uma fonte alternativa de energia, menos dispendiosa que as de combustíveis fósseis como petróleo, carvão e gás natural.

PHAEOPHYTA

Algas pardas pluricelulares, conhecidas por feofíceas, são predominantemente marinhas de águas frias e podem atingir grandes dimensões. Os principais exemplos conhecidos são os gêneros *Sargassum*, *Laminaria* e *Fucus*. Apresentam clorofilas **a** e **c**, carotenoides, xantofila e **fucoxantina**, óleos e, como substâncias de reserva, a laminarina (um carboidrato) e o manitol. A parede celular constitui-se basicamente de algina (alginato) e celulose, conferindo à alga resistência e flexibilidade para suportar choques mecânicos. As algas do gênero *Padina* possuem, ainda, depósitos de carbonato de cálcio na parede celular.

As algas pardas apresentam rápido crescimento e maior desenvolvimento em estruturas dentre as demais algas. Algumas possuem **apressórios** (estruturas de fixação ao substrato) e **aerocistos** (estruturas de flutuação). Reproduzem-se por alternância de gerações, com uma fase assexuada por esporulação (2n) e uma sexuada com formação de gametas (n) flagelados.

O sargaço (*Sargassum* sp.) é uma espécie comum nas praias brasileiras, onde são encontrados os talos com aerocistos, que auxiliam sua manutenção na superfície, facilitando a captação da luz. Pode chegar a cerca de 8 metros de comprimento. A *Laminaria japonica*, a Kombu, é empregada como alimento por ser rica em cálcio, magnésio e iodo.

Acredita-se que a fucoxantina tem ação antioxidante. Algumas algas desse grupo são utilizadas na produção de alginatos, substância utilizada nas indústrias alimentícias e farmacêuticas em razão de suas propriedades de agente emulsificante, estabilizante,

gelificante, fixador de perfumes, floculante, clarificador de vinhos etc.

RHODOPHYTA

Algas vermelhas com poucas espécies unicelulares, as rhodophitas vivem no mar e na água doce, sendo algumas espécies filamentosas e usadas como alimento. Contêm clorofilas **a** e **d** nos cloroplastos, além dos pigmentos carotenoides, **ficoeritrina** (vermelho), xantofilas e ficocianina (azul). A substância de reserva é o amido das florídeas (polissacarídeo semelhante ao glicogênio), externo aos plastos.

A parede celular constitui-se dos polissacarídeos de celulose, além de mucilagens (mananas, xilanas e galactanas) de onde se extrai o ágar (utilizado em meios de cultura) e a carragenina (usada como estabilizador de emulsões). A reprodução assexuada ocorre por esporos imóveis e a sexuada, por alternância de gerações.

Algumas algas vermelhas possuem carbonato de cálcio na estrutura de suas paredes, o que lhes dá aspecto semelhante ao dos recifes de corais. Por isso, são chamadas de algas coralinas. São utilizadas para correção de solos na agricultura (carbonato de cálcio e micronutrientes).

Reprodução das algas

As algas unicelulares apresentam reprodução assexuada; já as algas multicelulares têm reprodução assexuada por fragmentação do talo ou esporulação. A reprodução sexuada ocorre por fusão celular, conjugação ou alternância de gerações. Os gametas são formados por mitose e, só após a fecundação, ocorre meiose para formação de esporos.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Na **esporulação**, ocorre a formação de esporos flagelados, os zoósporos. Após se desprenderem do corpo da alga mãe, nadam e fixam-se ao substrato, originando um novo indivíduo. Esse tipo de reprodução é observado em algas verdes filamentosas e é também conhecido por zoosporia.

REPRODUÇÃO SEXUADA

A reprodução sexuada por **fusão celular** é observada em *Chlamydomonas* sp. Essa espécie se reproduz assexuadamente em ambientes favoráveis, mas a reprodução sexuada é induzida por condições desfavoráveis, como a limitação de nitrogênio. Nessa fase são formados os gametas diferenciados (+) e (–).

No ciclo de vida das clamidomonas, indivíduos adultos produzem gametas de tipos opostos (+) e (–); na fase sexuada, esses gametas fundem-se por plasmogamia e cariogamia. Após a liberação das paredes celulares, forma-se o zigoto diploide, o qual perde os flagelos e segrega uma espessa parede em volta da célula, formando o zigósporo, célula dormente e resis-

tente, que se deposita no fundo do lago. Quando em condições favoráveis, ocorre a meiose zigótica, para formar quatro células progênicas haploides (duas de cada indivíduo da fusão).

A reprodução sexuada por **conjugação** ocorre em algas Chlorophyta filamentosas. Células de um filamento diferenciam-se em gametas (n) masculinos, enquanto células de outro filamento se tornam gametas (n) femininos. Por meio de pontes citoplasmáticas, os gametas fundem-se formando um zigoto (2n), o qual se liberta do filamento de origem e forma um novo filamento.

A reprodução sexuada por **alternância de gerações** é comum em algas multicelulares (Phaeophyta, Chlorophyta e Rhodophyta). Em seu ciclo de vida, alternam-se gerações de indivíduos haploides (produtores de gametas) e diploides (produtores de esporos). Os indivíduos diploides (2n) são chamados de **esporófitos** e, por meiose, formam células haploides (n), que se diferenciam em esporos. Os esporos originam indivíduos haploides, os **gametófitos**. Esses últimos formam gametas por mitose.

As algas podem apresentar três tipos de ciclos de vida: haplonte (ou haplobionte), diplonte e ciclo diplobionte (haplonte-diplonte ou haplodiplonte).

No ciclo **haplonte**, o indivíduo que produz os gametas é haploide (n). O zigoto diploide (2n) formado em seguida sofre meiose, produzindo células haploides (n) que se desenvolverão formando os indivíduos adultos. A meiose, nesse ciclo, é conhecida como meiose inicial ou zigótica. O ciclo de vida haplonte é observado em algas filamentosas (*Ulothrix* sp.).

No ciclo de vida **diplonte**, o indivíduo que produz gametas é diploide (2n). A meiose ocorre na formação dos gametas, que são as únicas células haploides (n) no ciclo. Com a fecundação dos gametas, é formado o zigoto diploide (2n), que se desenvolverá formando o indivíduo adulto. A meiose, nesse ciclo, é conhecida como meiose final ou gamética.

No ciclo de vida **diplobionte**, ou com alternância de gerações, ocorrem indivíduos adultos diploides (esporófitos) e indivíduos adultos haploides (gametófitos).

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOMP

ROTEIRO DE AULA

Protistas

Autótrofos

Algas

Heterótrofos

Protozoários

Sem estrutura locomotora

Flagelos

Cílios

Pseudópodes

Cinetoplastida

1. *Plasmodium sp.*
2. *Toxoplasma gondii*

Amebozoa

1. *Entamoeba histolytica*
2. *Amoeba proteus*

Actinopoda

1. *Radiolários*
2. Heliozários

Foraminifera

Maioria marinhos com carapaça

Apicomplexos

1. *Plasmodium sp.*
2. *Toxoplasma gondii*

Ciliophora

1. *Balantidium coli*
2. *Paramécio sp.*

ROTEIRO DE AULA

ALGAS

Organização celular:

Eucariotos

Unicelular

Pluricelular

Modo de nutrição:

Autótrofos

Maioria das espécies

Heterótrofos

Alguns euglenoides e diatomáceas

Formas de vida:

Vida livre

Coloniais

Filamentosos

Classificação

Dinophytas

Bacillariophyta

Euglenophyta

Chlorophyta

Phaeophyta

Rhodophyta

Dinoflagelados

Diatomáceas

Euglenas

Algas verdes

Feofíceas

Euglenas

Clorofila:

Clorofila:

Clorofila:

Clorofila:

Clorofila:

Clorofila:

a e c

a e c

a, b, e

a e b

a e c

a e d

Principal pigmento:

Principal pigmento:

Principal pigmento:

Principal pigmento:

Principal pigmento:

Principal pigmento:

peridina

fucoxantina

β-caroteno e xantofila

caroteno e xantofila

fucoxantina

ficoeritrina

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UFSM-RS – A chamada “maré vermelha” é um fenômeno resultante da reprodução em demasia de certos grupos de microalgas marinhas, em especial dinoflagelados, eventualmente conferindo uma coloração avermelhada à água do mar. Outra denominação, aplicada também ao fenômeno em águas continentais, é “floração”. Com relação a tal fenômeno, indique se as alternativas a seguir são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- () O despejo de esgoto e lixo nas águas é uma consequência da eutrofização.
- () O bloqueio da passagem do sol pela camada superficial de microalgas de uma floração pode causar a morte de organismos fotossintetizantes, aumentando a quantidade de oxigênio liberado e aumentando os microrganismos produtores.
- () Intoxicações de seres humanos por ingestão de frutos do mar podem ser consequência da deposição de toxinas em animais filtradores, quando as florações são formadas por algas tóxicas.
- () A reprodução excessiva de microalgas pode ser consequência da eutrofização da água.

A sequência correta é:

- a)** F – F – V – V.
- b)** V – F – V – F.
- c)** F – V – F – V.
- d)** V – V – F – F.
- e)** F – V – V – V.

O fenômeno da eutrofização ocorre quando o corpo d'água é enriquecido com matéria orgânica, geralmente proveniente da poluição de esgotos domésticos e fertilizantes agrícolas, ricos em nitrogênio e fósforo. A matéria orgânica é estabilizada por bactérias que utilizam o oxigênio dissolvido na água em seus processos, diminuindo sua disponibilidade no meio. Algas utilizam os nutrientes em excesso para se proliferar excessivamente, bloqueando a passagem de luz para as camadas inferiores, o que diminui as taxas fotossintéticas nesses locais e, consequentemente, a disponibilidade de oxigênio, gerando mais matéria orgânica e liberando toxinas na água.

2. UEM-PR – Sobre o grupo de organismos conhecido como algas, é correto afirmar que:

- 01)** as euglenoides fotossintetizantes apresentam uma estrutura pigmentada, o estigma, capaz de perceber a luz do ambiente e orientar os organismos para a luz.
- 02)** as diatomáceas apresentam parede celular rígida, denominada frústula, que não contém celulose.
- 04)** representantes das algas vermelhas (Rodophyta) são responsáveis pelo fenômeno conhecido como maré vermelha, causada pela multiplicação exagerada dessas algas.
- 08)** duas substâncias economicamente importantes – o ágar e a carragenina – são extraídas das algas verdes.
- 16)** as algas se caracterizam por apresentar reprodução sexuada com alternância de fases haploides e diploides.

03 (01+02)

Os principais causadores de maré vermelha são os dinoflagelados unicelulares. As rodofíceas são, na maioria, algas vermelhas multicelulares.

As principais algas produtoras de ágar e carragenina são as multicelulares Pheophyta (feofíceas) e Rhodophyta (rodofíceas).

A maioria das algas se reproduz assexuadamente por mitose e apenas algumas, como as algas verdes, pardas e vermelhas, passam por reprodução sexuada com alternância de gerações.

3. UFC-CE – Preencha as lacunas do texto a seguir.

O sushi é um prato típico da culinária japonesa e, no seu preparo, certas espécies de _____ são usadas, como é o caso da nori (Porphyra). Por ser rico em _____, esse organismo auxilia no combate a uma doença carencial, denominada escorbuto. Esse organismo é constituído por células que possuem, envolvendo a membrana plasmática, uma _____, formada por uma camada mais interna e rígida de _____, e outra mais externa, mucilaginoso, composta dos polissacarídeos ágar e carrageano (ou carragenina). Entre as características consideradas importantes para a classificação desses organismos, incluem-se os diferentes tipos de _____.

Algas – vitamina C – parede celular – celulose – pigmentos/substâncias de reserva.

As algas são consumidas por apresentarem muitas substâncias nutritivas, entre elas a vitamina C. Além da parede celular, algumas algas dos grupos Pheophitas e Rhodophitas possuem a camada de polissacarídeos, que são extraídos e empregados na indústria alimentícia.

4. IFCE (adaptada)

C4-H13

Alguns protozoários são parasitas humanos, causando enfermidades. Sabendo-se a origem da malária, esta é causada por um protista do gênero:

- a)** *Entamoeba* sp.
- b)** *Trypanosoma* sp.
- c)** *Plasmodium* sp.
- d)** *Amoeba* sp.
- e)** *Leishmania* sp.

A malária é causada pelo protista *Plasmodium* sp. Ao entrar na corrente sanguínea pela picada do mosquito, os esporozoítos migram para o fígado, no qual, no interior das células hepáticas, se dividem assexuadamente. Após várias divisões, as células se rompem, liberando os merozoítos que irão infectar hemácias. Após a multiplicação em hemácias, os merozoítos transformam-se em trofozoítos e são liberados com suas toxinas. Esse evento pode ocorrer a cada 48 horas (febre terça) em infecção por *Plasmodium falciparum* ou *P. vivax* e 72 horas em infecção por *P. malariae* (febre quarta), e as toxinas causam febre alta, tremores, sudorese, cansaço, dores de cabeça e no corpo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevenindo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

5. UFRGS-RS – Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Em relação à malária, o parasita *Plasmodium falciparum* aloja-se nas glândulas salivares do mosquito *Anopheles*, penetra na corrente sanguínea humana e instala-se no _____, invadindo e causando ruptura dos _____.

- a)** pâncreas – glóbulos brancos.
- b)** fígado – glóbulos brancos.
- c)** pâncreas – vasos sanguíneos.
- d)** fígado – glóbulos vermelhos.
- e)** coração – vasos sanguíneos.

A malária é uma infecção causada por protozoários do gênero *Plasmodium*, transmitida por mosquitos *Anopheles*, caracterizada por episódios de febre, calafrios e tremedeiras. A presença do parasita, que inicialmente se instala no fígado, leva à destruição das hemácias (glóbulos vermelhos) e consequente anemia.

6. Sistema Dom Bosco – Pela classificação tradicional, os protozoários são agrupados de acordo com o modo de locomoção. Cite quais são esses grupos e seus respectivos sistemas de locomoção.

De acordo com o modo de locomoção, os protozoários estão divididos

em quatro grupos: Rhizopoda, Mastigophora, Ciliophora e Sporozoa. Os

Rhizopoda ou amebóides locomovem-se por pseudópodes. Os Masti-

gophora (flagelados) possuem flagelos para locomoção. Os Ciliophora

apresentam cílios e os Sporozoa ou Apicomplexa não possuem estrutura

locomotora, mas se locomovem por ondulações do corpo.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEM-PR (adaptada) – Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01)** Esporulação é um tipo de reprodução sexuada, realizada por fungos, por algas e por bactérias.
- 02)** No processo de transdução bacteriana, ocorre a transferência de DNA de uma bactéria doadora para outra receptora, por meio de uma ponte citoplasmática.
- 04)** Brotamento é uma forma de reprodução assexuada em que o indivíduo forma brotos; esse processo ocorre em fungos, algas, animais e plantas.
- 08)** As algas podem apresentar ciclo de vida com alternância de gerações (diplobionte), em que indivíduos diploides (esporófitos) formam células haploides que se diferenciam em esporos, os quais originam indivíduos haploides (gametófitos).
- 16)** As plantas apresentam alternância de fases, em que a fase esporófitica é haploide e responsável pela formação dos gametas.

8. UEMA – Os protozoários apresentam uma grande variedade de formas e hábitat, além de serem causadores de doenças em animais como é o caso da doença de Chagas. Entre as doenças transmissíveis emergentes e reemergentes no Brasil, destaca-se a rápida disseminação da Aids, da tuberculose e da hanseníase. Entende-se por doença reemergente aquela que, após uma baixa prevalência, volta a apresentar altos índices de infecção na população.

Das doenças abaixo, aquela considerada protozoose reemergente é:

- a)** Elefantíase.
- b)** Candidíase.
- c)** Ascaridíase.
- d)** Tripanossomíase.
- e)** Esquistossomíase.

9. Sistema Dom Bosco – Considerando o processo de endossimbiose, selecione a alternativa correta.

- a)** Plantas terrestres surgiram de ancestrais como algas marrons, verdes e vermelhas, pois passaram por endossimbiose secundária.
- b)** Algas marrons são organismos que passaram por simbiose primária, e as algas verdes, vermelhas e plantas terrestres passaram por vários processos de simbiose secundária, até chegar à forma atual.
- c)** As algas verdes, as quais se originaram de simbiose primária, são ancestrais diretos das plantas terrestres.
- d)** As algas verdes e vermelhas e as plantas terrestres passaram apenas por um processo de simbiose, ou seja, endossimbiose primária.

10. Sistema Dom Bosco – O diatomito é uma rocha sedimentar biogênica silicosa, muito fina, usada industrialmente para a fabricação de filtros de líquidos nas refinarias de açúcar, como isolantes térmicos e abrasivos bem como na confecção de certos cosméticos e pastas de dentes. Em certas regiões do Nordeste brasileiro, os diatomitos são utilizados na fabricação de tijolos e construção de habitações rurais.

Do que são formados os diatomitos e qual sua relação com as algas?

11. PUC-RJ – De acordo com pesquisas recentes, os corais são muito influenciados pelo aumento da temperatura e pela poluição, pois só conseguem sobreviver em águas transparentes. Se a água for quente demais, os corais perdem as algas que vivem dentro de seus tecidos. Essas algas são responsáveis pela coloração e pelo fornecimento de boa parte do alimento dos corais e recebem em troca sais minerais e gás carbônico.

Sobre a interação entre corais e algas, é correto afirmar que:

- a)** trata-se de uma relação harmônica intraespecífica.
- b)** as algas em questão são organismos endossimbiontes.
- c)** as algas em questão são organismos parasitas.
- d)** trata-se de uma relação desarmônica interespecífica.
- e)** trata-se de uma interação negativa intraespecífica.

12. Sistema Dom Bosco – A maré vermelha é um fenômeno natural causado pela proliferação de determinadas espécies de algas. Frequentemente são desencadeadas pela introdução de nutrientes com o afloramento de águas profundas ou pela introdução de resíduos agríco-

las ou por conta de altas temperaturas. A multiplicação de forma acelerada desses organismos causa grande mortandade da fauna aquática. Qual o principal grupo causador das marés vermelhas e qual o fator causador da mortandade dos organismos aquáticos?

- a) As algas clorófitas multiplicam-se quando existe matéria orgânica em excesso, causando mortandade em razão do déficit de oxigênio.
- b) As algas feofícias proliferam-se aceleradamente, reduzindo a taxa de oxigênio do ambiente.
- c) As euglenófitas, cuja proliferação causa um aumento na produção de neurotoxinas.
- d) Os dinoflagelados, cuja proliferação aumenta a produção de toxinas sintetizadas pelo organismo, as quais afetam o sistema nervoso.

13. UEPG-PR – Nos humanos, a espécie *Trypanosoma cruzi* causa a doença de Chagas, e as espécies *Leishmania chagasi* e *Leishmania braziliensis* causam as leishmanioses. Com relação às características gerais dessas parasitoses, seus vetores e consequências, assinale o que for correto.

- 01) O *Trypanosoma cruzi* apresenta certa seletividade pela musculatura cardíaca, causando hipertrofia do coração e determinando disfunção cardíaca. Também pode causar aumento e disfunção de outros órgãos, como esôfago, baço e fígado.
- 02) Percevejos hematófagos pertencentes ao grupo dos triatomídeos constituem os vetores que transmitem o *Trypanosoma cruzi*. Entre eles, o mais importante é o *Triatoma infestans*, conhecido como barbeiro.
- 04) A leishmaniose tegumentar americana, causada pela *Leishmania braziliensis*, e a leishmaniose visceral americana, causada pela *Leishmania chagasi*, têm transmissão pela picada de fêmeas de diferentes espécies de mosquitos do gênero *Lutzomyia*, denominados também de flebótomos.
- 08) A leishmaniose visceral americana provoca principalmente febre, lesões nas vísceras, aumento do fígado, aumento do baço e anemia.

14. Sistema Dom Bosco – A malária é uma doença grave e de maior incidência nos estados do Norte e Nordeste brasileiro. Sobre a transmissão e infecção dessa doença, responda às questões.

- a) A malária é causada pelo protozoário do gênero:

- b) Os protozoários são transmitidos pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles*, que injeta formas infectantes denominadas:

- c) O protozoário chega ao fígado humano pela corrente sanguínea e reproduz-se de forma assexuada no interior das células hepáticas, formando os:

- d) O ciclo febril da doença se deve ao ciclo:

- e) Ao sugar o sangue de pessoa contaminada, o inseto adquire o protozoário na forma:

- f) Como ocorre o ciclo do protozoário no mosquito?

15. PUC-RS – Responda à questão com base nas afirmações abaixo sobre as algas verdes do grupo Chlorophyta:

- I. São organismos autotróficos que possuem clorofila a e b.
- II. A substância de reserva é o amido.
- III. A maioria é aquática.
- IV. Todas são unicelulares.
- V. As algas marrons e vermelhas não são os seus parentes mais próximos.

Estão corretas todas as afirmações, **exceto** a:

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) IV.
- e) V.

16. UFMA – Em protozoários de vida livre, como na *Amoeba proteus*, existe o vacúolo contrátil, cuja função é a:

- a) eliminação do excesso de água.
- b) locomoção.
- c) digestão de microcrustáceos.
- d) absorção de água.
- e) emissão de pseudópodos.

17. Sistema Dom Bosco – A toxoplasmose é uma infecção causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Alguns indivíduos infectados não apresentam sintomas, enquanto outros podem desenvolver formas graves da doença, principalmente gestantes e pessoas com imunidade comprometida, com possíveis consequências como cegueira, convulsões e morte. No entanto, a toxoplasmose tem cura e seu tratamento é feito com o uso de antibióticos. Qual é a forma de transmissão desse protozoário?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C5-H18

Estudos de fluxo de energia em ecossistemas demonstram que a alta produtividade nos manguezais está diretamente relacionada às taxas de produção primária líquida e à rápida reciclagem dos nutrientes. Como exemplo de seres vivos encontrados nesse ambiente, temos: aves, caranguejos, insetos, peixes e algas.

Dos grupos de seres vivos citados, os que contribuem diretamente para a manutenção dessa produtividade no referido ecossistema são:

- a) aves.
- b) algas.
- c) peixes.
- d) insetos.
- e) caranguejos.

19. Enem

C8-H30

O movimento pelo saneamento do Brasil, desencadeado durante a Primeira República, colocou em evidência as precárias condições de saúde das populações rurais. A origem e trajetória desse movimento estiveram diretamente relacionadas à história da doença de Chagas.

A intervenção ambiental considerada fundamental para a prevenção dessa doença é a:

- a) limpeza de terrenos baldios com a retirada de matéria orgânica em decomposição.
- b) construção de unidades de saúde, com atendimento mais eficiente aos indivíduos infectados.

- c) melhoria das condições de habitação, com redução de insetos no ambiente domiciliar e peridomiciliar.
- d) construção de estradas e rodovias, com garantias de melhor acesso da população rural ao sistema de saúde.
- e) limpeza do ambiente domiciliar e peridomiciliar, com a retirada de entulhos e recipientes que possam acumular água.

20. Enem

C4-H14

A doença de Chagas afeta mais de oito milhões de brasileiros, sendo comum em áreas rurais. É uma doença causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi* e transmitida por insetos conhecidos como barbeiros ou chupanças.

Uma ação humana sobre o meio ambiente que tem contribuído para o aumento dessa doença é:

- a) o consumo de carnes de animais silvestres que são hospedeiros do vetor da doença.
- b) a utilização de adubos químicos na agricultura que aceleram o ciclo reprodutivo do barbeiro.
- c) a ausência de saneamento básico que favorece a proliferação do protozoário em regiões habitadas por humanos.
- d) a poluição dos rios e lagos com pesticidas que exterminam o predador das larvas do inseto transmissor da doença.
- e) o desmatamento que provoca a migração ou o desaparecimento dos animais silvestres dos quais o barbeiro se alimenta.

FUNGOS E A SOCIEDADE

4

Os fungos são decompositores fundamentais na reciclagem da matéria orgânica, mas alguns podem causar grandes danos à diversidade.

Características gerais dos fungos

Os fungos são eucariotos multicelulares ou unicelulares que habitam meios aquáticos (água doce ou salgada) e terrestres, com representantes de grande diversidade e importância, tanto ambiental como econômica.

Alguns são patogênicos de plantas e animais; causam micoses (frieira ou pé de atleta) ou doenças mais graves que podem levar à morte, como veremos adiante.

Em relação à obtenção de energia, a maioria dos fungos realiza a respiração aeróbica; no entanto, existem fungos anaeróbios facultativos, como as leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, usadas na fabricação de pães e bebidas alcoólicas (cerveja e vinho). Existem, ainda, fungos anaeróbios estritos, como os filamentosos ruminantes encontrados no estômago de bovinos e outros ruminantes.

Esses organismos são heterótrofos que se alimentam por absorção de nutrientes do meio, portanto a digestão é feita fora de seu corpo. Sua reserva energética é o glicogênio, um carboidrato que também é a substância de reserva das células animais.

Em relação à maneira de obter seus alimentos e às relações ecológicas que estabelecem, os fungos podem ser classificados como exposto a seguir.

- Saprófitos: liberam enzimas sobre a matéria orgânica que é digerida no meio extracelular. A absorção é realizada pelo ápice de estruturas denominadas **hifas**;
- Parasitas: desenvolvem-se nas plantas e nos corpos de animais vivos, causando doenças;
- Mutualistas: vivem em associação com outros seres, com benefício para os dois lados, como é o caso dos líquens (associação entre algas e fungos) e das micorrizas (associação entre raízes e fungos).

Organização celular e corporal

As células dos fungos são dotadas de parede celular, assim como as células vegetais. No entanto, diferenciam-se destas por suas paredes serem constituídas de **quitina** (exceto em alguns fungos aquáticos), um polissacarídeo também encontrado no exoesqueleto dos artrópodes. Nas células vegetais, a parede é composta de celulose, e nelas apenas um dos filamentos apresenta os gametas e esporos flagelados, para locomoção.

Apresentam organelas membranosas como mitocôndrias (mais simples, com uma ou duas cristas), retículo endoplasmático com poucos canais e núcleo envolvido por membranas nucleares. Também são encontrados vacúolos lipídicos, com função de reserva, e substâncias dispersas no citoplasma, como ribossomos e grânulos de glicogênio.

FUNGOS PLURICELULARES E FORMAÇÃO DE HIFAS

Os fungos não possuem organização tecidual, por isso não formam tecidos verdadeiros, o que também ocorre com as algas. No entanto, entre outras características, diferenciam-se das algas por serem aclorofilados.

Em fungos pluricelulares, o corpo é formado por filamentos delgados denominados **hifas**, os quais podem apresentar um ou mais núcleos.

- Características gerais dos fungos
- Organização celular e corporal
- Reprodução dos fungos
- Importância ambiental
- Importância econômica
- Doenças causadas por fungos

HABILIDADES

- Identificar as características gerais dos fungos.
- Associar estrutura e fisiologia das células e dos organismos como um todo.
- Compreender características adaptativas dos organismos com seu ambiente.
- Relacionar o modo de vida com seus limites de distribuição em diferentes ambientes.
- Comparar os diferentes grupos de fungos, com análise morfológica, fisiológica e reprodutiva.
- Compreender as características envolvidas na classificação dos fungos.
- Identificar diferentes aplicações dos fungos usadas pelo ser humano.
- Associar a importância dos fungos na manutenção do equilíbrio do meio ambiente.
- Reconhecer a importância do correto acondicionamento dos alimentos para evitar a contaminação por fungos.
- Compreender a importância dos fungos na economia da indústria alimentícia.
- Reconhecer a importância dos estudos da micologia para a manutenção da saúde.
- Conhecer os diferentes tipos de doenças causadas por fungos.

Estruturalmente, as hifas apresentam diferenças. Em algumas espécies, elas têm paredes divisórias chamadas **septos**, que delimitam células com um ou dois núcleos. Essa organização é comum em cogumelos.

As hifas de muitos bolores, no entanto, não dispõem de septos e seus vários núcleos encontram-se mergulhados na mesma massa de hialoplasma. Essas hifas denominam-se **cenocíticas**.

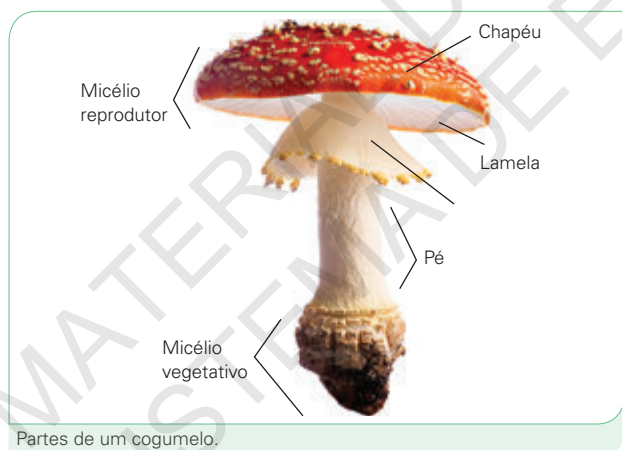
Durante a evolução, algumas espécies perderam a organização do corpo em hifas, passando a uma condição unicelular. É o caso das leveduras.

O conjunto de todas as hifas constitui o **micélio**, que pode se diferenciar em vegetativo e reprodutor.

O micélio **vegetativo** é formado por hifas que ficam imersas no substrato, onde liberam enzimas digestivas que possibilitam absorver os produtos, caracterizando a digestão extracorpórea. Em ambientes úmidos e ricos em matéria orgânica, as hifas crescem rapidamente, penetrando cada vez mais no substrato para obter alimento.

O micélio **reprodutor** é formado por hifas responsáveis pela formação de **esporos**, células com um resistente envoltório, que, ao germinarem, originam um novo indivíduo. Quando o micélio está bem desenvolvido, muitas hifas emergem do substrato, formando o **corpo de frutificação**, popularmente chamado de cogumelo. As hifas que formam essa região são estéreis e protegem as hifas formadoras de esporos.

No caso do cogumelo, o corpo de frutificação tem um eixo em cuja extremidade se forma um **chapéu**, sob o qual há várias lamelas. Cada lamela apresenta protuberâncias laterais, os **esporângios**, onde são formados os esporos. Em alguns grupos, abaixo do chapéu existe o **anel**, uma fina membrana que cobre a parte interior do chapéu em cogumelos jovens. O **pé** ou haste sustenta o chapéu.



DIRK ERCKEN/DREAMSTIME.COM

Reprodução dos fungos

Os fungos reproduzem-se sexuada ou assexuadamente, com formação de esporos pelo menos em uma fase da vida. Os esporos são dispersos pelo vento e, caindo em substrato adequado, desenvolvem-se em novas hifas. Posteriormente, em sequência bastante complexa, forma-se novo corpo de frutificação, que produz outros esporos, fechando o ciclo.

Grande parte dos fungos permanece por longos períodos na fase assexuada, produzindo esporos por mitose até que algum estímulo – geralmente alterações ambientais – provoque o início da fase sexuada.

Na fase sexuada, os núcleos haploides das células atuam como gametas, unindo-se e formando zigotos diploides, que sofrem meiose. Os fungos sempre apresentam **meiose zigótica**, em que o zigoto é a única etapa diploide de seu ciclo de vida.

O emprego dos termos esporos sexuados e assexuados é usual para fungos, embora os esporos sempre realizem reprodução assexuada e os gametas, reprodução sexuada. Essa definição se refere à origem dos esporos; quando, por divisão meiótica, são denominados **esporos sexuados**, e quando, por divisão mitótica, **esporos assexuados**.

FORMAÇÃO DE ESPOROS ASSEXUADOS

Em leveduras, os esporos assexuados são resultantes do processo de fragmentação, divisão binária, brotamento e esporulação. A fragmentação de hifas é a maneira mais simples de um fungo filamentosos se reproduzir assexuadamente: um micélio se fragmenta, originando novos micélios. Na **divisão binária**, uma célula divide-se em duas por mitose, semelhante ao que ocorre com as bactérias.

No **brotamento**, muito comum em leveduras, observa-se a formação de pequenas dilatações na célula-mãe, as quais originam uma célula-filha. Em alguns casos, os brotos permanecem ligados, formando pseudo-hifas.

A **esporulação** é um tipo de reprodução assexuada realizada por diversas espécies de fungos filamentosos, na qual ocorre a germinação de hifas, que formam um tubo germinativo, o qual então se desenvolve formando o micélio reprodutivo que abrigará os **esporos assexuais**. A estrutura reprodutiva é denominada **esporangióforo** e geralmente está localizada na porção terminal da hifa.

Os esporos assexuais formados podem ser de três tipos:

- **Aplanósporo** ou esporangiósporo: sem locomoção própria e transportados pelo vento. São formados no interior de esporângios. Exemplo: *Rhizopus stolonifer* (bolor preto de pão);
- **Conidiósporo**: esporos muito pequenos, sendo o tipo mais comum de esporo assexual. Eles apresentam a forma de uma cabeça ou de um pincel, e sua dispersão se dá passivamente, pelo vento. É o caso das conídias (da palavra grega *konis* = poeira) e dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*;
- **Zoósporo**: é um esporo flagelado móvel; diferentemente do conidiósporo e aplanósporo, possui mecanismos de movimentação própria, por ser liberado de fungos aquáticos ou parasitas. Ou seja, os fungos vivem no interior das células de plantas e liberam seus zoósporos para a superfície da água que cobre a extensão das folhas, caules e raízes.

FORMAÇÃO DE ESPOROS SEXUADOS

A reprodução sexuada é importante para a recombinação genética e o aperfeiçoamento da espécie. Os esporos sexuais originam-se da fusão de duas células que formam um zigoto diploide (2n). Este sofre meiose, produzindo quatro núcleos haploides, os quais podem se dividir por mitose para produzir os 8 esporos (n).

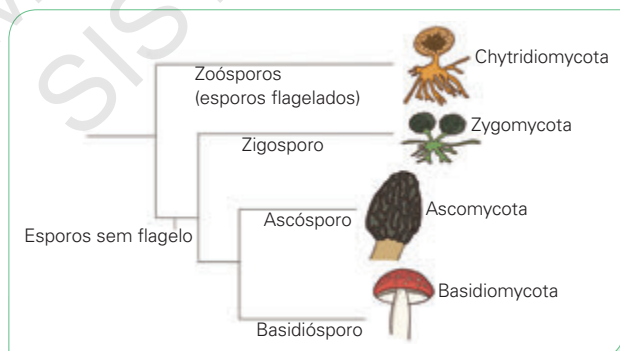
A seguir, os três tipos mais comuns de esporos sexuais.

- **Ascósporos:** são esporos sexuais formados no interior de cavidades em forma de sacos denominadas **ascos**. No ciclo reprodutivo sexuído de leveduras, os esporos são do tipo **ascósporos simples**. Em fungos filamentosos, podem estar contidos em corpos de frutificação denominados ascocarpos. É o tipo de esporo comum nos bolores;
- **Basidiósporos:** são esporos sexuais externos, produzidos em células especializadas em forma de clavos, denominadas basídios. Os corpos de frutificação apresentam-se na forma de basidiocarpo. São comuns em fungos comestíveis como o shimeji e o shi-take e em fungos tóxicos como a *Amanita muscaria*;
- **Zigósporos:** são formados pela união de hifas opostas, que fundem seus núcleos para originar um zigoto diploide (2n), o qual se tornará um **zigósporo** (2n). O fungo *Aspergillus niger* em sua fase sexuada produz esse tipo de esporo.

Classificação dos fungos

No passado, os fungos já foram agrupados com as plantas (reino Plantae) e depois realocados com os protistas (reino Protista). Desde 1970, em razão de novos métodos de análises moleculares e de filogenética, bem como por divergirem tanto das plantas quanto dos animais, os taxonomistas passaram os fungos para a categoria de reino Fungi. Composto por cerca de 100 mil espécies já descritas, os fungos são filogeneticamente mais relacionados aos animais do que às plantas.

O reino Fungi compreende atualmente quatro principais filos: Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota. Essa classificação baseia-se nos tipos de hifas formadas e, principalmente, no tipo de estruturas reprodutivas apresentadas pelos filos. Na linhagem sem esporos, acredita-se que pode ter ocorrido perda do flagelo ao longo da evolução.



Cladograma das relações filogenéticas entre os principais filos de fungos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

FILO CHYTRIDIOMYCOTA

Os Chytridiomycota ou quitrídios (classe Quitridiomycetes) vivem em solos úmidos, na água doce e no mar, compreendendo cerca de 100 gêneros e 1.000 espécies. Podem ser unicelulares ou pluricelulares. Algumas espécies parasitam animais e plantas, como *Batrachochytrium dendrobatidis*.

O ciclo de vida difere de todos os demais filos por apresentar meiose esporica e alternância de gerações.

Há considerável variação na morfologia e na ecologia dos fungos quitrídios. A maioria deles apresenta hifas asseptadas, cenocíticas, com poucos ou nenhum septo na maturidade e nutrição de absorção, uso de glicogênio como um composto de armazenamento de energia.

Tanto gameta quanto esporos são flagelados, denominados zoósporos, únicas células móveis encontradas no reino Fungi. Tal característica evidencia que este seja o filo mais basal do reino, considerando sua ocorrência nos ancestrais desse grupo – protozoários relacionados com o grupo dos coanoflagelados.

FILO ZYGOMYCOTA

Grupo formado por cerca de 600 espécies de fungos que se desenvolvem, principalmente em vegetal ou animal em decomposição. Habitam ambientes terrestres com raras espécies aquáticas e não possuem esporos móveis. Um dos exemplares mais conhecidos é o mofo preto do pão e de frutas (*Mucor racemosus*, *Rhizopus nigricans*). Algumas espécies podem causar infecções graves em plantas e animais.

Zigomicetos têm o corpo composto de hifas cenocíticas (sem septos), havendo também representantes unicelulares. A reprodução pode ser sexuada, pela formação de zigósporos, e assexuada, com a produção de esporos esporangiósporos no interior de esporângios.

FILO ASCOMYCOTA

Grupo com cerca de 30 mil espécies, o maior número de espécies entre os fungos e o mais diversificado. Têm representantes unicelulares e pluricelulares. O filo compreende espécies que formam hifas septadas e a estrutura reprodutiva ascocarpo (corpo de frutificação), onde se desenvolvem os esporos sexuais. Algumas espécies, como os gêneros *Penicillium*, *Candida* e *Trichophyton*, só se reproduzem assexuadamente.

A maioria dos ascomicotas é decompositora de matéria orgânica. De grande importância econômica, eles são empregados na indústria alimentícia e de bebidas alcoólicas. São exemplos de ascomicetos unicelulares as leveduras, como a *Saccharomyces cerevisiae*, que realiza a fermentação do pão e a alcoólica, usada na fabricação de cervejas e vinhos.

Alguns ascomicotas são fungos comestíveis, como trufas (*Tuber* sp.) e morchellas (*Morchella* sp.). A penicilina é produzida do fungo *Penicillium*. A espécie *Aspergillus flavus* desenvolve-se em produtos agrícolas como milho e amendoim e produz as aflatoxinas – substâncias altamente tóxicas, capazes de causar câncer no fígado.

FILO BASIDIOMYCOTA

Compreende os fungos formados por hifas septadas, geralmente dicarióticas (dois núcleos). São conhecidos como fungos-de-chapéu e orelhas-de-pau. A parte superior, chapéu ou píleo, corresponde ao corpo de frutificação ou basidiocarpo. Os esporângios desses fungos são externos, denominados basídios, e seus esporos são chamados de basidiósporos.

A classe inclui fungos comestíveis tais como o *champignon* ou *Agaricus campestris*, o shiitake (*Lentinula edodes*) e o shimeji ou hiratake (*Pleurotus ostreatus*) e os venenosos (*Amanita muscaria*, *Amanita phalloides* e *Psilocybe mexicana*). Cerca de metade dos basidiomicetos formam micorrizas – associações com raízes de algumas plantas.

No Basidiomycota (classe Basidiomicetos), ocorre a reprodução assexuada por fragmentação do micélio (hifas monocarióticas) e pela produção de esporos. A fase de reprodução sexuada apresenta alternância de gerações haploides. O micélio também passa por duas fases distintas: uma com hifas monocarióticas e outra constituída por hifas dicarióticas.

Linhagens diferentes de hifas monocarióticas (micélio primário) fundem-se (plasmogamia) para produzir hifas dicariontes (micélio secundário), do basidiocarpo, ou seja, com dois núcleos haploides pareados. Os corpos de frutificação do novo micélio serão também dicarióticos, mas no interior dos basídios ocorre a cariogamia (fecundação), seguida de meiose zigótica. Cada um dos basidiósporos torna-se haploide, e serão formados quatro basidiósporos haploides. Após a germinação, as hifas formadas também serão haploides, e o ciclo será reiniciado.

INPORTÂNCIA AMBIENTAL

Fungos estão presentes em todos os ecossistemas terrestres. Eles utilizam grande variedade de substrato como fonte de carbono, e alguns grupos se especializaram em degradar substratos particulares. Essa ampla capacidade de se alimentar das mais variadas fontes os faz muito comuns em todos os ambientes, incluindo a Antártida, os desertos e os oceanos.

As espécies saprófagas (*sapro* = podre; *fago* = alimento) se alimentam de matéria orgânica em decomposição, contribuindo para a reciclagem nos diferentes ecossistemas. Esses organismos são responsáveis pela manutenção da vida em grandes florestas, como a Atlântica e a Amazônica. Como o solo nessas áreas é pobre em nutrientes, essas florestas dependem da reciclagem da matéria orgânica nele presente para a reposição de nutrientes.

A lignina, a celulose e a hemicelulose, presentes no tecido dos vegetais, são moléculas orgânicas resistentes e persistentes na natureza. Sem a atuação dos fungos nos processos de decomposição desse material, não seria possível sua reciclagem. Os fungos do filo Basidiomycota são os únicos organismos com enzimas capazes de desestabilizar as moléculas de lignina; eles são chamados de fungos lignocelulolíticos. Graças à ação dos

fungos, os produtos da degradação necessários para a ação de outros microrganismos e para o crescimento das plantas são disponibilizados no ambiente.

Os fungos também estão presentes em associações mutualísticas com outros seres vivos, como os líquens e as micorrizas, que possuem papéis importantes no ambiente.

LIQUENS

Os líquens resultam da associação entre algas verdes ou cianobactérias e fungos, em que ambos se beneficiam. Na associação, os fungos, na maioria dos casos ascomicetos e raramente basidiomicetos, são responsáveis pela obtenção de água e sais minerais do ambiente para fornecê-los às algas verdes e cianobactérias, que realizam fotossíntese, para obter o alimento necessário a ambos. Essa associação permite que os líquens habitem locais onde algas e fungos não sobreviveriam isoladamente.

A reprodução dos líquens também é realizada em associação por meio de propágulos vegetativos chamados sorédios. O sorédio consiste em uma estrutura formada por algumas algas envolvidas por hifas do fungo, as quais são transportadas pelo vento.

Os líquens desempenham um importante papel na colonização dos substratos desprovidos de seres vivos, pois são os primeiros organismos a se instalar, “preparando o terreno” para que plantas e animais encontrem condições favoráveis para se instalar e formar comunidades bem estabelecidas. Apesar de pouco exigentes quanto às condições ambientais de sobrevivência, são muito sensíveis à poluição, da qual são qualificados como bons indicadores.

MICORRIZAS

A palavra **micorriza** deriva do grego *mycos* = fungo e *rhizos* = raiz. Micorrizas são associações mutualísticas entre os micélios de fungos e raízes de plantas. A maioria das plantas possui raízes micorrizadas. As briófitas, as hepáticas, as pteridófitas, as gimnospermas e alguns grupos de angiospermas servem de exemplo.

Nesse tipo de associação os fungos disponibilizam os minerais de que a planta necessita, e a planta fornece parte dos nutrientes que produz, como glicose, para alimentar os fungos.

Em vários casos pode haver a dependência entre os organismos envolvidos nessas associações.

Na ectomicorriza o fungo se instala predominantemente no exterior e forma uma rede de hifas em volta da superfície externa das raízes. Essas hifas penetram os espaços intercelulares da raiz e formam uma rede de micélios que envolve as células.

O micélio reprodutivo pode se desenvolver na superfície do solo. As trufas, usadas como alimento, são ascomarpos, os corpos reprodutivos das micorrizas. Sua disseminação se dá por meio dos animais silvestres que se alimentam dessa estrutura e defecam os esporos, que acabam por germinar em outros locais.

As ectomicorrizas são encontradas em raízes de árvores de grande porte e também em espécies de plantas herbáceas ou gramíneas perenes. Os Basidiomycota, Zigomycota e Ascomycota formam as ectomicorrizas.

FUNGOS E BIORREMEDIAÇÃO

A poluição do solo e muitas vezes de grandes massas de água por compostos de petróleo tem despertado grande preocupação. A biorremediação é uma tecnologia recém-criada empregada na despoluição de ambientes e que apresenta grandes vantagens, pois é um processo natural, que utiliza microrganismos para degradar os contaminantes em substâncias menos tóxicas. Os hidrocarbonetos, principais componentes do petróleo, por exemplo, são degradados por bactérias e fungos conforme as condições do ambiente local. Os fungos promovem reações de degradação dos hidrocarbonetos, convertendo os carbonos dessas cadeias orgânicas em dióxido de carbono. Essa transformação pode também ocorrer por meio de reações de oxirredução.

Os principais fungos que degradam hidrocarbonetos pertencem ao gênero *Penicillium* e à espécie *Aspergillus niger*. Entretanto, esse processo não é simples nem rápido, uma vez que cada espécie de fungo degrada um único componente do óleo, o que torna necessário o uso de vários organismos em diferentes etapas da biorremediação.

Importância econômica

Vários fungos agem como pragas na agricultura, causando graves prejuízos. No Brasil, uma doença conhecida por ferrugem ataca muitos tipos de plantas. O fungo *Hemileia vastatrix* provoca a ferrugem do café, doença que dizimou grande parte dos cafezais brasileiros na década de 1970.

O fungo *Moniliophthora perniciosa* causa a doença vassoura-de-bruxa, da ordem basidiomiceto, que parasita as lavouras de cacau. Esse fungo transformou-se em uma praga nas plantações de cacau da Bahia, em 1989, pois reduziu drasticamente a produção desse fruto. Ainda hoje a vassoura-de-bruxa continua sendo um sério problema. Quando se instalam, os esporos se fixam no tronco, e as hifas penetram nas células locais, depois ocorre um crescimento anormal da região infectada, dando origem à estrutura (basídiocarp) batizada de vassoura-de-bruxa, que rapidamente causa a morte dos tecidos afetados.

FUNGOS NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

A penicilina é produzida pelo fungo *Penicillium notatum* e foi descoberta por Alexander Fleming em 1928. Sua primeira aplicação medicinal aconteceu em 1940, no tratamento de doenças infecciosas. A penicilina revolucionou a medicina, pois abriu caminhos para a produção de antibióticos e para a cura de muitas doenças bacterianas. Entretanto, o uso inadequado e indiscriminado dos antibióticos acabou por gerar bactérias patogênicas resistentes a essas substâncias, dificultando sua aplicação.

Outra grande descoberta foi a ciclosporina, um polipeptídeo derivado do fungo *Tolycapocladium inflatum*, que tem sido usado como imunossupressor. É a ciclosporina que viabiliza a transplantação de órgãos ao reduzir o índice de rejeição do sistema imunológico.

FUNGOS NA ALIMENTAÇÃO

Cerca de 600 espécies de fungos podem ser utilizadas para fins nutricionais ou medicinais. Os fungos comestíveis são fontes de fibras, proteínas, vitamina B e zinco. Basidiomicetos, como o *champignon* (*Agaricus bisporus* e *A. campestris*) e o *shitake* (*Lentinula edodes*), têm sido cada vez mais consumidos. Os fungos dos gêneros *Morchella*, *Tuber* (trufas) e, principalmente, *Agaricus* sp. (*champignon*) integram a culinária de vários países.

Os fungos *Penicillium roqueforti* e *Penicillium camemberti* são adicionados, respectivamente, na fabricação de queijos como o *roquefort* e o *camembert*. Eles são responsáveis pelas características específicas do sabor de cada um desses queijos.

Os lêvedos, como *Saccharomyces cerevisiae* (fermento biológico), são fundamentais na culinária. As enzimas liberadas pelo fungo são responsáveis pela fermentação do substrato que lhe serve de alimento. Em um ambiente úmido, quente e anaeróbico (sem oxigênio), a levedura se divide rapidamente e realiza a fermentação alcoólica, convertendo a glicose em dióxido de carbono e álcool comum ou etanol (C_2H_5OH). A fermentação faz a massa do pão crescer (o CO_2 forma pequenas bolhas no pão, e o álcool evapora). A cerveja é feita da fermentação da cevada por esse mesmo lêvedo, assim como o vinho. No entanto, no caso do vinho, os lêvedos podem estar na casca da uva e entram em atividade quando a fruta libera seu suco rico em glicose.

O álcool etílico, empregado como combustível, é obtido da fermentação do açúcar de cana também pelo *Saccharomyces cerevisiae*.

ESPÉCIES VENENOSAS

O reconhecimento de espécies de fungos deve ser feito por especialistas, pois alguns deles são venenosos e produzem substâncias alucinógenas. É o caso do *Psilocybe*, conhecido como cogumelo-mexicano, que, apesar de sua toxicidade, ainda é consumido por algumas tribos do deserto do México em cerimônias religiosas para gerar alucinações.

O fungo *Claviceps* cresce sobre o centeio e produz a substância ergotina, que pode ser modificada em laboratório para formar o LSD, uma droga alucinógena potente capaz de provocar alterações cromossômicas.

Fungos venenosos como a *Amanita muscaria* (filo Basidiomycota) podem causar tonturas, confusão mental, dilatação das pupilas e alucinações. A intoxicação dura por até 24 horas e leva o usuário a um sono profundo. A ingestão contínua de fungo pode ocasionar lesões cerebrais.

A maior parte das mortes registradas por ingestão de fungos venenosos se deve à toxina alfa-amanitina, presente na espécie europeia de *Amanita phalloides*, por isso ela é chamada de “anjo da morte”. A ingestão causa destruição de células e falência de órgãos, alterações neurológicas e irritação gastrointestinal.

Micotoxinas

São substâncias produzidas por fungos tóxicas aos seres vivos. Há vários tipos de micotoxinas, e elas são classificadas de acordo com o fungo que as produz e o tipo de alimento (substrato) em que se encontram.

DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS

Inúmeras espécies de fungos causam infecções, que geralmente atingem a pele, as unhas e os cabelos, a mucosa e até os órgãos genitais. São exemplos de micoses superficiais a pitíriase versicolor, as tíneas (tinhas), a candidíase e as onicomicoses.

Micoses da pele são causadas por várias espécies de fungos, como *Malassezia furfur*, *Trichophyton* sp. e *Microsporum* sp., e são transmitidas por contato direto e geram lesões de vários tipos, mas podem ser tratadas com antimicóticos específicos.

A **pitíriase** é comum em pessoas de pele oleosa e também é conhecida por micose de praia ou pano branco; as **tíneas** são causadas por fungos que se nutrem da queratina da pele, dos pelos e das unhas; o pé de atleta ou frieira ocorre entre os dedos dos pés e é causado pelo fungo *Tinea pedis*; a onicomicose atinge as unhas dos pés ou das mãos, que se tornam espessas e descolam do leito do dedo; elas são mais comuns em idosos.

A **candidíase** é a infecção causada pelo fungo *Candida albicans*. Também conhecida como sapinho, causa lesões na pele ou em mucosas, principalmente da boca e da vagina. Em geral a transmissão ocorre por contato direto e o tratamento envolve medicamentos específicos. Em caso de infecção grave, ela pode se disseminar

pela corrente sanguínea e atingir pulmões, coração e rins.

A **criptococose** é uma doença infecciosa causada pelo fungo *Cryptococcus neoformans*. Pode se manifestar na forma de pneumonia e meningite.

A **histoplasmose** é uma micose interna (sistêmica) causada pelo fungo *Histoplasma capsulatum*. Trata-se de uma zoonose transmitida por aves e morcegos. A contaminação ocorre pela inalação de esporos ou do fungo em sua fase filamentosa, que alcança o alvéolo pulmonar e causa inflamações; mas os esporos também podem disseminar-se pela corrente sanguínea e instalar-se em outros órgãos, como o cérebro, em suas membranas chamadas meninges. A principal medida de prevenção da histoplasmose é o controle da população de pombos, principal fonte de transmissão.

A **blastomicose** sul-americana ou **doença de Gilchrist** é uma infecção pulmonar causada pelo fungo *Blastomyces dermatitidis*. A transmissão ocorre por inalação dos esporos dispersos no ar. Se não tratada corretamente, a blastomicose pode se espalhar para outros órgãos, como a pele, ocasionando o surgimento de bolhas vermelhas com pus, conduzindo à formação de abscessos indolores. Os ossos também podem ser atingidos, dando origem a inchaços nas articulações.

A **paracoccidioidomicose** corresponde a uma infecção provocada por fungos da família Paracoccidioides, que habitam o solo e as plantas, por isso é mais comum na área rural. A transmissão acontece, em geral, pela inalação dos esporos, que penetram nos pulmões e na corrente sanguínea. Entre os sintomas estão: perda de apetite, emagrecimento, tosse, falta de ar, febre, coceira, feridas na pele e surgimento de ínguas.

A **esporotricose** é uma infecção causada por fungos da família *Sporothrix* sp., presentes no solo, nas plantas, nas folhas e na madeira, por isso costuma infectar mais jardineiros e agricultores, mas também pode ser transmitido por arranhaduras de gatos.

ROTEIRO DE AULA

Fungos

Organização celular:

Unicelulares

Pluricelulares

Parede celular:

Quitina

Reserva energética:

Glicogênio

Nutrição:

Heterótrofos por absorção

Saprófitos

Atuam na decomposição da: Matéria orgânica

Simbionte

Principal exemplo: Líquens

Parasitas

Causam doenças chamadas de: micoses

Organização corporal:

Hifas

Podem ser:

Septadas

Não septadas

Formam o:

micélio

Vegetativo

Reprodutor

Classificação

Chytridiomycota

Zigomycota

Ascomycota

Basidiomycota

ROTEIRO DE AULA

FUNGOS E SOCIEDADE

Importância

Ambiental

decompositores

Usados como biorremediadores em contaminações ambientais

Exemplos de espécies tóxicas:

Psilocibe sp.

Claviceps sp.

Amanita muscaria

mutualistas

Fungo + vegetal (micorriza)

Fungo + alga (liquens)

Usados como bioindicadores de alterações ambientais

Alimentação

Como alimento

Para produzir outros alimentos:

Queijos

Pães

Bebidas

Econômica

Indústria farmacêutica

antibióticos

Saúde

Algumas espécies causam doenças em outros seres vivos

Doenças fúngicas em animais.

Micoses

Histoplasmose

Doenças fúngicas em vegetais.

Candidíase

Criptococose

Ferrugem

Vassoura-de-bruxa

Paracoccidiose

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. PUC-PR – O Reino Fungi reúne seres com grande importância ecológica, muita importância econômica, mas que também podem causar grandes problemas. Sobre os fungos, analise as afirmativas abaixo.

- I. Os cogumelos ou *champignons* (*Agaricus*) são exemplos de Basidiomicetos.
- II. O *Penicillium*, usado para fazer penicilina, e os fermentos como o *Saccharomyces* integram o grupo dos Ascomicetos.
- III. Líquen é uma associação entre uma planta e um Ascomiceto.
- IV. Micorriza é uma doença que ataca invertebrados e é causada por fungos.
- V. A produção de álcool e de alguns queijos, como o *roquefort* e o *camembert*, é devida a fungos.

Das afirmativas acima, estão corretas apenas:

- | | |
|------------------|-------------------|
| a) II – III – V. | d) II – III – IV. |
| b) III – IV – V. | e) I – II – V. |
| c) I – III – V. | |

O líquen é uma associação entre algas ou cianobactérias com um fungo. A micorriza é o nome da associação de fungos com a raiz das plantas.

2. Fuvest-SP – No grupo dos fungos, são conhecidas perto de 100 mil espécies. Esse grupo tão diverso inclui espécies que:

- a) são saprófagos, fundamentais na ciclagem dos nutrientes, pois sintetizam açúcares a partir do dióxido de carbono do ar.
- b) são parasitas, procariontes heterotróficos que absorvem compostos orgânicos produzidos pelos organismos hospedeiros.
- c) são comestíveis, pertencentes a um grupo de fungos primitivos que não formam corpos de frutificação.
- d) formam, com as raízes de plantas, associações chamadas micorrizas, mutuamente benéficas pela troca de nutrientes.
- e) realizam respiração, na presença de oxigênio, e fotossíntese, na ausência desse gás, sendo, portanto, anaeróbias facultativas.

Os fungos são seres eucariontes, heterotróficos, que podem viver associados às raízes das plantas formando as micorrizas.

3. Sistema Dom Bosco – Quais são as características exclusivas dos fungos que os diferenciam das plantas?

Fungos são seres heterótrofos que possuem parede celular de quitina e produzem o glicogênio como reserva de energia. Já as plantas são autótrofas, apresentam parede celular de celulose e têm o amido como reserva de energia.

4. UFSM-RS

C5-H18

Os princípios básicos da fabricação artesanal ou industrial do vinho são simples e utilizam o trabalho de certos fungos (*Saccharomyces*): o suco da uva, rico em açúcares, constitui-se no meio ideal para o crescimento das leveduras (ou fermentos), fungos microscópicos. Nesse processo, ao aproveitarem os açúcares, as leveduras liberam o álcool etílico, dando continuidade à obtenção da bebida.

Esse pequeno resumo do processo de fabricação do vinho traz informações sobre o(a):

- a) espécie de fungo envolvida na obtenção do vinho em questão.
- b) associação harmoniosa entre os fungos e a uva, com benefícios mútuos.
- c) parasitismo das leveduras, que leva à obtenção da bebida.
- d) organização corporal desse tipo de fungo, com formação de corpos frutíferos, por exemplo.
- e) processo de nutrição heterotrófica das leveduras.

As leveduras são fungos unicelulares e microscópicos com nutrição heterotrófica. São organismos aeróbicos facultativos, porque conseguem sobreviver em ambientes pobres em oxigênio. Elas produzem ATP pela fermentação anaeróbica da glicose.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

5. Udesc – Analise as proposições em relação aos fungos.

- I. Os basidiomicetos são fungos conhecidos como cogumelos e orelhas-de-pau por apresentarem o corpo de frutificação denominado basidiocarpo, a exemplo, champignon.
- II. Os deuteromicetos são fungos com corpos de frutificação em forma de base, formando projeções denominadas basidiósporos, os quais darão origem aos micélios, a exemplo, os bolores.
- III. Os ascomicetos são fungos que possuem asco (saco), onde são formados os esporos na reprodução sexuada, a exemplo, o *Saccharomyces cerevisiae* usado na fabricação de bebidas alcoólicas.
- IV. Os zigomicetos são fungos autotróficos filamentosos que vivem no solo como decompositores ou parasitas e apresentam estrutura assexuada característica denominada zigosporângio.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

A fase sexuada dos deuteromicetos não é bem conhecida, e todos os fungos são heterótrofos. As afirmativas I e III são verdadeiras.

6. Sistema Dom Bosco – O fungo *Aspergillus flavus* é conhecido por produzir substâncias tóxicas como micotoxinas. A toxina aflotoxina é geralmente encontrada no amendoim armazenado em locais com elevada umidade. A aflotoxina B1 (AFB1) é considerada um agente natural que pode causar câncer, provocar cirrose hepática e distúrbios nervosos.

Por que nesse tipo de ambiente é mais comum o surgimento do fungo *Aspergillus flavus*?

Os fungos necessitam de ambientes úmidos, geralmente com tempera-

turas em torno de 25 °C e pouca luminosidade, para se desenvolver. Por

isso é importante cuidar do armazenamento correto dos alimentos para

evitar contaminação por fungos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UNESP – O cogumelo shimeji (*Pleurotus ostreatus*) aos poucos vai se incorporando à culinária das grandes cidades brasileiras. Encontrado facilmente em supermercados, é usado como principal ingrediente de molhos, refogados, risotos e outros pratos.

Sobre o cogumelo shimeji, foram feitas as assertivas:

1. Trata-se de um fungo, um organismo heterótrofo que não faz fotossíntese e não produz seu próprio alimento.
2. Por ser um fungo, não sintetiza proteínas e carboidratos, tendo baixo valor nutricional.

Sobre essas assertivas, é correto dizer que:

- a) ambas estão corretas, e a segunda assertiva não é consequência da primeira, uma vez que a fotossíntese não é condição para a síntese de proteínas.
- b) ambas estão erradas, pois os fungos são organismos autótrofos que sintetizam seu próprio alimento, são ricos em carboidratos e proteínas e têm grande valor nutricional.
- c) a primeira está errada e a segunda está correta, pois, embora sejam fungos e não realizem fotossíntese, os cogumelos são autótrofos e sintetizam seu próprio alimento.
- d) ambas estão corretas, e a segunda delas é consequência da primeira, uma vez que organismos que não fazem fotossíntese não sintetizam proteínas e carboidratos.
- e) a primeira está correta e a segunda está errada, uma vez que, embora não realizem fotossíntese, os fungos sintetizam proteínas e carboidratos.

8. UFSM-RS – Muitos organismos são capazes de sobreviver em determinados ambientes, graças ao estabelecimento de interações ecológicas complexas e duradouras. Organismos do reino Fungi, por exemplo, podem estabelecer associações simbióticas específicas com organismos de diferentes reinos, tais como:

- a) seres fotossintetizantes do reino Protista, formando associações micorrízicas com suas raízes.
- b) seres fotossintetizantes dos reinos Monera e/ou Protista, formando líquens.
- c) seres do reino Animalia, numa relação parasitária em que o fungo nutre-se de produtos da fotossíntese do hospedeiro.
- d) organismos procariontes do reino Protista, numa relação parasitária em que o fungo nutre-se do glicogênio fornecido pelo hospedeiro.
- e) seres heterotróficos do reino Protista, formando líquens.

9. PUC-RJ – Os fungos são organismos que:

- a) realizam a reserva de carboidratos na forma de amido.
- b) sempre apresentam o corpo constituído por uma célula (unicelulares), geralmente filamentosa, exceto as estruturas reprodutivas.
- c) são procariontes que geralmente formam colônias.
- d) desempenham um papel muito importante na nutrição vegetal, por meio das associações simbióticas com as raízes das plantas, sendo chamados micorrizas.
- e) são autotróficos ou heterotróficos.

10. Unifesp – Primeiro, o suco obtido de uvas esmagadas é juntado a fungos do gênero *Saccharomyces* em tonéis fechados. Depois de certo tempo, o fungo é retirado e o líquido

do resultante é filtrado e consumido como vinho. As uvas podem ser colhidas mais cedo (menor exposição ao sol) ou mais tardiamente (maior exposição) ao longo da estação.

Um produtor que deseje obter um vinho mais seco (portanto, menos doce) e com alto teor alcoólico deve colher a uva:

- a) ainda verde e deixar o fungo por mais tempo na mistura.
- b) ainda verde e deixar o fungo por menos tempo na mistura.
- c) mais tarde e deixar o fungo por menos tempo na mistura.
- d) mais tarde e deixar o fungo por mais tempo na mistura.
- e) mais cedo e deixar o fungo por menos tempo na mistura.

11. UFRGS-RS – Sobre os fungos utilizados pela espécie humana, é correto afirmar que:

- a) a maioria apresenta flagelos em algum estágio do ciclo de vida.
- b) o levedo de cerveja e o fermento de padaria formam esporos sexuais.
- c) o fermento de padaria é multicelular e apresenta hifas cenocíticas.
- d) os cogumelos e os parasitas de mucosas, como, por exemplo, a *Candida albicans*, são da mesma classe.
- e) a penicilina é obtida de um fungo que não apresenta corpo de frutificação.

12. UFSC – O mofo que ataca os alimentos, os cogumelos comestíveis e o fermento de fazer o pão são formados por organismos que pertencem ao reino Fungi.

Com relação a esse grupo assinale a(s) proposição(ões) **verdadeira(s)**.

- 01) São organismos eucariontes, unicelulares ou pluricelulares, autotróficos facultativos.
- 02) O material nutritivo de reserva é o glicogênio.
- 04) Em função da nutrição heterótrofa, esses seres podem viver em mutualismo, em saprobiose ou em parasitismo.
- 08) Alguns fungos são utilizados na obtenção de medicamentos.
- 16) Nutrem-se por digestão extracorpórea, isto é, liberam enzimas digestivas no ambiente, que fragmentam macromoléculas em moléculas menores, permitindo sua absorção pelo organismo.
- 32) Na alimentação humana são utilizados, por exemplo, na fabricação de queijos, como o *roquefort* e o gorgonzola.
- 64) Reproduzem-se, apenas, assexuadamente por meio de esporos, formados em estruturas denominadas esporângios, ascos e basídios.

13. PUC-RS – Os fungos são organismos que possuem características que tornam este grupo de seres vivos bastante peculiar, pois evoluíram de maneira tal que, atualmente, apresentam uma grande diversidade de formas corporais, de ciclos de vida e de estruturas reprodutivas, o que favorece a sua adaptação a variadas condições ambientais. Sobre os fungos, é correto afirmar que:

- a) Cada um de seus filamentos é denominado de micélio.
- b) O cogumelo corresponde ao corpo de frutificação nos Basidiomicetos.
- c) São seres procariotos e fermentadores que decompõem a matéria orgânica.
- d) Seus esporângios produzem esporos – células diploides (2n) envolvidas no processo de reprodução sexuada.
- e) A fusão de hifas, também conhecida como plasmogamia, corresponde à parte assexuada do seu ciclo reprodutivo.

14. UFRR – O fermento biológico, o mofo que ataca os alimentos e os cogumelos comestíveis são organismos que pertencem ao reino Fungi. Com relação a este grupo de organismos indique as proposições verdadeiras:

- I. todos são clorofilados;
- II. nutrem-se por digestão extracorpórea, isto é, liberam enzimas digestivas para o substrato, que fragmentam macromoléculas em moléculas menores, permitindo sua absorção pelo organismo;
- III. são eucariontes, unicelulares ou multicelulares;
- IV. são utilizados na produção industrial de iogurtes;
- V. possuem glicogênio como reserva nutritiva;
- VI. alguns são utilizados para produção de antibióticos.

- a) I, III, VI e V.
- b) II, III, V e VI.
- c) II, III e IV.
- d) II e V.
- e) I e IV.

15. Sistema Dom Bosco – Durante a Segunda Guerra Mundial, prisioneiros russos das prisões alemãs, que aceitavam comer pão mofado, sofriam menos infecções de pele que os demais prisioneiros, os quais recusavam esse alimento. Qual a relação do fungo do pão com as infecções da pele dos prisioneiros?

- a) A ingestão dos fungos desenvolvia anticorpos aos fungos.
- b) Os fungos liberam antibióticos como é o caso do *Penicillium*.
- c) Os fungos não causavam intoxicações e o soldado ficava mais alimentado do que aqueles que não comiam o pão.
- d) O pão auxiliava a manter o sistema imunológico ativo.

16. UEPB – Analise as proposições apresentadas sobre os Fungos e, em seguida, classifique-as em (V), para as verdadeiras ou (F), para as falsas.

- () Os fungos podem se reproduzir de modo sexuado, em que teremos, de forma geral, a plasmogamia seguida pela cariogamia, ou assexuada, podendo ocorrer por fragmentação do micélio, por brotamento ou por esporulação.
- () Os cogumelos e as orelhas-de-pau são exemplos de corpos de frutificação de algumas espécies de fungos, sendo formados por agrupamentos compactos de hifas especiais, relacionadas aos processos de reprodução sexuada desses organismos.
- () Os fungos multicelulares são constituídos por filamentos ramificados denominados micélios, os quais contêm o material celular do fungo. O conjunto de micélios forma a hifa, que constitui o corpo do fungo.

- () São organismos fundamentais no processo de ciclagem de matéria na natureza, pois as espécies saprófagos, juntamente com certas bactérias, desempenham o papel de decompositores.
- () São organismos eucarióticos, autotróficos, uni ou multicelulares, que se nutrem por absorção e tem o glicogênio como substância de reserva.

A alternativa que apresenta a sequência correta é:

- a) F – V – V – F – V
- b) V – F – F – V – F
- c) V – V – F – V – F
- d) F – F – V – F – V
- e) V – F – V – F – V

17. UFC-CE – O reino Fungi possui cerca de 100 mil espécies, entre elas fungos de importância ecológica e/ou econômica.

- a) Explique, sucintamente, por que os fungos, juntamente às bactérias heterotróficas, são ecologicamente tão importantes.

- b) Por que alguns fungos como *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*, que crescem em sementes estocadas de milho, trigo e amendoim, são danosos à saúde humana mesmo depois de o fungo ter sido eliminado dessas sementes?

- c) Planta ou animal? Os fungos não são nem uma coisa nem outra. Cite uma característica dos fungos que se assemelha aos animais e uma outra que se assemelha às plantas.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Fatec-SP

C5-H18

Falta de espaço, problemas de armazenamento e umidade. Esses foram os três fatores que levaram ao descarte de 20 mil dos 35 mil livros da Biblioteca Pública Municipal Professor Bruno Enei, em Ponta Grossa (PR). Depois de dois laudos, que comprovaram a existência de fungos nos livros, todos os exemplares contaminados serão incinerados.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/l2pt6vz>>.
Acesso em: 09 set. 2013. Adaptado

Outro fator que possibilitou o crescimento dos fungos, no interior da biblioteca, foi a disponibilidade de

- a) matéria inorgânica, empregada na impressão dos livros, a qual é utilizada para a produção de alimento pelos fungos, visto que eles são seres autotróficos quimiossintetizantes.
- b) calor, fornecido pelo microambiente interno dos livros, necessário para o desencadeamento de reações químicas, visto que os fungos são seres autotróficos quimiossintetizantes.
- c) luminosidade, fornecida pelas lâmpadas do local, a qual é necessária para a síntese de compostos utilizados como alimento, visto que os fungos são seres autotróficos fotossintetizantes.
- d) matéria orgânica, fornecida pelas próprias páginas dos livros, a qual é necessária para a sobrevivência desses organismos, visto que os fungos são seres heterotróficos.
- e) gás carbônico, presente no ar que circula pela biblioteca, o qual fornece energia e alimento aos fungos, visto que eles são seres heterotróficos

19. Enem

C1-H03

Há milhares de anos o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia.

O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da:

- a) liberação de gás carbônico.
- b) formação de ácido lático.
- c) liberação de gás oxigênio.
- d) produção de ATP.
- e) liberação de calor.

20. PUC-RJ

C4-H16

Líquens são considerados colonizadores de superfícies inóspitas porque são basicamente autossuficientes em termos nutricionais. Isso se deve, entre outros, ao fato de os líquens serem compostos por uma associação entre:

- a) cianobactérias fotossintetizantes e fungos com grande capacidade de absorção de água e sais minerais.
- b) bactérias anaeróbias e fungos filamentosos com grande atividade fotossintetizante.
- c) vegetais fotossintetizantes e fungos com grande capacidade de absorção de água e sais minerais.
- d) bactérias anaeróbias heterotróficas e cianobactérias que fazem fotossíntese.
- e) protistas heterotróficos por absorção e protistas autotróficos por fotossíntese.

BRIÓFITAS: PLANTAS AVASCULARES - PTERIDÓFITAS: PLANTAS VASCULARES

PLANTAS TERRESTRES

Os primeiros representantes das plantas terrestres começaram a ocupar o ambiente terrestre há cerca de 470 milhões de anos. Atualmente as plantas terrestres compreendem cerca de 290 000 espécies e podem ser encontradas nos mais diversos ambientes do planeta, desde desertos até regiões polares.

Esses organismos também são chamados de **embriófitas**, por apresentarem um embrião maciço (sem cavidade interna) quando fecundados. Uma forma de distinguir os diferentes grupos de plantas é pela ausência ou presença de um sistema vascular, que são células unidas em tubos formando tecidos especializados que transportam seivas (água e nutrientes) pelas partes da planta. As plantas atuais, em sua grande maioria, apresentam um complexo sistema de tecido vascular e são chamadas de **plantas vasculares** ou **traqueófitas**.

As plantas que não têm um sistema de transporte extenso com tecidos especializados na condução de seiva são conhecidas como **avasculares**, como musgos, hepáticas e antóceros. São informalmente denominadas **bríofitas**.

As plantas vasculares formam um grande grupo evolutivo que compreende 93% de todas as espécies vegetais existentes. As traqueófitas incluem três grupos de plantas: **pteridófitas**, **gimnospermas** e **angiospermas**.

O termo **pteridófitas** é usado informalmente para designar as espécies de plantas que têm vasos condutores, mas que não apresentam sementes, flores ou frutos. Entre as pteridófitas mais conhecidas, estão as samambaias, as avencas e os licopódios.

Briófitas e pteridófitas também são conhecidas como **criptógamas** (do grego *kruptós* = escondido + *gamos* = gametas) por se tratarem de plantas com estruturas reprodutoras pouco evidentes.

Gimnospermas e angiospermas fazem parte do grupo das **espermatófitas**, que compreende as plantas vasculares que apresentam sementes. Esses dois grupos também são conhecidos como **fanerógamas** (do grego *phanerós* = visível), em virtude de as estruturas reprodutoras dessas plantas estarem evidentes.

EVOLUÇÃO DAS PLANTAS EM AMBIENTE TERRESTRE

Hoje em dia, considera-se que uma linhagem ancestral de algas verdes, similar às carófitas atuais, evoluiu e originou as plantas terrestres. Entre as evidências desse parentesco próximo, estão algumas características compartilhadas entre as algas verdes e as plantas, como a celulose encontrada na parede celular e a semelhança do gameta flagelado. Outras similaridades que podem ser citadas são os cloroplastos contendo clorofila **a** e **b** e a presença de uma substância denominada esporolenina, que confere resistência contra a perda de água (pois reveste o zigoto nas carófitas e os esporos das plantas).

Algumas novidades evolutivas surgiram nas plantas terrestres e possibilitaram sua sobrevivência no ambiente terrestre. Entre essas mudanças, podemos destacar:

- alternância de gerações ou metagênese: ciclos de vida que alternam entre duas gerações de organismos multicelulares distintos, o gametófito e o esporófito;

- Plantas terrestres
- Evolução das plantas em ambiente terrestre
- Briófitas
- Reprodução e ciclo de vida das briófitas
- Características gerais das pteridófitas
- Classificação das pteridófitas
- Reprodução e ciclo de vida

HABILIDADES

- Identificar as estruturas vegetativas das plantas criptógamas relativas à sobrevivência e à adaptação aos ecossistemas.
- Conhecer a reprodução e o ciclo de vida das briófitas.
- Compreender o papel da evolução na produção de padrões e processos biológicos e na organização taxonômica das briófitas.
- Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou seus limites de distribuição em diferentes ambientes.
- Conhecer a reprodução e o ciclo de vida das pteridófitas.
- Comparar a reprodução e o ciclo de vida de briófitas e pteridófitas.
- Compreender o papel da evolução na produção de padrões e processos biológicos ou na organização taxonômica das pteridófitas.

- embrião multicelular maciço, protegido e nutrido pelos tecidos de seu progenitor (o gametófito feminino);
- esporos revestidos por uma substância que os protege contra a perda de água;
- gametângios, órgãos multicelulares que produzem os gametas;
- cutícula, uma cobertura na epiderme que atua como impermeabilizante e impede a perda excessiva de água.

BRIÓFITAS

Os fósseis de esporos de briófitas mais antigos encontrados têm entre 470 e 450 milhões de anos. As briófitas abrangem os musgos, as hepáticas e os antóceros. Acredita-se que estão entre as primeiras plantas a ocupar o ambiente terrestre, principalmente habitats úmidos próximos a fontes de água doce.

CARACTERÍSTICAS

As briófitas são plantas de pequeno porte, a maioria com poucos centímetros, que normalmente habitam locais úmidos e com sombra. Algumas ocupam outros habitats, como desertos relativamente secos, ou suportam longos períodos frios no continente antártico. Poucas briófitas são aquáticas de água doce. Não se conhecem, no entanto, espécies marinhas.

As briófitas são plantas **avasculares**, ou seja, não apresentam tecidos especializados de condução de seiva (xilema e floema). O transporte de seiva ocorre de forma muito lenta, célula por célula, geralmente por osmose ou difusão. A passagem de substâncias entre as células ocorre através de pontes citoplasmáticas, que atravessam as paredes celulares, chamadas **plasmodesmos**.

A avascularidade é fator determinante para o **pequeno porte** das briófitas, pois a ausência de tecidos condutores impede a seiva de alcançar maiores distâncias. A grande maioria dessas plantas habita locais **úmidos**, pois a transpiração muito intensa provoca sua dessecação, considerando que a água transportada por simples difusão não atinge as células a tempo de repor a quantidade perdida. Além disso, as briófitas também **dependem da água para a reprodução**, pois a água auxilia na locomoção do gameta masculino flagelado até o gameta feminino. Isso significa que a reprodução das espécies de briófitas que vivem em habitats mais secos só é possível durante o período de chuvas.

O corpo das briófitas é formado basicamente por **rizoide**, **cauloide** e **filoide**, estruturas semelhantes a raízes, caules e folhas, respectivamente. Não formam sementes, flores ou frutos.

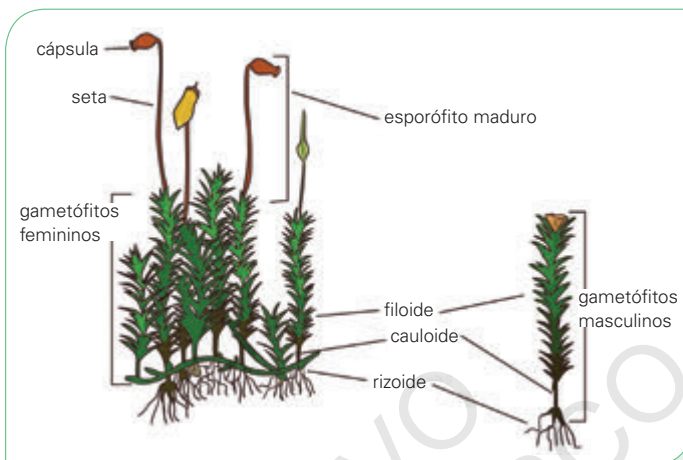


Ilustração da organização corporal de um musgo da espécie *Polytrichum commune*. Podemos notar a diferença entre o gametófito feminino (sobre o qual se encontra o esporófito) e o gametófito masculino. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

CLASSIFICAÇÃO

Atualmente o termo **briófita** se refere a três grupos (filos) distintos de plantas avasculares.

FILO BRYOPHYTA

Este é o grupo mais diversificado entre as briófitas. Os gametófitos, além dos rizóides, geralmente apresentam um eixo principal (cauloide), do qual saem os filóides. Destacam-se os gêneros *Polytrichum* (encontrado mais em barrancos de regiões tropicais) e *Sphagnum* (que cresce em regiões temperadas e frias, formando a vegetação conhecida por turfa, de grande importância econômica).

Sob condições geológicas adequadas, a turfa transforma-se em carvão, que é utilizado como combustível para aquecimento doméstico. A turfa que se torna combustível provém da deposição do musgo do gênero *Sphagnum* em lagos de origem glacial do Hemisfério Norte.

Os musgos muitas vezes formam longos tapetes sobre rochas expostas e desempenham importante papel na sucessão ecológica, contribuindo na degradação de rochas e na formação de solos. São as primeiras plantas a colonizar fendas e superfícies de rochas, adicionando matéria orgânica que se torna essencial para a germinação de sementes de outras plantas.

HEPÁTICAS

São plantas com aparência que lembra um fígado (do latim *hepaticus*), com gametófito taloso em formato achatado e que se fixam ao solo por meio de rizóides. Os filóides, quando presentes, são delgados e planos. No entanto, existem hepáticas com gametófitos folhosos, mais comuns principalmente nas regiões tropicais.

As hepáticas mais conhecidas pertencem ao gênero *Marchantia*, comum no Hemisfério Norte. Algumas hepáticas aquáticas (*Riccia*) vivem submersas e são utilizadas em aquários para fornecer oxigênio e servir de abrigo para peixes.

ANTÓCEROS

Grupo de briófitas com menor número de espécies, cerca de 100. A estrutura de seu gametófito é simples e alongada. De uma lâmina saem eixos (esporófitos), onde são produzidos os esporos.

Os esporófitos em forma de chifre são a principal característica que os diferencia das demais briófitas. O esporófito dos antóceros não tem seta, consistindo apenas do esporângio (que produz os esporos).

REPRODUÇÃO E CICLO DE VIDA DAS BRIÓFITAS

A maioria das briófitas é dioica, ou seja, há plantas com estruturas reprodutoras masculinas (anterídios) e plantas com estruturas reprodutoras femininas (arquegônios). Briófitas têm ciclo haplodiplobionte (alternância de fases) e reproduzem-se por **alternância de gerações** ou **metagênese**, assim como os demais grupos de plantas terrestres. Nesse ciclo há duas gerações de organismos: a gametofítica haploide (n) e a esporofítica diploide ($2n$). Nas briófitas, a **geração dominante é a gametofítica**. Nas plantas vasculares, a geração dominante é a esporofítica.

As estruturas reprodutoras das briófitas (gametângios) não são visíveis a olho nu, pois geralmente estão imersas no gametófito. O **anterídio**, que é o gametângio masculino, produz por mitose os gametas masculinos biflagelados denominados **anterozoides**. No interior do **arquegônio**, que é o gametângio feminino, é produzido o gameta feminino por mitose, denominado **oosfera**. No ápice da planta masculina, está situado o anterídio e, na planta feminina, o arquegônio.

Também existem briófitas monoicas, as quais apresentam gametângios masculinos e femininos simultaneamente.

ALTERNÂNCIA DE GERAÇÕES NAS BRIÓFITAS

No caso das briófitas, há dois tipos de geração:

- **Geração gametofítica** ou **gametófito (n)**: mais desenvolvida, representa a planta adulta propriamente dita. Nela ocorre a **reprodução sexuada**, por meio da produção de gametas masculino (anterozoide) e feminino (oosfera). As plantas apresentam rizoides, cauloides e filoides. Nos gametófitos mais simples, não existe diferença entre o filóide e o caulóide, sendo normalmente prostrados e denominados talosos. Os gametófitos com estruturas bem diferenciadas são geralmente eretos e denominados folhosos. Todas as células do gametófito são haploides (n).
- **Geração esporofítica** ou **esporófito ($2n$)**: formada por células diploides, é a fase menos desenvolvida do ciclo de vida das briófitas e tem curta duração. O **esporófito depende do gametófito** para seu crescimento e desenvolvimento. Em geral, o

esporófito consiste em uma fina haste (ou seta) que sustenta uma cápsula protegida pela caliptra. No interior da cápsula, os esporângios produzem **esporos (n)** por **meiose**. Nessa fase, portanto, ocorre a **reprodução assexuada** por esporulação.

REPRODUÇÃO SEXUADA

Nos musgos dioicos, a planta adulta masculina apresenta, na parte superior, os anterídios que contêm em seu interior os anterozoides. Cada anterídio produz grande número de anterozoides. Os anterozoides das briófitas têm dois flagelos, o que possibilita a essas células “nadarem” até o gameta feminino.

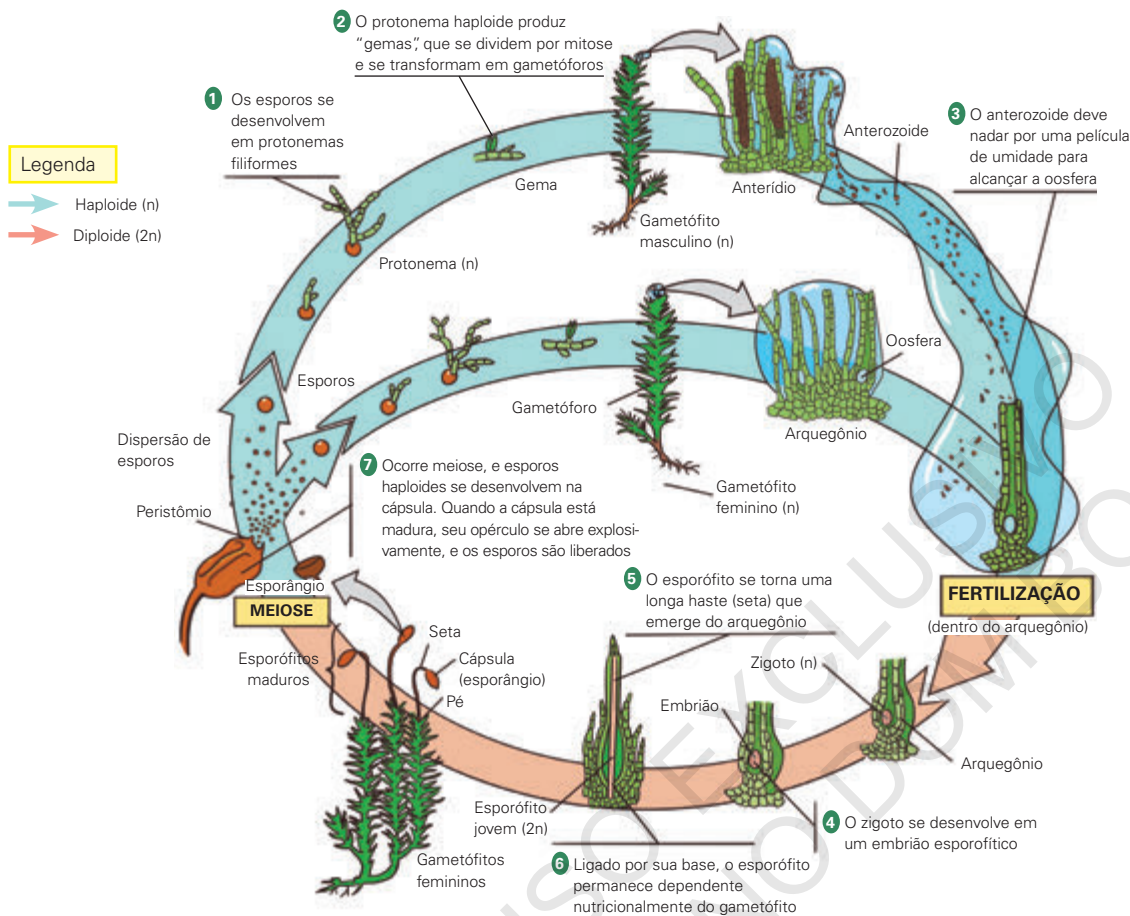
Na parte superior do gametófito feminino, encontram-se os arquegônios, que produzem as oosferas. Cada arquegônio produz uma única oosfera, que é uma célula imóvel. Gametângios (anterídio e arquegônio) e gametas (anterozoides e oosfera) são haploides e formam-se por mitose.

As briófitas são dependentes da água para a fecundação. Os anterozoides são transportados até os arquegônios pela água da chuva. Quando os anterozoides chegam ao arquegônio, “nadam” ativamente em direção à oosfera, por ação dos flagelos. No interior do arquegônio, apenas um anterozoide fecunda a oosfera e origina, assim, o ovo ou zigoto ($2n$). Este desenvolve-se por meio de mitoses sucessivas, de modo a formar o embrião ($2n$), que é nutrido pelo gametófito feminino, cujo desenvolvimento resulta no esporófito diploide. Fixo pela base, o esporófito cresce no ápice do gametófito feminino. O **esporófito maduro** é formado por três partes: o **pé**, inserido no arquegônio (gametófito feminino); a **haste** (ou seta), que emerge da caliptra; e a **cápsula** (ou esporângio), localizada na extremidade da haste.

No interior da cápsula existem vários esporângios, dentro dos quais as **células-mães** dos esporos ou esporócitos sofrem meiose e originam esporos haploides. Por meio da abertura na cápsula (opérculo), que ocorre naturalmente, os esporos são liberados e transportados pelo vento. Se encontrarem condições favoráveis, os esporos germinam por meio de mitoses sucessivas e originam o gametófito ou **protonema** (filamento multicelular clorofilado e haploide) que se desenvolve em um gametófito adulto, recomeçando o ciclo da planta.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Muitas briófitas se reproduzem assexuadamente por **fragmentação**. Nesse processo, pedaços de um indivíduo ou de uma colônia dão origem a novos gametófitos. Em espécies do gênero *Marchantia* (hepáticas), ocorre a reprodução assexuada por meio da formação de estruturas especializadas, os propágulos, que se formam no interior de conceptáculos, estruturas em forma de taça (veja na figura a seguir). Nos conceptáculos formam-se as gemas, que são os **corpos reprodutivos** (propágulos). Quando chove, gotas de água carregam as gemas para o solo, as quais se desenvolvem e originam novos gametófitos.



Ciclo reprodutivo típico das briófitas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fonte: REECE et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005. p. 619. (Adaptado)

PTERIDÓFITAS: PLANTAS VASCULARES

CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS PTERIDÓFITAS

Há cerca de 300 milhões de anos, as pteridófitas formavam imensas florestas. Muitas espécies atingiam mais de 40 metros de altura. Restos soterrados e não decompostos dessas florestas do Período Carbonífero originaram reservas de carvão, ainda hoje bastante exploradas.

As pteridófitas são abundantes em regiões tropicais, mas também são encontradas em regiões temperadas. Há espécies, inclusive, em ambientes secos e semidesérticos. Atualmente são conhecidas pouco mais de 13 000 espécies de pteridófitas, o que compreende cerca de 5% das plantas terrestres do planeta. O termo **pteridófito** é usado para se referir a representantes de dois grupos: pterófitas (samambaias, avencas, cavalinhas) e licófitas (licopódios e selaginelas).

As traqueófitas têm estruturas especializadas na condução de seiva, denominadas **vasos condutores**, que podem ser de dois tipos:

- **xilema**: mais interno no caule, transporta a seiva bruta rica em água e sais minerais das raízes até as folhas. As células do xilema têm suas paredes celulares reforçadas por lignina, tornando esses vasos suficientemente fortes para proporcionar o suporte da planta contra a gravidade;
- **floema**: mais externo no caule, transporta a seiva elaborada produzida nas folhas durante a fotossíntese até as raízes, uma solução rica em açúcares e outros compostos orgânicos.

O corpo das pteridófitas e demais plantas vasculares geralmente está organizado em três partes distintas:

- **raiz**: estrutura comumente subterrânea, com a função de fixar a planta e absorver água e sais minerais;
- **caule**: estrutura que geralmente cresce verticalmente acima do solo, em sentido oposto ao da raiz. Por meio dele as seivas são conduzidas pelo corpo da planta;
- **folha**: estrutura comumente laminar sustentada pelo caule, com células ricas em cloroplastos. Nela ocorre a fotossíntese.

O corpo das traqueófitas está organizado em três **tecidos especializados** principais:

- **sistema dérmico:** camada mais externa que recobre todo o corpo da planta e tem a função de proteger os tecidos internos e funcionar como uma barreira que impede a perda de água pela transpiração;
- **sistema vascular:** formado pelos tecidos ou vasos condutores xilema e floema;
- **sistema de preenchimento:** formado por células ricas em cloroplastos nas folhas e por tecidos que ocupam os espaços internos do corpo da planta denominados de parênquimas (que apresentam funções como armazenamento de amido em raízes e caules).

As pteridófitas são plantas vasculares que **não** formam sementes, flores ou frutos. Assim como as briófitas, são plantas **criptógamas** com estruturas reprodutoras pouco evidentes. Além disso, as pteridófitas dependem de água para se reproduzir em virtude da presença de gametas masculinos flagelados.

As pteridófitas e demais plantas vasculares têm o **esporófito** como **fase duradoura** do ciclo de vida. Outra novidade evolutiva das traqueófitas é o surgimento de **esporófilos**, que são folhas modificadas que portam os esporângios (estruturas produtoras de esporos), os quais variam em estrutura.

ORGANIZAÇÃO CORPORAL

Tomando como base a morfologia das samambaias, o corpo das pteridófitas está organizado em um caule do tipo rizoma (raiz adventícia) e folhas compostas divididas em folíolos.



Organização do corpo das samambaias.

Na extremidade de cada folha, está uma região de aspecto recurvado responsável pelo crescimento. Essa organização é bastante evidente na folha jovem, chamada **báculo**.

CLASSIFICAÇÃO DAS PTERIDÓFITAS

Pteridófitas é um termo informal usado para designar as plantas vasculares sem sementes. Na classificação adotada neste livro, essa denominação se

refere a dois filos distintos: **Lycophyta** (que reúne licopódios, selaginelas e *Isoetes*) e **Pterophyta** (que reúne samambaias, avencas, cavalinhas e os gêneros aparentados *Psilotum* e *Tmesipteris*).

FILO PTEROPHYTA

As pterófitas compreendem cerca de 12 000 espécies. A maior diversidade do grupo é encontrada em ambientes tropicais. As samambaias estão entre as pteridófitas mais conhecidas. Apresentam folhas largas chamadas de frondes, divididas em pinas. A fronde cresce conforme o báculo se desenrola. A grande maioria das espécies são isosporadas, ou seja, contêm um tipo de esporângio que produz um esporo que origina um gametófito bissexual. O samambaiçu é uma espécie arborecente de grandes dimensões, da qual se extrai o xaxim – prática proibida atualmente.

As cavalinhas vivem em locais úmidos. Apresentam caules que parecem ter “articulações”, por isso também são chamadas de artrófitas. Nas cavalinhas, o caule geralmente é o principal órgão fotossintetizante. Nas espécies de *Psilotum*, o esporófito tem o caule ramificado dicotomicamente (em forma de Y). Nas extremidades do caule, há saliências arredondadas amarelas, cada uma consistindo em um conjunto de três esporângios fusionados. As espécies de *Psilotum* não apresentam raízes.

FILO LYCOPHYTA

O grupo das licófitas compreende cerca de 1 200 espécies. Muitas licófitas vivem em ambientes tropicais, com um hábito de vida epífita, pois crescem sobre o tronco de árvores, utilizando-os como suporte. Também há exemplares que habitam florestas temperadas. Espécies do gênero *Selaginella* são geralmente pequenas e crescem paralelas ao solo. As espécies de *Isoetes* vivem em áreas pantanosas ou como plantas aquáticas submersas.

Em muitos licopódios e em *Selaginella*, os esporófilos estão agrupados em estruturas chamadas estróbilos, que apresentam forma de cone. Nos licopódios, os esporos são isosporados, enquanto em *Selaginella* e *Isoetes* os esporos são heterosporados (esporângios produzem dois tipos diferentes de esporos).

REPRODUÇÃO E CICLO DE VIDA

O ciclo reprodutivo das pteridófitas tem nítida **metagênese**, sendo o **esporófito** (2n) o vegetal duradouro, ou seja, corresponde à planta adulta propriamente dita.

No interior dos esporângios, os esporócitos sofrem meiose e geram os esporos (n). A germinação dos esporos forma os gametófitos. As estruturas reprodutoras das pteridófitas (gametângios) são pouco evidentes. O **anterídio**, que é o gametângio masculino, produz os anterozoides por mitose. No interior do **arquegônio** (gametângio feminino), a **oosfera** é produzida também por mitose.

Assim como nas briófitas, a fecundação depende de água, pois os gametas masculinos são flagelados. O produto da fecundação é um zigoto ($2n$), que sofre mitose e origina um embrião ($2n$), o qual se desenvolve em esporófito jovem, completando o ciclo. O **gametófito** haploide (fase menos desenvolvida) geralmente degenera em pouco tempo.

REPRODUÇÃO ASSEXUADA

Muitas espécies de pteridófitas reproduzem-se assexuadamente por **brotamento**. Conforme o rizoma cresce, formam-se partes vegetativas que dão origem a raízes e folhas. Quando ocorre a fragmentação do rizoma, cada fragmento contendo uma parte vegetativa origina uma nova planta.

REPRODUÇÃO SEXUADA

Na maioria das pteridófitas (entre essas samambaias e cavalinhas), existe a produção de esporos de um único tipo, por isso o nome **pteridófitas isosporadas**.

Em espécies do gênero *Selaginella*, por exemplo, existe a produção de dois tipos de esporos: o megásporo (que desenvolve o gametófito feminino) e o micrósporo (que gera o gametófito masculino). Em virtude disso, essas plantas são chamadas de **pteridófitas heterosporadas**.

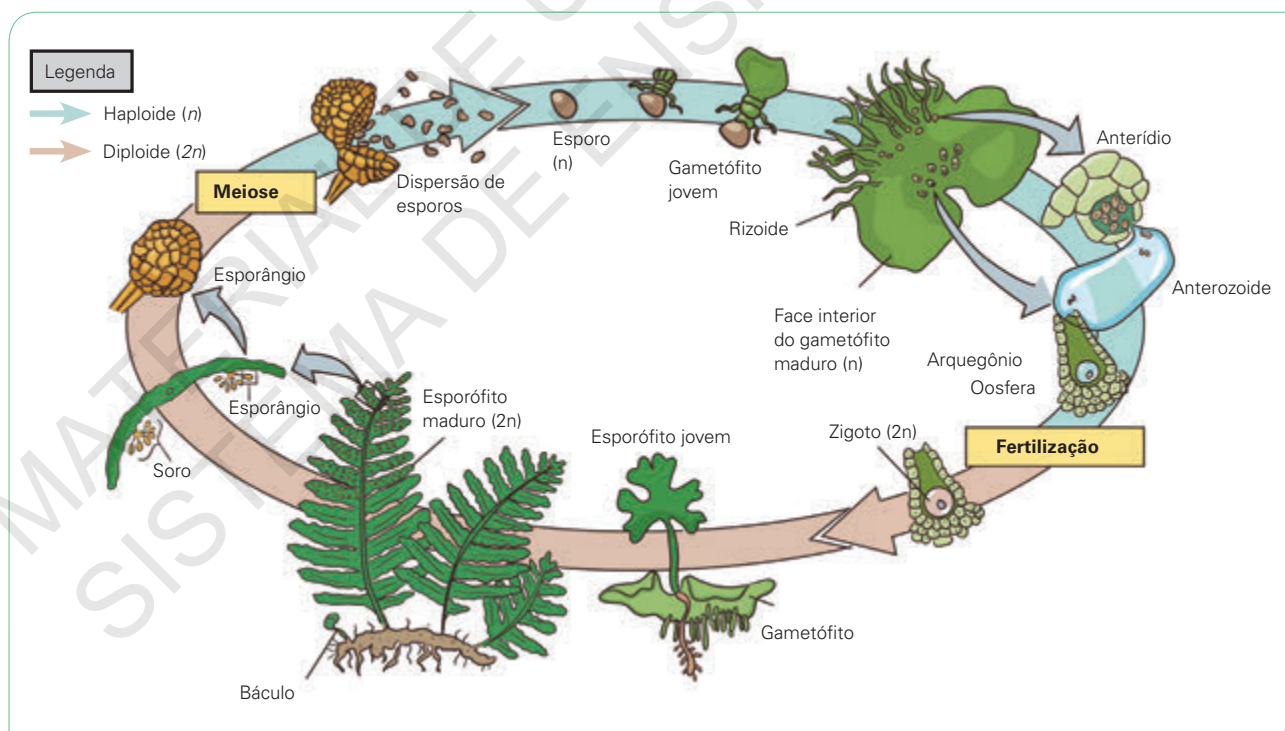
CICLO REPRODUTIVO DAS PTERIDÓFITAS ISOSPORADAS

Os esporângios (de forma arredondada) de cada soro são geralmente recobertos por uma estrutura protetora, o **indúcio**.

No interior dos esporângios, estão as células-mães de esporos (esporócitos), que sofrem meiose e originam esporos. Por sua vez, os esporos (n) são liberados em condições de clima mais seco. Quando o esporângio está maduro e a umidade relativa do ar cai, ele se abre e libera os esporos de modo explosivo. Quando estes caem em local úmido e com sombra, começa a germinação, o que forma os gametófitos.

O gametófito ou **protalo** (n) é uma planta verde avascular. Tem formato de lâmina, e seu aspecto assemelha-se a um coração (cordiforme), com cerca de 1 centímetro. Em sua face inferior, rizoides fixam e absorvem água e sais minerais. Nas espécies homosporadas (como samambaias e avencas), o gametófito é geralmente monoico (ou bissexuado), ou seja, forma gametângios masculinos (anterídios) e femininos (arquegônio).

A fecundação da oosfera pelo anterozoide forma o zigoto, o qual se divide por mitoses sucessivas e origina o embrião. Este, no início de seu desenvolvimento, é nutrido por substâncias fornecidas pelo gametófito. No entanto, assim que as células do embrião se diferenciam em raiz, caule e folha, a planta jovem passa a realizar fotossíntese e torna-se independente do gametófito para sua nutrição. Na maturidade, o esporófito origina folhas férteis, nas quais são produzidos os esporos, completando o ciclo. Já o gametófito, após suas reservas de nutrientes se esgotarem, degenera-se e morre.



Ciclo reprodutivo típico das samambaias. Representação fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ROTEIRO DE AULA

PLANTAS TERRESTRES (EMBRIÓFITAS)

Briófitas

Pteridófitas

Características

Avasculares

Hábitat:

Ambientes úmidos e
com sombra

Corpo:

Filoide

Cauloide

Rizoide

Classificação

Filo Bryophyta

Filo Hepatophyta

Filo Anthoceroophyta

Musgos

Hepáticas

Antóceros

Reprodução e ciclo de vida

Metagênese

Reprodução dependente da água

Fase duradoura:

Gametófito (n)

Gametângios:

Arquegônio (n)

Anterídio (n)

Gametas:

Anterozoide (n)

Oosfera (n)

ROTEIRO DE AULA

PLANTAS TERRESTRES (EMBRIÓFITAS)

Criptógamas

Briófitas

Pteridófitas

Características

Classificação

Reprodução e ciclo de vida

Raiz

Não formam sementes, flores ou frutos

Filo Pterophyta:

Metagênese

Caule

Partes do corpo:

Samambaias, avencas

Reprodução depende da água

e cavalinhas

Gameta masculino

Flagelado

Folha

Vasculares

Filo Lycophyta:

Fase duradoura

Esporófito (2n)

Hábitat:

Licopódios, selaginelas

Gametângios

Arquegônio (n)

Anterídio (n)

Regiões tropicais, temperadas

e secas

Gametas

Oosfera (n)

Anterozoide (n)

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **UFJF-MG** – Ao caminhar pela sua cidade, um estudante do ensino médio observou as seguintes plantas:

- I. Musgo
- II. Samambaia
- III. Pinheiro
- IV. Goiabeira
- V. Ipê-amarelo

Após analisá-las, fez as afirmações abaixo. Assinale a opção com a alternativa correta:

- a) Apenas uma dessas plantas não apresenta raiz, caule e folhas diferenciadas.
- b) Apenas duas dessas plantas não apresentam tecidos condutores de seiva.
- c) Apenas duas dessas plantas apresentam sementes.
- d) Apenas duas dessas plantas apresentam processos de polinização.
- e) Apenas uma dessas plantas apresenta fruto.

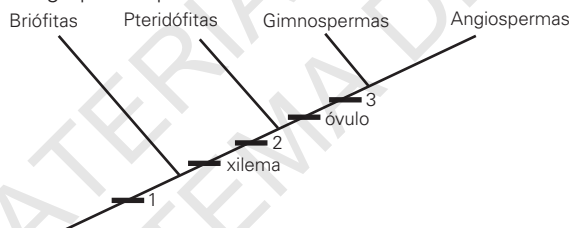
Os musgos pertencem ao grupo das briófitas, plantas que não têm raiz, caule e folhas verdadeiros, mas sim rizóides, caulóide e filóide. Além disso, não apresentam tecidos condutores diferenciados (xilema e floema). Entre as plantas terrestres, apenas as briófitas não têm raízes, caules e folhas diferenciados. Gimnospermas e angiospermas apresentam sementes e processos de polinização (como o pinheiro, a goiabeira e o ipê-amarelo). As angiospermas têm frutos, como a goiabeira e o ipê-amarelo.

2. **Udesc (adaptada)** – A característica comum às plantas hepáticas, antóceros e musgos é que

- a) são plantas com sementes.
- b) são plantas vasculares.
- c) produzem flores.
- d) possuem gametas masculinos flagelados.
- e) possuem ovário.

As briófitas e as pteridófitas (samambaias e avencas) têm gametas masculinos flagelados, denominados anterozoides. Esses gametas necessitam de água para se locomover até o gameta feminino (oosfera) e fecundá-lo.

3. **Unifimes-GO (adaptada)** – O cladograma mostra de forma simplificada a relação evolutiva entre os principais grupos de plantas.



Considerando as informações contidas no cladograma e os conhecimentos sobre o assunto:

- a) Indique uma função do xilema.

O xilema é o tecido condutor da seiva bruta (água e sais minerais), que é absorvida pelas raízes e distribuída por toda a planta. O xilema é encontrado

em todas as plantas traqueófitas (pteridófitas, gimnospermas e angiosper-

mas). Outra função importante do xilema está relacionada à sustentação

da planta. As células do xilema têm suas paredes celulares reforçadas por

lignina, o que torna esses vasos suficientemente fortes para proporcionar o

suporte da planta contra a gravidade.

- b) Indique qual dos números (1, 2 ou 3) pode representar o surgimento do esporófilo.

O número 2 pode representar o esporófilo, folha modificada que porta

os esporângios (estruturas produtoras de esporos). No entanto, a ca-

racterística 2 também pode representar o floema, constituído de vasos

que conduzem a seiva elaborada (rica em glicose e outros compostos

orgânicos) nas plantas vasculares.

4. **FMP-SC**

C5-H17

O projeto Flora do Brasil 2020 tem como objetivo fazer a divulgação de descrições, chaves de identificação e ilustrações para todas as espécies de plantas, algas e fungos conhecidos no país.

A tabela abaixo mostra a distribuição das 46 104 espécies nativas reconhecidas até o momento.

Algas	4 747
Angiospermas	32 813
Briófitas	1 526
Fungos	5 711
Gimnospermas	30
Samambaias e Licófitas	1 277

Fonte: *Flora do Brasil 2020 em construção*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 23 jun. 2016.

De acordo com a tabela, o número de espécies nativas brasileiras do reino Plantae, reconhecidas até o momento, portadoras de vasos condutores de seiva é

- a) 32 813.
- b) 32 843.
- c) 34 120.
- d) 35 646.
- e) 39 831.

As plantas que apresentam vasos condutores de seiva são as pteridófitas (samambaias e licófitas), as gimnospermas e as angiospermas. Elas totalizam 34 120 espécies nativas brasileiras.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

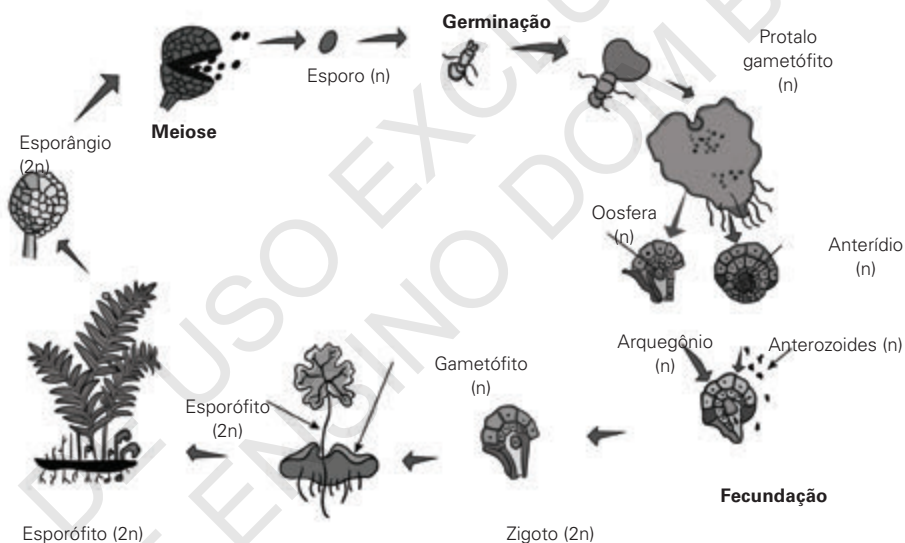
Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

5. UFJF-MG – Sobre os processos reprodutivos das briófitas e pteridófitas, é correto afirmar:

- A reprodução assexuada em briófitas e pteridófitas ocorre por fragmentação, processo em que pedaços de um indivíduo adulto geram novos gametófitos.
- A reprodução sexuada em briófitas e pteridófitas envolve, obrigatoriamente, a formação de micrósporos e megásporos.
- Uma condição comum à reprodução sexuada das briófitas e pteridófitas consiste na produção de anterozoides flagelados no interior de anterídios.
- Nas briófitas e nas pteridófitas, a produção dos esporos ocorre no interior de estruturas diploides, as quais correspondem à fase dominante do ciclo de vida.
- A ausência de tecidos vasculares nas briófitas e pteridófitas limita a fecundação em ambientes aquáticos ou úmidos, uma vez que os anterozoides precisam nadar até a oosfera.

As briófitas dependem da água para a fecundação, porque produzem anterozoides biflagelados no interior de gametângios microscópicos denominados anterídios, os quais se locomovem até o gameta feminino (oosfera) para fecundá-lo.

6. UEFS-BA (adaptada) – Abaixo observamos o ciclo de vida típico das pteridófitas, representado pelas samambaias.



Com base na figura, quais as principais diferenças do ciclo de vida das pteridófitas em relação ao das briófitas?

Nas briófitas, a planta adulta é o gametófito (n), autótrofo e fotossintetizante, enquanto nas pteridófitas, a planta adulta é o esporófito (2n). Nos musgos, representantes típicos do ciclo de vida das briófitas, o esporófito se desenvolve sobre o gametófito feminino, e os esporângios no interior da cápsula originam os esporos por meiose. Nas samambaias, os esporângios estão agrupados no interior de estruturas chamadas soros, na face inferior das folhas. Já o gametófito das pteridófitas é chamado de protalo, e o gametófito das briófitas é chamado protonema.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UFJF-MG (adaptada) – O gênero *Sphagnum* possui espécies que são comumente chamadas musgos de turfeira e possuem grande importância ecológica por formarem a turfa, que cobre 1% da superfície terrestre do planeta. Na Primeira Guerra Mundial foram muito utilizados na limpeza de ferimentos, por absorverem até 20 vezes seu peso em água e pela presença de metabólitos bactericidas em sua constituição. Sobre musgos de turfeira, marque a alternativa correta:

- a) Os musgos podem ocorrer em diferentes habitats, incluindo o ambiente marinho e terrestre.
- b) Possuem ciclo de vida com alternância de gerações haploide e diploide, com fase haploide persistente.
- c) São considerados avasculares, por possuírem esporófito efêmero e dependente.
- d) São formados por três sistemas de tecidos, no sistema fundamental encontra-se o parênquima.
- e) O esporófito libera as sementes pela abertura da cápsula, após o opérculo ser eliminado.

8. UCS-RS – Várias hipóteses foram desenvolvidas para explicar a evolução das plantas. O critério que corrobora a hipótese evolutiva, a mais aceita atualmente, utiliza a dependência da água para que possa ocorrer o processo de fecundação. Sobre esse processo, é correto afirmar que

- a) as plantas que não dependem da água para se reproduzirem são briófitas, gimnospermas e espermatófitas.
- b) as briófitas e pteridófitas necessitam da água, pois produzem anterozoides que necessitam “nadar” até a oosfera.
- c) as plantas avasculares não precisam da água para a reprodução, possuem tecidos diferenciados que possibilitam dominar o ambiente terrestre.
- d) as gimnospermas são consideradas plantas mais primitivas do que as pteridófitas, pois possuem sementes nuas, necessitando da água para a reprodução.
- e) todas as plantas necessitam da água para a reprodução, inclusive as fanerógamas, assim, esse critério não deveria ser utilizado.

9. UFRGS-RS (adaptada) – Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, em relação aos organismos que pertencem ao reino Plantae.

- () As pteridófitas possuem o esporófito reduzido.
- () Os embriões multicelulares possuem cavidades internas.
- () As que se reproduzem sexuadamente apresentam alternância de ploidia.

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

- a) F – V – F
- b) F – F – V
- c) V – F – F
- d) V – V – F
- e) V – V – V

10. UECE – Assinale a opção que contém a sequência correta correspondente ao ciclo de vida das pteridófitas.

- a) Produção de esporos – esporófito – produção de gametas – fecundação – protonema.

- b) Produção de gametas – fecundação – esporófito – produção de esporos – protalo.
- c) Protonema – esporófito – produção de esporos – produção de gametas – fecundação.
- d) Produção de esporos – esporófito – protalo – fecundação.

11. UECE (adaptada) – Assinale a opção que contém a sequência correta correspondente ao ciclo de vida das briófitas.

- a) Produção de gametas – fecundação – esporófito – produção de esporos – protalo.
- b) Produção de esporos – gametófito – produção de gametas – fecundação – protonema.
- c) Produção de esporos – protalo – produção de gametas – fecundação – esporófito.
- d) Produção de esporos – esporófito – produção de gametas – fecundação – protalo.
- e) Produção de gametas – fecundação – esporófito – produção de esporos – protonema.

12. Fuvest-SP – As afirmações abaixo se referem às características do ciclo de vida de grupos de plantas terrestres: musgos, samambaias, pinheiros e plantas com flores.

- I. O grupo evolutivamente mais antigo possui fase haploide mais duradoura do que fase diploide.
- II. Todos os grupos com fase diploide mais duradoura do que fase haploide apresentam raiz, caule e folha verdadeiros.
- III. Os grupos que possuem fase haploide e diploide de igual duração apresentam, também, rizoides, filóides e caulóides (ou seja, raiz, folha e caule não verdadeiros).

Está correto apenas o que se afirma em:

- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e II
- e) II e III

13. UEPG-PR – O ramo da biologia que estuda as plantas é a botânica. Tradicionalmente, as plantas são divididas e subdivididas conforme as estruturas que apresentam. Em relação a estas divisões, assinale o que for correto.

- 01) Criptógamas (cripto = escondido; gamos = gametas): plantas que têm as estruturas reprodutoras pouco evidentes.
- 02) Fanerógamas (fânero = visível; gamos = gametas): plantas que possuem estruturas reprodutoras bem visíveis.
- 04) As criptógamas podem ser divididas em briófitas e pteridófitas.
- 08) As fanerógamas são divididas em gimnospermas e angiospermas.
- 16) Por apresentarem vasos condutores de seiva, as pteridófitas e todas as fanerógamas são chamadas de plantas traqueófitas.

14. Mackenzie-SP (adaptada) – Briófitas e pteridófitas são denominadas plantas criptogâmicas, o que significa que são plantas que não têm estruturas reprodutivas desenvolvidas.

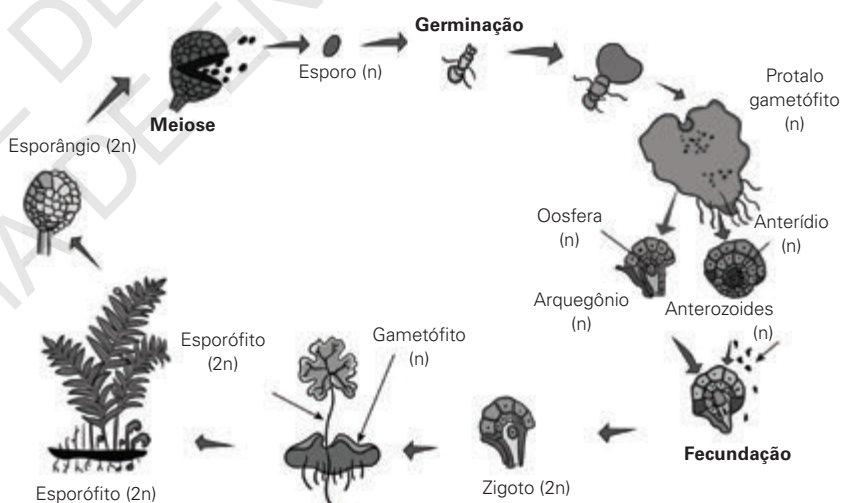
A respeito desses dois grupos de vegetais, são feitas as seguintes afirmações.

- I. Nas pteridófitas o esporófito é sempre diploide, e nas briófitas o gametófito é sempre haploide.
 - II. Nas briófitas o gametófito é mais desenvolvido do que o esporófito, e nas pteridófitas é o inverso.
 - III. Nas pteridófitas há tecidos condutores especializados, enquanto nas briófitas eles não existem.
 - IV. Nas briófitas a meiose é esporica, enquanto nas pteridófitas ela é gamética.
- Corrija as afirmativas que contêm erros, tornando-as verdadeiras.

15. Fuvest-SP – Frequentemente, os fungos são estudados juntamente com as plantas, na área da Botânica. Em termos biológicos, é correto afirmar que essa aproximação

- a) não se justifica, pois a organização dos tecidos nos fungos assemelha-se muito mais à dos animais que à das plantas.
- b) se justifica, pois as células dos fungos têm o mesmo tipo de revestimento que as células vegetais.
- c) não se justifica, pois a forma de obtenção e armazenamento de energia nos fungos é diferente da encontrada nas plantas.
- d) se justifica, pois os fungos possuem as mesmas organelas celulares que as plantas.
- e) se justifica, pois os fungos e as algas verdes têm o mesmo mecanismo de reprodução.

16. Uefs-BA



Observando-se o ciclo de vida do vegetal em destaque, é correto afirmar:

- a) Esse vegetal é desprovido de um tecido vascular específico devido à dependência da água para sua fecundação.
- b) A germinação que precede a formação do gametófito ocorre por mitoses sucessivas.
- c) O esporófito é monoico e pode, por meiose, gerar células gaméticas específicas.
- d) Os esporos, originados do esporângio, ocorrem por uma divisão sem disjunção cromossômica.
- e) No ciclo, observa-se que a fase duradoura é gametofítica, e a temporária, esporofítica.

17. Mackenzie-SP (adaptada) – A respeito da reprodução nos quatro grupos vegetais (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas), qual é a principal característica comum a todos eles?

ESTUDO PARA O ENEM

18. PUC-RS

C4-H16

A construção de cidades altera as condições ambientais de uma área natural, provocando a substituição da comunidade biótica original por uma comunidade composta por espécies nativas do local e espécies exóticas (trazidas pelo homem de outras partes do mundo). Nesta nova comunidade, as espécies exóticas interagem com as espécies locais, podendo prejudicá-las, beneficiá-las ou, mesmo, não afetá-las significativamente.

Os gatos domésticos, por exemplo, podem comer os ovos de espécies de aves que nidifiquem no chão, ou próximo dele, exterminando-as, assim, de áreas pequenas. Se a área original fosse coberta por uma floresta, algumas de suas plantas e animais nativos poderiam permanecer em parques, enquanto outros desapareceriam. Outras plantas poderiam ser utilizadas em projetos de paisagismo ou de arborização das vias públicas. Contudo, as populações da maioria destas espécies seriam menores e os seus indivíduos estariam mais dispersos espacialmente. Conseqüentemente, os indivíduos de uma dada espécie com população pequena poderiam apresentar um maior grau de parentesco e, por serem mais semelhantes, sua espécie poderia ter uma menor probabilidade de adaptação frente a variações ambientais.

Neste novo contexto, no entanto, as interações entre as espécies e entre elas e o meio abiótico continuariam desempenhando um papel fundamental para a manutenção da comunidade. A reprodução de determinadas espécies vegetais, por exemplo, continuaria dependendo do serviço prestado por animais polinizadores (como morcegos e beija-flores) e dispersores de sementes (como sabiás e bem-te-vis).

Dos vegetais citados abaixo, qual NÃO pode ter sua reprodução beneficiada por aves e mamíferos frugívoros segundo a descrição presente no texto?

- a) Amoreiras.
- b) Jacarandás.
- c) Palmeiras.
- d) Pitangueiras.
- e) Samambaias

19. Fuvest-SP

C4-H16

Assinale a alternativa que ordena corretamente três novidades evolutivas, de acordo com o seu surgimento no processo de evolução das plantas terrestres.

- a) Sistema vascular, semente, flor.
- b) Sistema vascular, flor, semente.
- c) Semente, sistema vascular, flor.
- d) Semente, flor, sistema vascular.
- e) Flor, sistema vascular, semente.

20. IFBA

C8-H28

Musgos são plantas extremamente pequenas, não ultrapassando a altura de poucos centímetros. Estas plantas parecem formar um tapete verde nos troncos de árvores, em folhas ou em rochas. Diferente do que descrevem histórias de ficção científica, musgos gigantes não poderiam ocorrer de fato na realidade. Escolha a alternativa que descreve o motivo que impede esses seres de atingirem grandes tamanhos.

- a) Lentidão no processo fotossintetizante.
- b) Impossibilidade de produção de amido para consumo.
- c) Lentidão de condução de seivas em grandes distâncias.
- d) Pouca produção de hormônios de crescimento do caule.
- e) Pouca produção de glicose para um crescimento satisfatório.

GIMNOSPERMAS: PLANTAS COM SEMENTES – ANGIOSPERMAS: PLANTAS COM FLORES E FRUTOS

- Espermatófitas
- Gimnospermas e evolução das sementes e grãos de pólen
- Reprodução e ciclo de vida das gimnospermas
- Características gerais das angiospermas
- Classificação das angiospermas
- Principais estruturas que compõem as angiospermas
- Reprodução e ciclo de vida das angiospermas

HABILIDADES

- Identificar as estruturas vegetativas das plantas espermatófitas relativas à sobrevivência e à adaptação aos ecossistemas.
- Conhecer a reprodução e o ciclo de vida das gimnospermas, com ênfase nas fases sexuada e assexuada.
- Compreender o papel da evolução na produção de padrões e processos biológicos ou na organização taxonômica das gimnospermas.
- Associar características adaptativas dos organismos a seu modo de vida ou a seus limites de distribuição em diferentes ambientes.
- Conhecer a reprodução e o ciclo de vida das angiospermas, com ênfase nas fases sexuada e assexuada.
- Compreender o papel da evolução na produção de novos padrões e processos biológicos ou na organização taxonômica das angiospermas.

ESPERMATÓFITAS

As plantas vasculares (traqueófitas) são um grande grupo evolutivo que compreende 93% de todas as espécies vegetais existentes. As **traqueófitas** incluem três grupos de plantas: pteridófitas, gimnospermas e angiospermas, como já estudamos.

Gimnospermas e angiospermas fazem parte do grupo das espermatófitas, que compreendem as plantas vasculares que possuem sementes. Esses dois grupos também são conhecidos informalmente como **fanerógamas** (do grego: *phanerós*, visível; e *gamos*, gametas) em virtude de as estruturas reprodutoras dessas plantas serem evidentes.

Uma **semente** consiste em um embrião, no suprimento nutricional desse embrião e em um revestimento protetor. As plantas com sementes podem ser divididas em dois grupos, que são definidos com base na ausência (gimnospermas) ou na presença (angiospermas) de câmaras fechadas nas quais as sementes amadurecem.

GIMNOSPERMAS E EVOLUÇÃO DAS SEMENTES E DOS GRÃOS DE PÓLEN

A palavra **gimnosperma** vem do grego (*gymnos* = nu + *sperma* = semente). A origem do nome está relacionada à presença de sementes desprotegidas de frutos, ou seja, sementes nuas.

As gimnospermas estão entre as primeiras plantas a apresentar sementes ao longo da evolução das plantas terrestres. Os fósseis mais antigos das gimnospermas datam de cerca de 305 milhões de anos.

Quando o Período Carbonífero foi sucedido pelo Permiano (entre 300-250 milhões de anos atrás), o clima tornou-se mais seco. As gimnospermas, por terem adaptações a climas terrestres mais secos, como presença de sementes e grãos de pólen, diversificaram-se e ampliaram sua distribuição geográfica.

As sementes podem ficar em dormência por vários dias, meses ou anos e germinar quando as condições ambientais da região na qual estão forem favoráveis. Os esporos, por sua vez, em sua maioria têm vida mais curta. Já os grãos de pólen podem ser carregados pelo vento ou por animais até a parte da planta que contém o gametófito feminino, o que promove a polinização e elimina a dependência de água das plantas com sementes para esse transporte. Essas adaptações possibilitaram que as gimnospermas se tornassem o grupo de plantas que conquistou definitivamente o ambiente terrestre.

Plantas com sementes (gimnospermas e angiospermas) são heterósporas. Espécies **heterósporas** têm dois tipos de esporângio, sendo que cada um produz um tipo de esporo:

- **megasporângios**, que produzem megásporos e originam os gametófitos femininos;
- **microsporângios**, que produzem micrósporos (comparativamente menores que os megásporos) e originam os gametófitos masculinos.

CARACTERÍSTICAS

As gimnospermas são traqueófitas, fanerógamas e espermatófitas. Ocorrem em regiões temperadas, onde o clima é mais frio.

Nas gimnospermas, as estruturas reprodutivas estão reunidas em **estróbilos**. Os grãos de **pólen** (originados dos micrósporos) e o **óvulo** (originado dos megásporos) são formados em estróbilos distintos.

Os pinheiros (*Pinus*) são um exemplo de gimnosperma. A planta é o esporófito, que tem raiz, caule e folhas. As folhas, denominadas **acículas** (com forma de agulha), são uma adaptação a ambientes frios. Os pinheiros, assim como a maioria das gimnospermas, têm suas estruturas reprodutivas masculinas e femininas na mesma planta (espécies monoicas). Essas estruturas reprodutivas bastante complexas são chamadas de **pinhas, cones** ou **estróbilos**. Estes têm um eixo central do qual saem espessas placas escuras.

CLASSIFICAÇÃO

As gimnospermas atuais reúnem quatro filões de plantas com sementes nuas:

- coníferas (filo Coniferophyta);
- cicadófitas (filo Cycadophyta);
- gnetófitas (filo Gnetophyta);
- gincófitas (filo Ginkgophyta).

REPRODUÇÃO E CICLO DE VIDA DAS GIMNOSPERMAS

A produção de esporos acontece no interior dos estróbilos. Os masculinos (os microstróbilos) são menores que os femininos (os megastróbilos). Nos microstróbilos (microsporângios), são formados os micrósporos, que originam os grãos de pólen. Nos megastróbilos (megasporângios), são produzidos os megásporos, que originam os óvulos. Nas espermatófitas, os esporos não são liberados do corpo do esporófito, ficam retidos no interior dos esporângios.

GAMETÓFITO MASCULINO

No interior dos microstróbilos, existem diversos microsporângios, os quais abrigam as células-mãe ($2n$) dos micrósporos. Essas células dão origem aos micrósporos por meiose. Um micrósporo se desenvolve e se transforma em um grão de pólen (n), que é uma estrutura protegida pela parede do esporo e que contém uma tétrade de micrósporos (n). Destas merecem destaque a célula **vegetativa** (ou célula do tubo) e a célula **generativa**.

O grão de pólen é a estrutura que contém o gametófito masculino imaturo. A célula do tubo gera o **tubo polínico** durante a fecundação. A célula generativa forma, por mitose, dois **gametas**, os quais constituem o núcleo gamético (ou espermático), dos quais somente um fecunda a oosfera.

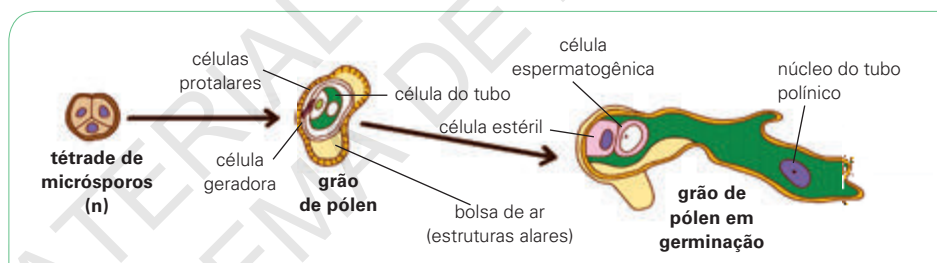


Ilustração baseada no grão de pólen de um pinheiro. Em detalhes, são mostrados os componentes do grão de pólen imaturo até a formação do tubo polínico. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

No pinheiro-do-paraná e nos pinheiros de modo geral, os grãos de pólen apresentam duas projeções laterais (derivadas da parede do esporo), chamadas **bolsas de ar** (ou sacos aéreos), que facilitam sua dispersão pelo vento.

GAMETÓFITO FEMININO

No interior do óvulo (megasporângio), há uma célula diploide, denominada célula-mãe de esporos (megasporócito). Ela sofre meiose e origina quatro células haploides, das quais três se degeneram e uma corresponde ao megásporo funcional. Após a polinização, o núcleo do megásporo funcional sofre várias mitoses e origina uma massa com cerca de dois mil núcleos, a qual corresponde ao gametófito feminino das gimnospermas. Nessa massa, dois ou mais arquegônios são formados, cada um com uma oosfera (gameta feminino).

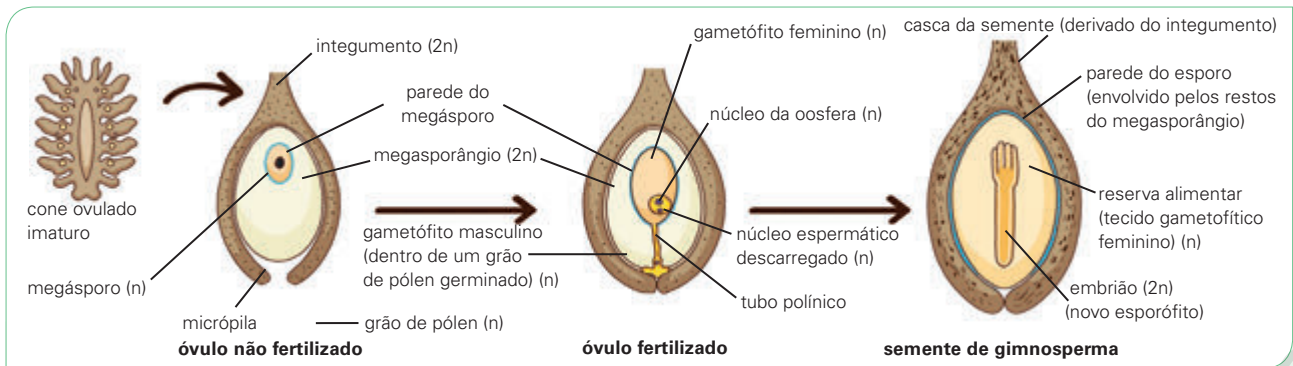


Ilustração que mostra, em detalhes, os componentes de um óvulo imaturo, até a formação de uma semente em um pinheiro. À esquerda, o óvulo não fertilizado. Ao centro, um megásporo se transforma em um gametófito feminino, que produz uma oosfera. À direita, a transformação do óvulo em semente, após a fertilização. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fecundação

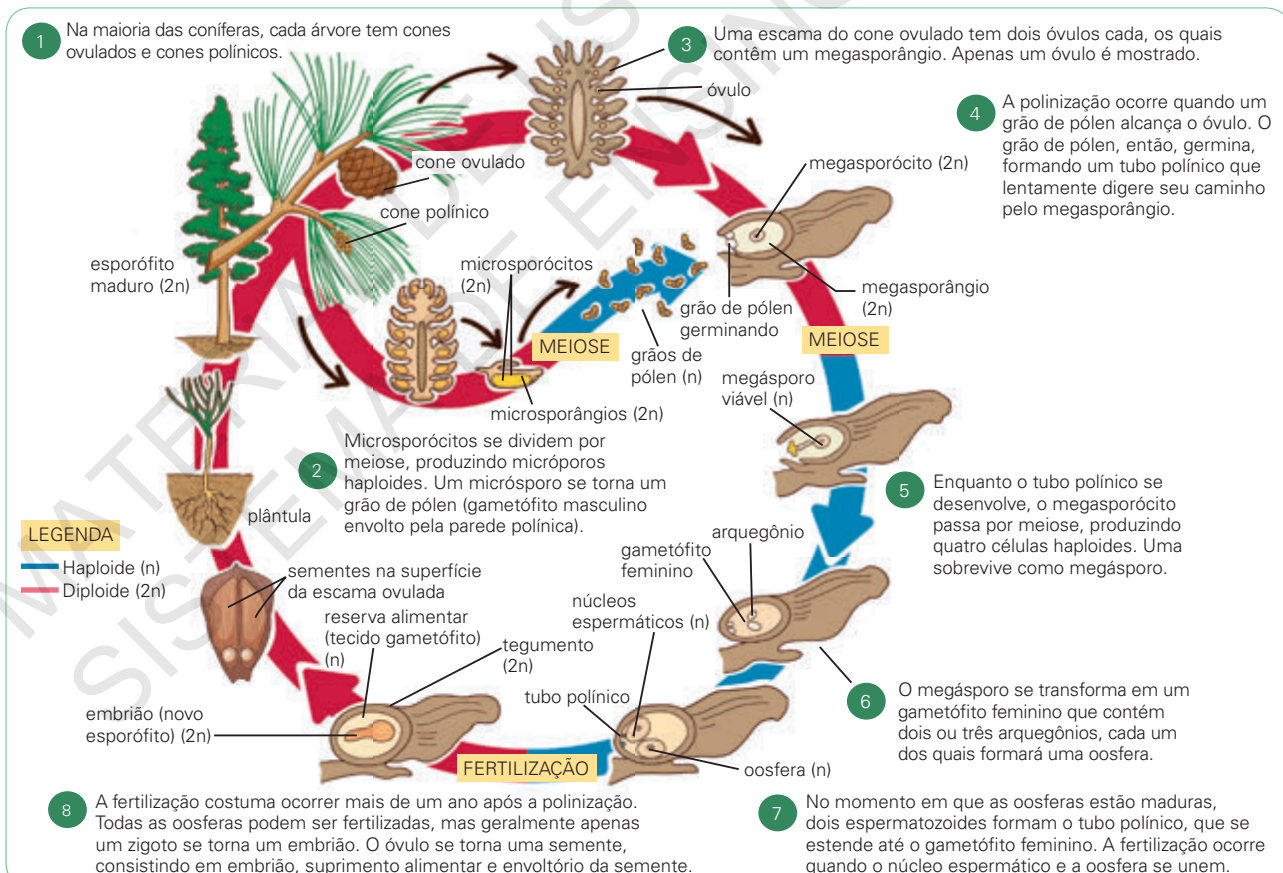
O pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) apresenta árvores de sexos distintos. Ou seja, os estróbilos masculinos ou femininos são formados em indivíduos diferentes, sendo uma espécie denominada **dioica**. Estróbilos são desprovidos de atrativos como coloração vistosa, nectário e glândulas odoríferas. Sua polinização é anemófila, isto é, o transporte dos grãos de pólen dos estróbilos masculinos para os femininos geralmente acontece pelo **vento**.

Cada grão de pólen germina e forma o tubo polínico, que cresce em direção à oosfera. O tubo polínico (gametófito masculino maduro) contém gametas masculinos: núcleos gaméticos ou espermáticos.

Como há formação do tubo polínico, a fecundação não depende da água. Com a fertilização da oosfera pelo núcleo espermático, forma-se o zigoto (2n), seguido do desenvolvimento do embrião. Assim, o óvulo fecundado origina uma semente, constituída de:

- casca, denominada **tegumento** (2n);
- reserva nutritiva, conhecida por **endosperma** (n), que corresponde ao próprio corpo do gametófito feminino;
- **embrião** (2n).

A semente é o conhecido pinhão, que cai no solo e pode germinar e formar um novo pinheiro.



Ciclo reprodutivo e de vida dos pinheiros (*Pinus* sp.). A própria planta representa o esporófito adulto (2n). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Para facilitar a compreensão, são apresentados, no quadro a seguir, os termos e as estruturas correspondentes no ciclo reprodutivo das gimnospermas.

CORRESPONDÊNCIA ENTRE ESTRUTURAS NAS GIMNOSPERMAS

Pinheiro	Esporófito
Pinha	Estróbilo ou cone
Semente	Embrião (2n) + endosperma (n) + tegumento (2n)
Grão de pólen	Contém o gametófito masculino jovem
Tubo polínico	Gametófito masculino maduro
Núcleo espermático	Gameta masculino
Óvulo imaturo	Megasporângio envolvido por uma camada de tecido ou tegumento
Óvulo maduro	Contém o gametófito feminino
Oosfera	Gameta feminino
Pinhão	Semente

Angiospermas: plantas com flores e frutos

As plantas com sementes (gimnospermas e angiospermas) são fontes essenciais de produtos madeiros, de combustível e de substâncias medicinais.

Em 1899, o ácido acetilsalicílico passou a ser sintetizado, sendo o primeiro medicamento produzido pela indústria farmacêutica. Cinco anos depois, a aspirina (nome comercial) já estava disponível na forma de comprimidos. Atualmente a aspirina é receita no mundo todo como antitérmico e anti-inflamatório. Após a década de 1970, quando foi descoberta uma nova propriedade da substância (a inibição da agregação de plaquetas), o medicamento passou a ser indicado também na prevenção de doenças cardiovasculares. Hoje em dia são produzidas mundialmente cerca de 40 mil toneladas de ácido acetilsalicílico por ano.

Características gerais das angiospermas

Atualmente são conhecidas mais de 250 000 espécies de angiospermas (do grego *angio* = vaso, receptáculo + *sperma* = semente). Isso significa que aproximadamente 90% de toda a diversidade vegetal do planeta faz parte desse grupo. As angiospermas são classificadas como fanerógamas, traqueófitas e espermatófitas, pois apresentam câmaras fechadas nas quais as sementes se desenvolvem e amadurecem, formando os **frutos**.

Essas plantas surgiram há cerca de 140 milhões de anos. Por volta do final do Período Cretáceo (70-65 milhões de anos), já haviam aumentado em diversi-

dade e se tornaram o grupo dominante de plantas no ambiente terrestre.

Atualmente, o grupo das angiospermas está classificado no filo Anthophyta (do grego *antho* = flor + *phyta* = planta), no qual as **flores** e os **frutos** são novidades evolutivas que proporcionaram a conquista dos mais variados ecossistemas terrestres.

As angiospermas apresentam tamanhos e hábitos variados, com grande complexidade de cores, texturas e formas, incluindo desde pequenas plantas aquáticas, herbáceas e trepadeiras até grandes espécies arbóreas. Todas as árvores frutíferas do planeta pertencem a esse grupo.

Assim como todas as espermatófitas, as angiospermas são heterosporadas, com produção de micrósporo e megásporo, os quais formam o gametófito masculino e o feminino, respectivamente. Seu esporófito tem estruturas vegetativas (compreendidas por raiz, caule e folhas) e estruturas reprodutivas (flor, semente e fruto, responsáveis pela reprodução sexuada).

CLASSIFICAÇÃO DAS ANGIOSPERMAS

Tradicionalmente as angiospermas eram divididas em duas classes: **monocotiledôneas** (ou classe Liliopsida) e **dicotiledôneas** (ou classe Magnoliopsida), conforme o número de cotilédones que apresentavam no embrião.

Estudos genéticos têm demonstrado que as dicotiledônias são um grupo parafilético. Atualmente na classificação das angiospermas são reconhecidas três linhagens pequenas das plantas mais antigas do grupo, por isso também chamadas informalmente de **angiospermas basais**. Estas compreendem cerca de 100 espécies, entre as quais estão as ninfeias, plantas herbáceas aquáticas. Uma quarta pequena linhagem é denominada de magnolídeas. A maioria das espécies antes classificadas como dicotiledônias agora forma um clado denominado eudicotiledônias (verdadeiras dicotiledônias).

FILOGENIA DAS PLANTAS

O filo Anthophyta compreende plantas amplamente distribuídas. Elas constituem o grupo mais recente a surgir ao longo da evolução das plantas, há cerca de 140 milhões de anos.

São exemplos de grupos parafiléticos o conjunto de plantas designadas pelos termos **briófitas**, **pteridófitas**, **gimnospermas** e **angiospermas basais**.

Por outro lado, todos os filios que estudamos até aqui são reconhecidos atualmente como monofiléticos. São eles: Bryophyta; Hepatophyta; Antoceroophyta; Pterophyta; Licophyta; Coniferophyta; Cicadophyta; Gnetophyta; Gynkgophyta e Anthophyta.

Embriófitas, traqueófitas e espermatófitas são três grandes grupos monofiléticos de plantas.

Principais estruturas das angiospermas

FLOR

A flor tem papel na reprodução sexuada e contém recursos que atraem os mais variados agentes polinizadores, como insetos, aves, morcegos, além do vento e dos seres humanos, que realizam artificialmente a polinização de diversas espécies.

Ao se alimentarem do néctar, os agentes polinizadores transportam o pólen, que contém material genético, para outras plantas cujo material genético é diferente, o que aumenta a variabilidade genética das populações de cada espécie.

Para compreendermos a reprodução das angiospermas, é importante conhecer a função reprodutiva da flor nesse processo. Essas plantas dispõem de estruturas como o **pedúnculo** (cabo da flor) e o **receptáculo** (parte terminal e dilatada do pedúnculo, na qual se prendem as peças da flor). Para serem consideradas completas, as flores devem apresentar os **verticilos florais**, que são folhas modificadas. São eles: sépalas, pétalas, carpelos e estames. Observe-os na figura a seguir.

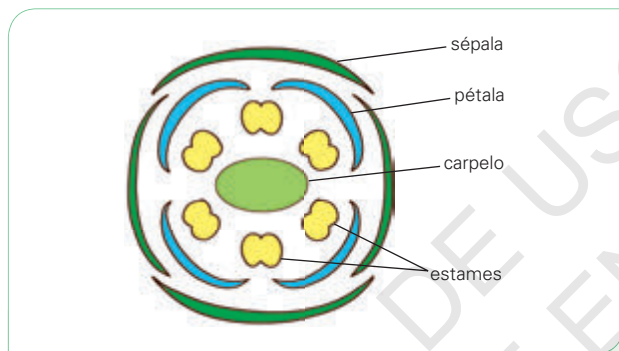


Ilustração de uma flor em corte transversal que mostra a disposição dos verticilos florais em círculos concêntricos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Quando agrupadas, as folhas modificadas da flor são conhecidas como **cálice**, formado pelas **sépalas** (as quais são as folhas verdes que recobrem as pétalas) e pela **corola** (composta das **pétalas**, responsáveis por proteger os órgãos reprodutores da planta e atrair agentes polinizadores). O cálice e a corola compõem o **perianto**, cuja função também é proteger as estruturas reprodutivas da flor. Sépalas e pétalas são verticilos **estéreis**, ou seja, não estão envolvidas diretamente na reprodução.

Dentro da flor ficam as estruturas diretamente relacionadas à reprodução, que são os verticilos férteis (estame e carpelo). O **androceu** é a estrutura reprodutiva masculina, constituído pelos **estames**, cujas funções são produzir e dispersar grãos de pólen. Cada estame tem um **filete** (cabo em cuja extremidade fica a **antera**, na qual ocorre a produção dos grãos de pólen). Em posição central na flor está o **gineceu** ou **pistilo**, que é a estrutura reprodutiva feminina, constituída de um ou mais **carpelos**. Estes, por sua vez, são compostos de três partes:

- **estigma**: abertura da extremidade do tubo que recebe os grãos de pólen, na qual pode haver um material viscoso, que facilita sua aderência;
- **estilete**: corresponde ao tubo que vai do estigma até o ovário;
- **ovário**: estrutura da base do carpelo (porção dilatada) que contém um ou mais óvulos, que são as células femininas da reprodução.

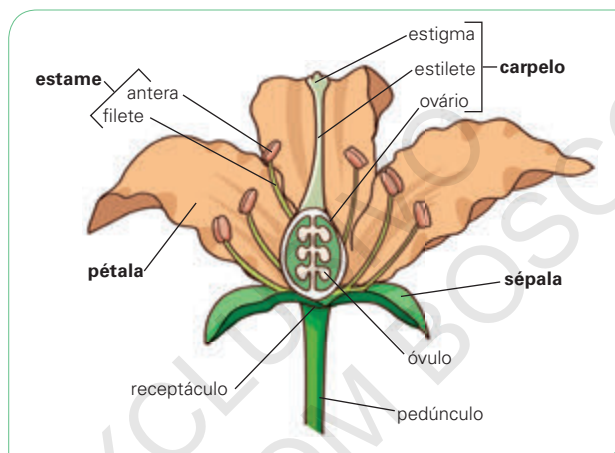


Ilustração completa de uma flor unissexuada, com destaque para as estruturas reprodutivas masculinas (androceu) e femininas (gineceu). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

As angiospermas são classificadas em duas espécies:

- **monoicas**: plantas com flores masculinas e femininas no mesmo indivíduo. Ou seja, são unissexuadas. Exemplo: aboboreira;
- **dioicas**: plantas com flores masculinas em um indivíduo e flores femininas em outro indivíduo (observe a ilustração a seguir). Ou seja, são bissexuadas. Exemplo: mamoeiro.

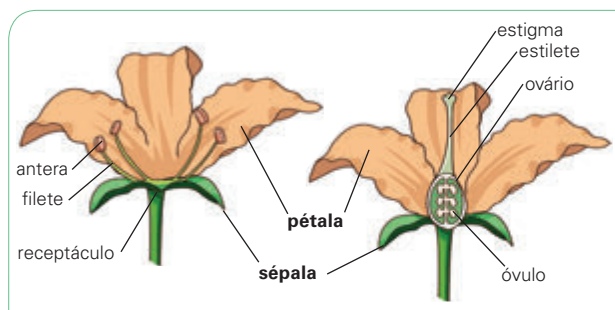


Ilustração de flores bissexuadas. À esquerda, flor masculina; à direita, flor feminina. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Gametófito masculino

A **antera** tem quatro cavidades, denominadas **sacos polínicos** (microsporângios), nos quais ficam os **microsporócitos** ou células-mãe de esporos ($2n$). Essas células dividem-se por meiose e geram quatro esporos haploides (n), conhecidos como **micrósporos** (n). Cada micrósporo sofre uma divisão mitótica e origina um grão de **pólen**, composto de duas células ou núcleos (célula generativa ou geradora e célula do tubo ou vegetativa). O grão de pólen é a estrutura que contém o gametófito masculino jovem ou imaturo.

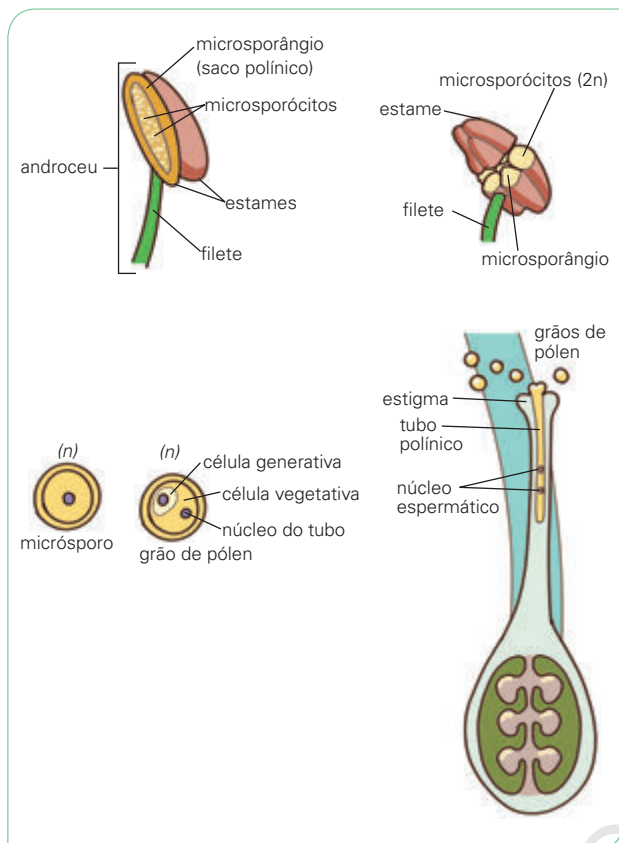


Ilustração da formação dos microsporócitos no estame do androceu até a formação do tubo polínico no gineceu. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O pólen, ao chegar ao estigma do carpelo, germina no estilete e forma o **tubo polínico** (gametófito masculino maduro). Este contém o próprio núcleo, além de dois núcleos gaméticos (gametas masculinos), formados pelo **núcleo vegetativo** e pelo **núcleo generativo** do pólen, respectivamente. Não há gametas móveis (flagelados). A fecundação não depende de água, pois isso recebe o nome de **sifonogamia** (fecundação também encontrada nas gimnospermas), uma vez que os gametas masculinos são levados até o óvulo pelo tubo polínico.

Gametófito feminino

Um ou mais óvulos são formados na parede do ovário da flor ainda em botão. Em cada óvulo, uma célula-mãe de esporo ou **megasporócito** ($2n$) sofre meiose e gera quatro esporos haploides (n), dos quais três se degeneram. Resta, assim, apenas o **megásporo** (n), que cresce e cujo núcleo sofre três divisões mitóticas sucessivas. São originados dessa forma oito núcleos, que correspondem ao gametófito feminino ou **saco embrionário**.

Cada **óvulo maduro** é constituído de dois envoltórios diploides, os **tegumentos**, que protegem o gametófito feminino (haploide). Este também recebe o nome de saco embrionário, porque o embrião é formado nele após a fecundação.

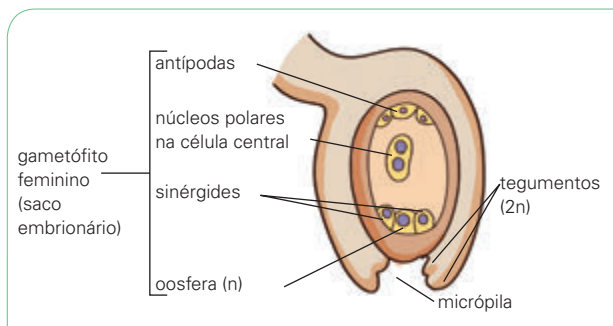


Ilustração da organização do óvulo maduro, antes de ser fecundado. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O gametófito feminino é composto de oito células:

- **uma oosfera:** localizada próxima à abertura do óvulo, correspondendo ao gameta feminino;
- **duas sinérgides:** uma de cada lado da oosfera. Auxiliam no processo de fecundação e são consideradas componentes de um arquegônio vestigial;
- **três antípodas:** localizadas na extremidade oposta à da oosfera. Não participam diretamente na fecundação;
- **dois núcleos polares:** formam uma grande célula central (mesocisto), que participa da formação do tecido de reserva da semente, ao se fundirem com um dos gametas masculinos.

Dessas estruturas, destacam-se em importância a oosfera e os dois núcleos polares, que participam da dupla fecundação. As demais células se degeneram.

FRUTO

A presença do fruto envolvendo a semente é uma novidade evolutiva das angiospermas. Em parte, o grande sucesso evolutivo e a numerosa diversidade de espécies desse grupo se devem ao surgimento do fruto, que mantém suas sementes protegidas, o que favorece o mecanismo de dispersão.

O conjunto das camadas que formam o fruto denomina-se pericarpo, formado por:

- **epicarpo:** porção externa do fruto em geral correspondente à casca. É resultado do espessamento da parede mais externa do ovário;
- **mesocarpo:** porção média do pericarpo. É a parte comestível da maioria dos frutos;
- **endocarpo:** porção do fruto que fica em contato direto com a semente. Muitas vezes endurecido, constitui o caroço. Nos frutos cítricos (laranja, limão), é a parte comestível.

O fruto tem função bem evidente: **proteger** a semente e, por sua vez, o embrião. Assim, nas angiospermas, o embrião duplamente protegido assegura melhores condições de sobrevivência na fase mais frágil da vida da planta. Além disso, o fruto pode contribuir para a dispersão da semente, de modo que os descendentes cresçam em novas áreas, mais distantes de seus parentais, o que resultará em menor competição entre as plantas.

A dispersão do fruto (e das sementes) pode ocorrer por meio da água (processo chamado hidrocoria), como no caso do coco; do vento (anemocoria), como no dente-de-leão; e dos animais (zooecoria), como no carrapicho e no picão.

Classificação dos frutos

Os frutos são divididos nos seguintes grupos botânicos.

- I. **Frutos verdadeiros:** a parte comestível provém das **paredes do ovário** da flor. São divididos em dois grandes grupos.
 - **Carnosos:** quando o pericarpo é suculento, rico em água e reservas. Podem ser do tipo **baga**, quando há várias sementes (tomate, laranja, mamão, melancia, abóbora, berinjela, uva, abobrinha, pepino, limão, goiaba), ou **drupas**, quando apresentam caroço (ameixa, azeitona, pêssego, coco-da-baía, manga, cereja).
 - **Secos:** quando o pericarpo é pouco desenvolvido e com pouca água. Classificam-se em:
 1. **deiscentes**, quando se abrem naturalmente ao atingir a maturidade, liberando as sementes. Exemplos: legumes (feijão), folículos (magnólia, peroba, esporinha), cápsula (fruto do lírio), pixídio (fruto do eucalipto), poróforo (fruto da papoula) e síliqua (fruto da couve);
 2. **indeiscentes**, os quais, mesmo quando maduros, não se abrem. O pericarpo precisa, assim, apodrecer para liberar as sementes. Exemplos: cariopse (grãos de milho), aquênio (girassol), noz (avelã) e sâmara (pau-d'alho).
- II. **Frutos partenocárpicos:** são formados sem fecundação e não têm sementes. Em alguns casos, esse fenômeno é induzido artificialmente por meio da aplicação de hormônios vegetais, principalmente nas culturas de banana, laranja-da-baía e limão-taiti.
- III. **Pseudofrutos:** formam estruturas carnosas que contêm reservas nutritivas semelhantes aos frutos, mas que não correspondem às paredes do ovário (geralmente é desenvolvido o receptáculo ou pedúnculo). Podem ser:
 - **simples:** a parte comestível provém do receptáculo floral de uma única flor (como a pêra e a maçã); ou o pedúnculo floral (como o caju);
 - **compostos:** a parte comestível corresponde ao receptáculo floral de uma única flor com muitos ovários (como o morango e a framboesa);
 - **múltiplos ou infrutescências:** resultam da fecundação e do desenvolvimento de várias flores reunidas em um mesmo eixo (inflorescência). A parte comestível origina-se do receptáculo floral. Por exemplo, abacaxi, amora e figo são infrutescências (formadas de vários frutos no mesmo eixo).

SEMENTE

Gimnospermas e angiospermas são os únicos grupos de plantas com sementes. A semente é o óvulo fecundado e desenvolvido e apresenta três componentes básicos: **casca** (ou tegumento), **reserva nutritiva** (ou endosperma (3n)) e **embrião** (2n), que fica protegido.

Em condições ambientais favoráveis, o embrião inicia seu desenvolvimento e dispõe das reservas nutritivas da semente. Vêm delas a energia e a matéria-prima para o embrião crescer. Um eixo no embrião desenvolve-se na planta propriamente dita e forma folhas modificadas (os **cotilédones**, cuja função principal é transferir as reservas nutritivas da semente para o embrião). Após algum tempo, quando as primeiras folhas são formadas, a planta passa a produzir o próprio alimento orgânico, por meio da fotossíntese.

Angiospermas que têm apenas um cotilédone são chamadas de **monocotiledôneas** (como o milho, o arroz e as orquídeas). Quando há dois cotilédones, são denominadas **eudicotiledôneas** (como o feijão e a mamona). A família mais diversificada de eudicotiledôneas são as asteráceas (família Asteraceae), que inclui as margaridas, o picão, o dente-de-leão e os girassóis.

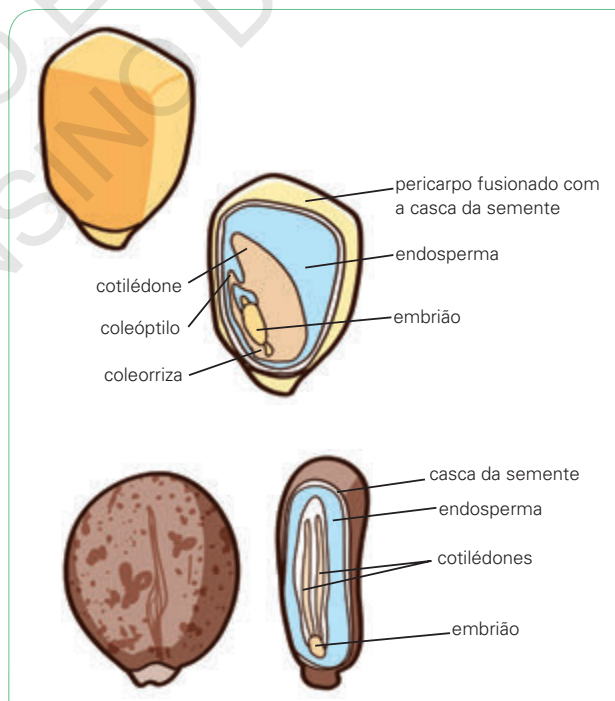


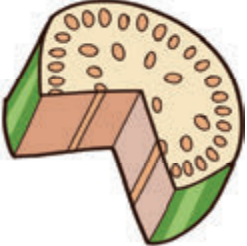
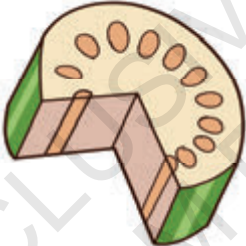





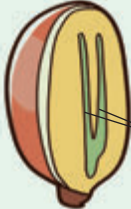


Ilustração com detalhes das estruturas internas das sementes das angiospermas. Acima está o milho (monocotiledônea), fruto com o interior ocupado por uma semente grande com dois tegumentos, o embrião e a reserva nutritiva (o endosperma). Abaixo, está a mamona (eudicotiledônea), que produz frutos arredondados, em cujo interior ficam as sementes, cada qual com dois tegumentos: endosperma e embrião com dois cotilédones. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fonte: REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 823.

Monocotiledôneas e eudicotiledôneas apresentam diferenças estruturais que possibilitam sua identificação. Observe as comparações na tabela a seguir.

	MONOCOTILEDÔNEA	EUDICOTILEDÔNEA
Raiz	Raízes em cabeleira ou fasciculadas. 	Raiz axial ou pivotante. 
Caule	Vasos condutores de seiva dispostos de modo irregular. 	Vasos condutores de seiva agrupados em feixes dispostos de modo regular. 
Folha	Paralelinérveas (dispostas paralelamente ao longo de seu maior comprimento). 	Reticulinérveas (da nervura principal saem outras nervuras bastante ramificadas). 
Flor	Trímeras (verticilos em número de três ou múltiplos de três). 	Pentâmeras (verticilos em número de quatro ou cinco, ou múltiplos de quatro ou cinco). 
Semente	Único cotilédone.  Um cotilédone	Dois cotilédones.  Dois cotilédones

REPRODUÇÃO E CICLO DE VIDA DAS ANGIOSPERMAS

POLINIZAÇÃO

Constitui o transporte do pólen da antera até o estigma da flor e geralmente é realizada por um agente polinizador, como vento (anemofilia); animais (zoofilia); insetos (entomofilia); aves (ornitofilia); morcegos (quiróptero-filia) e, mais raramente, água (hidrofilia).

Em alguns casos, a polinização ocorre apenas por meio de elementos reprodutivos da própria planta, processo chamado **autopolinização** (ou autofecundação). Essa estratégia tem certas vantagens, porém não gera variabilidade genética, a qual é importante para manter a preservação da espécie. A polinização cruzada, por sua vez, aumenta a variabilidade genética da espécie.

Para evitar a autopolinização, as plantas têm alguns mecanismos. Por exemplo:

- anteras localizadas em posição inferior em relação aos estigmas, o que dificulta a transferência de pólen;
- amadurecimento dos órgãos reprodutivos (gineceu e androceu) em momentos distintos (dicogamia);
- presença de barreira física entre gineceu e androceu;

- incompatibilidade entre o grão de pólen e o gineceu da mesma flor.

FECUNDAÇÃO

O grão de pólen que chega ao estigma forma o tubo polínico, que cresce no interior do estilete e penetra no óvulo (sifonogamia), através da micrópila. Ao chegar ao óvulo, o tubo polínico libera os núcleos espermáticos em seu interior. Ocorre, então, a **dupla fecundação**, que acontece da seguinte forma:

- um núcleo gamético se funde com a oosfera e origina um **zigoto (2n)**, que sofre mitoses e forma um **embrião (2n)**;
- o outro núcleo gamético se funde aos dois núcleos polares e gera um **núcleo triploide (3n)**. A célula do qual esse núcleo triploide faz parte se divide por mitoses e forma o tecido de reserva, chamado de **endosperma** ou **albúmen (3n)**.

Posteriormente, o óvulo fecundado transforma-se em semente e produz hormônios de crescimento, que atuam no ovário da flor e determinam seu desenvolvimento em fruto.

Em condições ambientais adequadas de temperatura, umidade e oxigênio, o embrião no interior da semente pode germinar e desenvolver-se em uma planta adulta.

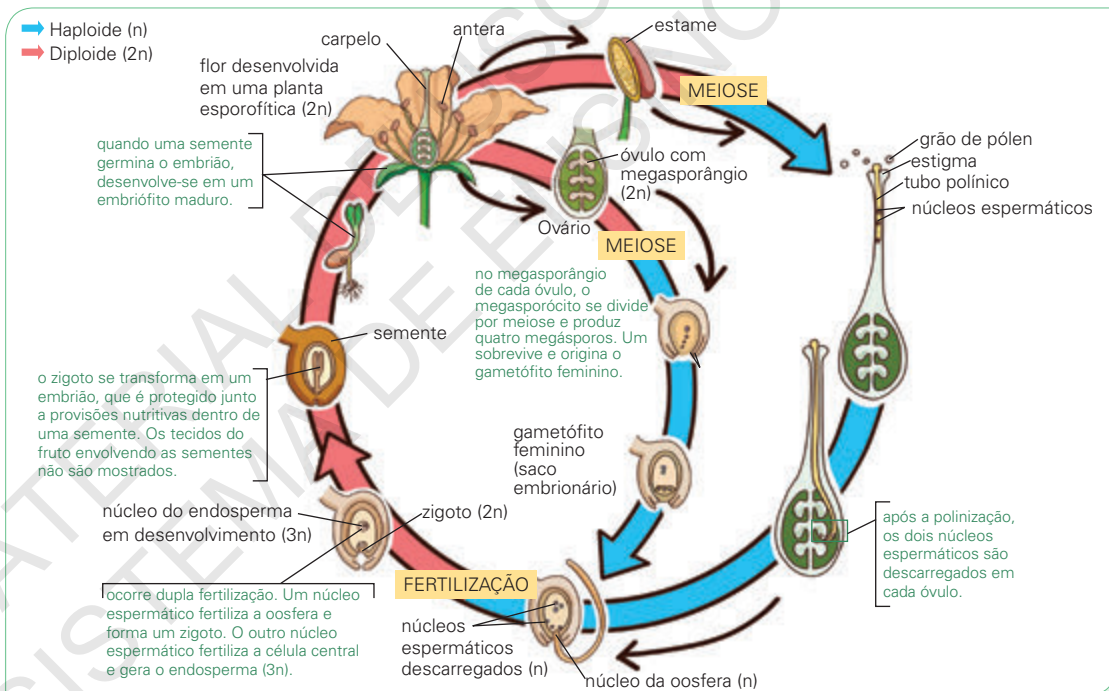


Ilustração do ciclo reprodutivo e de vida das angiospermas. A própria planta representa o esporófito adulto (2n). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fonte: REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 634. Adaptado.

ROTEIRO DE AULA

PLANTAS TERRESTRES

Gimnospermas

Espermatófitas

Angiospermas

Características

Autótrofas

Fotossintetizantes

Órgãos do corpo

Raiz

Caule

Folha

Vasculares

Não formam:

Flores

Frutos

Habitat:

Geralmente ambientes frios; regiões de

clima temperado

Tipo de semente:

Sementes nuas

Tubo polínico

Núcleos gaméticos

Oosfera

Grão de pólen

Óvulo

Classificação

Coniferophyta

Pinheiro, araucária, sequoias

Cycadophyta

Cicas

Ginkgophyta

Ginkgo biloba

Gnetophyta

Gnetum, Welwitschia

Reprodução e ciclo de vida

Esporófito (2n)

Planta adulta

água

Independente de:

Metagênese

Ocorre por:

Reprodução

Estróbilo ou cone (pinha)

Estrutura reprodutiva

Microstróbilo

Heterosporia

Megastróbilo

ROTEIRO DE AULA

ESPERMATÓFITAS

Gimnospermas

Angiospermas

Características

Autótrofas, fotossintetizantes

O esporófito adulto ($2n$)
tem corpo composto de:

Raiz

Caule

Folha

São vasculares e suas
sementes são:

Protegidas por camadas

Formam:

Flores

Frutos

Classificação

filo Anthophyta

Angiospermas basais:

ninféias

Magnolídeas:

magnólias, louro

São exemplos palmeiras
e gramíneas:

Monocotiledóneas

São exemplos as
leguminosas e os girassóis

Eudicotiledóneas

Reprodução e ciclo de vida:

Metagênese

Reprodução:

independente da água

sifonogamia

Estruturas reprodutivas:

flor

fruto (ovário desenvolvido)

Heterosporia

Micrósporo (n)

Megásporo
funcional (n)

Grão de pólen

Óvulo

- célula vegetativa
- célula generativa

- 2 tegumentos
- 8 células

Núcleo gamético

Oosfera

Embrião ($2n$)

Núcleo gamético

Núcleos polares

Endosperma ($3n$)

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. IFCE (adaptada) – Sobre os grupos de plantas, é correto afirmar que

- as briófitas apresentam vasos condutores de seiva apesar de seu pequeno porte.
- o grupo das pteridófitas abrange plantas avasculares que não possuem sementes.
- o grupo das pteridófitas apresenta características semelhantes às angiospermas, com exceção do fato de as pteridófitas possuírem sementes e as angiospermas não.
- o grupo das gimnospermas reúne plantas que possuem sementes e vasos condutores de seiva.
- as angiospermas são as representantes mais primitivas das plantas, desta forma, ainda necessitam de água para reprodução.

Os musgos pertencem ao grupo das briófitas. Não têm raiz (rizoides), caules e folhas diferenciadas (cauloide e filoide). Além disso, não apresentam tecidos condutores diferenciados (xilema e floema). Entre as plantas terrestres, apenas as briófitas não têm raízes, caules e folhas diferenciadas.

Pteridófitas são plantas vasculares sem sementes. Gimnospermas e angiospermas apresentam sementes e processos de polinização. Além disso, ambas não dependem de água para a reprodução.

2. UFRGS-RS (adaptada) – Considere as estruturas esquematizadas abaixo, coletadas no Parque Farrroupilha, em Porto Alegre.



Assinale a alternativa correta sobre essas estruturas.

- 1 e 3 são estruturas reprodutivas.
- 2 e 3 são estruturas de angiospermas.
- 3 é uma estrutura com função de absorção de nutrientes.
- 2 é uma estrutura que corresponde ao fruto.
- 1, 2 e 3 são estruturas de plantas vasculares.

Pteridófitas (samambaias e avencas), gimnospermas (pinheiro) e angiospermas (feijão) são plantas com vasos condutores. Flor (1), estróbiló (2) e caule (3) são estruturas de plantas vasculares.

3. UFRGS-RS (adaptada) **C4-H16**

No processo evolutivo das Angiospermas, ocorreram vários eventos relacionados à reprodução.

Assinale a afirmação correta em relação a esses eventos.

- Os insetos visitam as flores para alimentar-se dos carpelos, o que favorece a fecundação.
- As aves que se alimentam de frutos carnosos são os principais agentes de polinização dessas espécies.
- Estames longos favorecem a dispersão dos frutos pelo vento e por insetos.
- A dispersão dos frutos pela água foi uma conquista das angiospermas mais recentes.
- A interação entre plantas, polinizadores e dispersores de sementes é, em grande parte, mutualística.

As interações entre plantas angiospermas, agentes polinizadores e dispersores de sementes são, em grande parte, mutualísticas. Isto é, são necessárias à sobrevivência das espécies envolvidas. Muitas espécies de angiospermas dependem totalmente de seus polinizadores para a reprodução.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

4. UFRGS-RS – As cervejas artesanais estão ganhando mercado no Rio Grande do Sul. Elas são produzidas com Água + Malte + Lúpulo + Levedura, e o malte é, principalmente, obtido a partir do trigo, da cevada ou do centeio.

Assinale a alternativa correta a respeito das espécies, a partir das quais se produz o malte.

- Essas espécies são avasculares e apresentam esporângios.
- Essas espécies apresentam reservas nutritivas nos dois cotilédones.
- As folhas dessas espécies têm nervuras paralelas a uma nervura central.
- Essas espécies apresentam caules dos tipos bulbos e tubérculos.
- As flores femininas dessas espécies reúnem-se em estróbilos.

O trigo, a cevada e o centeio são angiospermas monocotiledôneas, as quais têm folhas paralelinérveas, ou seja, apresentam nervuras paralelas a uma nervura central.

5. UFSM-RS (adaptada) – Pode ser estranho para os seres humanos, que tanto orgulho sentem de suas habilidades cognitivas, parar para pensar que compartilhamos certas características com as plantas angiospermas! Com relação a esse fato, avalie as alternativas a seguir assinalando verdadeiro (V) ou falso (F).

Os humanos e as angiospermas

- têm corpos pluricelulares organizados em tecidos e órgãos.
- compartilham o mesmo tipo de nutrição.
- reproduzem-se de forma sexuada e assexuada.
- formam gametas masculinos e femininos.

A sequência correta é

- F – V – F – V.
- V – F – F – V.
- V – F – V – F.
- F – F – V – V.
- F – V – F – F.

Seres humanos e angiospermas são organismos pluricelulares, com o corpo organizado em tecidos e órgãos. Ambos produzem gametas masculinos e femininos haploides. Quanto à nutrição, os seres humanos são heterótrofos; as plantas, autótrofos. Somente as angiospermas apresentam reprodução assexuada, que ocorre por propagação vegetativa.

6. UEM-PR (adaptada) – Ao longo da evolução das plantas no ambiente terrestre foram selecionadas diversas características que permitiram a adaptação e a conquista cada vez maior deste ambiente. Dentre estas características estão a maior absorção de água, redução da perda de água pela transpiração, maior sustentação da planta, independência da água para a reprodução sexuada, eficiência na polinização e dispersão no ambiente terrestre.

- Sobre este assunto, qual o somatório dos itens corretos?
 - O surgimento de raízes nas briófitas permitiu ao grupo sair da água e conquistar o ambiente terrestre.
 - As pteridófitas foram as primeiras plantas a se tornarem independentes da água para a reprodução sexual.

04) As gimnospermas possuem raízes, caules e folhas, com xilema e floema, e semente, uma estrutura reprodutiva que se forma a partir do óvulo.

08) A independência das plantas em relação à água, para a reprodução sexuada, ocorreu com o surgimento de plantas com vasos condutores e tecidos de sustentação.

16) O surgimento de flores e frutos nas angiospermas permitiu ao grupo formas diversas de polinização, bem como a eficiência na dispersão no ambiente terrestre.

b) Corrija as alternativas incorretas tornando-as verdadeiras.

a) $04 + 16 = 20$

b) (01) **Incorreta.** As briófitas não têm raízes verdadeiras. Apresentam estruturas chamadas rizoides, cuja principal função é fixar a planta ao substrato.

(02) **Incorreta.** As primeiras plantas a se tornarem independentes da água

para a reprodução sexuada foram as gimnospermas. Posteriormente,

surgiram as angiospermas, também independentes da água para a re-

produção sexuada.

(08) **Incorreta.** Ao longo da evolução das plantas, o surgimento de vasos

condutores e tecidos de sustentação ocorreu mais cedo que a indepen-

dência da água para a reprodução.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEM-PR – A Botânica baseia-se em diferentes características dos vegetais para facilitar o entendimento sobre eles. Considerando os vegetais a seguir, as regras de nomenclatura botânica e as características morfológicas externas dessas plantas, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- A. *Lactuca sativa* L. (alface)
- B. *Coffea arabica* L. (café)
- C. *Phaseolus vulgaris* L. (feijão)
- D. *Zea mays* L. (milho)
- E. *Oryza sativa* L. (arroz)

01) Apenas dois gêneros apresentam folhas com nervação reticulada e com sistema radicular axial.

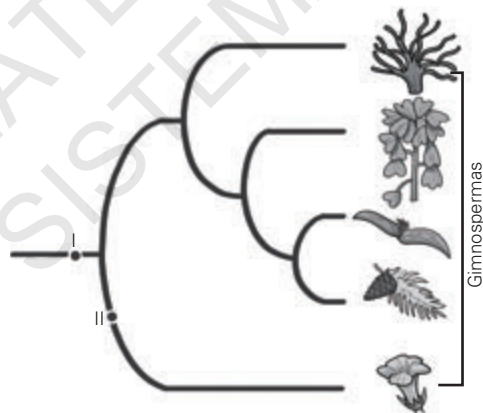
02) Duas espécies têm epíteto específico idêntico e ambas são monocotiledôneas.

04) Três gêneros apresentam dois cotilédones e sistema radicular fasciculado.

08) Três espécies são eudicotiledôneas e apresentam folhas com nervação reticulada.

16) São citadas quatro espécies e cinco gêneros.

8. UFRGS-RS – Observe a figura abaixo, que ilustra as relações evolutivas dos grupos das Gimnospermas e Angiospermas.



Com base na figura, a correspondência correta dos itens I e II, na ordem em que aparecem, é:

- a) folhas – cones.
- b) sementes – flores.
- c) frutos – embriões.
- d) ovários – esporos.
- e) estróbilos – grãos de pólen.

9. UEM-PR – Em relação às plantas vasculares e avasculares é correto afirmar que

01) nas angiospermas, o núcleo triploide origina o endosperma ou albume, que acumula reservas nutritivas que serão utilizadas pelo embrião.

02) em cada megasporângio das gimnospermas existe uma célula diploide (2n) que sofre meiose, originando quatro células haploides (n), das quais três degeneram e apenas uma é funcional, o megásporo.

04) o principal meio de reprodução assexuada nas briófitas é a fragmentação, ou seja, partes do corpo de uma planta são capazes de dar origem a novas plantas.

08) as monocotiledôneas não apresentam esporófito duradouro e, em seu ciclo reprodutivo, não ocorre dupla fecundação.

16) como nas gimnospermas, nas angiospermas cada óvulo é um megasporângio.

10. UEPG-PR (adaptada) – Um estudante fez uma pesquisa analisando as estruturas internas, externas e vários processos relacionados a diferentes espécies das plantas mencionadas abaixo.

- I. Briófitas
- II. Pteridófitas
- III. Gimnospermas
- IV. Angiospermas

01) Em II, III e IV encontram-se tecidos condutores de seiva e são consideradas plantas vasculares.

02) Apenas em IV, o estudante foi capaz de observar frutos.

04) Nas plantas II, III e IV são encontradas sementes.

08) As plantas III e IV apresentaram o processo de polinização.

16) As plantas II, III e IV são heterosporadas.

a) Com relação aos resultados da pesquisa, qual a somatória dos itens corretos?

b) Corrija as alternativas incorretas, tornando-as verdadeiras.

11. FGV-RJ – A garantia da polinização de espécies vegetais nativas é essencial para a manutenção do equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais, uma vez que, a partir da polinização, as sementes se desenvolvem nas estruturas reprodutivas dos vegetais.

A gimnosperma *Araucaria angustifolia* é bastante abundante nos ecossistemas da região da Serra da Mantiqueira, e sua reprodução ocorre em função do transporte de grãos de pólen entre estróbilos masculinos

a) e estróbilos femininos de uma mesma árvore, realizado por insetos e pássaros.

b) de uma árvore e estróbilos femininos de outra árvore, realizado pelo vento.

c) e estróbilos femininos (hermafroditas) de árvores diferentes, realizado pelos insetos.

d) e estróbilos femininos (hermafroditas) de uma mesma árvore, realizado por morcegos e pássaros.

e) e estróbilos femininos (hermafroditas) de árvores diferentes, realizado pelo vento e pelos animais.

12. Udesc – Flores desprovidas de pétalas coloridas, sem nectários com grande produção de grãos de pólen, os quais são pequenos e leves, caracterizam plantas com polinização do tipo

a) entomófila.

d) anemófila.

b) ornitófila.

e) hidrófila.

c) artificial.

13. UECE (adaptada) – Nas espermatófitas, a semente corresponde ao óvulo fecundado e desenvolvido após a fecundação. Qualquer semente ao germinar dará origem a uma nova planta que, na idade adulta, sempre produzirá

a) flores, frutos e novas sementes.

b) flores femininas.

c) novas sementes, mas não necessariamente dois tipos de esporos.

d) novas sementes, mas não necessariamente flores e frutos.

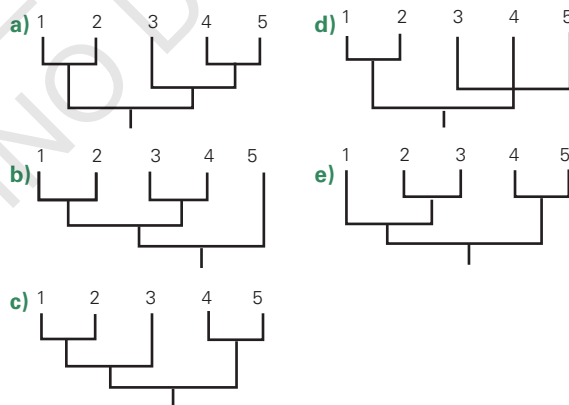
14. PUC-RJ – O arroz (*Oryza sativa*) é um dos grãos mais consumidos no mundo. Seu valor nutricional está relacionado ao alburno (endosperma), que é a reserva de nutrientes para o embrião da semente. Considerando

que as células somáticas do arroz possuem 24 cromossomos, quantos cromossomos podem ser encontrados nas células do alburno? Justifique sua resposta.

15. UNESP (adaptada) – Cinco espécies diferentes de plantas, identificadas como 1, 2, 3, 4 e 5, pertencem à mesma ordem. Dados de estudos moleculares permitiram as seguintes afirmações sobre as relações filogenéticas entre as espécies:

- 1 e 2 são da mesma família e de gêneros diferentes;
- 3, 4 e 5 são de uma mesma família, diferente da família de 1 e 2;
- 4 e 5 são do mesmo gênero;
- 3 é de um gênero diferente dos gêneros de 1, 2, 4 e 5.

O cladograma que representa corretamente as relações filogenéticas entre as cinco espécies é:



16. Udesc (adaptada) – Um aluno precisava organizar a coleção botânica da sua escola, e separar as plantas em monocotiledôneas e dicotiledôneas. Assim selecionou plantas de arroz, trigo e milho, as quais foram corretamente colocadas em um grupo; enquanto as de feijão, soja e ervilha foram colocadas em outro grupo. Analise as proposições em relação às características de plantas monocotiledôneas e de eudicotiledôneas, e assinale (V) para verdadeira e (F) para falsa.

- () As raízes das monocotiledôneas são fasciculadas (cabeleira) e encontradas nas plantas de arroz, trigo e milho.
- () As sementes de monocotiledôneas são constituídas por dois cotilédones e encontradas nas plantas de trigo.
- () As folhas das eudicotiledôneas apresentam nervuras paralelas e podem ser observadas nas plantas de feijão e soja.
- () As flores das eudicotiledôneas apresentam, geralmente, as peças florais em número de três ou múltiplos de três e são comuns nas plantas de milho e trigo.

() As folhas das monocotiledôneas são constituídas por nervuras reticuladas, ou ramificadas, e são observadas nas plantas de arroz e milho.

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

- a) F – F – V – F – V d) F – V – F – V – F
 b) V – V – F – F – F e) V – F – F – F – F
 c) F – V – V – V – F

17. UCS-RS (adaptada) – Qual estrutura corresponde a cada definição apresentada abaixo?

- I. Reserva nutritiva encontrada nas sementes.
 II. Gametófito das samambaias.
 III. Estrutura reprodutora da maioria das plantas gimnospermas.
 IV. Estrutura que forma os gametas masculinos das espermatófitas.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C4-H16

Caso os cientistas descobrissem alguma substância que impedisse a reprodução de todos os insetos, certamente nos livraríamos de várias doenças em que esses animais são vetores. Em compensação teríamos grandes problemas como a diminuição drástica de plantas que dependem dos insetos para polinização, que é o caso das

- a) algas.
 b) briófitas como os musgos.
 c) pteridófitas como as samambaias.
 d) gimnospermas como os pinheiros.
 e) angiospermas como as árvores frutíferas.

19. UPE (adaptada)

C4-H16

Um naturalista amador, interessado por plantas, poderia iniciar seus estudos com as Angiospermas, por causa da ampla distribuição das espécies no mundo. Algumas características permitem dividi-las em dois grupos. Assim, o naturalista poderia analisar o fruto, cortando-o ao meio e procurando o número de cotilédones, dois ou um, eudicotiledônea ou monocotiledônea, respectivamente. Além dessas características, outras diferenças podem ser observadas na tabela a seguir:

Característica	Eudicotiledônea	Monocotiledônea
I. Tipo de nervação foliar	Nervuras paralelas	Nervuras reticuladas
II. Distribuição dos vasos no caule	Feixes liberolenhosos dispostos em círculo	Feixes liberolenhosos espalhados
III. Tipo de raiz	Raiz pivotante	Raiz fasciculada
IV. Tipo de flor	Elementos florais geralmente em números múltiplos de quatro ou cinco	Elementos florais geralmente em números múltiplos de três

7

- Tecidos meristemáticos
- Tecidos permanentes
- Raiz
- Caule
- Folha

HABILIDADES

- Conhecer os diferentes tecidos vegetais dos órgãos vegetativos das plantas vasculares.
- Compreender como são formados os tecidos vegetais.
- Reconhecer as características morfológicas de cada órgão vegetativo das plantas vasculares.
- Associar a variedade morfológica das estruturas às adaptações ambientais.

HISTOLOGIA VEGETAL E ORGANOLOGIA VEGETAL

As plantas, diferentemente da maioria dos animais, podem continuar a crescer durante toda a sua vida.

HISTOLOGIA VEGETAL

As plantas são compostas de órgãos, tecidos e células. Um tecido é um conjunto de células que desempenham uma função determinada. A Histologia vegetal é a área da Botânica que estuda os tecidos que formam as diferentes estruturas das plantas.

De modo geral, as plantas vasculares apresentam três sistemas de tecidos contínuos por todo o corpo dérmico, ou de revestimento; vascular; e fundamental. O **sistema dérmico** reveste externamente a planta, protegendo-a contra patógenos, herbívoros e a seca, além de auxiliar na absorção de água e em trocas gasosas. O **sistema vascular** (xilema e floema) é um cilindro vascular central, que realiza o transporte de substâncias e proporciona sustentação mecânica. Os tecidos que não são dérmicos ou vasculares fazem parte do sistema de tecidos fundamentais. O **sistema fundamental** localizado internamente ao sistema vascular é denominado **medula**, e o tecido fundamental externo ao sistema vascular é chamado **córtex**. O sistema fundamental desempenha diversas funções, como armazenamento, metabolismo, fotossíntese, sustentação e regeneração (cicatrização).

TECIDOS MERISTEMÁTICOS

Os meristemas são tecidos formados por células indiferenciadas, pouco especializadas, com características embrionárias, portanto com grande capacidade de divisão celular, o que garante o crescimento vegetal. São também responsáveis pela formação dos demais tecidos, têm citoplasma abundante, parede celular delgada, núcleo volumoso, ausência de clorofila e geralmente não possuem vacúolo.

Ao se dividir, uma das células-filha resultantes permanece no meristema e continua a ser uma célula indiferenciada, sendo denominada **célula inicial**. A outra célula se diferencia e é incorporada a algum dos tecidos da planta, sendo denominada então **célula derivada**. Uma célula diferenciada pode se tornar meristemática novamente por meio do processo de **desdiferenciação celular**, recuperando sua capacidade de divisão e podendo se tornar uma célula diferente da inicial.

As plantas possuem dois tipos de tecido meristemático, de acordo com a sua origem: primário e secundário.

MERISTEMAS PRIMÁRIOS

São tecidos responsáveis pelo **crescimento em extensão**, ou longitudinal, de raízes e caules; também chamados **meristemas apicais** por estarem localizados nas extremidades de caules e raízes. Briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas apresentam meristemas primários. Organismos que não formam tecidos verdadeiros, como as algas, apresentam células meristemáticas isoladas, responsáveis pelo crescimento. Dividem-se em:

- **meristemas subapicais radiculares**: localizados acima da coifa, região terminal da raiz;
- **meristemas apicais caulinares**: encontrados em gemas ou brotos do ápice e em gemas laterais ou axilares dos caules.

Tanto nas gemas dos caules quanto na região subapical das raízes são encontrados os seguintes tecidos meristemáticos primários:

- **protoderme:** tecido mais externo, que, ao multiplicar suas células, origina a epiderme (tecido adulto que reveste externamente as partes jovens da planta);
- **meristema fundamental:** por diferenciação de suas células, forma os tecidos de preenchimento (parênquimas), além do colênquima e do esclerênquima;
- **procâmbio:** meristema primário na região mais interna, que forma tecidos do cilindro central (estelo), no interior do qual estão localizados tecidos condutores de seiva;
- **caliptrogênio:** encontrado apenas na região de crescimento da raiz, forma a coifa ou caliptra (região de proteção da raiz).

MERISTEMAS SECUNDÁRIOS

Também chamados **meristemas laterais**, ou **tecidos secundários**, são responsáveis pelo **crescimento em espessura** (transversal) ou crescimento secundário de caules e raízes das gimnospermas, da maioria das angiospermas eudicotiledôneas e de algumas angiospermas monocotiledôneas. Nesses grupos de plantas citados, os meristemas secundários iniciam sua atividade após certo grau de desenvolvimento da planta, quando esta já possui uma estrutura formada por meristemas primários.

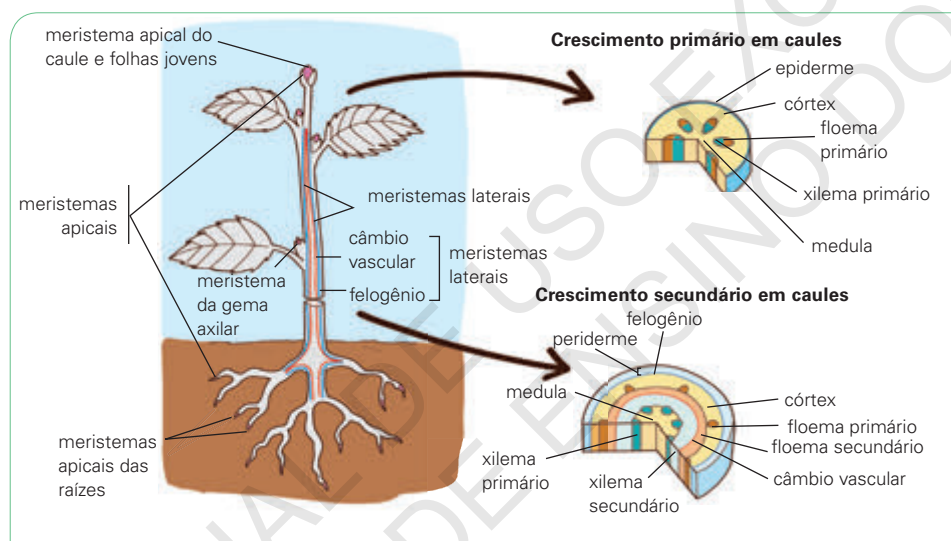


Ilustração do caule de uma eudicotiledônea. Nos cortes transversais, à direita, detalhes da organização dos tecidos do caule em crescimento primário e secundário. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fonte: REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 760.

O **felogênio** forma-se na região da casca abaixo da epiderme. Suas células multiplicam-se, formando dois tecidos adultos ou permanentes: **súber** e **feloderme**. O súber é formado para o lado de fora, externamente ao felogênio, e o feloderme é formado para o lado de dentro, internamente ao felogênio. O conjunto súber, felogênio e feloderme constitui a **periderme**, tecido de revestimento secundário.

O **câmbio** é composto de células adultas do cilindro central e é responsável pela formação dos novos tecidos de condução da planta, xilema secundário e floema secundário. À medida que as células do câmbio se dividem, acrescentam xilema secundário para o interior e floema secundário para o exterior, aumentando assim o diâmetro de raízes e caules. O lenho (ou madeira) constitui-se basicamente de xilema secundário.

O súber é erroneamente chamado de “casca” da árvore. No entanto, com base na histologia vegetal, a casca inclui todos os tecidos externos ao câmbio vascular, ou seja, o floema secundário e, externamente a ele, a periderme e todas as camadas mais antigas de periderme.

TECIDOS PERMANENTES

Também chamados tecidos adultos, são formados por células mais especializadas e diferenciadas. Desempenham atividades vitais para as plantas, tais como **revestimento** (epiderme e súber); **sustentação** (colênquima, esclerênquima e xilema); **condução de seiva** (xilema e floema); e **preenchimento, reserva e fotossíntese** (parênquimas).

EPIDERME

Tecido geralmente formado por uma única camada de células (uniestratificado) justapostas e achatadas, normalmente sem clorofilas, revestida por **cutícula**, um revestimento lipídico importante para a impermeabilização das folhas, evitando o excesso de transpiração. A epiderme está presente em órgãos jovens da planta, como folhas e ápices de raiz e caule, sendo posteriormente substituída pela periderme em plantas que apresentam crescimento secundário.

Existem várias estruturas anexas à epiderme que auxiliam na proteção e no revestimento do corpo da planta, tais como estômatos, pelos e acúleos.

Os **estômatos** são aberturas na epiderme que consistem em uma fenda (ostíolo) e duas células especializadas que regulam a abertura e o fechamento do ostíolo, as células-guarda. Permitem a realização de trocas gasosas (entrada e saída de gases usados na fotossíntese e respiração) e transpiração (perda de água na forma de vapor). A cutícula das células epidérmicas geralmente dificulta a perda de água, mas ainda pode permitir a transpiração. No entanto, a maior parte da transpiração nos vegetais é realizada pelos estômatos. Essas células possuem cloroplastos e realizam fotossíntese.

A abertura estomática varia de acordo com o teor de água das células-guarda. Se elas estiverem cheias de água (túrgidas), os estômatos estarão abertos; se estiverem murchas, os estômatos estarão fechados. Geralmente os estômatos ficam abertos durante o dia e fechados durante à noite, embora isso também dependa das condições atmosféricas.

Nas raízes existem **pelos** que, quando presentes nas partes aéreas (caules e folhas), são comumente chamados de **tricomas**. Essas estruturas anexas são responsáveis pela maior parte da absorção da água e dos sais minerais pelas raízes (zona pilífera). Os tricomas são responsáveis pela proteção de folhas contra o excesso de transpiração, sendo comuns em plantas de clima quente. Em algumas espécies de desertos, os tricomas reduzem a perda de água e refletem o excesso de luz. Em plantas carnívoras, atuam como estruturas secretoras de enzimas digestivas. Na urtiga, por exemplo, secretam substâncias urticantes.

Os **acúleos** são formações epidérmicas pontiagudas com função de defesa, erroneamente chamados de espinhos. Os acúleos têm origem superficial e destacam-se facilmente. Os espinhos, por outro lado, são folhas ou caules modificados difíceis de serem destacados.



Detalhes de acúleos de uma rosa.

XAVIER PISHUTTERSTOCK

SÚBER

O súber, camada mais externa da periderme, é um tecido constituído por várias camadas de células mortas, geradas pela atividade do felogênio. Tem suas células impregnadas por suberina, um lipídio que impede as trocas gasosas e a perda de água. Todo o seu interior fica cheio de ar, o que funciona como isolante térmico. O súber também protege a planta contra choques mecânicos. Quando alcançam a maturidade, essas células morrem.

No súber, há estruturas denominadas **lenticelas**, cujas células estão frouxamente unidas, deixando espaços intercelulares que permitem trocas gasosas com o ambiente.

Em jabuticabeiras, goiabeiras e eucaliptos pode-se observar o desprendimento natural de placas de súber (ritidoma), que acontece em razão da atividade contínua do felogênio. Esse processo deixa o caule com uma casca mais fina e permite a entrada de maior quantidade de gases como o oxigênio, utilizado na respiração das células vivas do caule.

COLÊNQUIMA

Formado por células vivas na maturidade, cujas paredes celulares apresentam reforços de celulose. Fornece sustentação mecânica para as partes jovens da parte aérea da planta. Apesar dos reforços de celulose, as paredes celulares são permeáveis e conferem às células a capacidade de trocar de substâncias.

Células desse tecido estão presentes em regiões de crescimento contínuo, como o ápice do caule e da raiz, e o pecíolo das folhas. Esse tecido é geralmente associado a partes macias das plantas e propicia grande flexibilidade aos órgãos.

ESCLERÊNQUIMA

Formado por células mortas, cujas paredes celulares espessas possuem grande quantidade de lignina, molécula complexa e resistente, que impede as trocas metabólicas. Fornece sustentação mecânica para a planta, conferindo alta resistência e menor flexibilidade.

Encontra-se nas partes mais velhas da planta, que pararam de crescer em comprimento. Há dois tipos de células esclerenquimáticas, os **esclerídeos** (ou esclereides), encontrada em caroços e frutos duros; e as **fibras**, associados aos vasos condutores de seiva.

XILEMA E FLOEMA

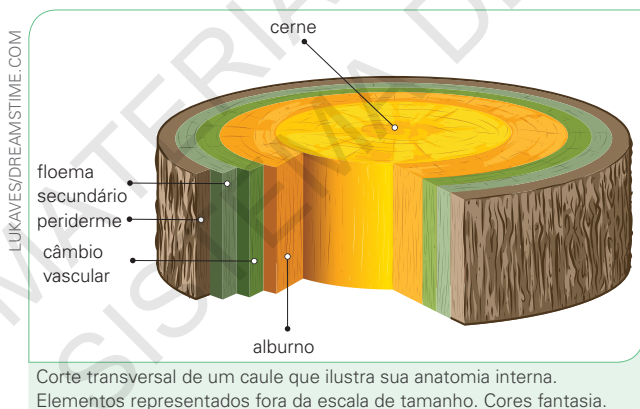
O xilema e o floema, conhecidos também por lenho e líber, respectivamente, são tecidos vasculares, especializados na condução da seiva no interior do corpo da planta. Localizam-se no cilindro central de raízes e caules e nas nervuras de folhas. Além de condutores, são considerados tecidos complexos por serem formados por mais de um tipo de célula, ao contrário dos demais tecidos da planta.

Xilema

É um tecido formado por elementos de vaso, traqueídeos, fibras de esclerênquima e células de parênquima. **Elementos de vaso e traqueídeos** são células condutoras, tubulares, chamadas, em conjunto, de **vasos lenhosos**. São células mortas em virtude da impregnação de lignina depositada nos vasos, conferindo dureza e resistência ao tecido lenhoso.

Nos vasos lenhosos, o conteúdo protoplasmático degenera-se por causa da impregnação de lignina, formando tubos ocos por onde passam a água e os sais minerais (seiva bruta) desde as raízes até as folhas. Esses vasos são periodicamente colocados em desuso por obstrução, em virtude da invasão de seu interior por células de parênquima, nesse caso chamadas tilas.

O xilema em desuso constitui o cerne, presente na região medular (central) do caule e da raiz. O xilema funcional está localizado fora do cerne, mais próximo à casca, formando o alburno.



Floema

O floema é condutor da seiva elaborada, constituída de água e açúcares, das folhas até as raízes. É formado por diferentes tipos de célula como elementos de tubo crivado, células companheiras, fibras de esclerênquima e células de parênquima.

Elementos de tubo crivado são células que transportam a seiva elaborada. São células vivas, anucleadas, que possuem vacúolos bem desenvolvidos e paredes celulares formadas apenas por impregnação de celulose. O metabolismo desses elementos é controlado pelas células companheiras.

Anéis de crescimento do tronco

Os anéis de crescimento são círculos concêntricos de xilema secundário, mais evidentes em plantas que crescem em regiões onde as estações do ano são bem definidas, como nas regiões temperadas. São resultado da variação na atividade do câmbio em resposta a alterações climáticas.

Na primavera (xilema primaveril ou inicial), geralmente são constituídos por células com maior diâmetro e parede celular relativamente fina (xilema primaveril), formando camadas claras e sendo mais eficientes na condução de seiva bruta para as folhas.

No inverno (xilema estival ou tardio), geralmente são constituídos por células menores e com parede celular mais espessa (xilema estival), sendo mais eficientes na sustentação, formando faixas escuras.

Como há uma nítida diferença entre as células do xilema primaveril e as células do xilema estival, é possível distinguir as estações de crescimento de um ano para o outro por meio da observação dos anéis de crescimento presentes em um corte transversal do tronco das árvores. Isso permite aos pesquisadores estimar a idade aproximada das árvores.

PARÊNQUIMA

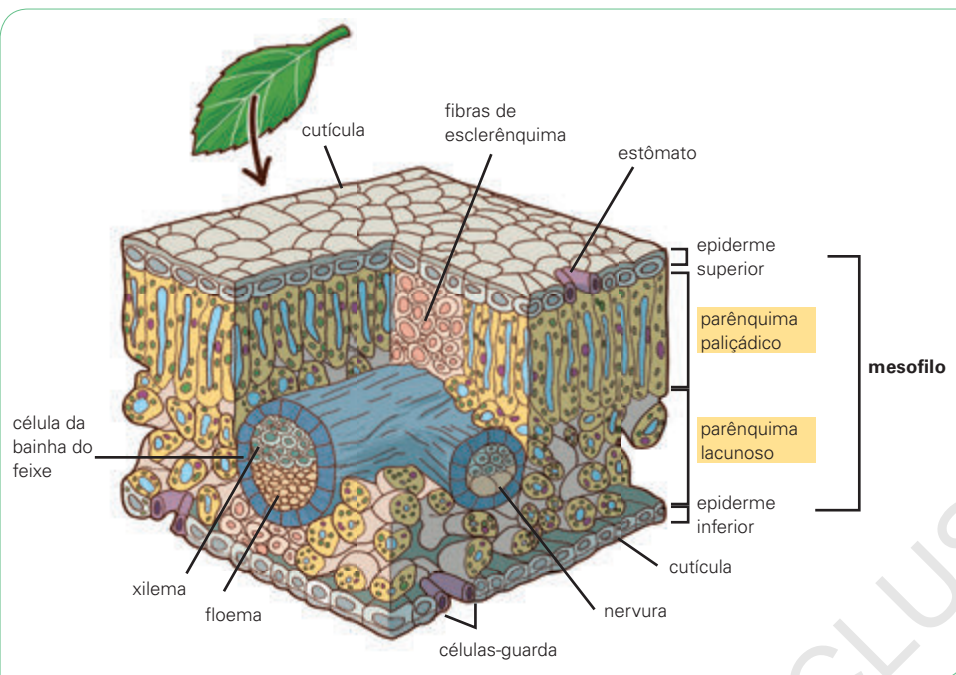
Tecidos formados por células vivas com pouco citoplasma, vacúolos grandes e parede celular delgada. Os parênquimas são os tecidos mais abundantes nos vegetais e realizam a maioria das funções metabólicas da planta, que são: preenchimento, reserva, fotossíntese, armazenamento de água e secreção.

Parênquima clorofiliano ou clorênquima

Principal tecido responsável pela fotossíntese, está presente nos órgãos verdes das plantas, principalmente em folhas e caules jovens. Nas folhas está localizado entre a epiderme superior e a inferior, no mesofilo foliar, distinguindo-se conforme o tipo e a disposição de suas células em **paliçádico** e **lacunoso**.

O **parênquima paliçádico** é formado por células geralmente prismáticas, ricas em cloroplastos, justapostas em camadas sob a epiderme superior das folhas. É o principal responsável pela função fotossintética.

O **parênquima lacunoso** está abaixo do parênquima paliçádico, formado por células irregulares, com poucos cloroplastos. Como as células não são justapostas, há muitos espaços entre elas, permitindo que o O₂ e o CO₂ se difundam. É o principal responsável pela troca de gases nas folhas e realiza fotossíntese.



Corte transversal de folha que mostra sua organização interna. Notam-se tecidos de proteção (epiderme com anexos), sustentação (esclerênquima), condução (xilema e floema) e fotossintéticos (parênquimas paliçádico e lacunoso). Representação fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fonte: REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 765.

Parênquima de reserva

Localizado em raízes, caules e folhas, pode realizar a reserva de substâncias como amido, água e gases (oxigênio). Nesse caso, é chamado, respectivamente, de **parênquima amilífero**, **aquífero** e **aerífero**, encontrado em raízes (batata-doce, mandioca e cenoura) e caules (batata-inglesa) subterrâneos; o parênquima aquífero é encontrado em plantas de regiões áridas como cactos; e o parênquima aerífero ou aerênquima é encontrado em plantas aquáticas como o aguapé e a vitória-régia, auxiliando em sua flutuação.

Organologia vegetal

RAIZ

Órgão vegetativo, em geral subterrâneo e aclorofilado, presente em pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Apresenta funções de absorção de água e sais minerais, fixação da planta ao solo, condução de seiva e armazenamento de reservas nutritivas. São exemplos: mandioca, cenoura, batata-doce e beterraba. Raízes subterrâneas crescem em direção ao solo, fenômeno conhecido como geotropismo positivo.

ESTRUTURA

Do ápice à base, a raiz das eudicotiledôneas é constituída pela coifa, zona lisa, zona pilífera, zona de ramificação e colo.

Coifa ou caliptra

Estrutura encontrada na ponta (ápice) da raiz, semelhante a um dedal ou capuz. Formada por tecido resistente

que protege o meristema subapical radicular. Origina-se do meristema primário calitrogênico. Em raízes subterrâneas, protege do atrito com o solo. Em plantas aquáticas, apresenta-se dupla e protege a raiz contra microrganismos. Nas raízes aéreas, protege contra a transpiração excessiva.

Zona lisa ou de crescimento

Localiza-se acima da coifa. Parte meristemática responsável pelo crescimento em comprimento (longitudinal) da raiz. Divide-se em:

- região embrionária: formada por células em constante divisão celular;
- região de alongamento: composta de células que estão aumentando de volume;
- região de maturação: constituída por células em fase de amadurecimento.

Zona pilífera ou de absorção

Constituída de grande quantidade de pelos absorventes originados das células epidérmicas. Essa parte da raiz é a principal responsável pela absorção de água e sais minerais.

Zona suberosa ou de ramificação

Formada por algumas células recobertas por súber. Região de crescimento secundário, onde surgem **radicelas** ou **raízes secundárias**. Sua função é, portanto, reforçar a fixação da planta ao solo.

Colo ou coleto

Região de transição entre raiz e caule. Do colo para baixo faz parte da raiz, e do colo para cima faz parte do caule da planta.

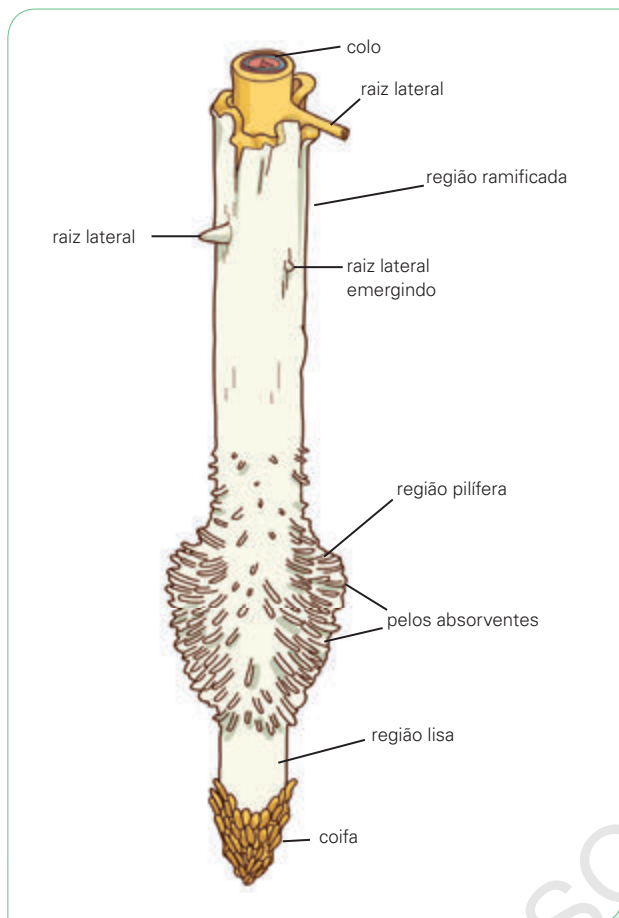


Ilustração da organização geral da raiz das eudicotiledôneas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fonte: EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E.; RAVEN, P. H. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 1 041.

TIPOS DE RAIZ

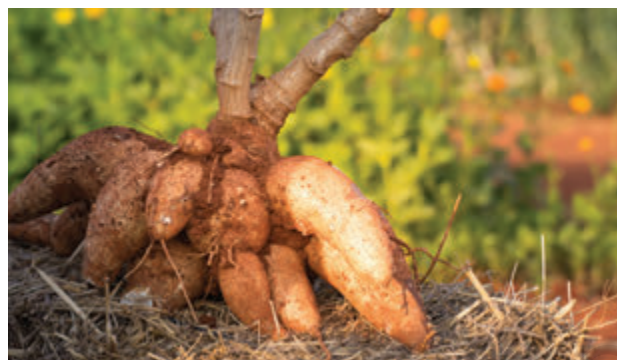
De acordo com o ambiente em que são encontradas, as raízes são classificadas em **subterrâneas**, **aéreas** e **aquáticas**.

Subterrâneas

A raiz é chamada **axial** ou **pivotante** quando o eixo principal é bem desenvolvido e de onde saem raízes laterais ou secundárias, também chamadas de radículas. A raiz axial é comum em gimnospermas e angiospermas eudicotiledôneas – pinheiro-do-paraná, cedro, laranjeira, abacateiro, feijoeiro e roseira.

Quando a raiz não possui eixo principal desenvolvido e é formada por inúmeros eixos finos ramificados, semelhantes entre si, que saem da base do caule, é denominada **fasciculada** ou em **cabeleira**. Mais superficial, ajuda a evitar a erosão. É frequentemente encontrada em angiospermas monocotiledôneas – milho, arroz, trigo e cana-de-açúcar.

Raízes **tuberosas** são aquelas que também atuam como órgãos especiais de reserva e armazenam substâncias nutritivas em maior quantidade no eixo principal, o qual é comestível – como cenoura, batata-doce, mandioca, beterraba, nabo e rabanete.



Mandioca, raiz tuberosa.

Aéreas

A raiz que nasce no caule (adventícia) é chamada de **suporte** ou **escora** porque auxilia na sustentação da planta, reforçando a fixação no solo. Presente geralmente em plantas que vivem em solos alagados, ou que possuem uma base estreita em relação à altura – pés de milho, cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e plantas de mangue (*Rhizophora mangle*).

Raízes **estrangulantes** crescem ao redor de outras plantas suporte, podendo matá-las em virtude da interrupção da circulação de seiva. Plantas com esse tipo de raiz, entretanto, não são consideradas parasitas, por não se nutrirem da seiva da planta que estão apoiadas, como é o caso do cipó-mata-pau.

Em raiz do tipo **tabular**, os ramos radiculares se fundem com o caule, ficando com um aspecto de tábua. Desenvolve-se bem próximo à superfície do solo e proporciona melhor suporte à planta. Apresenta grande número de lenticelas, que auxiliam na respiração – como na figueira e no imbuzeiro.

A raiz **respiratória** ou **pneumatóforo** é típica de plantas de manguezais, terrenos alagadiços, instáveis, onde o teor de oxigênio é baixo pela intensa atividade de bactérias decompositoras de matéria orgânica. Na maré baixa, o pneumatóforo cresce afastando-se do solo (geotropismo negativo), ficando exposto ao ar. Seus pneumatódios, pequenos orifícios na raiz, permitem a aeração da raiz, auxiliando na respiração – como a siriúba (*Avicennia* sp.).

Típica de epífitas, como algumas orquídeas e bromélias, a raiz do tipo **cintura** cresce enrolando-se ao tronco da planta suporte, absorvendo a água das chuvas e os sais minerais que escorrem pelo tronco. Possuem um tecido especial chamado **velame**, epiderme pluriestratificada, que funciona como uma esponja, absorvendo a água que escorre pelo caule.

Plantas parasitas ou hemiparasitas, têm raiz do tipo **sugadora** ou **haustório**, a qual apresenta apressórios, estruturas de contato das quais saem haustórios que penetram no caule da planta parasitada, alcançando os vasos condutores e sugando a seiva bruta. No Brasil, a erva-de-passarinho é um parasita comum de árvores frutíferas, como o limoeiro.

Plantas cujos haustórios atingem vasos liberianos da planta hospedeira, sugando seiva elaborada, são chamadas **holoparasitas** ou **parasitas totais**.

Assim, não necessitam realizar fotossíntese, como é o caso do cipó-chumbo (*Cuscuta* sp.), que parasita outras plantas.

Aquáticas

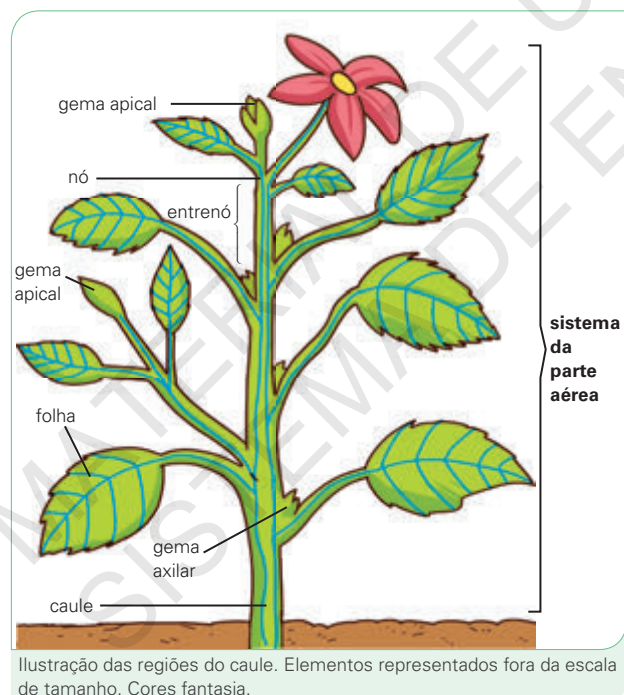
Apresentam parênquima aerífero que armazena ar, o que permite a flutuação das plantas. Geralmente não possuem pelos absorventes, e a coifa é dupla e bem desenvolvida.

CAULE

Órgão vegetativo, geralmente aéreo, e possui função de sustentação de folhas, flores e frutos; condução das seivas mineral e orgânica, além de armazenamento de reservas, como é o caso da batata-inglesa, cará, cebola, alho e palmito. Como é clorofilado na fase jovem, o caule pode realizar fotossíntese durante essa fase.

ESTRUTURA

A estrutura caulinar possui crescimento apical. O caule cresce a partir do ápice, que é um meristema primário. À medida que o caule se alonga, diferenciam-se os nós, regiões do caule de onde saem as folhas. Os espaços entre um nó e outro são chamados entrenós. As regiões de crescimento do caule em que se localizam tecidos meristemáticos primários, protegidos por folhas especiais modificadas, são chamadas **gemas** ou **brotos** – escamas ou catáfilos. Gemas situadas no ápice do caule são chamadas terminais ou apicais; as da região lateral, axiais ou laterais.



TIPOS DE CAULE

Aéreos

Caules do tipo **tronco** são bem desenvolvidos, ramificados, com estrutura lenhosa, encontrados em

árvores e arbustos do grupo das angiospermas eudicotiledôneas (pereira, mangueira, laranjeira) e no grupo das gimnospermas (pinheiro, araucária, cedro).

Haste é um caule de pequeno porte, flexível, geralmente clorofilado, encontrado em eudicotiledôneas herbáceas (ervas). Apresentam caule em haste a couve, o feijoeiro, o agrião, o tomateiro, a rosa e o cravo.

O caule **volúvel** é aéreo, delgado e cresce enrolando-se em algum suporte ereto. Ocorre em algumas plantas trepadeiras.

Colmo caracteriza um caule cilíndrico, não ramificado, nitidamente dividido em nós e entrenós, formando gomos. No bambu, eles são ocos; na cana-de-açúcar, repletos de parênquima de reserva de açúcares (sacarose). Caule típico das angiospermas monocotiledôneas (arroz, trigo, milho, cana-de-açúcar).

Rizóforos são ramos laterais do caule que crescem em direção ao solo, auxiliando a sustentação da planta no solo. Ocorre em algumas espécies encontradas em mangues – *Rhizophora mangle*.

Caule do tipo **estipe** é mais espesso que o colmo. É cilíndrico não ramificado, com nós e entrenós bem evidentes, apresentando folhas apenas no ápice – com em palmeiras, coqueiros (monocotiledônea) e cicas (gimnosperma).

Caule denominado **estolho** (estolhão ou estolão) do tipo aéreo rastejante, cresce horizontalmente sobre a superfície do solo, dividido por nós, dos quais normalmente saem raízes adventícias e ramos aéreos (morangueiro, melancia). Ao longo do estolão, há vários pontos de enraizamento. Os estolões permitem à planta se reproduzir assexuadamente a partir dos nós de cada estolão, que originam plantas-filhas.

Já o caule aéreo rastejante que cresce paralelo à superfície do solo é denominado **sarmento**. Fixa-se ao solo por meio de raízes que se formam em apenas um local do caule – como no chuchu, na aboboreira e em algumas ipomeias.

Cladódio é o caule achatado e clorofilado. Tem função fotossintetizante e/ou de reserva de água. É típico dos cactos, plantas que ocorrem em regiões secas. As folhas dos cactos são modificadas em espinhos, o que reduz a perda de água por transpiração.

Subterrâneos

Caule do tipo **rizoma**, desenvolve-se paralelamente à superfície do solo. Pode emitir ramos aéreos e raízes subterrâneas adventícias a partir de gemas ou brotos. Distingue-se pela presença de gemas e ausência de coifa – como na samambaia (pteridófito), na bananeira, no gengibre e na espada-de-são-jorge.

Tubérculo é o tipo de caule que acumula reservas nutritivas, tais como o amido. Nos tubérculos, assim como em todos os caules, é possível observar gemas ou botões vegetativos. São exemplos a batata-inglesa ou batatinha comum (*Solanum tuberosum*) e o cará.

O **xilopódio** é uma estrutura subterrânea, geralmente lignificada e dura. É comum em espécies do Cerrado.

Já o **bulbo** é um órgão subterrâneo que apresenta uma porção basal chamada prato, do qual partem os catafilos – folhas modificadas que geralmente acumulam reservas nutritivas. Existem diferentes tipos de bulbo, classificados em:

- **tunicado**: prato revestido por escamas, formando catafilos superpostos – como na cebola (catafilos simples) e no alho (catafilos compostos).
- **escamoso**: prato revestido por folhas subterrâneas estreitas em forma de escamas imbricadas, ou seja, catafilos parcialmente sobrepostos – lírio ou açucena-branca (*Lilium candidum*).
- **sólido**: prato bastante desenvolvido, com reservas nutritivas (quase a totalidade do bulbo), e revestido por catafilos reduzidos que se inserem em nós circulares – como na palma-de-santa-rita (*Gladiolus* sp.), na tulipa (*Tulipa* sp.) e no açafrão (*Crocus sativus*).

Aquáticos

Próprios das plantas aquáticas, geralmente clorofilados, apresentam aerênquima ou parênquima aerífero desenvolvido, facilitando a flutuação.

FOLHA

Órgão vegetativo, clorofilado, geralmente com forma laminar. As folhas variam muito em forma e estrutura, podendo apresentar as seguintes partes:

- **limbo**: porção geralmente laminar, achatada e ampla. As nervuras presentes no limbo correspondem ao sistema de condução (vasos condutores de seiva elaborada e bruta);
- **pecíolo**: haste geralmente cilíndrica que une o limbo ao caule;
- **bainha**: nas monocotiledôneas e algumas eudicotiledôneas, a base da folha é expandida em uma bainha que envolve o caule;
- **estípulas**: filamentos (apêndices) em forma de folha que se desenvolvem na base de algumas folhas.

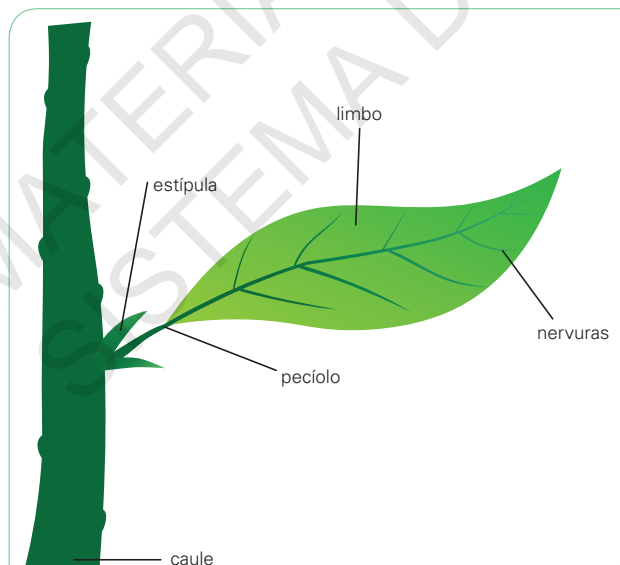


Ilustração das regiões do caule. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

FUNÇÕES

Fotossíntese

Especializada na realização desse processo, a folha apresenta forma laminar, o que permite maior exposição à luz. O grande número de estômatos na epiderme facilita a maior difusão de gás carbônico. Possui muitas células clorofiladas.

Respiração

As células da folha respiram, assim como todas as células vivas das plantas. Não se trata, portanto, de órgão exclusivo ou especializado da respiração.

Transpiração

Perde água em forma de vapor principalmente por meio de estômatos e da cutícula.

Gutação ou sudação

Perda do excesso de água em forma líquida e sais minerais. Os **hidatódios**, estruturas localizadas na margem das folhas, são responsáveis pelo fenômeno da gutação. Geralmente estão presentes em plantas pequenas de solo úmido, associados ao processo de transporte ativo de seiva bruta. É formado pela bainha do feixe vascular, traqueídeos, epitema (parênquima de paredes finas), pela câmara com água e seu poro epidérmico. No processo de gutação, água e sais minerais chegam através do xilema, passam pelo epitema e chegam à câmara com água, hidatódios. Posteriormente são liberados pelo poro dessa última estrutura. Os poros são geralmente estômatos que perderam a capacidade de controle de sua abertura e fechamento.

DISPOSIÇÃO DE NERVURAS

Quanto à disposição das nervuras, as folhas podem ser **paralelinérveas** – nervuras paralelas não ramificadas, típicas de monocotiledôneas – ou **reticulínérveas** – nervuras ramificadas ou reticuladas, típicas de eudicotiledôneas.

BOONCHUAY1970/
SHUTTERSTOCK



SUTHAM/
SHUTTERSTOCK



À esquerda, folha reticulínérvea; à direita, folha paralelinérvea.

MORFOSES FOLIARES

As folhas podem apresentar formas bastante diferentes, o que permite desempenhar funções como proteção, atração de polinizadores, reserva de nutrientes, entre outras.

Brácteas

Folhas modificadas, geralmente coloridas, protegem flores ou inflorescências (conjunto de flores no mesmo eixo). Além disso, auxiliam na atração de agentes polinizadores – como no antúrio e no bico-de-papagaio. No copo-de-leite, são chamadas espatas.

Catáfilos ou escamas

Protegem meristemas das gemas ou brotos. No bulbo, acumulam reservas nutritivas – como na cebola e no alho.

Espinhos

Folhas modificadas atrofiadas, pontiagudas, que fornecem proteção contra predadores e reduzem a perda de água pela transpiração.

Gavinhas

Folhas longas, filamentosas, enrolam-se em suportes, auxiliando na fixação da planta – como na ervilha, e na abóbora. Vale destacar que as gavinhas também podem ser caules modificados, como na uva.

Antófilos ou folhas florais

Folhas modificadas que ocorrem nas flores – por exemplo, sépalas, pétalas, estames e carpelos.

Cotilédone

Folhas embrionárias nas sementes de angiospermas monocotiledôneas (um cotilédone) e eudicotiledôneas (dois cotilédones). Têm função de armazenar reservas nutritivas.

Folhas coletoras

Típicas de plantas epífitas, como algumas orquídeas e bromeliáceas. Sua disposição favorece a acumulação de água das chuvas.

Folhas de plantas carnívoras (insetívoras)

Folhas bastante modificadas, adaptadas para atração, captura e digestão de pequenos animais, mais frequentemente insetos. Essas plantas realizam fotossíntese e complementam sua nutrição com a absorção dos produtos da digestão dos pequenos animais que capturam.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

TECIDOS VEGETAIS

Meristemas primários

Crescimento em:

Comprimento

Forma a epiderme:

Protoderme

Meristema fundamental

Forma os tecidos do córtex de raízes e caules

Procâmbio

Forma tecidos do cilindro central

Caliptrogênio

Forma a coifa ou caliptra

Meristemas secundários

Crescimento em

Forma súber e feloderme

Forma xilema secundário e floema secundário

Clorofiliano

Aerífero

Amilífero

Aquífero

Floema

Seiva elaborada

Células vivas anucleadas

Vasos lenhosos (xilema)

Esclerênquima

células mortas
reforços de lignina
presente nas partes mais velhas

uniestratificada,
revestida por cutícula

presente em órgãos jovens

formada por:

súber, felogênio e feloderme

presente em:

plantas com crescimento secundário

Tecidos permanentes

Espessura

Felogênio

Câmbio

Parênquimas

Funções como:

Condução

Seiva bruta

Células mortas

Sustentação

células vivas
reforços de celulose
sustentação para partes jovens

Epiderme

Revestimento

Periderme

ROTEIRO DE AULA

ÓRGÃOS VEGETATIVOS

Raiz

Principais funções

Absorção de

Água e sais minerais

Condução da

Seiva

Armazenamento de

Nutrientes

Fixação da planta

Organização

Zona pilífera

Coifa

Colo

Zona de ramificação

Zona lisa

Tipos

Aérea

Cintura

Escora

Estrangulante

Haustório

Respiratórias

Tabular

Subterrânea

Pivotante

Fasciculada

Tuberosa

Xilopódio

Aquática

Geralmente não tem pelos absorventes, e a coifa é dupla e bem desenvolvida.

Caule

Principais funções

Sustentação de

Folhas; Flores; Frutos

Condução da

Seiva

Armazenamento de

Nutrientes

Organização

Gema ou broto

Nó

Entrenó

Tipos

Aéreo

Colmo

Cladódio

Estipe

Haste

Rastejante

Rizóforo

Tronco

Volúvel

Subterrâneo

Bulbo

Rizoma

Tubérculo

Xilopódio

Aquático

Parênquima aerífero desenvolvido.

ROTEIRO DE AULA

Folha

Principais funções

Respiração

Gutação

Transpiração

Fotossíntese

Organização

Pecíolo

Limbo

Estípula

Bainha

Tipos

Antófilo

Bráctea

Catafilo

Coletora

Cotilédone

Espinho

Estípula

Gavinha

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UERJ (adaptada) – Por serem formados por sedimentos bem finos, que se deslocam facilmente, os solos dos mangues são mais instáveis. Árvores encontradas nesse ambiente apresentam adaptações que garantem sua sobrevivência, como o formato diferenciado de suas raízes, ilustrado na imagem.



O formato diferenciado de raiz desses vegetais contribui para o seguinte processo:

- a) fixação. c) frutificação.
 b) dispersão. d) desidratação.

A raiz-espora, ou suporte, é um tipo de raiz aérea encontrada em plantas de mangue, que auxilia a fixação das plantas ao solo alagado desse ambiente.

2. UPE

C8-H28

O coqueiro, *Cocus nucifera*, é uma das espécies de palmeira com maior distribuição na zona tropical, por causa de sua pouca exigência nutricional e de sua facilidade em se dispersar pelos mares e ter um sistema de sustentação resistente aos fortes ventos e ao solo arenoso do litoral. O seu caule apresenta nós e entrenós bem visíveis, mas com folhas apenas no ápice, que, por sua vez, é classificado como

- a) haste. d) estipe.
 b) bulbo. e) tubérculo.
 c) colmo.

O estipe é um tipo de caule aéreo, não ramificado, com nós e entrenós bem evidentes e folhas apenas no ápice da planta. É encontrado em palmeiras e cicas.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

3. Uninove-SP (adaptada) – A árvore bordo (*Acer sp.*) é famosa no Canadá por fornecer o xarope de bordo, muito açucarado e largamente consumido com *waffles* e panquecas. Esta árvore passa por um inverno rigoroso e no início da primavera, através do tecido vascular morto, conduz a matéria acumulada nas raízes, que forma novas folhas e flores. A extração da seiva desta árvore é feita neste período.

Qual é o tecido vascular responsável pela condução desta seiva? Dê o nome do meristema secundário que gera este tecido vascular.

O tecido que conduz esta seiva (seiva bruta) é o xilema, ou xilema secundário,

também chamado de lenho. As células condutoras do xilema, elementos de

vaso e traqueídeos são células mortas pelo depósito de lignina. O câmbio

vascular é o meristema secundário que origina o xilema secundário.

4. UPE – Um problema comum na arborização pública é a ocorrência de árvores ocas, ameaçando cair, causando algum acidente. As prefeituras constantemente recebem chamados para diagnosticar o problema. Entretanto, na maioria das vezes, deparam-se com árvores velhas com aparência sadia, sem ameaça a sua sustentação e com a copa bastante preservada e frondosa, sinal de que há vitalidade no tecido vascular, mantendo a rede de circulação de substâncias ativas.

Sobre o texto, assinale a alternativa correta.

- a) A periderme ou casca mantém o tecido do floema funcional, enquanto no albúrnio, o floema se torna não funcional.
 b) O cerne mantém-se resistente com o xilema funcional, permitindo a condução da seiva.
 c) A parte mais externa do xilema e próxima ao câmbio, chamada de albúrnio, permanece funcional.
 d) Parte do xilema desenvolve tecido vascular vegetal, responsável pelo transporte de água, sais minerais e compostos orgânicos produzidos pela fotossíntese.
 e) O cerne mantém o tecido vascular funcional, permitindo a condução da seiva elaborada.

O cerne está presente na região medular (central) do caule e da raiz, sendo constituído pelo xilema (secundário) em desuso, ou não funcional. O xilema funcional (condutor da seiva bruta) está localizado externamente ao cerne, mais próximo à casca, sendo chamado de albúrnio. O floema secundário, que transporta a seiva elaborada, é formado externamente ao câmbio, e não faz parte da periderme. A periderme é constituída pelo felogênio, feloderme e súber.

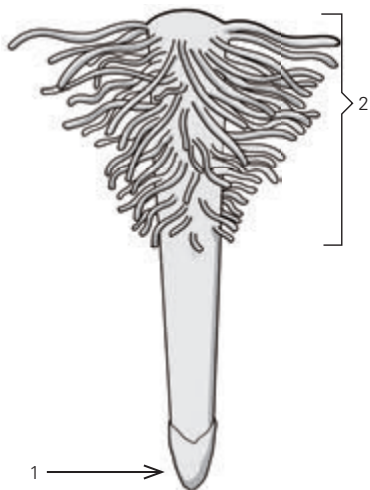
5. UPE – A cortiça é um tecido vegetal impermeável e flexível ao mesmo tempo, com estrutura que pode ser comprimida até a metade do seu volume, sem perder sua elasticidade. É amplamente utilizada para a produção de rolhas na vedação do vinho engarrafado. A cortiça só pode ser retirada de árvores com idade entre 25 e 30 anos e, após essa primeira extração, apenas a cada 9 anos será possível sua retirada novamente. O principal país produtor da cortiça é Portugal, pois a árvore, que a origina é muito comum no sul do país, principalmente na região do Alentejo.

Qual tecido da planta fornece matéria-prima para produzir rolhas de cortiça?

- a) Lenho
 b) Esclerênquima paliçádico
 c) Colênquima
 d) Feloderme

O tecido vegetal que fornece a matéria-prima para a produção de rolhas de cortiça é o súber. O súber faz parte da periderme, sendo formado externamente ao felogênio. É um tecido constituído por várias camadas de células mortas, que têm a parede celular com grande deposição de suberina, substância impermeável que impede as trocas gasosas, provocando a morte das células. O súber é cheio de ar, atuando como isolante térmico e protegendo a planta contra choques mecânicos.

6. SúberFMJ-SP (adaptada) – A figura ilustra algumas das principais partes da raiz de uma planta eudicotiledônea.



Os números 1 e 2 correspondem a quais estruturas da raiz? Cite as principais funções desempenhadas por cada uma.

1 – Coifa (ou caliptra). Estrutura encontrada em torno do ápice da raiz,

formada por um tecido resistente que protege o meristema subapical da

raiz. Em raízes subterrâneas, protege do atrito com o solo.

2 – Pelos absorventes, encontrados na zona pilífera da raiz. São respon-

sáveis pela maior parte da absorção da água e sais minerais realizada

pelos raízes.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UFRGS-RS – Algumas estruturas das angiospermas desenvolveram modificações ao longo da evolução, que permitiram adaptações ambientais importantes.

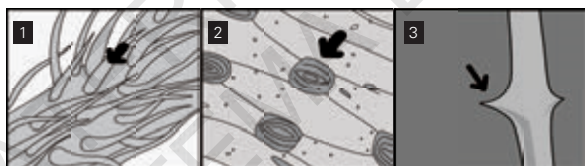
Considere as seguintes afirmações sobre essas estruturas.

- I. Cenoura é um caule modificado subterrâneo que acumula nutrientes.
- II. Plantas de ambientes desérticos, tais como cactos, têm folhas modificadas em espinhos e caules fotosintetizantes.
- III. Plantas com flores de pétalas pequenas ou inexistentes podem apresentar folhas modificadas na base do receptáculo floral, com função de atrair polinizadores.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

8. UPF-RS (adaptada) – Analise as figuras abaixo.



Assinale a alternativa que associa corretamente o número da seta ao respectivo nome da estrutura, e ao tecido vegetal no qual essas estruturas são encontradas.

- a) 1 – acúleo / 2 – estômato / 3 – espinho/tecido epidérmico.
- b) 1 – pelo / 2 – plasmodesmo / 3 – espinho/tecido peridérmico.
- c) 1 – papila / 2 – hidatódio / 3 – acúleo/tecido parenquimático.
- d) 1 – espinho / 2 – estômato / 3 – tricoma/tecido meristemático.
- e) 1 – tricoma / 2 – estômato / 3 – acúleo/tecido epidérmico.

9. UERN – Em relação às funções dos parênquimas vegetais, relacione adequadamente as colunas.

1. Cortical
2. Aquífero
3. Aerífero
4. Amilífero

() Reserva de água.

() Flutuação e, às vezes, respiração.

() Reserva de alimento.

() Preenchimento de espaço.

A sequência está correta em

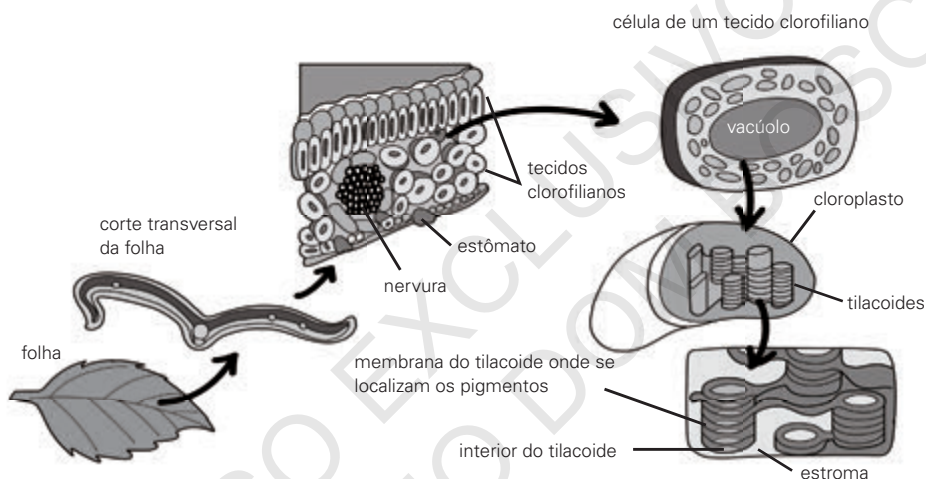
- a) 3, 2, 1, 4.
- b) 2, 3, 1, 4.
- c) 4, 2, 1, 3.
- d) 2, 3, 4, 1.

10. Unicamp-SP (adaptada) – Muitas vezes se observa o efeito do vento nas plantas, que faz com que a copa das árvores e eventualmente o caule balancem vigorosamente sem, contudo, se romper. No entanto, quando ocorre a ruptura de um ramo, as plantas têm a capacidade de retomar o crescimento e ocupar novamente o espaço deixado pela queda do ramo.

Cite e caracterize os tipos de tecidos que promovem a sustentação e a flexibilidade dos ramos e caules.

- 11. UECE (adaptada)** – As raízes das angiospermas podem apresentar especializações que permitem classificá-las em diversos tipos. É correto afirmar que
- as raízes-escoras apresentam um revestimento chamado velame, uma epiderme multiestratificada.
 - as raízes-respiratórias ou pneumatóforos são adaptadas à realização de trocas gasosas que ocorrem nos pneumatódios.
 - as raízes-tuberosas possuem o aprensório para se fixarem ao hospedeiro e de onde partem finas projeções, os haustórios.
 - as raízes-sugadoras armazenam reservas nutritivas, principalmente o amido, e por isso apresentam grande diâmetro.

- 12. UEFB-BA (adaptada)** – Com base na ilustração abaixo, que apresenta uma enorme variedade de estruturas que viabilizam a realização da fotossíntese, responda à questão.



Observando-se a folha em destaque, é correto afirmar:

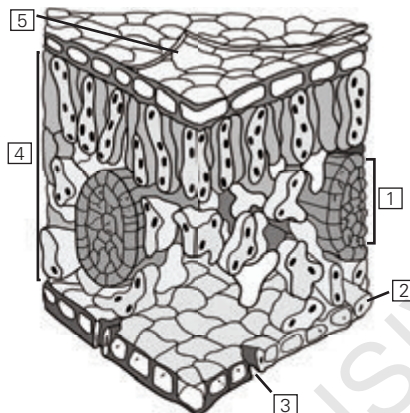
- É típica de um vegetal do grupo das monocotiledôneas.
 - Nesse órgão, não há a necessidade de vasos de condução.
 - É desprovida de tecido de revestimento e de diferenciações.
 - Tem a capacidade de absorver todos os comprimentos de onda com a mesma intensidade.
 - Os estômatos viabilizam as trocas gasosas, proporcionando a absorção de gás carbônico para a fotossíntese e a liberação de oxigênio.
- 13. UERN** – A maniçoba, espécie nativa na caatinga e da qual se extrai látex, é um exemplo de planta que apresenta um caule tuberoso e subterrâneo. Esse tipo de caule armazena água e substâncias de reserva para que a planta possa se adaptar bem ao ambiente com restrição de água. Essa modificação especial do caule é conhecida por
- rizóforo.
 - cladódio.
 - filocládio.
 - xilopódio.
- 14. UEM-PR (adaptada)** – Em uma aula de botânica, o professor fez algumas afirmações, relacionadas abaixo.
- No corpo vegetal, os primeiros tecidos a passarem pelo processo de diferenciação celular são o xilema primário e floema primário.
 - O crescimento secundário de uma raiz de eudicotiledônea é resultante da atividade dos tecidos meristemáticos, câmbio vascular e felogênio.
 - Colênquima e esclerênquima são tecidos que apresentam células com paredes espessas, sendo que o esclerênquima é constituído por células mortas.
 - As monocotiledôneas e as eudicotiledôneas que não crescem em espessura apresentam um arranjo de tecidos conhecido como estrutura secundária.

ESTUDO PARA O ENEM

18. UPF-RS

C8-H28

A figura abaixo representa, de forma esquemática, um corte transversal tridimensional numa folha de dicotiledônea.



Sobre a figura, assinale a alternativa incorreta.

- a) O número 5 indica a cutícula, camada de cera impermeabilizante produzida pelas células epidérmicas, cuja principal função é evitar a perda de água.
- b) O número 2 indica a epiderme abaxial da folha, tecido aclorofilado cuja função principal é o revestimento do órgão.
- c) O número 3 indica um estômato, estrutura epidérmica que permite as trocas gasosas, pois apresenta um póro (ostíolo) que permanece sempre aberto.
- d) O número 4 indica o mesófilo foliar, composto por parênquima paliádico no lado adaxial e por parênquima lacunoso no lado abaxial.
- e) O número 1 indica um feixe vascular, estrutura de condução composta principalmente por xilema e floema.

19. UPF-RS

C8-H28

Observe os caules abaixo, indicados pelas setas, nas figuras A, B, C e D.



Esses caules são denominados, respectivamente:

- a) estolão / colmo / bulbo / volúvel.
- b) haste / rastejante / tubérculo / escapo.
- c) estipe / rizoma / bulbo / haste.
- d) colmo / rizoma / tubérculo / volúvel.
- e) colmo / haste / tubérculo / estipe.

20. Enem

C8-H28

O manguezal é um dos mais ricos ambientes do planeta, possui uma grande concentração de vida, sustentada por nutrientes trazidos dos rios e das folhas que caem das árvores. Por causa da quantidade de sedimentos — restos de plantas e outros organismos — misturados à água salgada, o solo dos manguezais tem aparência de lama, mas dele resulta uma floresta exuberante capaz de sobreviver naquele solo lodoso e salgado.

NASCIMENTO, M. S. V. Disponível em: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 3 ago. 2011.

Para viverem em ambiente tão peculiar, as plantas dos manguezais apresentam adaptações, tais como

- a) folhas substituídas por espinhos, a fim de reduzir a perda de água para o ambiente.
- b) folhas grossas, que caem em períodos frios, a fim de reduzir a atividade metabólica.
- c) caules modificados, que armazenam água, a fim de suprir as plantas em períodos de seca.
- d) raízes desenvolvidas, que penetram profundamente no solo, em busca de água.
- e) raízes respiratórias ou pneumatóforos, que afloram do solo e absorvem o oxigênio diretamente do ar.

TRANSPIRAÇÃO VEGETAL, CONDUÇÃO DE SEIVAS E HORMÔNIOS VEGETAIS

As folhas, principal ponto de ocorrência da fotossíntese nas plantas, geralmente têm grande área de superfície em relação ao seu volume. Essa grande área facilita a absorção de luz para a fotossíntese, e a alta razão entre superfície/volume auxilia a absorção de CO_2 pelos estômatos durante a fotossíntese.

No entanto, embora as grandes áreas de superfície e as altas razões entre superfície/volume aumentem a taxa de fotossíntese, essas características também são responsáveis pelo aumento da perda de água pelos estômatos (transpiração).

TRANSPIRAÇÃO

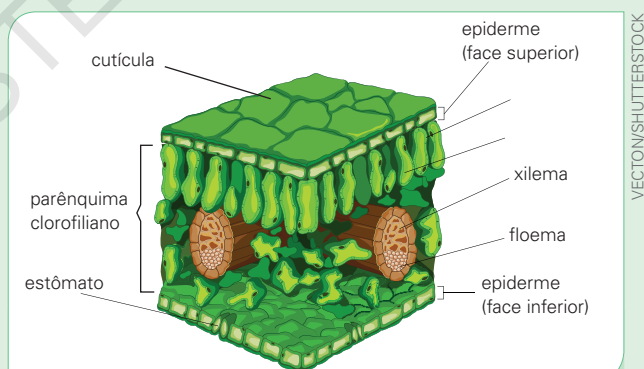
Esse processo consiste na perda de água na forma de **vapor** pelas folhas em decorrência das atividades fisiológicas das plantas (absorção de CO_2 para a fotossíntese). A transpiração ocorre principalmente por meio das folhas, maior superfície de contato das plantas com o meio ambiente.

O fenômeno da transpiração é fundamental para a vida das plantas, mas precisa ocorrer dentro de certos limites, pois o excesso de perda de água na forma de vapor pode levá-las à morte. O processo possibilita o equilíbrio térmico delas com o ambiente, sendo realizado principalmente pelos estômatos (**transpiração estomática**) e, em menor proporção, pela cutícula (**transpiração cuticular**).

As plantas apresentam várias adaptações que permitem evitar a transpiração excessiva, dependendo do ambiente onde vive. São exemplos: cutícula com camada espessa; epiderme pluriestratificada; redução no número de folhas; folhas transformadas em espinhos; tricomas esbranquiçados nas folhas para refletir a luz solar e perda de folhas nas estações secas.

ESTRUTURA FOLIAR

A transpiração ocorre principalmente pelos estômatos presentes na superfície foliar (cerca de 95% da água perdida) e pela cutícula. A **cutícula** é uma camada de cera produzida pelas células da própria epiderme, que impermeabiliza a superfície foliar, diminuindo sensivelmente a taxa de transpiração das plantas terrestres. Os estômatos geralmente estão localizados na epiderme da face inferior das folhas de plantas terrestres. Com isso, a incidência direta do Sol é evitada, diminuindo, desse modo, o excesso de transpiração.



Esquema da folha em corte transversal. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

- Respiração
- Comparação entre os sistemas de respiração dos animais
- Sistema respiratório humano
- Hormônios
- Movimentos das plantas
- Luz e desenvolvimento vegetal

HABILIDADES

- Compreender as características e as funções gerais do sistema respiratório.
- Reconhecer comparativamente os diversos padrões de respiração dos animais.
- Identificar os órgãos e as estruturas que fazem parte da respiração de seres humanos.
- Entender as diferenças entre os mecanismos de trocas gasosas, de ventilação pulmonar e de controle do processo respiratório.
- Conhecer os principais hormônios vegetais e as funções que desempenham no crescimento e metabolismo das plantas.
- Reconhecer os tipos de movimento realizados pelas plantas.
- Compreender a influência da luminosidade no desenvolvimento das plantas.
- Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno e relações com o ambiente.

Em plantas aquáticas – vitória-régia, por exemplo –, os estômatos estão distribuídos na epiderme da face superior das folhas, permitindo que as trocas gasosas ocorram diretamente com a atmosfera. O grupo das gramíneas, monocotiledôneas distribuídas por todo o planeta, apresenta estômatos na epiderme das duas faces da folha: superior (ou adaxial) e inferior (ou abaxial).

O estômato é uma estrutura formada por duas células estomáticas ou células-guarda, que regulam a abertura do ostíolo, ou fenda estomática, por onde ocorrem a transpiração e as trocas gasosas da planta com o ambiente.

FISIOLOGIA DO ESTÔMATO

Por meio da abertura e do fechamento dos estômatos, a planta regula a taxa de transpiração, respondendo a fatores como disponibilidade de água, luminosidade, temperatura, concentração de CO_2 e umidade relativa do ar.

MOVIMENTO HIDROATIVO

A disponibilidade de água para a planta é o principal fator responsável pela abertura e pelo fechamento estomático.

Células-guarda

As células-guarda regulam a entrada e a saída de água pelos ostíolos, de modo que, quando a água entra nessas células, eles se abrem e, quando a água sai, eles se fecham. As alterações de pressão de turgor nas células-guarda decorrem principalmente da absorção e perda reversível de K^+ (potássio). Os estômatos abrem-se quando as células-guarda acumulam ativamente K^+ oriundo das células epidérmicas vizinhas, o que leva ao ganho de água por osmose. Por outro lado, fecham-se quando ocorre a perda de K^+ , o que provoca perda de água por osmose.

Isso pode ser demonstrado mergulhando-se uma folha em soluções com diferentes concentrações de íons.

Em **solução hipotônica**, ocorre a entrada de água nas células-guarda, e o estômato se abre. Em **solução hipertônica**, acontece a saída de água das células-guarda, e o estômato se fecha.

A parede celular das células-guarda varia em espessura, sendo mais delgada externamente na parte oposta ao ostíolo. As células aumentam mais em comprimento do que em largura quando seu turgor aumenta. Como são unidas pelas extremidades, quando ocorre entrada de água e seu turgor aumenta, suas paredes se curvam para fora, fazendo com que o estômato se abra. Quando ocorre a saída de água, o turgor das células-guarda diminui, tornando suas paredes mais flácidas, o que acarreta o fechamento estomático.

O fechamento dos estômatos é um mecanismo fundamental de economia de água pela planta e ocorre quando o vegetal está submetido a condições de restrição hídrica.

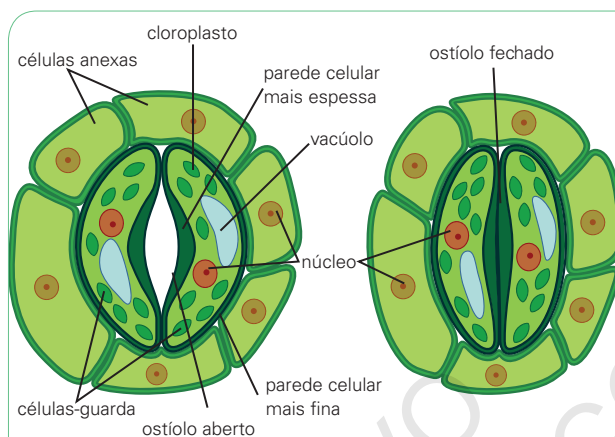


Ilustração da resposta estomática ao ganho de água. À direita, estômato fechado. Com o ganho de água pelas células-guarda, o estômato se abre, à esquerda. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

MOVIMENTO FOTOATIVO

Mecanismo de controle dos estômatos por meio da luminosidade. Quando se cobre uma planta, com disponibilidade adequada de água, com um saco escuro, por exemplo, seus estômatos se fecham. Expondo-se a folha novamente à luz, os estômatos voltam a se abrir em alguns minutos.

Com luz, a concentração de K^+ nas células-guarda aumenta, a água entra e o estômato se abre. **Sem luz**, a concentração de K^+ nas células-guarda diminui, a água sai e o estômato se fecha.

A luz estimula as células-guarda a absorver K^+ por meio de processos bioquímicos, o que as torna túrgidas.

CONCENTRAÇÃO DE CO_2

Havendo suprimento adequado de água, os estômatos também se abrem em resposta à diminuição da concentração de CO_2 no mesófilo (na folha) em razão de sua utilização na fotossíntese.

PLANTAS C₃, C₄ E CAM

Quando estão submetidas a condições como disponibilidade limitada de água e maiores níveis de luz e temperatura, as plantas fecham seus estômatos. Isso reduz a perda de água, mas, por outro lado, impede a entrada de CO_2 nas folhas, o que limita a realização da fotossíntese pela planta. Quando os estômatos se fecham, a concentração de CO_2 nas folhas diminui como resultado da atividade do ciclo de Calvin, ao passo que a concentração de oxigênio aumenta. Nessas condições, a ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (RuBisCO) tende a adicionar O_2 a outras moléculas, em vez de CO_2 , promovendo aumento da fotorrespiração e redução da fotossíntese.

Entretanto, algumas espécies vegetais sofreram adaptação dos mecanismos de fixação de carbono, de modo que a fotorrespiração foi minimizada e o ciclo de Calvin foi otimizado – mesmo em climas áridos e quentes. As duas adaptações fisiológicas ou metabólicas mais importantes são as fotossínteses C₄ e CAM.

Entre as angiospermas, há plantas que apresentam uma via metabólica complementar ao ciclo de Calvin, chamada via C₄, na qual a fixação do CO₂ origina um produto com quatro carbonos e inibe ou limita a fotorrespiração. Plantas que só apresentam o ciclo de Calvin para a fixação de carbono são conhecidas como plantas C₃ (a fixação do CO₂ origina um produto com três carbonos). Algumas plantas têm uma variação da via C₄, sendo chamadas de CAM (sigla em inglês de metabolismo ácido das crassuláceas). Nessas plantas, o CO₂ é absorvido pelos estômatos durante a noite, sendo convertido em ácidos orgânicos que fornecem o CO₂ para o ciclo de Calvin acontecer durante o dia, quando os estômatos são mantidos fechados.

No quadro abaixo, são listadas as principais características das plantas com cada tipo de via metabólica.

Principais diferenças			
Grupo	C ₃	C ₄	CAM
Exemplos	arroz, soja, trigo	cana-de-açúcar, milho	crassuláceas, abacaxi e algumas pteridófitas
Ambientes	zonas tropicais úmidas	regiões áridas	regiões semiáridas ou desérticas
Absorção de CO ₂	cloroplasto	mesofilo	mesofilo
Fotorrespiração	alta	baixa	baixa
Estômatos	abertos: dia fechados: noite	abertos: dia fechados: noite	abertos: noite fechados: dia

ADAPTAÇÕES EVOLUTIVAS RELACIONADAS À TRANSPIRAÇÃO

As plantas têm adaptações que evitam perda de água em excesso, tais como: folhas pequenas e duras – pinheiros (folhas aciculadas); folhas em pequeno número e modificadas em espinhos – cactos; folhas com cutícula espessa, deposição de cera e epiderme pluriestratificada – plantas de regiões secas; presença de tricomas claros (pelos) e parênquima aquífero (reserva de água).

As plantas adaptadas às condições ambientais áridas são denominadas **xerófitas** (do grego *xero* = seco).

EVIDÊNCIAS DA TRANSPIRAÇÃO

A transpiração pode ser demonstrada, de maneira muito simples, por meio de um experimento no qual se coloca em um saco plástico um ramo com folhas da planta. Inicialmente, as paredes internas do saco plástico estarão secas e, depois de algum tempo, será possível

observar gotículas de água depositadas nelas, formadas pela condensação do vapor de água liberado pelos estômatos durante o processo de transpiração.

A demonstração da transpiração também pode ser feita por meio de pesagens sucessivas de uma planta em vaso. Nesse caso, as paredes do vaso e a terra onde está o vegetal devem estar envoltas em papel-alumínio, o que garantirá que a saída de água da planta ocorre apenas pelas folhas. A primeira pesagem (P1) é realizada assim que o sistema for montado. Depois de certo tempo, faz-se a segunda pesagem (P2). Será constatado que a planta perde água pela transpiração se P2 for menor que P1.

GUTAÇÃO OU SUDAÇÃO

É a perda de água (e sais minerais) na forma líquida e ocorre por meio de estruturas chamadas **hidatódios**, localizadas nas terminações dos vasos condutores que ficam nas bordas das folhas. Os poros dos hidatódios são geralmente estômatos que perderam a capacidade de controle de sua abertura e fechamento, permanecendo abertos.

A gutação é comum em plantas de pequeno porte, que ocorrem em locais em que a umidade do ar é elevada e há grande disponibilidade de água para o solo. O processo de gutação ocorre quando a transpiração é muito lenta ou ausente, sendo importante para eliminar o excesso de seiva bruta da planta.

Um fenômeno que se confunde com a gutação é a formação de orvalho, que nada mais é do que a formação de gotas de água na superfície das folhas pela condensação do vapor-d'água presente no ar atmosférico.

CONDUÇÃO DE SEIVAS BRUTA E ELABORADA

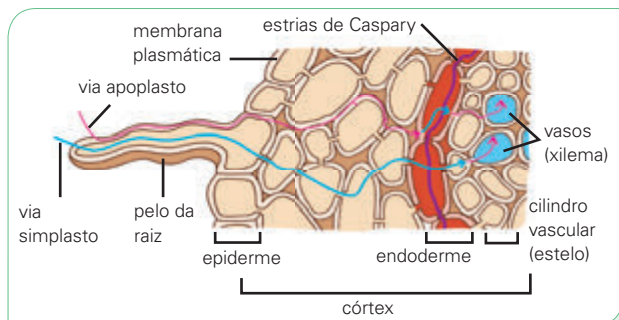
Algas e briófitas são destituídas de sistemas especializados no transporte de seiva. Nessas plantas, a água e os nutrientes passam de uma célula para a outra por difusão ou osmose. Pteridófitas, gimnospermas e angiospermas têm tecidos condutores de seiva, o que permite que as plantas desses grupos atinjam portes bem maiores que as algas e briófitas.

SEIVA BRUTA OU MINERAL

É conduzida pelos vasos lenhosos do xilema ou lenho. O trajeto da seiva bruta do solo até o xilema ocorre da seguinte forma: pelos absorventes retiram água e sais minerais do solo; a solução absorvida do solo atravessa o córtex da raiz até o cilindro vascular (células condutoras do xilema), deslocando-se no interior das células (via simplasto) ou pelos espaços existentes entre elas (via apoplasto).

- **Via simplasto:** deslocamento, pelo interior do citoplasma, das células do córtex através dos plasmodesmos (pontes citoplasmáticas entre as células).

- **Via apoplasto:** deslocamento através dos espaços intercelulares entre as paredes celulares. Essa é a via de percurso preferencial, em razão da maior velocidade da água no interior da raiz.



Esquema de corte de raiz que indica o caminho da água e dos sais minerais do solo até o interior do xilema. Via simplasto (linha azul); via apoplasto (linha rosa). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A estria de Caspary (cinturão de suberina externo às células endodérmicas) é impermeável à água e aos minerais dissolvidos, o que impede a passagem da solução aquosa pela endoderme via apoplasto. Assim, a água e os sais minerais devem passar obrigatoriamente pelo interior das células endodérmicas (via simplasto), permitindo a seleção de materiais que chegam até os vasos do xilema:

- da endoderme, a seiva passa pelo cilindro vascular, chegando ao xilema da raiz. A endoderme também evita o retorno da água;
- da raiz, a seiva bruta é transportada para a parte aérea da planta (caule e folhas), sendo eliminada na transpiração, usada como componente celular e reagente da fotossíntese, e na composição da seiva conduzida pelo floema.

A ascensão da seiva bruta, das raízes até as folhas, depende de alguns fatores: capilaridade, pressão de raiz, fluxo de massa e força de sucção gerada pela transpiração das folhas.

Capilaridade

Vasos lenhosos são extremamente delgados e têm diâmetro microscópico. Em decorrência disso, apresentam a propriedade conhecida como **capilaridade**. Em tubos de pequeno diâmetro, ocorre a ascensão espontânea de líquido. Moléculas de água ficam muito próximas umas das outras, o que resulta na coesão entre si e grande adesão às paredes dos vasos condutores de xilema. Entretanto, a capilaridade permite que o líquido suba apenas poucos centímetros em razão do peso da coluna de água sob ação da gravidade.

Pressão de raiz

Pressão exercida pela raiz da planta, que “empurra” a água (e os sais minerais) em direção às folhas. A pressão da raiz pode ser responsável, em algumas plantas de pequeno porte, pela ascensão da seiva bruta no corpo da planta. Ela pode ser verificada, em algumas

plantas, quando o caule é cortado e se constata a saída da solução aquosa pela região cortada. Como resultado de suas atividades metabólicas, o vegetal pode eliminar seiva contra um gradiente de pressão.

As células das raízes mantêm o citoplasma com alta concentração de íons, isto é, permanecem osmoticamente ativas por meio do transporte ativo de íons do solo para dentro das células. Dessa forma, tornam-se hipertônicas em relação ao solo e absorvem a água dele e os sais minerais nele dissolvidos por osmose, principalmente por meio dos pelos absorventes. Essa solução aquosa absorvida chega até o xilema, sendo “empurrada” pela raiz (pressão de raiz) em direção ao caule e às folhas. No entanto, a pressão de raiz é capaz de impulsionar a seiva bruta apenas em alguns vegetais de pequeno porte.

Hipótese de coesão-tensão (teoria de Dixon)

Se a capilaridade e a pressão de raiz não são suficientes para promover a ascensão de seiva bruta até a copa das árvores, qual seria a melhor explicação para esse fenômeno?

A hipótese proposta pelo irlandês Henry Dixon, ou hipótese de coesão-tensão, é a mais aceita atualmente para explicar a ascensão da seiva bruta da raiz até as folhas.

Deve-se considerar, inicialmente, que o interior do xilema é inteiramente ocupado por água, constituindo uma coluna contínua, desde a raiz até as folhas. Essa coluna líquida não se rompe, apesar de as folhas a puxarem para cima (em virtude da transpiração) e de o peso da coluna empurrá-la para baixo.

Em razão das propriedades físico-biológicas da água, as moléculas de água mantêm-se unidas pela força de coesão entre elas. Adicionalmente, há força de adesão entre as paredes do xilema e as moléculas de água – a celulose nas paredes do xilema tem carga parcial negativa, atraindo a parte positiva das moléculas de água. Embora essa adesão seja fraca, ela contribui para a manutenção da coluna. Por outro lado, se fosse muito forte, o fluxo da seiva seria dificultado.

O fator responsável pela movimentação da coluna de água é seu consumo nas folhas, processo conhecido como sucção da copa. A principal força de ascensão da seiva bruta, de acordo com a teoria de Dixon, é a pressão de sucção exercida pelas folhas da copa em virtude da transpiração estomática.

SEIVA ELABORADA

Solução de água e compostos orgânicos (açúcares, ácidos graxos, hormônios, vitaminas) transportada pelo floema. A seiva do floema move-se dos locais de produção de açúcar para os locais onde ele é utilizado ou armazenado, sendo um transporte bidirecional.

Uma **fonte de açúcar** é um órgão vegetal produtor de açúcar, e um **dreno de açúcar** é um órgão consumidor de açúcar. Raízes em crescimento, gemas, caules, folhas jovens e frutos são drenos. Órgãos de

reserva (como tubérculos ou bulbos) podem ser fontes ou drenos, dependendo da estação do ano. Quando armazenam carboidratos, são drenos; já quando seu amido armazenado é decomposto em açúcar, por exemplo, sendo levado para o ápice das partes aéreas em crescimento, são fontes.

A teoria mais aceita para explicar o fluxo de seiva elaborada é conhecida como teoria do deslocamento por fluxo de pressão, proposta originalmente por Ernest Münch.

Em muitas plantas, o deslocamento do açúcar das células do mesofilo para o tubo crivado do floema ocorre por transporte ativo. Quando chegam ao dreno, como consequência do gradiente de concentração, as moléculas de açúcar difundem-se do floema para dentro dos tecidos do dreno, e a água segue por osmose.

A seiva do floema move-se nos tubos crivados impulsionada pela pressão positiva, conhecida como **fluxo de pressão**. A formação da pressão na fonte e a redução dessa pressão no dreno estimulam o fluxo da seiva da fonte para o dreno. A hipótese do fluxo por pressão explica por que a seiva do floema flui da fonte para o dreno, e observações e experimentos têm demonstrado que o fluxo de seiva elaborada ocorre por pressão.

Demonstração do fluxo de seiva elaborada por pressão

Algumas observações e experimentos confirmam a teoria do fluxo por pressão. Pulgões (afídeos) são insetos parasitas de plantas que se alimentam da seiva do floema. Seus estiletes (aparato bucal) penetram a célula do tubo crivado do floema, onde flui a seiva elaborada. A pressão da seiva força sua saída pelo trato digestivo do animal, como gotículas de secreção açucarada. Cortando-se o estilete inserido no tubo crivado, separando-o do pulgão, gotículas de seiva elaborada continuam a sair pelo estilete, demonstrando que o floema flui por pressão.

Retirando-se um anel completo do tronco (anel de Malpighi), após alguns dias, a casca do caule acima do corte dilata por acúmulo de seiva elaborada, o que também demonstra que o fluxo de seiva no floema ocorre pela pressão.

Hormônios vegetais

Ainda assim, as plantas têm a capacidade de responder e fazer ajustes segundo uma ampla faixa de alterações e estímulos oriundos do ambiente em que vivem. Elas reagem, principalmente, alterando seu padrão de crescimento e de desenvolvimento, como a forma e a disposição de ramos e folhas, de sua parte aérea em resposta à disponibilidade de luz, e a forma e a disposição de suas raízes em resposta à distribuição de água e nutrientes no solo.

Os hormônios vegetais, ou fitormônios, controlam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, bem como suas respostas aos estímulos externos, tais como a luz, a gravidade e o ataque de herbívoros.

Sabe-se que uma planta crescendo em um vaso perto de uma janela terá seu caule curvado em direção à fonte de luz. Também é de conhecimento popular que, ao comprarmos frutas ainda verdes, podemos acelerar seu amadurecimento colocando-as em um saco plástico fechado, ou retardar o tempo de amadurecimento das frutas colocando-as na geladeira.

Neste módulo veremos como os fitormônios e alguns estímulos externos estão envolvidos em processos como esses.

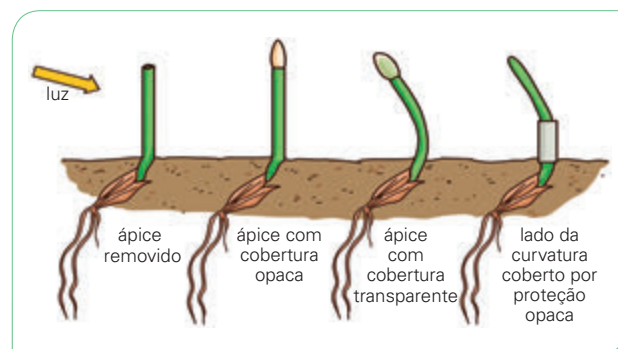
HORMÔNIOS

São moléculas que controlam os processos de crescimento e desenvolvimento, como o aumento do número de células, do volume celular e da biomassa, aumento este relacionado ao aparecimento de novas características estruturais, como: raiz, caule, folhas, flores, sementes e frutos.

Os hormônios são produzidos por vegetais e animais e atuam de diferentes modos no metabolismo. Nas plantas, são chamados de **fitormônios**, e os principais exemplos são: as auxinas, as giberelinas, as citocininas, o etileno e o ácido abscísico. É comum terem suas ações em locais diferentes de onde foram produzidos e agirem sob baixas concentrações. Além disso, atuam especificamente sobre células ou órgãos-alvos, apresentando natureza química bem diversificada e de efeitos variados, de acordo com o local de ação e com a sua concentração.

AUXINAS

O coleóptilo tem sido uma estrutura importante no estudo dos hormônios. Trata-se de uma estrutura que contém as primeiras folhas de uma planta jovem. Em 1880, Charles Darwin (1809-1882) e Francis Darwin (1848-1925) realizaram experimentos com coleóptilos de gramíneas e verificaram a influência da luz em seu crescimento.



Representação do experimento de Charles e Francis Darwin com coleóptilos de gramíneas. Coleóptilos intactos crescem em direção à luz. Caso o ápice seja coberto por papel ou cortado, não haverá resposta ao estímulo luminoso. Se a parte basal for coberta, a resposta ao estímulo luminoso não será afetada. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fonte: REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 841.

Frits Went (1903-1990), em 1928, realizou estudos com coleóptilos de aveia. Cortando-se transversalmente o ápice, o coleóptilo deixa de receber auxinas e, conseqüentemente, deixa de crescer. Se o ápice amputado for recolocado, o crescimento é restabelecido.

Para testar a ocorrência da auxina produzida na extremidade do coleóptilo responsável pelo crescimento, é possível realizar o seguinte experimento: corta-se um coleóptilo e coloca-se durante certo tempo sobre ele um bloco de ágar – substância gelatinosa obtida de algas marinhas. Após algum tempo, o ágar absorve a auxina produzida pelo ápice cortado.

Com a recolocação do bloco de ágar centralizado sobre a parte amputada, a planta volta a crescer normalmente. No entanto, quando o ágar é deslocado lateralmente (descentralizado) em relação ao eixo longitudinal do ápice amputado, é observado um crescimento diferenciado – o lado que recebe mais auxina cresce mais, curvando-se para o lado oposto ao do bloco de ágar.

Com base nos resultados desse experimento, pode-se demonstrar a existência de um **hormônio de crescimento**. Posteriormente, esse hormônio foi denominado **auxina** e identificado quimicamente como o **ácido indol-acético (AIA)**, encontrado em briófitas, fungos e algas.

Nas plantas vasculares, a auxina é sintetizada em **regiões de grande atividade**, como as gemas dos caules, coleóptilos das sementes, folhas jovens, frutos e sementes. O AIA é produzido em folhas jovens, que se encontram nas gemas ativas dos caules e nos embriões no interior das sementes. Raízes não têm folhas e, portanto, não produzem auxina.

As auxinas não são transportadas por vasos condutores, deslocando-se do ápice do caule e das folhas em direção à base do caule, ou seja, apresentam transporte polarizado.

Efeitos

Experimentalmente, foi demonstrado que órgãos da planta apresentam sensibilidades diferentes à auxina: a raiz é a mais sensível; o caule é o menos sensível; e as gemas laterais apresentam sensibilidade intermediária.

A auxina, além de promover a **distensão celular** (alongamento), quando distribuída caule abaixo, **inibe o desenvolvimento das gemas laterais** (localizadas nas axilas das folhas), que ficam em estado de dormência (fenômeno conhecido como **dominância apical**). Isso ocorre em razão da elevada concentração do hormônio na região das gemas laterais.

Quando a gema apical da planta é removida, grande parte da auxina deixa de ser produzida e, com isso, ocorre a diminuição na concentração desse hormônio. Assim, as gemas laterais deixam o estado de dormência, isto é, deixam de estar sob dominância apical e se desenvolvem formando novos ramos laterais. A remoção das gemas apicais é chamada de poda, a qual promove o aumento da copa da planta por meio da formação de novos ramos laterais.

Formação de raízes adventícias

Muitas plantas se propagam vegetativamente, ou seja, sem a participação de sementes, por meio de segmentos do caule (estacas) ou até mesmo de folhas. Entretanto, para que se desenvolvam em novas plantas, é necessária a formação de raízes adventícias. Mandioca e cana-de-açúcar, por exemplo, são plantadas naturalmente por meio de estacas de caule. Nessas plantas, a auxina presente no segmento do caule estimula a formação de novas raízes adventícias.

Artificialmente podem ser obtidas raízes adventícias por meio da pulverização das estacas com auxinas, o que leva ao desenvolvimento de novas plantas com a formação das raízes, as quais fixam o vegetal no solo, além de absorverem água e sais minerais. Esse tipo de propagação por estacas é comum na produção de “cercas vivas” de grandes extensões.

Plantas como violetas podem ser propagadas usando-se o hormônio auxina para promover a formação de raízes por meio das folhas.

Abscisão

É a queda periódica de folhas (abscisão foliar), flores e frutos. Quando uma folha envelhece, há diminuição da concentração de auxina no limbo foliar. Com outras substâncias, ela se desloca para o caule, ao mesmo tempo que ocorre o aumento de concentração do hormônio etileno. O etileno estimula a ação de enzimas, as quais provocam a degeneração dos tecidos do pecíolo, formando uma camada de abscisão. É nesse local que as folhas se desprendem da planta e caem.

Partenocarpia

À medida que a semente se desenvolve, ocorre a produção de auxina, a qual estimula o desenvolvimento do fruto. Com esse conhecimento, o ser humano produz frutos sem sementes por meio da aplicação de auxina no carpelo de flores não polinizadas (fenômeno de partenocarpia) – por exemplo, laranja-da-baía, uva e tomate.

CITOCININA

Substância produzida na região do ápice da raiz e transportada por meio do xilema a todas as partes da planta. Esse hormônio estimula mitose no local de ação, aumentando assim o número de células. Dessa forma, o desenvolvimento é influenciado pelas citocininas, que estimulam mitoses, e pelas auxinas, que induzem o alongamento das novas células.

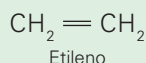
GIBERELINA

A descoberta dessa substância ocorreu na década de 1920 no Japão. Agricultores japoneses notaram que alguns pés de arroz apresentavam crescimento exagerado, quebrando-se facilmente. O botânico Kurosawa estudou esse fenômeno, o qual representava grande importância econômica, e descobriu que as plantas anormais apresentavam um fungo denominado *Gibberella fujikuroi*.

Kurosawa demonstrou que o fungo produzía uma substância **indutora de crescimento**, que recebeu o nome de **giberelina**. Esse hormônio promove o crescimento normal de plantas anãs (reversão de nanismo genético), induz a quebra da dormência de determinadas sementes, induz a partenocarpia e estimula a germinação das sementes. A síntese de giberelina ocorre em três locais: frutos, sementes em desenvolvimento e raízes.

ETILENO

Hormônio gasoso produzido por **todas as partes das plantas**. É também um gás liberado como resíduo em combustões, como na queima de madeira, gasolina e álcool.



A principal ação do etileno é promover **senescência**, ou seja, amadurecimento seguido de envelhecimento de folhas e frutos. Quando isso ocorre, folhas e frutos passam a produzir menos auxina, reduzindo a concentração desse hormônio na planta e, desse modo, a ação do etileno promove a abscisão de folhas e flores.

O efeito do etileno no **amadurecimento dos frutos** pode ser demonstrado de maneira simples. O mamão, por exemplo, amadurece mais rapidamente quando tem sua superfície cortada superficialmente e é embrulhado em papel ou jornal. Isso acontece porque a região cortada libera etileno, que é retido no local por conta do papel, acelerando o processo de amadurecimento.

ÁCIDO ABCÍSCICO

Também conhecido como **ABA**, é um hormônio que inibe o crescimento das plantas, induzindo a **dormência de sementes e gemas**. Esse efeito é bastante importante, uma vez que possibilita que as plantas respondam adequadamente a condições ambientais adversas, como restrição hídrica e baixas temperaturas. Também induz o fechamento dos estômatos em condições de estresse hídrico.

MOVIMENTOS DAS PLANTAS

Nas plantas, os movimentos são respostas à ação dos hormônios e/ou a fatores ambientais, como estímulos químicos, luminosidade ou choques mecânicos.

FOTOTROPISMO E GEOTROPISMO

Tropismo é o movimento orientado em relação a uma fonte de estímulo. Pode ser **positivo**, quando ocorre em direção à fonte, ou **negativo**, em direção oposta à fonte. Nas plantas, o tropismo está relacionado com o estímulo externo e a ação das auxinas.

Fototropismo é o nome dado ao fenômeno de **crescimento do caule em direção à luz**. Quando um caule recebe luminosidade em apenas um dos lados, na face iluminada ocorre a inativação de parte do AIA presente,

o que inibe o crescimento das células nessa região. Assim, o lado sombreado cresce mais, promovendo a curvatura do caule em direção à luz.

Plantas que crescem em ambiente escuro ou sombreado curvam-se em direção à fonte de luz. Uma planta que cresce em um ambiente escuro – por exemplo, dentro de uma caixa com uma abertura lateral –, quando atingir um tamanho a ponto de sair da caixa escura e atingir a claridade plena, retornará ao crescimento vertical.

Posicionando horizontalmente uma planta jovem em fase de crescimento, verifica-se que, pela ação da gravidade, a concentração de auxina aumenta do lado próximo ao solo, tanto no caule como na raiz. Nos **caules**, esse aumento da concentração de auxina estimula o crescimento das células desse lado, determinando a curvatura para cima (**geotropismo negativo**). Nas **raízes**, o desenvolvimento é inibido, determinando a curvatura para baixo (**geotropismo positivo**).

Colocando a planta em posição horizontal, adaptada a um disco giratório, a auxina se distribui uniformemente pelo caule e pela raiz, não havendo **manifestação** do geotropismo nem do fototropismo. Isso demonstra que o crescimento desigual ocorre em virtude da concentração da auxina em apenas um dos lados e em razão da diferença de sensibilidade do caule e da raiz à auxina.

NASTISMO

Movimentos que não são orientados em relação à fonte do estímulo são denominados nastismo. Dependem da simetria interna do órgão, que deve ter disposição dorsiventral, como folhas de plantas.

Fotonastismo é o movimento que ocorre quando uma flor está desabrochando e representa o movimento de curvatura das pétalas em direção à base da corola. O movimento não é orientado pela direção da luz, acontecendo, então, sempre para a mesma posição.

Existem flores que se abrem na presença de luz, fechando-se à noite, como a onze-horas. Há também aquelas que se fecham na presença de luz, abrindo-se durante a noite, como a dama-da-noite e algumas espécies de orquídeas.

A abertura e o fechamento das flores das plantas em resposta à presença ou à ausência de luz também estão correlacionados com a atividade de seus agentes polinizadores. Plantas cujas flores se abrem durante a noite possuem polinizadores ativos durante esse período; a mesma coisa acontece com as flores que se abrem durante o dia e seus polinizadores.

Tigmonastismo é o movimento que ocorre em **plantas carnívoras**. Quando um inseto entra em contato com esse tipo de planta, tocando suas folhas com tricomas altamente especializados, as folhas se fecham. Em seguida, ocorre a liberação de secreções digestivas, digerindo suas presas.

Sismonastia é o movimento de fechamento realizado pelos folíolos das folhas de plantas sensitivas, também conhecidas como dormideiras ou mimosas. Nesse processo, os folíolos se fecham quando rece-

bem estímulo mecânico, que pode ser provocado por simples toque ou pela ação do vento. Ele é explicado pela diferença de turgescência das células parenquimáticas da base do pecíolo, que formam pequenos órgãos denominados pulvinos.

TACTISMO

Movimento que ocorre em vegetais e animais caracterizado pelo deslocamento positivo ou negativo de estruturas vegetais em resposta a estímulos externos.

- **Fototactismo:** movimento dos cloroplastos de acordo com a intensidade luminosa – inclui-se, nesse caso, deslocamento de determinadas algas em direção à fonte luminosa, como ocorre com espécies do gênero *Euglena*.
- **Aerotactismo:** movimento estimulado pelo oxigênio do ar atmosférico, por exemplo, o deslocamento de bactérias aeróbias em direção à fonte de oxigênio, concentrando-se nesses locais.
- **Quimiotactismo:** movimento de gametas masculinos (anterozoides) em direção ao gameta feminino (oosfera), atraídos por substâncias químicas liberadas pela oosfera.

LUZ E DESENVOLVIMENTO VEGETAL

Animais e plantas reagem à variação na duração do dia. Muitas espécies têm fenômenos do ciclo de vida regulados pelo fotoperíodo.

FOTOCROMO

Pigmento envolvido nas respostas ao fotoblastismo (germinação de sementes) e ao florescimento. O pigmento é uma proteína de cor azul que é encontrada sob duas formas: **Fv**, considerada fisiologicamente **inativa**, com pico de absorção de luz na faixa do vermelho; **Fve**, considerada a forma **ativa** do fitocromo, cujo pico de absorção está na faixa do vermelho extremo (em torno de 730 nm).

A transformação de Fv em Fve (forma ativa) ocorre na presença de luz durante o dia, ou apenas na presença de luz vermelha (comprimento de onda em torno de 660 nm). Já a forma Fve transforma-se na forma Fv quando absorve luz na faixa do vermelho extremo (comprimento de onda em torno de 730 nm). Atualmente, sabe-se que essa transformação também ocorre durante a noite de forma bastante lenta.

Assim, ao final de 24 horas, o período escuro é mais importante que o claro, pois é o que vai determinar a quantidade de Fve.

FOTOPERIODISMO

Controle exercido pelo período luminoso durante a duração do dia (razão entre claro e escuro) sobre certos fenômenos fisiológicos da planta, como germinação de sementes, queda das folhas e floração.

FLORAÇÃO E FOTOPERÍODO

Na região do Equador, a duração do dia e da noite é igual, isto é, são 12 horas de dia e 12 horas de noite. À medida que se desloca para os polos, a duração do período claro e escuro dos dias muda conforme as estações do ano. No verão, os dias são mais longos e as noites, mais curtas, enquanto no inverno é o inverso.

Uma planta, dependendo da região em que se encontra, pode florescer ou não na mesma época. As plantas respondem a variações no comprimento dos dias por meio dos **fitocromos** – cromoproteína de cor azul.

Quando a planta recebe estímulo fotoperiódico adequado, a forma ativa do fitocromo, presente nas folhas, estimula a produção do **hormônio florígeno**, que leva as gemas do caule à floração.

De acordo com a necessidade ou não do estímulo fotoperiódico para florescer, as plantas são divididas em três grupos.

- **Plantas de dias curtos (PDC)** florescem quando recebem, durante determinado período, luz inferior ao seu fotoperíodo crítico. No início da primavera ou do outono, essas plantas ficam repletas de flores – por exemplo, crisântemo, bico-de-papagaio, morango, prímula.
- **Plantas de dias longos (PDL)** florescem quando recebem, durante determinado período, luz superior ao seu fotoperíodo crítico. Formam flores principalmente no verão. A duração do fotoperíodo é definida experimentalmente e varia de uma espécie para outra – por exemplo, espinafre, alguns tipos de batata, certas variedades de trigo, alface, aveia, cravo, ervilha.
- **Plantas indiferentes ou neutras** não dependem do estímulo fotoperiódico para florescer – tomate, feijão, milho (depende da temperatura para florescer).

Plantas com diferentes fotoperíodos, PDC e PDL, podem florescer na mesma época do ano, dependendo do fotoperíodo crítico de cada uma delas e do comprimento do dia (razão entre o período claro e escuro). Imagine uma PDC com fotoperíodo crítico de 13 horas e uma PDL com fotoperíodo crítico de 11 horas. Se ambas as plantas receberem, durante certo tempo (10 a 15 dias), 12 horas de luz, as duas plantas florescerão, uma vez que a primeira planta recebe menos luz que seu fotoperíodo crítico (13 horas), e a PDL recebe mais luz que seu fotoperíodo crítico (11 horas).

FENÔMENO DA QUEBRA DA NOITE

Posteriormente foi descoberto que, na verdade, é a duração da noite (período escuro), e não do dia (período claro), que determina a floração. Isso pode ser demonstrado experimentalmente por meio da chamada “quebra da noite”. Imagine uma planta em uma casa de vegetação (estufa) recebendo estímulo luminoso adequado. Caso esse estímulo seja interrompido apagando-se a luz durante um minuto, por exemplo, o fenômeno da floração não será alterado. No entanto,

se o período escuro for interrompido por um *flash* de luz, por exemplo, a floração não ocorrerá nas plantas de dias curtos, enquanto nas plantas de dias longos as flores serão produzidas normalmente.

A explicação para esse resultado é a seguinte: quando o período claro é interrompido, a transformação de Fv em Fve não é alterada, pois quando o estímulo luminoso é restabelecido a transformação do Fv em Fve é rápida. Porém, quando o período escuro é interrompido com um *flash* de luz, ocorre a rápida transformação de Fv em Fve. Logo, o período escuro não será suficiente para converter o Fve em Fv, uma vez que esse processo é muito lento.

Assim, ao final do período escuro determinado, a quantidade de Fve será maior que o necessário, de modo que as plantas de dias curtos não vão florescer. Como as plantas de dias longos geralmente necessitam de maior quantidade de Fve, elas podem florescer.

Quando as folhas são expostas ao fotoperíodo adequado, enviam à gema do caule o florigeno, que estimula a produção de flores.

FOTOBLASTISMO

Trata-se do efeito da luz sobre a germinação das sementes. Também está relacionado ao fitocromo. Há três tipos de semente quanto à necessidade ou não de luz para germinarem:

- **fotoblástica positiva:** germina apenas quando estimulada pela luz – por exemplo, sementes de alface, estêvia e bétula;
- **fotoblástica negativa:** tem germinação inibida pela luz – como sementes de melancia, mamona;
- **não fotoblásticas ou indiferentes:** germinam tanto na presença quanto na ausência de luz – como a maioria das plantas.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

FISIOLOGIA VEGETAL

Condução de seivas

Seiva bruta

Xilema

Água e sais minerais

Raízes → folhas

Teoria de Dixon

Adesão-coesão

Capilaridade

Pressão da raiz

Trajetos

Via simplasto

Via apoplasto

Passagem pelo interior das células

Passagem pelos espaços intercelulares

Seiva elaborada

Floema

Açúcares e água

Folhas → raízes

Transpiração

Pressão de "sucção da copa"

Demonstração

Anel de Malpighi

Transpiração

Cerca de 10% de perda de água

Cuticular

Cerca de 90% de perda de água

Estomática

Trocas gasosas
Transpiração

Estômatos

Água disponível

Luminosidade

Concentração de CO₂

Controle/
regulação

Estômatos na face inferior das folhas

Espinhos

Metabolismo C4/CAM

Cutícula espessa

Tricomas claros

Parênquima aquífero

Adaptações a ambientes secos

ROTEIRO DE AULA

FISIOLOGIA VEGETAL

Hormônios

Etileno

Abscisão foliar

Estimula desenvolvimento do fruto

Ácido abscísico (ABA)

Inibe germinação da semente e desenvolvimento do fruto

Citocinina

Estimula divisão celular e desenvolvimento das gemas laterais

Giberelina

Produzida na raiz e brotos de folhas

Desenvolvimento do fruto e germinação da semente

Auxina (AIA)

Produzida na gema apical

Desenvolvimento do fruto

Inibe gemas laterais

Tactismos

Fototactismo

Quimiotactismo

Aerotactismo

Movimentos das plantas

Nastismos

Fototactismo

Tigmonastismo

Sismonastismo

Luz e desenvolvimento

Fotoperiodismo

Plantas de dias longos
Plantas de dias curtos
Plantas indiferentes

Fotoblastismo

(+) Luz estimula germinação
(-) Luz inibe germinação
Indiferentes (não fotoblásticas)

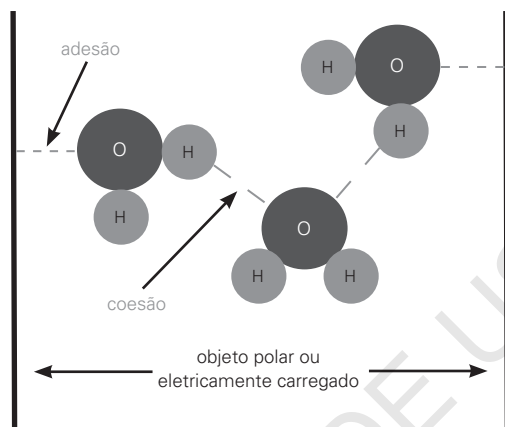
EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UECE – A zona pilífera da raiz apresenta células epidérmicas com projeções citoplasmáticas denominadas de absorventes, cuja principal função é absorver água e sais minerais indispensáveis à sobrevivência das plantas. A absorção de água pelas raízes dos vegetais acontece normalmente quando

- a) os níveis de sais no interior das células são menores do que a quantidade de sais do solo.
- b)** a concentração de sais no interior da raiz é superior à concentração de sais do solo.
- c) células epidérmicas e solo apresentam a mesma concentração de sais.
- d) existe maior quantidade de água nas células do que no solo.

A absorção de água pelas raízes dos vegetais acontece normalmente quando a concentração de sais no interior da raiz é maior (hipertônica) que a concentração de sais no solo.

2. UNESP – A figura mostra duas propriedades da molécula de água, fundamentadas na polaridade da molécula e na ocorrência de pontes de hidrogênio.

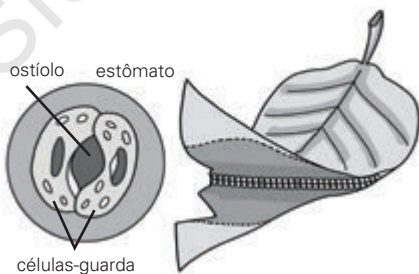


Essas duas propriedades da molécula de água são essenciais para o fluxo de

- a)** seiva bruta no interior dos vasos xilemáticos em plantas.
- b) sangue nos vasos do sistema circulatório fechado em animais.
- c) água no interior do intestino delgado de animais.
- d) urina no interior da uretra durante a micção dos animais.
- e)** seiva elaborada no interior dos vasos floemáticos em plantas.

A adesão das moléculas de água às paredes dos vasos xilemáticos e a coesão entre as moléculas de água são propriedades fundamentais para o fluxo da seiva bruta no xilema.

3. Faculdade Santa Marcelina-SP – A imagem ilustra células especiais presentes nas folhas dos vegetais.



- a) Cite as trocas gasosas que ocorrem por meio do ostíolo quando se encontra aberto durante certos períodos do dia.

Através da abertura dos ostíolos (ou fenda estomática), os estômatos, localizados principalmente nas folhas, regulam as trocas gasosas (liberação de O_2 e absorção de CO_2 da atmosfera) e a transpiração (perda de água na forma de vapor) das plantas.

- b) Explique o motivo pelo qual as plantas aquáticas podem ficar com os ostíolos abertos o dia inteiro, enquanto as plantas terrestres podem fechá-los em períodos mais quentes do dia.

As plantas aquáticas não estão submetidas a condições de restrição hídrica, de modo que não necessitam evitar a perda de água decorrente da transpiração fechando seus estômatos, podendo mantê-los abertos durante todo o dia. Já as plantas terrestres têm disponibilidade de água limitada, dessa forma, precisam evitar a perda de água decorrente da transpiração fechando seus estômatos quando as condições ambientais são desfavoráveis (por exemplo, nas horas do dia em que as temperaturas estão mais altas).

4. UERN (adaptada) – Pode-se observar na figura abaixo o aprisionamento de um inseto pelas folhas articuladas da espécie de planta carnívora do gênero *Dionaea*.



Esse movimento das folhas, em resposta ao toque feito pelo animal, é um exemplo de que tipo de movimento?

Nastismos são movimentos que não são orientados em relação à fonte

do estímulo. O fechamento das folhas da planta carnívora *Dionaea* é

um movimento desse tipo, mais especificamente um tignonastismo.

Quando um inseto toca nos tricomas presentes na folha da planta, as

folhas se fecham, aprisionando-o.

5. Fatec-SP

C8-H28

Na caatinga brasileira, plantas como os mulungus (*Erythrina* spp.) são classificadas como caducifólias porque apresentam a perda sazonal das folhas.

O hormônio e a adaptação diretamente relacionados a esse mecanismo fisiológico são, respectivamente:

- a) ácido abscísico e aumento da transpiração.
- b) auxina e diminuição da fotossíntese.
- c) citocinina e aumento da transpiração.
- d) etileno e diminuição da transpiração.**
- e) giberelina e aumento da fotossíntese.

A queda das folhas das plantas da caatinga está relacionada à ação do hormônio etileno. Com a queda das folhas, as plantas reduzem a perda de água por meio da transpiração – uma adaptação das plantas

em relação à longa estação quente e seca às quais estão submetidas nesse bioma.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

6. UFRGS-RS (adaptada) – Quais hormônios vegetais estão associados às funções descritas abaixo?

- I. Promove a quebra da dormência da semente.
- II. Regula a queda das folhas no outono.
- III. Inibe o crescimento das gemas laterais.

A giberelina promove a quebra da dormência da semente (I); o etileno

é responsável pela abscisão foliar (II); e a auxina inibe o crescimento

das gemas laterais, fenômeno conhecido como dominância apical (III).

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEPG-PR – A folha é uma estrutura laminar adaptada à captação de luz. Sua forma e a disposição interna dos tecidos refletem adaptações a diferentes tipos de ambiente. Sobre o assunto, assinale o que for correto.

- 01)** A epiderme foliar é quase sempre formada por uma única camada de células, contudo em regiões áridas, as folhas podem apresentar a epiderme com muitas camadas celulares e conter mais estômatos. São as plantas xerófitas.
- 02)** As células da epiderme secretam cutina, formando uma película praticamente impermeável, a cutícula. As trocas gasosas ocorrem por meio dos estômatos, presentes principalmente na face inferior da folha.
- 04)** Os hidatódios estão localizados nas bordas de algumas folhas e são especializados em eliminar o excesso de água da planta.
- 08)** Os tricomas são estruturas presentes na parte superior da folha, responsáveis pela captura e distribuição da luz para os cloroplastos, viabilizando o processo de fotossíntese.
- 16)** A região interna da folha, ou mesófilo, é constituída de células ricas em cloroplastos e grandes espaços por onde circula o ar atmosférico, permitindo assim a troca de gases com o ambiente.

8. UNESP – Considere o seguinte experimento:

Um experimento simples consiste em mergulhar a extremidade cortada de um ramo de planta de flores com pétalas brancas em uma solução colorida. Após algum tempo, as pétalas dessas flores ficarão coloridas.

Fonte: Sergio Linhares e Fernando Gewandzsnajder. *Biologia hoje*, 2011.

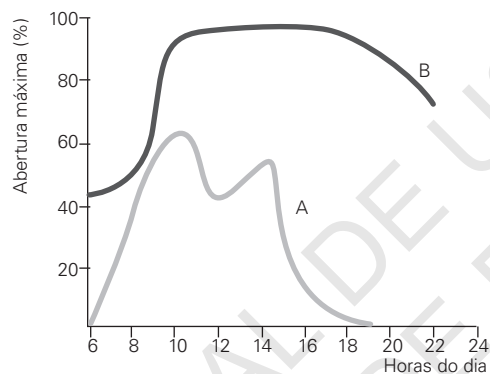
Considere os mecanismos de condução de seiva bruta e seiva elaborada nos vegetais. Nesse experimento, o processo que resultou na mudança da cor das pétalas é análogo à condução de

- a) seiva elaborada, sendo que a evapotranspiração na parte aérea da planta criou uma pressão hidrostática positiva no interior do floema, forçando a elevação da coluna de água com corante até as pétalas das flores.
- b) seiva bruta, sendo que, por transporte ativo, as células da extremidade inferior do xilema absorveram pigmentos do corante, o que aumentou a pressão osmótica nas células dessa região, forçando a passagem de água com corante pelo xilema até as células das pétalas das flores.
- c) seiva elaborada, sendo que, por transporte ativo, as células adjacentes ao floema absorveram a sacarose produzida nas pétalas da flor, o que aumentou a pressão osmótica nessas células, permitindo que, por osmose, absorvessem água com corante do floema.
- d) seiva bruta, sendo que a evapotranspiração na parte aérea da planta criou uma pressão hidrostática negativa no interior do xilema, forçando a elevação da coluna de água com corante até as pétalas das flores.
- e) seiva elaborada, sendo que a solução colorida era hipotônica em relação à osmolaridade da seiva elaborada e, por osmose, a água passou da solução para o interior do floema, forçando a elevação da coluna de água com corante até as pétalas das flores.

9. UEM-PR (adaptada) – Sobre o funcionamento do corpo vegetal, identifique a(s) alternativa(s) incorreta(s).

- 01)** Nas plantas de grande porte, a seiva bruta é transportada pelos vasos lenhosos desde a raiz até as folhas por capilaridade.
- 02)** A transpiração cuticular é o principal mecanismo de eliminação de água pela planta.
- 04)** No processo de fotossíntese são produzidos glicídios que são distribuídos por todo o corpo vegetal por meio do floema.
- 08)** As células das raízes mantêm o citoplasma com alta concentração de íons, isto é, permanecem osmoticamente ativas por meio do transporte ativo de íons do solo para dentro das células.
- 16)** Vasos lenhosos são extremamente delgados e têm diâmetro microscópico, o que possibilita a capilaridade.

10. UERJ (adaptada) – Os estômatos são estruturas encontradas na maioria dos órgãos aéreos dos vegetais. Situados na epiderme, são formados por duas células-guarda que controlam a abertura de um orifício, o ostíolo. Eles desempenham papel fundamental na fotossíntese, pois permitem as trocas gasosas no vegetal. A abertura dos estômatos de duas espécies vegetais, A e B, foi monitorada em duas condições: uma das espécies foi mantida em ambiente quente e seco; a outra em ambiente quente e úmido. Observe, no gráfico, a porcentagem máxima de abertura dos estômatos verificada ao longo de um dia:



Adaptado de HELLER et al. *Physiologie végétale, I. Nutrition*. Paris: Dunod, 20014.

Identifique a espécie mantida em ambiente quente e úmido. Justifique sua resposta.

11. Unisc-RS – Em relação ao fitormônio auxina, pode-se afirmar que

- a)** inibe o crescimento da planta e causa a dormência de sementes, impedindo sua germinação prematura.

- b)** é abundante onde há muita proliferação de células, como sementes em germinação, frutos e folhas em desenvolvimento e pontas de raízes.
- c)** é produzida pelo meristema apical do caule e responsável pela dominância apical.
- d)** é uma substância gasosa produzida em diversas partes da planta e capaz de induzir o amadurecimento dos frutos.
- e)** estimula o alongamento do caule e a germinação de sementes.

12. UECE – No Brasil, país de clima tropical, as frutas se deterioram com muita facilidade. Na distribuição desses alimentos pelo país, os carros frigoríficos são essenciais para que os frutos não amadureçam durante o transporte a longas distâncias, porque baixas temperaturas garantem a

- a)** aceleração da respiração.
- b)** inibição da síntese do gás etileno.
- c)** interrupção do processo fotossintético.
- d)** inibição da decomposição de clorofila.

13. UEMA – Sabendo-se que os movimentos dos vegetais respondem à ação de hormônios, de fatores ambientais, de substâncias químicas e de choques mecânicos, observe as informações abaixo sobre esses movimentos relacionando-os às plantas 1 e 2.



Planta 1

Planta 2

Fonte: SANTOS, F. S. dos; AGUILAR, J. B. V.; OLIVEIRA, M. M. A. de. *Ser protagonista*, Biologia Ensino Médio, 2º ano. São Paulo: Edições SM, 2010. (adaptado)

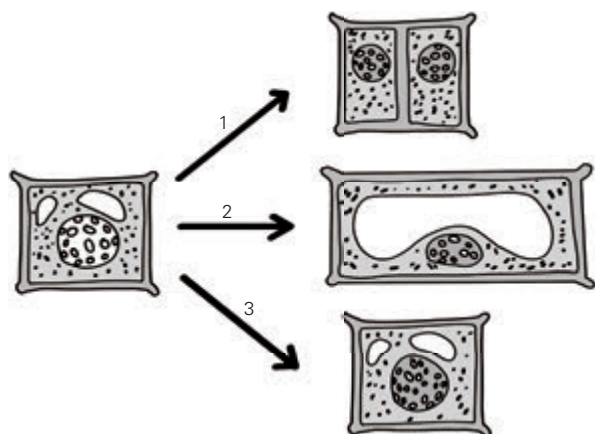
Movimentos dos vegetais

- Tigmotropismo é o encurvamento do órgão vegetal em resposta ao estímulo mecânico.
- Gravitropismo é também chamado de geotropismo por muitos. O fator que estimula o crescimento do vegetal é a força da gravidade da terra, podendo ser negativo e positivo.
- Hidrotropismo é o movimento orientado para a água, enquanto o quimiotropismo é o movimento orientado para determinadas substâncias.
- Fototropismo é a resposta do vegetal quando o estímulo é a luz. Os caules tendem a crescer em direção à luz, assim apresentando fototropismo positivo.

Os movimentos que ocorrem nas plantas 1 e 2 são, respectivamente:

- a)** hidrotropismo e fototropismo.
- b)** fototropismo e hidrotropismo.
- c)** fototropismo e geotropismo.
- d)** tigmotropismo e gravitropismo.
- e)** geotropismo e hidrotropismo.

14. Famerp-SP – A figura ilustra três respostas das células de uma angiosperma em relação a diferentes hormônios vegetais.



a) Qual seta indica a ação correta das auxinas? Justifique sua escolha.

b) Que efeito é esperado em uma planta após a retirada dos ramos que contêm as gemas apicais? Justifique sua resposta.

15. Fuvest-SP – A prática conhecida como Anel de Malpighi consiste na retirada de um anel contendo alguns tecidos do caule ou dos ramos de uma angiosperma. Essa prática leva à morte da planta nas seguintes condições:

Tipo(s) de planta	Partes retiradas no anel	Órgão do qual o anel foi retirado
a) Eudicotiledônea	Periderme, parênquima e floema	Caule
b) Eudicotiledônea	Epiderme, parênquima e xilema	Ramo
c) Monocotiledônea	Epiderme e parênquima	Caule ou ramo
d) Eudicotiledônea Monocotiledônea	Periderme, parênquima e floema	Caule ou ramo
e) Eudicotiledônea Monocotiledônea	Periderme, parênquima e xilema	Caule

16. UNESP (adaptada) – Analise as imagens de uma mesma planta sob as mesmas condições de luminosidade e sob condições hídricas distintas.



Os estômatos desta planta estão

- abertos na condição 1, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células-guarda para as células acessórias, resultando na perda de água e flacidez destas últimas.
- fechados na condição 2, pois há redução na troca de íons K^+ entre as células acessórias e as células-guarda, mantendo a turgidez de ambas.
- abertos na condição 2, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células-guarda para as células acessórias, resultando na perda de água e flacidez destas últimas.
- fechados na condição 1, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células acessórias para o interior das células-guarda, resultando na perda de água e flacidez destas últimas.
- abertos na condição 2, pois há intenso bombeamento de íons K^+ das células acessórias para o interior das células-guarda, resultando na turgidez destas últimas.

17. UERJ – O padrão de movimentação das plantas é influenciado por diferentes estímulos, de natureza química ou física. Considere as plantas como a dama-da-noite, que abrem suas flores apenas no período noturno.

a) Identifique o tipo de movimento vegetal que promove a abertura noturna das flores da dama-da-noite e indique o estímulo responsável por esse movimento.

b) Em relação às flores que se abrem à noite, apresente duas características morfológicas típicas responsáveis pela atração de polinizadores noturnos.

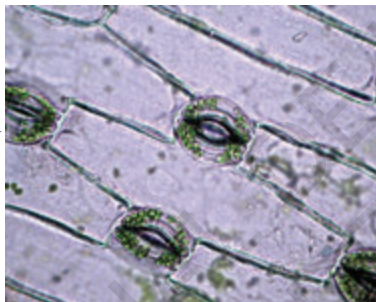
ESTUDO PARA O ENEM

18. Famerp-SP

C8-H28

Analise a ampliação de uma imagem em escala microscópica.

DIMARIONSHUTTERSTOCK

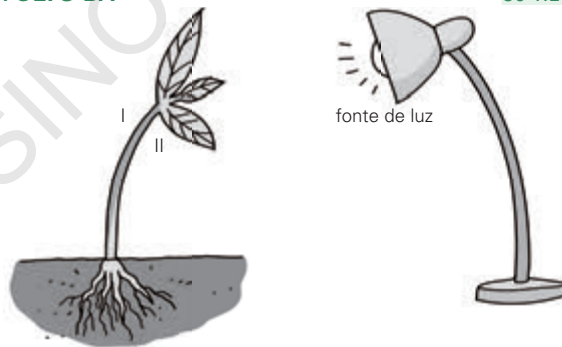


Observa-se na imagem parte do tecido proveniente de uma árvore do grupo angiosperma contendo duas estruturas em evidência. Em uma árvore adulta, tais estruturas são encontradas

- a)** principalmente nas folhas, e sua função é realizar a transpiração.
- b)** principalmente no caule, e sua função é reter a água.
- c)** principalmente na raiz e no caule, e sua função é secretar hormônios.
- d)** na região pilífera da raiz, e sua função é realizar a absorção de água e sais.
- e)** em toda a árvore, e sua função é realizar as trocas gasosas.

19. UEFS-BA

C8-H28



Na figura ilustrada, observa-se o fototropismo do caule, e o seu desenvolvimento depende da concentração de AIA em regiões específicas do vegetal.

Em relação à concentração de AIA para o crescimento desse vegetal, é correto afirmar que:

- a)** a concentração de AIA é distribuída de maneira uniforme na região apical do caule.
- b)** a concentração do AIA é maior no lado I.
- c)** a região II foi a que mais cresceu.
- d)** na raiz, a distribuição na concentração de AIA é a mesma observada no caule.
- e)** o AIA é sintetizado por todo o vegetal e não apresenta dominância apical.

20. UNESP**C8-H28**

Uma gimnosperma conhecida como cedrinho (*Cupressus lusitanica*) é uma opção de cerca viva para quem deseja delimitar o espaço de uma propriedade. Para isso, mudas dessa espécie são plantadas a intervalos regulares. Podas periódicas garantem que o espaço entre as mudas seja preenchido, resultando em uma cerca.



Para se obter uma cerca viva de altura controlada, que crie uma barreira física e visual, deve-se

- a) estimular a produção de auxinas pelas gemas laterais das plantas, podando periodicamente a gema apical.
- b) estimular a produção de auxinas pela gema apical das plantas, podando periodicamente as gemas laterais.
- c) inibir a produção de auxinas pela gema apical e pelas gemas laterais das plantas, podando periodicamente as gemas laterais e a gema apical.
- d) inibir a produção de auxinas pela gema apical das plantas, podando periodicamente as gemas laterais.
- e) inibir a produção de auxinas pelas gemas laterais das plantas, podando periodicamente a gema apical.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



JOVANMANDIC / ISTOCK

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO BOSCO

BIOLOGIA 3

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

1

HISTOLOGIA: TECIDO EPITELIAL E CONECTIVOS

- Histologia
- Tecidos epiteliais
- Classificação dos tecidos epiteliais
- Tecidos conectivos

HABILIDADES

- Assimilar a origem embrionária dos tecidos epiteliais.
- Identificar características e funções dos tecidos epiteliais, bem como diferentes tipos de epitélio existentes.
- Compreender a porção epitelial da pele e suas estruturas.
 - Conhecer as características gerais dos tecidos conectivos, diferenciando-os do tecido epitelial.
 - Reconhecer o tecido conectivo propriamente dito.

A pele é o maior órgão do ser humano e apresenta duas porções: uma formada pelo tecido epitelial estratificado – a **epiderme** – e outra pelo tecido conectivo do tipo denso – a **derme**.

A epiderme apresenta intensa atividade de divisão mitótica e é responsável pela constante renovação celular da pele. Em suas camadas mais profundas estão os melanócitos, estruturas encarregadas da produção de melanina, substância responsável pela tonalidade da pele.

Quando tomamos sol, os raios solares (UVA e UVB) estimulam a atividade dos melanócitos, resultando no bronzeamento da pele.

A pele é revestida por um tipo de tecido denominado epitelial, que é constituído por células firmemente unidas umas às outras. Além da pele, o epitélio reveste também as cavidades internas. O tecido epitelial é atravessado por tudo que entra ou deixa o corpo.

Histologia

A histologia é a área da Biologia que estuda os tecidos que compõem os organismos. Diferentes tipos de tecidos se associam, constituindo órgãos; diferentes órgãos se associam, constituindo sistemas; e os diversos sistemas compõem um organismo.

Além das células, os tecidos são formados também pelo material produzido por elas, denominado **matriz extracelular**, e pelo **líquido intersticial** (liberado pelos vasos sanguíneos com a função de transporte de gases, alimentos e resíduos). Os principais tecidos animais são: **epitelial** (revestimento e secreção glandular); **conectivo** (preenchimento, apoio, sustentação, reserva energética e proteção); **muscular** (movimentação); e **nervoso** (transmissão dos impulsos nervosos).

TECIDO EPITELIAL

O tecido epitelial, também chamado de epitélio (do grego *epi*, “acima”, “sobre”; *thelé*, “tecido que cresce”), apresenta as funções de:

- **Revestimento** externo e interno do organismo e proteção de órgãos e cavidades;
- **Absorção** (epitélio absorptivo do intestino);
- **Secreção** (tecido epitelial de secreção);
- **Sensorial** (percepção de estímulos sensoriais do neuroepitélio);
- **Germinativa** (epitélio das glândulas).

Características gerais

O tecido epitelial é avascular; portanto, depende dos vasos sanguíneos dos tecidos subjacentes para o transporte de nutrientes e substâncias unindo-se a eles por meio de uma estrutura chamada **lâmina basal**.

As partes que compõem o epitélio são a **matriz extracelular**, o **líquido intersticial** e as **células epiteliais**, cujas principais características são descritas a seguir.

- **Justaposição:** apresentam pouco espaço intercelular, resultando em pouca matriz extracelular e forte adesão entre elas.
- **Citoplasma abundante:** em razão da intensa atividade bioquímica.
- **Células poliédricas:** apresentam várias faces.

- **Polaridade:** em razão da diferença na composição química da membrana plasmática e na posição das organelas.
- **Citoesqueleto desenvolvido.**

Origem

A formação dos tecidos epiteliais ocorre na fase embrionária e apresenta três possíveis origens:

ORIGEM EMBRIONÁRIA	EPITÉLIOS FORMADOS
Ectodérmica	Epiderme, boca, cavidades nasais e ânus, glândulas mamárias, salivares e sebáceas.
Mesodérmica	Revestimento dos vasos sanguíneos (endotélio), do sistema genit urinário (exceto bexiga) e de órgãos internos (pleura, peritônio e pericárdio).
Endodérmica	Revestimento do tubo digestório (exceto boca e ânus); do sistema respiratório; de órgãos como bexiga, fígado e pâncreas; e das glândulas tireóideia e paratireóideia.

Especializações celulares

As especializações celulares dos epitélios ocorrem na superfície do polo apical das células, bem como na porção basolateral. São descritas a seguir.

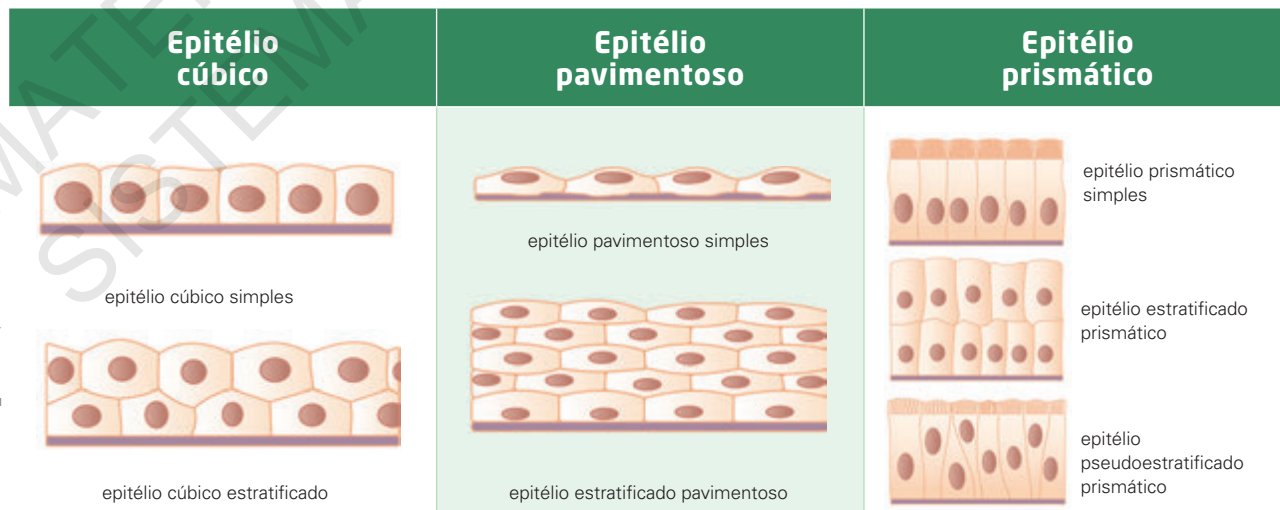
- **Microvilosidades:** evaginações da superfície apical das células, muito presente nas células absorptivas (por exemplo, dos túbulos renais e do intestino delgado).
- **Placas de membrana:** áreas de membrana celular presentes no trato urinário com elevada concentração de esfingolípídios e proteínas que suportam a osmolaridade da urina e aumentam sua superfície luminal.

- **Pregas basolaterais:** invaginações das superfícies laterais e basais que atuam no auxílio ao transporte de líquidos, uma vez que aumentam a superfície para inserção de proteínas transportadoras. São encontradas nas células dos túbulos renais e nos ductos das glândulas salivares.
- **Flagelo:** forma e função semelhantes às do cílio, mas de maior comprimento. Presente nos espermatozoides, apresenta função de mobilidade.
- **Interdigitações:** saliências e reentrâncias da membrana plasmática, atuam aumentando a superfície de contato entre as células.
- **Junções intercelulares:** estruturas que promovem a coesão e a forte resistência à tração do tecido. Podem ser do tipo **junções de oclusão** (impedem a passagem de substâncias entre células vizinhas, com a formação das proteínas claudina e ocludina) ou **junções de adesão**, que, em conjunto com as junções de oclusão, formam um cinturão em torno da célula, aumentando a adesão entre células vizinhas.
- **Desmossomos:** são estruturas abundantes em tecidos sujeitos a estresse mecânico. Atuam com proteínas específicas para formar uma placa citoplasmática com células vizinhas.
- **Hemidesmossomos:** mantêm as células epiteliais aderidas à lâmina basal subjacente. Os filamentos, nesse caso, unem a célula epitelial às proteínas da lâmina basal.
- **Junções comunicantes (junções GAP):** canais hidrofílicos formados pela proteína transmembrana conexina, que promovem a troca de pequenas moléculas e íons.

CLASSIFICAÇÃO

TECIDOS EPITELIAIS DE REVESTIMENTO

Esse tipo de tecido reveste externamente o corpo dos organismos e as cavidades de diversos órgãos, e é classificado de acordo com seu número de camadas acima da lâmina basal e o formato de suas células superficiais.

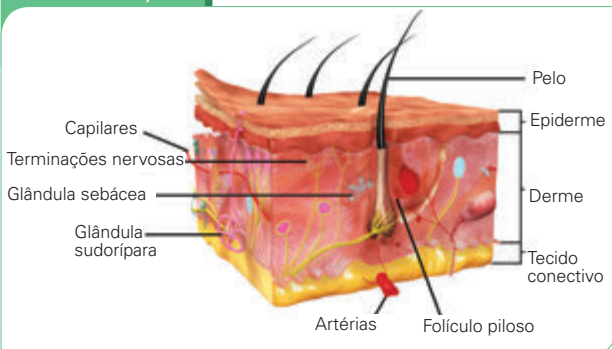


Esquemas dos principais tipos de epitélio de revestimento. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Epiderme

A pele é o maior órgão do corpo humano e é formada pelo **epitélio estratificado pavimentoso**, que reveste o corpo em conjunto com o tecido conectivo, chamado **derme**. A epiderme é a primeira barreira contra a penetração de patógenos e desgaste por atrito no organismo.

Anatomia da pele



Anatomia detalhada da pele com seus principais componentes epiteliais. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A camada mais basal da epiderme chama-se **camada germinativa** e atua na renovação das células superficiais mortas. Os **melanócitos** são estruturas presentes nas camadas mais profundas da epiderme, responsáveis pela produção de **melanina**, componente que confere a tonalidade da pele nos indivíduos.

O acúmulo dessa substância em algumas regiões pontuais da pele pode causar sardas e algumas manchas. Além disso, a morte de células-tronco que originam os melanócitos contribui para o aparecimento dos cabelos brancos.

TECIDO EPITELIAL DE SECREÇÃO

O epitélio de secreção é também chamado de **glandular**, uma vez que é formado por estruturas especializadas na produção e secreção de substâncias, e seus produtos ficam armazenados em estruturas chamadas **vesículas de secreção**.

Quanto à quantidade de células, as glândulas são divididas em dois tipos: **glândulas unicelulares** – como as caliciformes, produtoras de muco presentes nos sistemas respiratórios e secretórios – e **pluricelulares**, formadas por um conjunto de células epiteliais secretoras, que podem ser classificadas, quanto à forma de secreção, em **glândulas exócrinas**, **glândulas endócrinas** e **glândulas mistas**.

GLÂNDULAS EXÓCRINAS

As glândulas exócrinas (do grego *exo*, “para fora”; *krinein*, “secretar”), também chamadas de **glândulas de secreção externa**, apresentam um ducto para a eliminação do produto elaborado para fora do organismo ou para dentro da cavidade de determinados órgãos. Essas glândulas podem ser classificadas conforme diversos parâmetros; entre eles, os descritos a seguir.

a) Formato da porção secretora:

- **Tubulosa**: apresenta forma de tubo.
- **Acinosa**: apresenta forma de cachos de uvas.
- **Tubuloacinosa**: contém porções tubulosas e acinosas.

b) Tipo de ducto:

- **Simples**: o ducto presente é único, não apresenta ramificações.
- **Composto**: o ducto apresenta ramificações.

c) Tipo de secreção produzida:

- **Mucosas**: apresentam secreção espessa rica em mucopolissacarídeos. Exemplo: células caliciformes presentes entre as células epiteliais do intestino produtoras de muco.
- **Serosas**: apresentam secreção fluida, rica em proteínas. Exemplo: células que liberam enzimas digestivas no estômago.
- **Mistas**: secreções mucosas e serosas ocorrem juntas. Exemplo: glândulas salivares.

d) Forma de liberação da secreção:

- **Merócrinas**: eliminam apenas a secreção, não ocorrendo perda citoplasmática (célula mantém-se intacta). Exemplo: glândulas salivares, lacrimais e algumas sudoríparas.
- **Apócrinas**: eliminam parte de seu citoplasma com a secreção. Exemplo: glândulas mamárias.
- **Holócrinas**: acumulam as substâncias em seu citoplasma, desintegrando-se completamente durante a secreção. Exemplo: glândula sebácea da pele.

GLÂNDULAS ENDÓCRINAS

São consideradas endócrinas as glândulas que apresentam ducto excretor para eliminar os hormônios secretados nos capilares sanguíneos adjacentes. As glândulas endócrinas podem ser classificadas conforme sua organização e disposição das células excretoras.

- **Cordonais**: formam cordões celulares retílineos ou irregulares misturados aos vasos sanguíneos. Exemplo: hipófise, adrenal etc.
- **Vesiculares**: formam vesículas (por exemplo, a tireóide).

GLÂNDULAS MISTAS

As glândulas mistas, também chamadas de **mesócrinas**, apresentam unidades exócrinas e endócrinas, como ocorre no pâncreas, que secreta suco pancreático e elimina os hormônios insulina e glucagon.

Tecidos conectivos

O tecido conectivo é um tecido de conexão responsável pelo apoio estrutural ao organismo e pela manutenção do corpo, atuando algumas vezes como uma barreira física que, com células especializadas, faz a defesa contra invasores externos, como vírus e bactérias.

Fornecer apoio aos epitélios, por isso é encontrado sempre abaixo do tecido epitelial.

Uma característica peculiar permite identificar esse tecido dos demais: possui extensa matriz extracelular, com células amplamente espalhadas que secretam e modificam a matriz, que consiste em diferentes combinações de proteínas fibrosas e de substância fundamental.

Características gerais

O tecido conectivo, antes chamado de tecido conjuntivo, tem origem no mesênquima do mesoderma e é formado por células-tronco pluripotentes, denominadas **células mesenquimais**.

Apresenta grande quantidade de **matriz extracelular** (formada pela substância fundamental e por fibras), que é responsável pelo suporte estrutural ao tecido, realizando a regulação da proliferação, diferenciação, migração e morfologia das células.

O tecido conectivo está diretamente relacionado com o processo de cicatrização. As células mesenquimais são capazes de se diferenciar em fibroblastos e miofibroblastos, contribuindo para o reparo do tecido. Produzem também citocinas e fatores de crescimento.

O grande e diverso grupo de tecidos conectivos é dividido em: tecido conectivo propriamente dito e tecido conectivo especial, que compreendem o tecido adiposo, cartilaginoso, ósseo, sanguíneo e hematopoiético.

SUBSTÂNCIA FUNDAMENTAL

É o componente da matriz extracelular que atua no preenchimento dos espaços entre as células e as fibras. Formada por água, sais minerais, mucopolissacarídeos (ácido hialurônico), proteoglicanos e glicoproteínas.

Fibras

As fibras **colágenas** são constituídas principalmente por colágeno, que apresenta resistência à tração e pouca elasticidade. Têm coloração esbranquiçada e são encontradas na derme e nos tendões.

CÉLULAS DO TECIDO CONECTIVO

São chamadas de células **residentes** aquelas que se originam e permanecem no próprio tecido e de **temporárias** aquelas que migram de outros locais para habitar temporariamente o tecido conectivo.

Fibroblastos

É o tipo celular mais comum e importante no tecido conectivo propriamente dito. Tem formato estrelado ou alongado com núcleo eucromático. Por sintetizarem componentes da matriz extracelular, apresentam complexo golgiense e retículo endoplasmático rugoso bem desenvolvido, com intensa atividade de síntese de proteínas. Participam do processo

de cicatrização por sintetizarem e secretarem proteínas (colágeno e elastina), além das glicoproteínas e proteoglicanas que compõem a matriz extracelular. Quando adultos, os fibroblastos transformam-se em **fibrócitos**, perdendo parcialmente a capacidade de síntese de proteínas.

Macrófagos

São formados pelos monócitos (células sanguíneas) e chegam ao tecido conectivo pelo processo chamado **diapedese** (movimentos ameboides atravessam o endotélio dos capilares). Apresentam, retículos endoplasmáticos rugosos e complexo golgiense bem desenvolvidos, bem como grande quantidade de lisossomos.

Sua principal função é a defesa por meio da fagocitose e da digestão de bactérias, restos celulares e substâncias estranhas. Durante a fagocitose, os macrófagos produzem espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, tóxicos aos microrganismos. Atuam também no evento de apresentação de antígenos às células envolvidas na resposta imunitária específica e nos processos de involução fisiológica de algumas estruturas e órgãos (ex.: redução do volume uterino após o parto).

Plasmócitos

São originados dos linfócitos B após contato com o antígeno e produzem anticorpos (imunoglobulinas). Presentes em grande quantidade em locais sujeitos ao contato com bactérias, como no sistema digestório, na pele e nas áreas de inflamação crônica. A principal função dos plasmócitos é a **defesa imunitária**.

Leucócitos

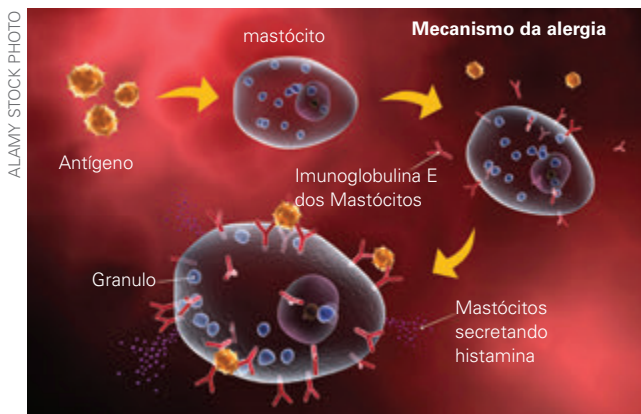
Também conhecidos como **glóbulos brancos** pela ausência de pigmentos, são constituintes temporários do tecido conectivo, vindo do sangue por migração através dos capilares e vênulas pelo processo de diapedese. Combatem os antígenos pelo processo de fagocitose. Podem ser divididos em: neutrófilos, eosinófilos, basófilos e monócitos.

Mastócitos

Apresentam aspecto arredondado com um núcleo central, o citoplasma preenchido por grânulos, pequenos vacúolos que armazenam **heparina** e **histamina** (considerados mediadores químicos de inflamação). A heparina tem efeito anticoagulante e a histamina desencadeia as reações alérgicas.

A superfície dos mastócitos contém receptores específicos para a imunoglobulina E (IgE) produzida nos plasmócitos. A histamina é liberada após o contato de alguns antígenos com os mastócitos, desencadeando uma reação alérgica, também chamada de reação de sensibilidade imediata, que atrai os leucócitos até o local e promove a vasodilatação local.

Os mastócitos também secretam a substância de ação lenta (SRS-A, do inglês *Slow-Reacting Substance of Anaphylaxis*), que tem como efeito promover na musculatura lisa uma contração lenta. Quando acontecem as reações anafiláticas pulmonares, estas geram uma broncoconstrição, também chamada de asma alérgica.



Infográfico representando o mecanismo da alergia. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

TECIDO CONECTIVO PROPRIAMENTE DITO

É chamado de propriamente dito porque sustenta e nutre tecidos que não são vascularizados, como o epitelial. É o típico tecido de ligação, preenchendo e sustentando os tecidos e estruturando os órgãos.

Em sua matriz extracelular, estão imersos três tipos de fibras: colágenas, elásticas e reticulares, que classificam o tecido conectivo em denso ou frouxo, como demonstrado a seguir.

Fibras colágenas

Formadas por colágeno, são resistentes, grossas e de pouca elasticidade quando tensionadas.

Fibras elásticas

Formadas por longos filamentos de elastina em conjunto com glicoproteínas, conferem elasticidade ao tecido conectivo frouxo e estão presentes na derme, dando elasticidade à pele.

Fibras reticulares

São formadas pelo colágeno tipo III, associado a glicoproteínas. Formam ramificações finas e entrelaçadas que unem o tecido conectivo aos tecidos adjacentes e

compõem uma delgada rede em torno de células musculares, epiteliais de muitos órgãos (fígado ou rins) e glândulas endócrinas.

TECIDO CONECTIVO PROPRIAMENTE DITO FROUXO

Apresenta pouca quantidade de matriz extracelular, muitas células (fibroblastos, macrófagos, linfócitos, neutrófilos, eosinófilos) e poucas fibras, conferindo a característica de ser mais flexível e pouco resistente às pressões mecânicas.

Suas principais funções são de sustentação e nutrição dos epitélios e de cicatrização.

TECIDO CONECTIVO PROPRIAMENTE DITO DENSO

Sua densidade é conferida pelo predomínio de fibroblastos e fibras colágenas, que podem se organizar e formar o tecido conectivo denso modelado e não modelado. É menos flexível que o frouxo, mas muito mais resistente às trações.

Tecido conectivo propriamente dito denso não modelado

Também chamado de **tecido conectivo denso fibroso**, é caracterizado pela grande quantidade de fibras, principalmente colágenas, pouca substância fundamental amorfa e predominância de fibroblastos. Suas fibras colágenas ficam entrelaçadas, dispostas em feixes sem orientação fixa.

É encontrado na camada reticular da derme, nas cápsulas que envolvem órgãos como o fígado, rins e testículos e nos envoltórios de cartilagens e ossos.

Tecido conectivo propriamente dito denso modelado

Também chamado de **tecido conectivo denso tendinoso**, é caracterizado pela presença de fibras colágenas grossas e organizadas, distribuídas paralelamente, o que lhe confere grande resistência e pouca elasticidade. É o principal componente de tendões, promovendo ligação entre músculos esqueléticos, ossos e ligamentos, o que permite a união entre um osso e outro, fixando articulações e permitindo pouca flexibilidade.

ROTEIRO DE AULA

Tecido epitelial

Revestimento

Pavimentoso

Cúbico

Prismático

Transição

Simples

Estratificado

Pseudoestratificado

Simples

Composto

Simples

Ramificados

Tubulosa

Acinosa

Tubuloacinosa

Glandular

Endócrino

Exócrino

Vesicular

Cordonal

Liberação

Apócrins

Merócrina

Holócrina

Secreção

Serosa

Mucosa

Mista

Tipo de ducto

Ramificações

Formato dos ductos

Número de células

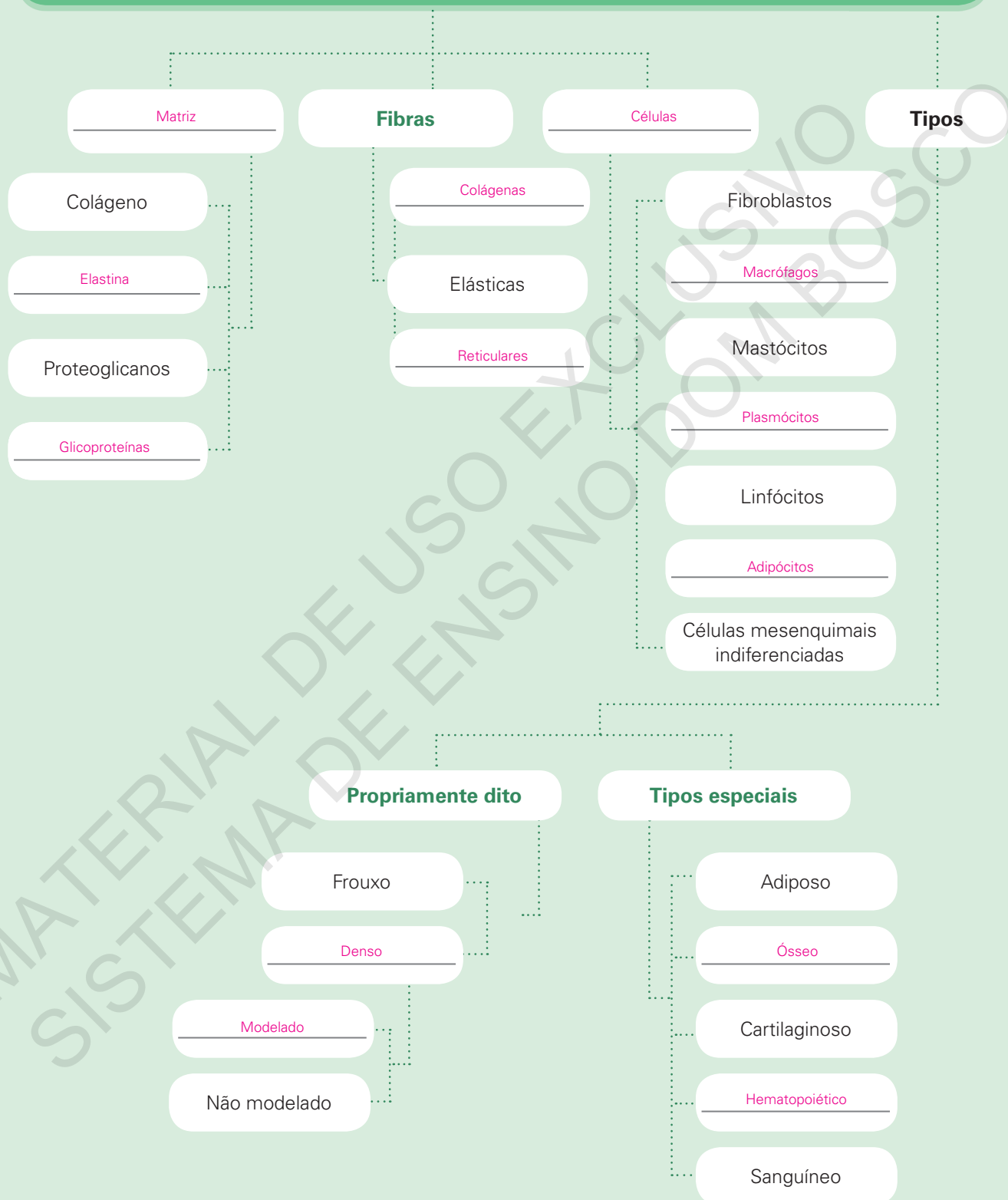
Pluricelular

Unicelular

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

TECIDO CONECTIVO



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. IFPE (adaptada)

C5-H17

Os tecidos são conjuntos de células que atuam de modo integrado no desempenho de determinadas funções. Nos animais há quatro tipos de tecidos: epiteliais, como a epiderme que reveste a pele; conectivos, como o tecido ósseo; musculares, como o tecido cardíaco; e o nervoso, constituinte do cérebro. Os tecidos epiteliais são classificados em epitélios de revestimento e de secreção ou glandulares. Como exemplos de epitélio de revestimento, temos a epiderme, que protege a pele contra agentes físicos, químicos ou biológicos; e o epitélio intestinal, atuante na absorção de nutrientes resultantes da digestão. Como epitélio glandular, citam-se: as glândulas sudoríparas que, ao produzirem suor, evitam o superaquecimento corpóreo, e as glândulas mamárias, indispensáveis na amamentação dos recém-nascidos.

LOPES. S.; ROSSO, S. *Bio*. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. p. 480.

De acordo com o texto, o tecido epitelial está associado a mais de uma função. Dentre essas, é possível constatar as seguintes:

- absorção de nutrientes, sustentação corpórea e condução nervosa.
- contração muscular, condução nervosa e relaxamento muscular.
- revestimento corpóreo, condução de impulsos elétricos e absorção de nutrientes.
- transporte de gases respiratórios, sustentação corpórea e defesa do corpo.
- proteção corpórea, absorção de nutrientes e de substâncias.

Os tecidos epiteliais de revestimento encarregam-se da proteção corpórea (epiderme), absorção de nutrientes (epitélio intestinal) e secreção de substâncias (glândulas endócrinas e exócrinas).

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

2. PUC-PR (adaptada)

Além de apanhar e sair das lutas com muitos hematomas, os atletas que praticam MMA exibem certas particularidades estéticas que, muitas vezes, impressionam quem não está acostumado com o esporte: as orelhas deformadas. De acordo com os especialistas, os traumas contínuos sofridos nas orelhas durante os treinos e nas lutas, em razão do atrito e esmagamento constantes contra o chão, o braço do adversário, entre outros, formam hematomas entre a cartilagem e o pericôndrio, tecido que fica entre a pele e a cartilagem e que é responsável pela nutrição da região. "É comum a pericondrite naquele espaço em função do trauma. A falta de suprimento sanguíneo pode conduzir a uma necrose que resulta em reação fibrosa severa, ou seja, uma 'nova' cartilagem se forma. Assim, esse aspecto se torna inevitável", explica.

Disponível em: <<https://www.terra.com.br/vida-e-estilo/saude/doencas-e-tratamentos/entenda-por-que-as-orelhas-dos-lutadores-ficam-deformadas,7eef6dd57f167310VgnVCM3000009accebo0aRCRD.html>>.

No texto, o termo pericondrite diz respeito a uma inflamação no pericôndrio. Que tecido forma o pericôndrio?

- Tecido conectivo denso
- Tecido cartilaginoso
- Tecido epitelial
- Tecido conectivo frouxo
- Tecido muscular

O pericôndrio é formado por tecido conectivo denso não modelado que envolve as cartilagens, com exceção das cartilagens que revestem as articulações sinoviais.

3. UEMA – Ao longo do tempo, os cientistas têm estudado várias modificações sofridas pela membrana plasmática, tais como microvilosidades e interdigitações que desempenham funções importantes na manutenção da saúde do ser vivo. Conceitue microvilosidades e interdigitações, relacionando-as com a nutrição e a proteção do ser humano.

As microvilosidades são evaginações da membrana plasmática das cé-

lulas epiteliais que revestem o intestino delgado. Elas aumentam a su-

perfície de absorção alimentar. As interdigitações são encaixes entre as

membranas das células epiteliais e funcionam como estruturas de ade-

são celular, evitando a saída de fluidos corpóreos e a entrada de agentes

nocivos pelos espaços entre as células dos epitélios de revestimento.

4. Cefet-MG – A taxa de multiplicação celular está diretamente relacionada com a propensão ao surgimento de problemas no controle da replicação, gerando diferentes tipos de câncer. Dessa forma, o tecido com maior chance de ocorrência dessa doença é o:

- ósseo
- epitelial
- nervoso
- muscular
- sanguíneo

O tecido epitelial apresenta capacidade de multiplicação mitótica elevada, fato que está relacionado com a propensão para o desenvolvimento de diversos tipos de câncer.

5. IFSul-RS – Podemos classificar os tecidos conectivos de acordo com suas funções. Com relação aos diferentes tipos de tecido conectivo, considere as afirmativas:

- O tecido conectivo propriamente dito frouxo é muito flexível, possui poucas fibras de colágeno, e as células características estão imersas na substância fundamental amorfa.
- O tecido conectivo propriamente dito denso possui grande resistência a trações e pode ser de três tipos: modelado, não modelado e fibroso.
- O tecido conectivo denso não modelado compõe os tendões e os ligamentos.
- O tecido conectivo denso fibroso forma a derme e os envoltórios de cartilagens.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- I e IV
- I, II e III
- II e IV
- II, III e IV

As alternativas II e III estão erradas, pois o tecido denso não modelado é formado por fibras colágenas dispostas sem uma orientação fixa, forma as cápsulas envoltórias de diversos órgãos e a derme. O tecido conectivo denso divide-se apenas em modelado e não modelado.

6. Unicamp-SP (adaptada) – Fibroblasto é um tipo de célula do tecido conectivo que sintetiza e secreta

glicoproteínas como o colágeno. Algumas organelas citoplasmáticas, como o retículo endoplasmático rugoso, o complexo golgiense e as vesículas, participam de forma interativa nessas funções.

a) Qual é o papel de cada uma das organelas citadas?

Reticulo endoplasmático rugoso: realiza a síntese de proteínas e o trans-

porte de substâncias. Complexo golgiense: armazenamento, secreção,

síntese de polissacarídeos e modificações de proteínas. As vesículas de

secreção transportam glicoproteínas.

b) Indique duas funções do tecido conectivo.

Nutrição e sustentação.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UFSC – Os tecidos epiteliais são encontrados em uma variedade de organismos animais ou vegetais desempenhando diferentes funções. Com relação a esse tecido, é correto afirmar que:

- 01)** alguns epitélios são responsáveis pela produção de secreções como a adrenalina, a tiroxina e o leite.
- 02)** os tecidos epiteliais têm como principal característica o fato de serem uniestratificados.
- 04)** as microvilosidades são especializações presentes no epitélio dos alvéolos e têm como principal função aumentar a capacidade de trocas gasosas (hematose).
- 08)** a pele é o melhor exemplo de tecido epitelial de desenvolvimento.
- 16)** o epitélio de revestimento das folhas é o principal responsável pela fotossíntese.
- 32)** os epitélios dos animais caracterizam-se por possuírem muita substância intercelular e ausência de junções celulares.
- 64)** todos os tecidos epiteliais são organizados a partir da mesoderme na embriogênese.

8. Unioeste-PR – Um estudante visualizando uma lâmina ao microscópio óptico observa um tecido que contém feixes espessos e ondulados de fibra colágenas dispostos irregularmente. Observou também o núcleo oval de fibroblastos separados por feixes de colágeno. O material observado pelo aluno é o tecido:

- a)** conectivo mucoso.
- b)** conectivo frouxo.
- c)** conectivo elástico.
- d)** conectivo reticular.
- e)** conectivo denso não modelado.

9. UPF-RS (adaptada)

A primavera chegou!

Ah! O colorido das flores! Ah! A beleza das cores!

Pólen por todo lado e, junto, as alergias!

Atchim!

A alergia é o exemplo mais comum de reação de hipersensibilidade a determinadas substâncias estranhas ao organismo, os alergênicos, que são reconhecidos por tipos especiais de anticorpos.

O processo alérgico ocorre quando os alergênicos se ligam aos:

- a)** monócitos, que os fagocitam e, ao liberarem suas excretas, ativam o sistema imune do organismo.
- b)** neutrófilos, que os fagocitam, por ação da histamina presente em seu citoplasma.
- c)** mastócitos, que regulam a liberação de histamina, desencadeando a alergia.
- d)** macrófagos, que os fagocitam, por ação da heparina e da histamina.
- e)** plasmócitos, que liberam seus grânulos de histamina, desencadeando a alergia.

10. UFJF-MG (adaptada) – A pele é o maior órgão do corpo humano e desempenha diversas funções, tais como proteção contra agressões externas e perda de água do corpo, regulação térmica, além de ser responsável pelo sentido do tato.

Cite os dois principais tipos de tecidos presentes na pele humana e diferencie-os considerando a quantidade de matriz extracelular.

11. FGV-RJ – A pele humana é o maior órgão do corpo humano. É constituída por dois tecidos, o epitelial, a epiderme formada por células em constante divisões, que empur-

ram as mais velhas camadas superiores, e o tecido conectivo, a derme, rica em diversas estruturas, tais como vasos sanguíneos, terminações nervosas e glândulas. Logo abaixo, não fazendo parte da pele, está a tela subcutânea, antes conhecida como hipoderme, formada por células adiposas responsáveis por armazenar gordura.

Tendo por base essas informações, pode-se dizer que, ao fazer uma tatuagem, a agulha injetora de tinta penetra:

- na epiderme, para que a tinta não afete os vasos sanguíneos, as glândulas e as terminações nervosas da derme, nem as células adiposas da tela subcutânea.
- na derme, pois, se realizada na epiderme, a tinta injetada seria eliminada com as células queratinizadas mortas.
- na tela subcutânea, para que a tinta não seja eliminada com as células queratinizadas mortas, nem afete os vasos sanguíneos, as glândulas e as terminações nervosas.
- na camada superficial da epiderme, para que a tinta afete o mínimo possível as estruturas inferiores da pele.
- na tela subcutânea, para que a tinta seja assimilada pelas células adiposas, pois são as células que não sofrem tantas alterações ao longo do tempo.

- 12. IFSul-RS (adaptada)** – Em um mamífero, o tecido conectivo apresenta especializações, podendo ser do tipo ósseo, adiposo, hematopoiético, propriamente dito frouxo ou propriamente dito modelado.

Com relação aos tecidos destacados, foram feitas as seguintes afirmações:

- Todos os tecidos representados são de origem mesodérmica.
- Alguns genes podem ser expressos por todos os tecidos representados.
- Colágeno é uma proteína comum a todos os tecidos destacados.
- Nem todos os tecidos representados são irrigados por vasos sanguíneos.
- Macrófagos são constituintes normais em pelo menos quatro dos tecidos mencionados.

São afirmativas corretas:

- I, II, III, IV e V.
- II, III e IV apenas.
- I, II, IV e V apenas.
- I, III e V apenas.

- 13. Sistema Dom Bosco** – Em diversos países, o consumo dos pés de galinha é quase zero, mas na China esse produto é bastante valorizado. Só o Brasil, nos últimos anos, exportou para esse país cerca de 200 mil toneladas por ano, e o grande consumo dessa iguaria deve-se ao benefício que proporciona ao organismo por ser fonte de colágeno, uma proteína que confere flexibilidade, resistência e elasticidade aos tecidos conectivos. É correto dizer que a deficiência de colágeno, denominada “colagenase”, acarreta:

- inflamação nas juntas e má formação óssea.
- regeneração e cicatrização dos tecidos.
- combate à flacidez cutânea e muscular.
- fortalecimento das unhas e crescimento capilar.
- prevenção do aparecimento da osteoporose.

- 14. Udesc (adaptada)** – O ser humano possui um tecido epitelial especial, denominado neuroepitélio,

responsável por captar estímulos externos relativos à visão, à gustação, ao odor e ao tato. Sobre o enunciado, responda: quais são os outros dois tipos de tecido epitelial?

- 15. CPS-SP** – Durante o verão, em razão das férias, ficamos mais tempo ao ar livre e expostos à radiação solar, aumentando o risco de queimaduras. Nessa época, os raios ultravioleta apresentam maior intensidade e, por isso, todos os cuidados com a pele devem ser tomados para evitar efeitos prejudiciais.

A pele é o maior órgão do corpo humano. Reveste, atua na defesa e colabora com outros órgãos para o bom funcionamento do organismo como, por exemplo, agindo no controle da temperatura corporal e na elaboração de metabólitos. Possui algumas estruturas especializadas, chamadas anexos da pele: pelo, unhas e glândulas sebáceas e sudoríparas. É constituída pela epiderme e derme.

Com relação a esse órgão, assinale a alternativa correta.

- A derme atua na absorção total da luz, garantindo que o organismo adquira resistência a esse tipo de radiação.
- As glândulas sebáceas produzem lipídios, que aumentam o ressecamento da pele e dos pelos.
- A presença de uma camada de gordura sob a derme é importante na produção de sangue e na pigmentação da pele.
- A epiderme constitui a camada mais externa de defesa do corpo, protegendo o organismo contra a penetração de agentes externos.
- As glândulas sudoríparas são responsáveis por eliminar o suor, solução salina diluída que, ao evaporar, aumenta a temperatura do corpo.

- 16. UEM-PR** – Sobre os tecidos epiteliais, é correto afirmar que:

- o tecido epitelial glandular é formado por agrupamento de células especializadas na produção de secreção.
- o tecido epitelial de revestimento é classificado de acordo com o número de camadas e com a morfologia de suas células.
- os tecidos epiteliais são vascularizados na epiderme e no intestino.
- o tecido epitelial se origina, embriologicamente, do ectoderma.
- no intestino é encontrado o tecido epitelial do tipo pseudoestratificado ciliado.

17. UEG-GO

Em clima úmido, o suor evapora lentamente e acumula-se na pele por causa da grande quantidade de vapor de água na atmosfera. Em clima seco, a evaporação é mais rápida e a refrigeração do corpo, mais eficiente, por isso suportamos melhor o calor em ambiente seco.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJD, F. *Biologia*. São Paulo: Ática, 2004. p. 31.

De acordo com a classificação do tecido epitelial glandular, o suor é produzido em que tipo de glândula?

ESTUDO PARA O ENEM

C5-H17

18. Enem

A pele humana é sensível à radiação solar, e essa sensibilidade depende das características da pele. Os filtros solares são produtos que podem ser aplicados sobre a pele para protegê-la da radiação solar. A eficácia dos filtros solares é definida pelo fator de proteção solar (FPS), que indica quantas vezes o tempo de exposição ao sol, sem o risco de vermelhidão, pode ser aumentado com o uso de protetor solar. A tabela seguinte reúne informações encontradas em rótulos de filtros solares.

Sensibilidade	Tipos de pele e outras características	Proteção recomendada	FPS recomendado	Proteção a queimaduras
Extremamente sensível	Branca, olhos e cabelos claros	Muito alta	FPS > 20	Muito alta
Muito sensível	Branca, olhos e cabelos próximos ao claro	Alta	12 < FPS < 20	Alta
Sensível	Morena ou amarela	Moderada	6 < FPS < 12	Moderada
Pouco sensível	Negra	Baixa	2 < FPS < 6	Baixa

ProTeste, ano V, n. 55, fev./2007. (Adaptado)

Uma família de europeus escolheu as praias do Nordeste para uma temporada de férias. Fazem parte da família um garoto de 4 anos de idade, que se recupera de icterícia, e um bebê de 1 ano de idade, ambos loiros de olhos azuis. Os pais concordam que os meninos devem usar chapéu durante os passeios na praia. Entretanto, divergem quanto ao uso do filtro solar. Na opinião do pai, o bebê deve usar filtro solar FPS > 20 e o seu irmão não deve usar filtro solar porque precisa tomar sol para se fortalecer. A mãe opina que os dois meninos devem usar o filtro solar com FPS > 20.

Na situação apresentada, comparada à opinião da mãe, a opinião do pai é:

- correta, porque ele sugere que a família use chapéu durante todo o passeio.
- correta, porque o bebê loiro de olhos azuis tem a pele mais sensível que a de seu irmão.
- correta, porque o filtro solar com FPS > 20 bloqueia o efeito benéfico do sol na recuperação da icterícia.
- incorreta, porque o uso do filtro solar com FPS > 20, com eficiência moderada, evita queimaduras na pele.
- incorreta, porque é recomendado que pessoas com olhos e cabelos claros usem filtro solar com FPS > 20.

19. Enem

C4-H13

Para explicar a absorção de nutrientes, bem como a função das microvilosidades nas membranas das cé-

lulas epiteliais de revestimento das paredes internas do intestino delgado, um estudante realizou o seguinte experimento:

Colocou 200 mL de água em dois recipientes. No primeiro recipiente, mergulhou por 5 segundos um pedaço de papel liso; no segundo recipiente, fez o mesmo com um pedaço de papel com dobras simulando as microvilosidades. Os dados obtidos foram: a quantidade de água absorvida pelo papel liso foi de 8 mL, enquanto pelo papel dobrado foi de 12 mL.

Com base nos dados obtidos, infere-se que a função das microvilosidades intestinais com relação à absorção de nutrientes pelas células das paredes internas do intestino é a de:

- manter o volume de absorção.
- aumentar a superfície de absorção.
- diminuir a velocidade de absorção.
- aumentar o tempo de absorção.
- manter a seletividade na absorção.

20. Enem

C5-H17

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

Tipo de célula	Quantidade de água
Tecido nervoso – substância cinzenta	85%
Tecido nervoso – substância branca	70%
Medula óssea	75%
Tecido conectivo	60%
Tecido adiposo	15%
Hemácias	65%
Ossos sem medula	20%

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

- a) tecido nervoso – substância cinzenta.
- b) tecido nervoso – substância branca.
- c) hemácias.
- d) tecido conectivo.
- e) tecido adiposo.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

2

TECIDOS CONECTIVOS E SISTEMA ENDÓCRINO

- Tecido cartilaginoso
- Tecido ósseo
- Tecido adiposo
- Tecido hematopoético
- Tecido linfático
- Sistema endócrino humano
- Principais glândulas endócrinas e órgãos produtores de hormônios

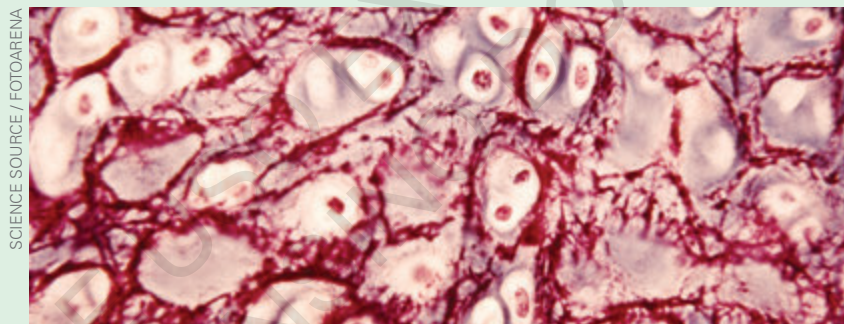
HABILIDADES

- Diferenciar o tecido conectivo propriamente dito dos tecidos conectivos especiais.
- Conhecer os componentes dos tecidos conectivos especiais.
- Compreender as funções dos tecidos conectivos especiais.
- Reconhecer as funções do sistema endócrino e as principais glândulas que o compõem.
- Caracterizar a atividade biológica dos hormônios secretados pelas principais glândulas do corpo.

Essas estruturas são chamadas tecidos conectivos especiais, que apresentam células e funções distintas entre si, diferentes também do tecido conectivo propriamente dito.

Tecido cartilaginoso

O tecido cartilaginoso, que resiste à tensão e à compressão, tem características intermediárias entre o tecido conectivo denso (propriamente dito) e o tecido ósseo. Apesar de a cartilagem ser dura, ela é flexível, o que fornece rigidez e elasticidade às estruturas que sustenta. Tem função de sustentação, facilita os movimentos, participa do crescimento dos ossos longos e reveste superfícies, como a auricular.



Micrografia dos condrócitos da cartilagem auricular humana. Microscópio de luz, aumento de 100×.

É formado principalmente pelos tipos celulares denominados **condroblastos** (tipo predominante na cartilagem em crescimento) e **condrócitos** (células da cartilagem madura) juntos à **matriz cartilaginosa**, constituída de fibrilas colágenas (colágeno tipo II) e, em alguns casos, fibras elásticas (colágeno tipo I, proteoglicanos, ácido hialurônico e glicoproteínas de adesão). Também é encontrada uma quantidade excepcional de água (até 80%), concentrada no **fluido tissular** (também denominado **líquido intersticial**). A movimentação desse fluido é importante para a recuperação da cartilagem após a compressão, além de auxiliar na nutrição celular.

ORIGEM

O tecido cartilaginoso origina-se das células mesenquimais, as quais se diferenciam em condroblastos, que secretam a matriz cartilaginosa e se diferenciam em condrócitos. Conforme a matriz cartilaginosa é produzida, os condrócitos afastam-se uns dos outros, fazendo com que a cartilagem cresça a partir do seu interior, chamado de **crescimento intersticial**.

Os condroblastos também podem ser originados dos fibroblastos na periferia da cartilagem, região chamada de **pericôndrio** (do grego: *peri*, "redor", e *chondros*, "cartilagem"). A diferenciação dos fibroblastos mais internos em condroblastos produz matriz extracelular e promove o **crescimento aposicional** da cartilagem.

Nutrição e inervação

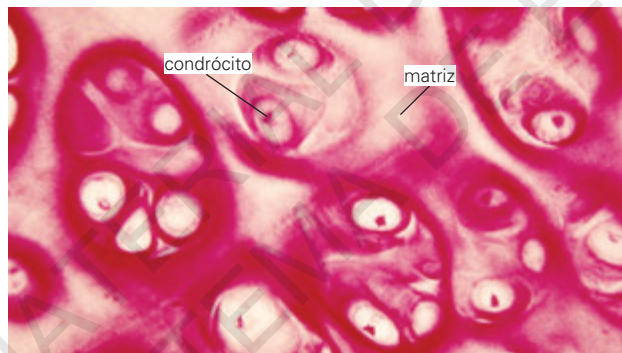
O tecido cartilaginoso é desprovido de vasos sanguíneos, nervos e vasos linfáticos. A nutrição e troca de gases é realizada por difusão dos vasos do tecido conectivo vizinho ou do líquido sinovial das articulações.

CLASSIFICAÇÃO

Cartilagem hialina

A principal característica da cartilagem hialina – tipo de cartilagem mais abundante do corpo humano – é a presença de uma matriz homogênea e vítrea (hialina = vidro) promovida pela sua espessura muito fina que impossibilita a visualização das fibrilas de colágeno (colágeno tipo II) no microscópio de luz. É o tipo de cartilagem encontrada no nariz, anéis da traqueia, laringe, brônquios, extremidades ventrais das costelas, discos epifisários (localizam-se entre a diáfise e a epífise dos ossos longos em crescimento, sendo responsáveis pelo crescimento do osso em extensão) e articulações. É geralmente envolvida pelo pericôndrio, com exceção dos locais de superfície livre e os locais em que a cartilagem se comunica diretamente com o osso.

Ela compõe o primeiro esqueleto do feto e promove suporte e crescimento acelerado. Na infância, forma os discos epifisários, região de crescimento ativo próxima às extremidades dos ossos longos, as quais permitem a continuidade do crescimento em comprimento. Nos adultos, é encontrada na ponta do nariz, bem como na conexão entre costelas e osso esterno, além de sustentar a maior parte do sistema respiratório. A cartilagem hialina também recobre as extremidades dos ossos longos em adultos, onde forma a **cartilagem articular**, que fornece coxins (almofadas) flexíveis que absorvem a compressão sobre a articulação. Com o envelhecimento, a cartilagem hialina se calcifica.

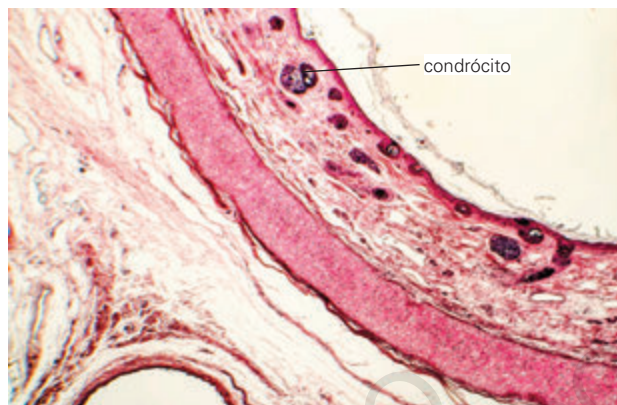


Micrografia da cartilagem hialina do septo nasal humano. Microscópio óptico, aumento de 100x.

Cartilagem elástica

É composta por fibrilas de colágeno (colágeno tipo II), substância fundamental e fibras elásticas envoltas de pericôndrio.

No entanto, as fibras elásticas encontradas em maior quantidade conferem a essa cartilagem muita elasticidade. É encontrada nos locais onde são necessários resistência e estiramento maiores, como a orelha externa (pavilhão auditivo) e a epiglote.

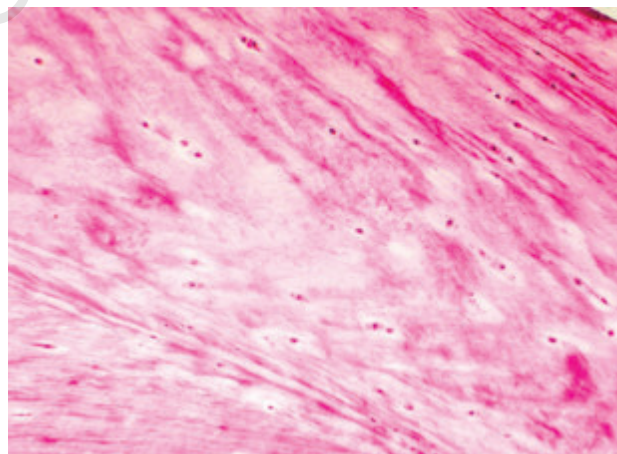


Micrografia de luz da cartilagem elástica do pavilhão auditivo humano. Aumento desconhecido.

Cartilagem fibrosa

Também denominada **fibrocartilagem**, apresenta ausência de pericôndrio, por tratar-se de uma associação com o tecido conectivo denso. Sua matriz apresenta fibras colágenas (colágeno tipo I), fibrilas colágenas (colágeno tipo II) e substância fundamental. Os condrócitos, originados dos fibroblastos, formam fileiras que se alternam com fileiras de fibras colágenas espessas, uma característica desse tipo de cartilagem.

O conjunto de colágenos tipo I e tipo II confere à cartilagem fibrosa resistência à tração e à deformação sob tensão. É encontrada em locais que demandam suporte vigoroso e resistência a pressões intensas, como nas articulações temporomandibulares, nos discos intervertebrais e no menisco dos joelhos (cartilagem de amortecimento).



Micrografia de luz da cartilagem fibrosa dos discos intervertebrais. Aumento desconhecido.

Tecido ósseo

Principal constituinte do esqueleto dos vertebrados (exceto dos peixes cartilaginosos), devido a sua dureza e resistência, o **tecido ósseo** tem como principal função a sustentação e proteção do corpo. Os ossos também apresentam cavidades nas quais são armazenados lipídios e onde são produzidas células sanguíneas.

No tecido conectivo ósseo, as fibras colágenas promovem resistência à tração, as proteoglicanas supor-

tam compressão e inibem a mineralização, e as glicoproteínas de adesão associam-se aos componentes da matriz extracelular, promovendo maior resistência.

A matriz óssea é similar à matriz cartilaginosa, rica em fibras colágenas, porém mais dura e rígida, já que apresenta íons fosfato de cálcio, além de outros, como sódio, potássio e magnésio. Esses sais orgânicos são armazenados e liberados de maneira controlada.

O tecido ósseo chega a armazenar 99% do cálcio do esqueleto dos vertebrados. O cálcio participa de atividades celulares, como permeabilidade seletiva da membrana plasmática, adesão celular, coagulação sanguínea, transmissão do impulso nervoso e contração muscular.

CÉLULAS E COMPONENTES DOS TECIDOS ÓSSEOS

Os **osteoblastos** produzem a porção orgânica da matriz óssea. São células jovens, formadas por muitos prolongamentos (projeções citoplasmáticas), com intensa atividade metabólica. À medida que secretam a matriz óssea, ficam confinados no interior de lacunas, das quais partem canais contendo em seu interior os prolongamentos celulares.

As células maduras são os **osteócitos**, osteoblastos maduros com seus prolongamentos retraídos e restritos às lacunas. Os canais onde seus prolongamentos se projetavam são usados como pontes de comunicação entre dois ou mais osteócitos, para manutenção da matriz óssea e trocas de substâncias essenciais às células (nutrientes e oxigênio, por exemplo).

Os **osteoclastos** são células gigantes, multinucleadas e móveis, originadas da fusão de vários monócitos (células sanguíneas). São as estruturas responsáveis pela remodelação, regeneração e reabsorção da matriz óssea, as quais apresentam intensa atividade metabólica, secretando enzimas que digerem a parte orgânica da matriz e propiciando a volta de sais minerais para a corrente sanguínea ou ainda destruindo áreas envelhecidas do tecido ósseo, regenerando e remodelando ossos em conjunto com os osteoblastos.

ORIGEM

A ossificação é o processo responsável pela formação do tecido ósseo e pode acontecer de duas maneiras: endocondral ou intramembranosa.

A **ossificação endocondral** é a mais comum, caracterizada pela substituição gradual da matriz cartilaginosa (cartilagem hialina) por matriz óssea. É responsável pela formação de ossos curtos e longos. É iniciada na clavícula, a partir da 5ª semana de gestação, e nos ossos longos, a partir da 7ª semana. Ao nascer, a criança apresenta grande parte do esqueleto ossificado; porém, as extremidades dos ossos longos, ainda mantêm regiões cartilaginosas de crescimento.

Em alguns ossos, como o fêmur, regiões de crescimento denominadas discos epifisários, mantêm a capacidade de desenvolvimento longitudinal até que se

complete a puberdade. Nesse processo atuam em conjunto osteoclastos, osteoblastos e vasos sanguíneos, os quais penetram no tecido cartilaginoso para a construção da matriz óssea.

A **ossificação intramembranosa** é responsável pela formação dos ossos chatos do crânio, clavícula e parede cortical dos ossos longos e curtos. As células mesenquimais diferenciam-se em células progenitoras, que, por sua vez, diferenciam-se em osteoblastos produtores de matriz óssea.

REGENERAÇÃO ÓSSEA

Ossos são tecidos vivos com intensa atividade metabólica e grande capacidade de remodelação e regeneração. Quando ocorre uma fratura óssea, pode haver rompimento de vasos sanguíneos e dos revestimentos externo e interno, denominados **periósteo** e **endósteo**, respectivamente. Esses revestimentos apresentam vascularização e células mesenquimatosas, as quais se diferenciam em osteoblastos.

Essa situação desencadeia um processo inflamatório com migração de células de defesa para a região lesada.



Esquema do ciclo de renovação óssea. À esquerda, a perda de massa óssea causada pelos osteoclastos. À direita, a reconstrução da massa óssea causada pelo osteoblasto. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O periósteo e o endósteo são importantes fontes produtoras de osteoblastos, responsáveis pela manutenção e reparo do tecido ósseo.

TECIDO ADIPOSEO

O tecido adiposo é a principal estrutura de reserva energética (lipídios) dos animais, a qual atua como isolante térmico, preenche cavidades e protege os órgãos contra impactos. Essa elevada atividade metabólica está relacionada ao fato de esse tecido ser altamente vascularizado.

Esse tecido é formado por células adiposas, também chamadas de **adipócitos**, e pela matriz extracelular que é escassa. Os adipócitos apresentam núcleo deslocado para a extremidade da célula para armazenar em seu citoplasma uma gotícula lipídica clara (formada principalmente por triglicerol), proveniente da alimentação e trazida pela corrente sanguínea.

O acúmulo de gordura em excesso, além de favorecer a obesidade, também causa o aparecimento de celulite, mais prevalente nas mulheres em razão da tendência a ocorrer nas áreas em que a gordura está sob a influência do estrogênio como quadris, coxas e nádegas.

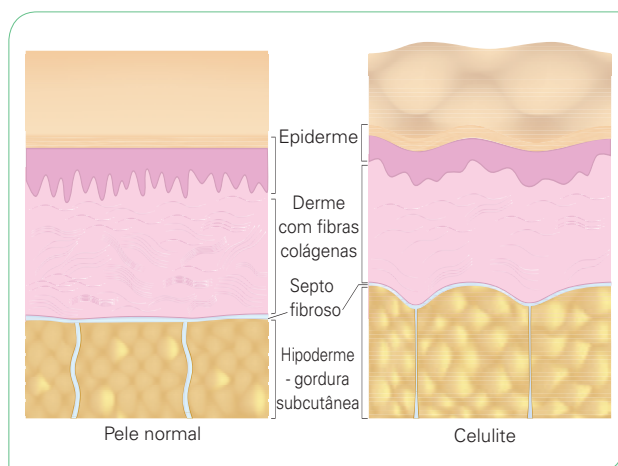


Ilustração comparativa do efeito da celulite na pele. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ORIGEM

O tecido adiposo se origina das células mesenquimais que, no 5º mês de gestação, diferenciam-se em lipoblastos. Estes se multiplicam e se diferenciam em adipócitos. Depois de diferenciadas, as células adiposas não se dividem nem desaparecem depois de formadas. Os adipócitos maduros estão entre as maiores células do corpo humano e alteram seu formato para arredondado ou enrugado conforme captam ou liberam os lipídios, respectivamente.

O tecido adiposo pode ser dividido em dois tipos: unilocular e multilocular.

Tecido adiposo unilocular

É chamado de unilocular porque as moléculas de lipídios se unem formando uma gota; também é chamado de gordura amarela ou branca. A gota de gordura ocupa quase todo o espaço intracelular, deixando o núcleo dos adipócitos deslocados para a região periférica da célula.

É o principal local de armazenamento de lipídios dos organismos, encontrados principalmente nas camadas mais profundas da pele (hipoderme), onde atuam no equilíbrio térmico e absorvem impactos, e ao redor dos órgãos, preenchendo os espaços da cavidade abdominal.

Tecido adiposo multilocular

É chamado de multilocular porque as gotas de lipídios estão suspensas no citoplasma dos adipócitos. Pode ser chamado também de gordura marrom ou parda em razão de sua vascularização e dos citocromos presentes nas mitocôndrias, as quais usam reservas lipídicas para esquentar o sangue. O núcleo pode ocupar tanto o centro quanto a região periférica da célula,

apresenta pouco citoplasma com muitas mitocôndrias e rodeado de capilares.

O tecido adiposo multilocular é especializado na termogênese (produção de calor). A presença de grande quantidade de mitocôndrias promove a transformação da energia dos lipídios em energia térmica, promovendo o aumento da temperatura corporal, processo muito comum em animais em hibernação.

Em mamíferos está presente apenas nos filhotes, nos quais a capacidade de produzir calor corporal pelos tremores ainda está ausente.

Tecido hematopoiético

O tecido hematopoiético, também denominado hemocitopoiético, ou apenas **sangue**, é o mais atípico dos tecidos conectivos, já que não conecta estruturas nem fornece suporte mecânico. No entanto, recebe a classificação de tecido conectivo especial por desenvolver-se a partir do mesênquima e consistir em células sanguíneas circundadas por uma matriz fluida não viva, o **plasma** sanguíneo, que contém água, sais minerais, carboidratos (glicose circulante) e proteínas (hormônios, albuminas, imunoglobulinas, lipoproteínas etc.). O plasma representa aproximadamente 55% do volume sanguíneo, as estruturas responsáveis pela produção de sangue no a **hematopoiese**, que há presença de tecido conectivo reticular, rico em fibras reticulares e que dão suporte para as células formadoras de sangue.

No indivíduo adulto, o sangue é produzido no interior da **medula óssea vermelha**, no chamado **tecido hematopoiético mieloide**, que é restrito a alguns ossos longos, bem como nos ossos chatos do crânio, na clavícula, nas costelas e no osso esterno. Em crianças, a maioria dos ossos apresenta medula óssea vermelha capaz de produzir as células do sangue, facilitando assim a rápida formação e crescimento dessa fase de vida.

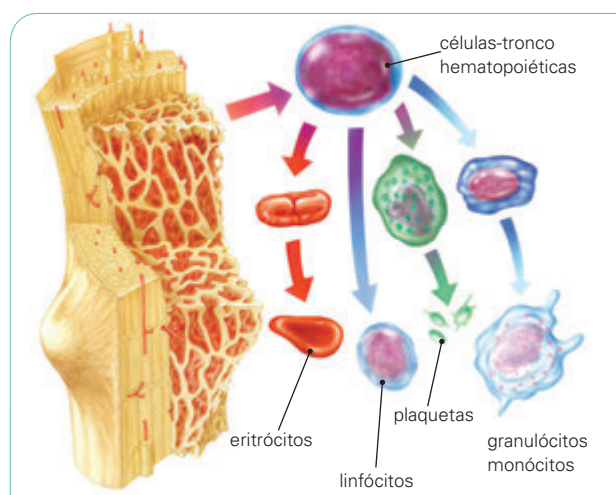


Ilustração do processo de hematopoiese formando os elementos figurados sanguíneos e as células do sangue. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Uma pessoa adulta apresenta em média 7% de seu peso corporal em litros de sangue circulante.

COMPONENTES

A grande maioria das células sanguíneas são os glóbulos vermelhos, ou eritrócitos, mas também há leucócitos difusos.

Os **eritrócitos** também são chamados de **hemácias** em razão da presença de grande quantidade de **hemoglobina**. Sua principal função é o transporte de gases, principalmente oxigênio. A hemoglobina liga-se ao oxigênio por causa da formação de pontes de ferro, que resultam na coloração vermelha do sangue.

As hemácias dos mamíferos são anucleadas; portanto, não fazem divisão celular, comportam maior quantidade de hemoglobina para otimizar o transporte de oxigênio, mas têm pouco tempo de vida útil (cerca de 120 dias), sendo repostas pelo processo de hematopoiese.

Os **leucócitos**, popularmente denominados glóbulos brancos, são as células de defesa do organismo. São classificados em dois grandes grupos de células:

- **Granulócitos:** recebem esse nome por apresentarem grânulos em seu interior quando observados no microscópio. Esses grânulos são formados graças ao grande número de lisossomos dentro dessas células. Diferenciam-se em **neutrófilos** (altamente especializados na fagocitose de antígenos nos processos infecciosos mais agudos, por isso são os leucócitos mais abundantes no sangue periférico de adultos), **eosinófilos** (relacionam-se também com a fagocitose de antígenos nas infecções parasitárias e em processos alérgicos) e **basófilos** (encontrados em menor quantidade no sangue, ricos em histamina, serotonina e leucotrienos; atuam nos processos alérgicos e de infecções crônicas).
- **Agranulócitos:** não apresentam grânulos. Os **linfócitos** reconhecem as substâncias infecciosas, produzem células de memória e produzem de fato os anticorpos. Consistem em duas classes de células, os **linfócitos B**, que participam apenas nos processos de imunidade humoral e são os precursores dos **plasmócitos** (principal célula formadora de anticorpos), e os **linfócitos T**, envolvidos nos processos de imunidade celular e regulação das sínteses de anticorpos. Os **monócitos** atuam na fagocitose com o reconhecimento de antígenos, sofrem diapedese, saem do sangue e entram no tecido conectivo para a formação dos macrófagos.

Além desses tipos celulares, estão presentes também outros elementos, como: **albumina** (proteína mais abundante do plasma, auxilia na retenção de água no vaso sanguíneo em razão da osmose e atua no transporte de ácidos graxos e hormônios), **imunoglobulina** (também chamada de anticorpo, componente do sistema imune relacionado à defesa contra microrganismos patogênicos e partículas estranhas), **protrombina** e **fibrinogênio** (proteínas que participam do processo de

coagulação sanguínea) e **lipoproteína** (atua no transporte de lipídios).

As **plaquetas** são fragmentos celulares de megacariócitos (células produzidas na medula óssea) responsáveis pelo início da coagulação sanguínea; por isso também são chamadas de **trombócitos**.

Coagulação sanguínea

O processo de coagulação sanguínea pode ser entendido como a transformação do sangue líquido em um coágulo sólido, o que auxilia na interrupção de sangramento e no fechamento dos vasos sanguíneos em casos de ferimentos e hemorragias. Participam desse processo as plaquetas, os vasos sanguíneos e as proteínas de coagulação sanguíneas.

As plaquetas apresentam importante função na obstrução de falhas nos vasos sanguíneos e na formação do coágulo. Quando um vaso tem a parede lesada, a região anterior à lesão sofre vasoconstrição, diminuindo o fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, a perda de sangue.

A coagulação é um processo complexo iniciado pela adesão e agregação de plaquetas na borda da lesão, formando uma "rolha", chamada de **trombo branco**. Isso estimula a liberação de tromboplastina, que, na presença de cálcio, atua na conversão da protrombina em sua forma ativa, a trombina, e que, por sua vez, converte o fibrinogênio em fibrina.

Nesse processo estão envolvidos os chamados **fatores de coagulação** (produzidos no fígado em processo dependente de vitamina K), que pode ocorrer por duas vias, descritas a seguir.

- **Intrínseca:** ocorre no interior dos vasos sanguíneos; quando o sangue entra em contato com a parede dos vasos, ativa-se o fator X, o qual faz as plaquetas liberarem fosfolipídios, que, ao associar-se ao cálcio circulante, catalisam a transformação de protrombina em trombina, substância que catalisa a conversão do fibrinogênio em fibrina.
- **Extrínseca:** ocorre quando o sangue extravasa dos vasos sanguíneos para o tecido conectivo, e o tecido lesionado libera tromboplastina, a qual, associada ao fator de coagulação VII e ao cálcio, ativa o fator X, catalisando a conversão de protrombina em trombina e a posterior conversão do fibrinogênio em fibrina, promovendo a **cascata da coagulação**.

Independentemente da via, a fibrina formada envolve os elementos figurados sanguíneos, formando o **coágulo ou trombo vermelho**.

Processo de defesa do organismo, hemostasia, coagulação do sangue e cicatrização da pele

Quando nos ferimos, o sangramento indica que a lesão na pele atingiu a derme. A epiderme (camada mais externa) é muito fina, com cerca de 1 a 4 milímetros de espessura. Na derme (mais interna), encontram-se inúmeras terminações nervosas, glândulas sebáceas e sudoríparas, bulbos e vasos sanguíneos.

Mensageiros químicos, partindo de ferimento, são transportados através do sangue. O organismo envia ao local glóbulos brancos e plaquetas. Estas se unem nas pontas dos vasos afetados para “tampar” o sangramento.

Fibrina é então produzida para “colar” as plaquetas, formando uma espécie de tampão. Glóbulos brancos controlam a defesa do local ferido, fagocitando e destruindo corpos estranhos (resíduos) presentes no machucado. A ferida inflamada apresenta pus e tem cor amarelada pela existência de leucócitos com bactérias fagocitadas.

Em seguida, aparece o sangue coagulado tampando a lesão. Entram em ação macrófagos, fagocitando bactérias e células mortas que tenham ficado no local. A histamina faz o aporte de sangue aumentar, e o local torna-se mais avermelhado.

Fibroblastos passam a produzir colágeno, e novas fibras do tecido conectivo juntam-se para fechar a ferida. Isso sempre ocorre de fora para dentro.

Tecido linfático

Também é chamado de **tecido hematopoiético linfoide**, já que sua principal função é a produção de leucócitos do tipo B e T, remoção de impurezas e fluidos em excesso dos tecidos corporais, além de coleta e distribuição de ácidos graxos e gliceróis absorvidos no intestino.

São constituintes do tecido linfático:

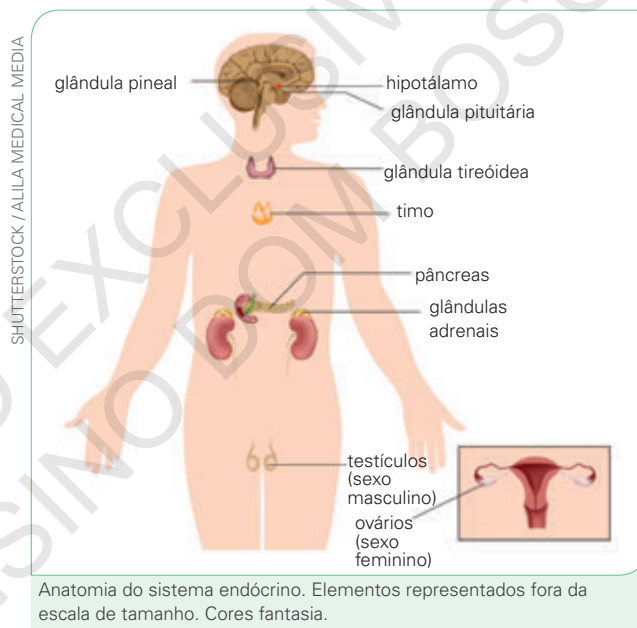
- **Linfonodos:** também chamados de gânglios ou nódulos linfáticos, são pequenos órgãos presentes no pescoço, tórax, abdome, axila e virilha. Atuam de modo a remover partículas estranhas agregadas ao fluido, impedindo que cheguem à circulação e produzam células implicadas na síntese de anticorpos. Esses nódulos apresentam neutrófilos, que atacam bactérias recolhidas pela linfa.
- **Baço:** é o maior órgão linfático, localizado atrás do estômago, logo abaixo do diafragma. É responsável pela produção de anticorpos (linfócitos T e B) e remoção de hemácias da circulação.
- **Amígdalas (tonsilas) e adenoides:** são órgãos linfáticos relacionados também com a produção de linfócitos.
- **Timo:** órgão da cavidade torácica localizado atrás do esterno; é o local de produção e maturação dos linfócitos T, os quais colonizam sangue, gânglios linfáticos e medula óssea.
- **Linfa:** líquido de coloração esbranquiçada e de aspecto leitoso, é responsável pela eliminação de impurezas. É produzida pelo fígado e o intestino delgado, percorre os vasos linfáticos e é filtrada nos linfonodos, onde entra em contato com os linfócitos (células de defesa) e macrófagos, que fagocitam corpos estranhos do organismo.

Sistema endócrino humano

O sistema endócrino é formado por órgãos e glândulas (compostas de tecido epitelial glandular) que produzem e secretam hormônios na corrente sanguínea.

Os hormônios são substâncias que, com o sistema nervoso, regulam as atividades de praticamente todas as funções biológicas, integrando várias partes do corpo e regulando funções no organismo, tais como metabolismo, nutrição, circulação, excreção e reprodução.

No sistema endócrino, depois de produzidos os hormônios, estes são distribuídos pela corrente sanguínea até seus receptores específicos, presentes na membrana plasmática de seu respectivo órgão-alvo.



GLÂNDULAS

As glândulas exócrinas são aquelas que eliminam suas secreções na superfície do corpo ou no espaço interior de órgãos. Possuem a porção secretora e os ductos glandulares, especializados em eliminar as substâncias produzidas.

HORMÔNIOS

Os hormônios (do grego *horman*, "excitar") são moléculas químicas produzidas por glândulas endócrinas que atuam como sinalizadores químicos. Os principais processos que estão sob o controle hormonal são crescimento, desenvolvimento, metabolismo, regulação do meio interno (temperatura, balanço hídrico, íons) e desenvolvimento sexual. Por participarem de tantas funções biológicas, os hormônios são responsáveis pela manutenção da homeostase (equilíbrio e conservação do metabolismo).

Regulação

O sistema endócrino tem sua atividade e secreção reguladas pelo mecanismo de retroalimentação, chamado de *feedback* ou vias reflexas.

A resposta desencadeada por um hormônio pode provocar dois tipos de *feedbacks*:

- **negativo**: quando o hormônio secretado promove interrupção de sua secreção, desligando o reflexo;
- **positivo**: quando a falta de um hormônio em seu órgão-alvo estimula sua produção (aumenta o estímulo que gera o desequilíbrio).

O aumento na concentração de glicose no sangue estimula a secreção de insulina pelo pâncreas, a qual, por meio do sangue, chega até os tecidos-alvo, aumentando a captação e o metabolismo da glicose. A diminuição da concentração de glicose no sangue age como um *feedback* negativo, que desliga esse reflexo, cessando a liberação de insulina pelo pâncreas.

No entanto, os hormônios não estão limitados a seguir apenas o *feedback*. A secreção de insulina, por exemplo, também pode ser estimulada por sinais de entrada vindos do sistema nervoso ou por hormônios secretados no trato digestório durante a ingestão de alimentos.

Principais glândulas endócrinas e órgãos produtores de hormônios

Por muito tempo, acreditou-se que os hormônios eram secretados somente pelas glândulas endócrinas. Atualmente, sabe-se que as moléculas que atuam como hormônios são secretadas também por células endócrinas isoladas – denominadas sistema endócrino difuso –, por neurônios (neuro-hormônios) e por células do sistema imunitário (citocinas).

GLÂNDULA PINEAL

A glândula pineal é uma estrutura do tamanho de uma ervilha, localizada profundamente no encéfalo humano, que produz o hormônio melatonina e o neurotransmissor serotonina. Essas duas substâncias regulam os ciclos circadianos de sono-vigília e o relógio interno do corpo, além de haver evidências de que a melatonina é um poderoso antioxidante e estimulante da função imunitária.

A diminuição na produção de melatonina tem diversas causas, como a interação entre drogas e medicamentos, desnutrição, envelhecimento e estresse. Em situação de estresse e ansiedade, a produção de cortisol e adrenalina é muito maior do que a de melatonina, causando uma qualidade de sono ruim ou insônia.

HIPÓFISE

A glândula hipófise, também chamada de pituitária, é uma estrutura que se projeta do hipotálamo (região do encéfalo) para baixo, conectada a ele por uma fina haste que repousa em uma cavidade óssea protetora.

Essa glândula pode ser dividida em duas porções: hipófise anterior (adeno-hipófise) e hipófise posterior

(neuro-hipófise), de origem embrionária e com secreções hormonais distintas.

Hipófise anterior (adeno-hipófise)

A secreção dos hormônios da adeno-hipófise é influenciada pela liberação e secreção dos hormônios produzidos no hipotálamo. Os hormônios produzidos pela adeno-hipófise são chamados de **tróficos**, porque controlam a secreção de outros hormônios. Confira na tabela os seis hormônios secretados pela adeno-hipófise:

Hormônio	Alvo(s) primário(s)	Efeito(s) principal(is)
Hormônio foliculosestimulante (FSH)	Gônadas	Produção de ovócitos ou espermatozoides; produção de hormônios sexuais.
Hormônio luteinizante (LH)	Gônadas	Produção de ovócitos ou espermatozoides; produção de hormônios sexuais.
Hormônio tireotrófico ou tireotrofina (TSH)	Glândula tireóide	Síntese de hormônios da glândula tireóide (tiroxina ou T4).
Hormônio adrenocorticotrófico ou corticotrofina (ACTH)	Córtex da suprarrenal	Liberação de cortisol (resposta de estresse).
Prolactina (PRL)	Glândulas mamárias	Produção de leite.
Hormônio do crescimento ou somatotrófico (GH)	Fígado e vários tecidos	Síntese de proteínas, desenvolvimento da massa muscular e alongamento dos ossos.

As vias em que os hormônios da adeno-hipófise agem como hormônios tróficos estão entre os reflexos endócrinos mais complexos, já que relacionam três centros integradores: o hipotálamo, a adeno-hipófise e o alvo endócrino do hormônio da hipófise.

O sistema nervoso controla a hipófise, que secreta hormônios que controlam outras glândulas do corpo. Os hormônios hipofisários, ou tróficos, controlam o metabolismo de diversas glândulas do corpo, por exemplo, glândula tireóide, suprarrenais e gônadas. Por isso, a hipófise é considerada glândula mestra. Apenas as glândulas paratireóideas e o pâncreas não se subordinam diretamente a ela.

Hipófise posterior (neuro-hipófise)

Também considerada uma expansão do hipotálamo, é o local de armazenamento e secreção de dois neuro-hormônios: ocitocina e vasopressina (ADH). Cada um

desses hormônios é sintetizado no corpo celular de diferentes neurônios do **hipotálamo**, uma região que controla diversas funções homeostáticas.

Nas mulheres, a **ocitocina** é responsável pelas contrações do endométrio durante o trabalho de parto e pela liberação do leite durante a amamentação.

A **vasopressina**, também denominada **hormônio antidiurético ou ADH**, atua nos rins, aumentando a retenção de água no corpo, a concentração de íons e, por consequência, a elevação da pressão arterial.

GLÂNDULA TIREÓIDEA

A tireóide é uma glândula que está apoiada nas cartilagens da laringe e da traqueia. É formada por folículos de paredes secretoras e colóides em seu interior (substância gelatinosa rica em proteína). Responsável por produzir três hormônios: tiroxina (T4), tri-iodotironina (T3) e calcitonina. Os números 3 e 4 indicam a quantidade de átomos de iodo em sua molécula.

Os hormônios tireoidianos estimulam o consumo de oxigênio celular, auxiliam na **regulação do metabolismo** dos carboidratos e dos lipídios, bem como atuam na manutenção da pressão sanguínea, no ritmo cardíaco, nas funções sexuais, no tônus muscular, na liberação de calor etc.

A tiroxina (T4) é o hormônio secretado em maior quantidade pela tireóide e atua no crescimento, desenvolvimento e metabolismo de diversos tecidos-alvo. A tri-hidrotironina ou tri-iodotironina (T3) é um hormônio tireoidiano com três átomos de iodo, sintetizado da tiroxina (T4), e é um regulador metabólico corporal.

A regulação da glândula tireóide é feita pelo *feedback* negativo do hormônio tireotrófico (TSH) da adeno-hipófise e por mecanismos nervosos do hipotálamo. A obtenção de iodo pelos animais é feita pela ingestão de vegetais e alimentos de origem marinha, como peixes e frutos do mar e pela utilização de sal iodado. Não há produção de T3 e T4 em indivíduos com dieta pobre em iodo, sem os quais o mecanismo de *feedback* não inibe a hipófise, que continua a secretar TSH. Na tentativa de produzir T3 e T4, a glândula tireóide aumenta de volume, podendo causar o crescimento anormal denominado bócio endêmico.

A produção em excesso de T3 e T4 causa o **hipertireoidismo**, também chamado de bócio difuso. Os principais sintomas dessa condição são fraqueza muscular, mãos trêmulas, cansaço intenso, perda de peso provocada pelo aumento na velocidade do metabolismo, irritabilidade, irritação nos olhos e exoftalmia (projeção do globo ocular para fora de sua órbita).

A deficiência dos níveis de T3 e T4 leva ao **hipotireoidismo**, que tem como principais sintomas cansaço intenso, sonolência, ganho de peso, cabelos e unhas secos e quebradiços, sensação de frio e inchaço em razão do acúmulo de líquidos. Em crianças, o hipotireoidismo leva a deficiências no crescimento e no desenvolvimento sexual.

O **hipotireoidismo congênito** é uma das formas mais graves e provoca diminuição do crescimento, retardo no desenvolvimento físico e mental (**cretinismo**) e atraso ou ausência da maturidade sexual.

Também secretada pela glândula tireóide, a **calcitonina** participa do controle da concentração sanguínea de cálcio, um dos íons mais importantes do metabolismo.

GLÂNDULA PARATIREÓIDEA

As paratireóides são quatro pequenas glândulas localizadas atrás da glândula tireóide e normalmente apresentam-se em dois pares.

Essas glândulas secretam o **paratormônio (PTH)**, também chamado de hormônio da paratireóide, que participa da **regulação da concentração de cálcio** e fosfato no plasma sanguíneo. Quando a concentração de cálcio no sangue diminui, o paratormônio funciona de modo a aumentar a absorção de cálcio pelo intestino, diminuir a eliminação de cálcio pelos rins e, se necessário, estimular a remoção desse íon dos ossos para o sangue.

O processo resulta em **aumento da concentração de cálcio no sangue**. A calcitonina (produzida pela glândula tireóide) e o paratormônio (produzido pelas glândulas paratireóides) têm ação antagônica sobre a concentração de cálcio no sangue. O excesso de paratormônio acarreta a descalcificação dos ossos, que ficam porosos e frágeis. Para compensar, a glândula tireóide libera a calcitonina, que estimula a absorção do cálcio do plasma sanguíneo.

GLÂNDULA SUPRARRENAL

As suprarrenais, também chamadas de adrenais, são localizadas sobre o polo superior de cada rim. Apresentam forma de meia-lua achatada e são divididas em duas porções: o **córtex adrenal** e a **medula adrenal**.

Medula adrenal

A medula adrenal origina-se de gânglios simpáticos que perderam seus axônios e transformaram-se em células secretoras. É responsável pela secreção dos seguintes hormônios:

- **Adrenalina:** também chamada de epinefrina, tem a principal função de preparar o organismo para realizar atividades e esforços físicos em situações de estresse e nas chamadas “reações de fuga”. Atua também no sistema cardiovascular, promovendo a vasoconstrição periférica, bem como o aumento da frequência cardíaca e da automaticidade do coração; nos brônquios, permitindo a broncodilatação e o aumento da frequência respiratória; e no próprio sistema endócrino, estimulando a secreção de hormônios como insulina e glucagon;
- **Noradrenalina:** também chamada de norepinefrina, a noradrenalina atua principalmente no aumento da concentração de cálcio da célula e na manutenção da pressão sanguínea.

Córtex suprarrenal

O córtex da suprarrenal secreta importantes substâncias para a homeostase: os glicocorticoides e os mineralocorticoides.

- **Glicocorticoides:** o principal glicocorticoide secretado pelo córtex da suprarrenal é o **cortisol**. Os glicocorticoides estimulam a conversão de gorduras e proteínas em glicose pelo fígado (gliconeogênese), elevam a taxa metabólica e aumentam a produção de calor.
- **Mineralocorticoides:** são assim chamados por influenciarem os eletrólitos dos líquidos extracelulares, sobretudo sódio e potássio. O principal mineralocorticoide é a **aldosterona**, que apresenta a função de aumentar a reabsorção de sódio e água nos rins, regulando a taxa de água e sais minerais do organismo.

PÂNCREAS

O pâncreas é uma **glândula mista**, já que apresenta duas porções distintas: uma exócrina (síntese do suco pancreático produzido nos ácinos pancreáticos) e outra endócrina, que contém grupos irregulares de células chamadas de ilhas pancreáticas. Esse aglomerado celular apresenta três tipos de células: célula alfa (produtora de **glucagon**), célula beta (produtora de **insulina**) e célula delta (produtora de somatostatina).

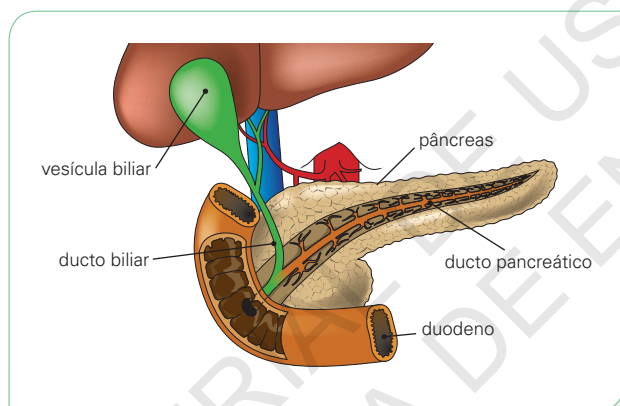


Ilustração da anatomia do pâncreas, duodeno e vesícula biliar. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O glucagon é considerado o hormônio da hiperglicemia; sua ação é antagônica à da insulina, já que **estimula a degradação de glicogênio** (reserva de carboidrato

nos animais) no fígado, a gliconeogênese e a liberação de glicose na corrente sanguínea. Quando a concentração de glicose circulante na corrente sanguínea diminui (redução da glicemia), a secreção de glucagon é estimulada a fim de promover a gliconeogênese e mobilizar a glicose armazenada na forma de glicogênio.

A insulina, por sua vez, é considerada o hormônio da hipoglicemia, pois estimula a **glicose circulante sanguínea a entrar nas células** para sua utilização ou reserva. Quando a concentração de glicose no sangue se eleva (aumento da glicemia), a liberação de insulina é estimulada a fim de promover a entrada da glicose circulante dentro das células para sua utilização ou reserva.

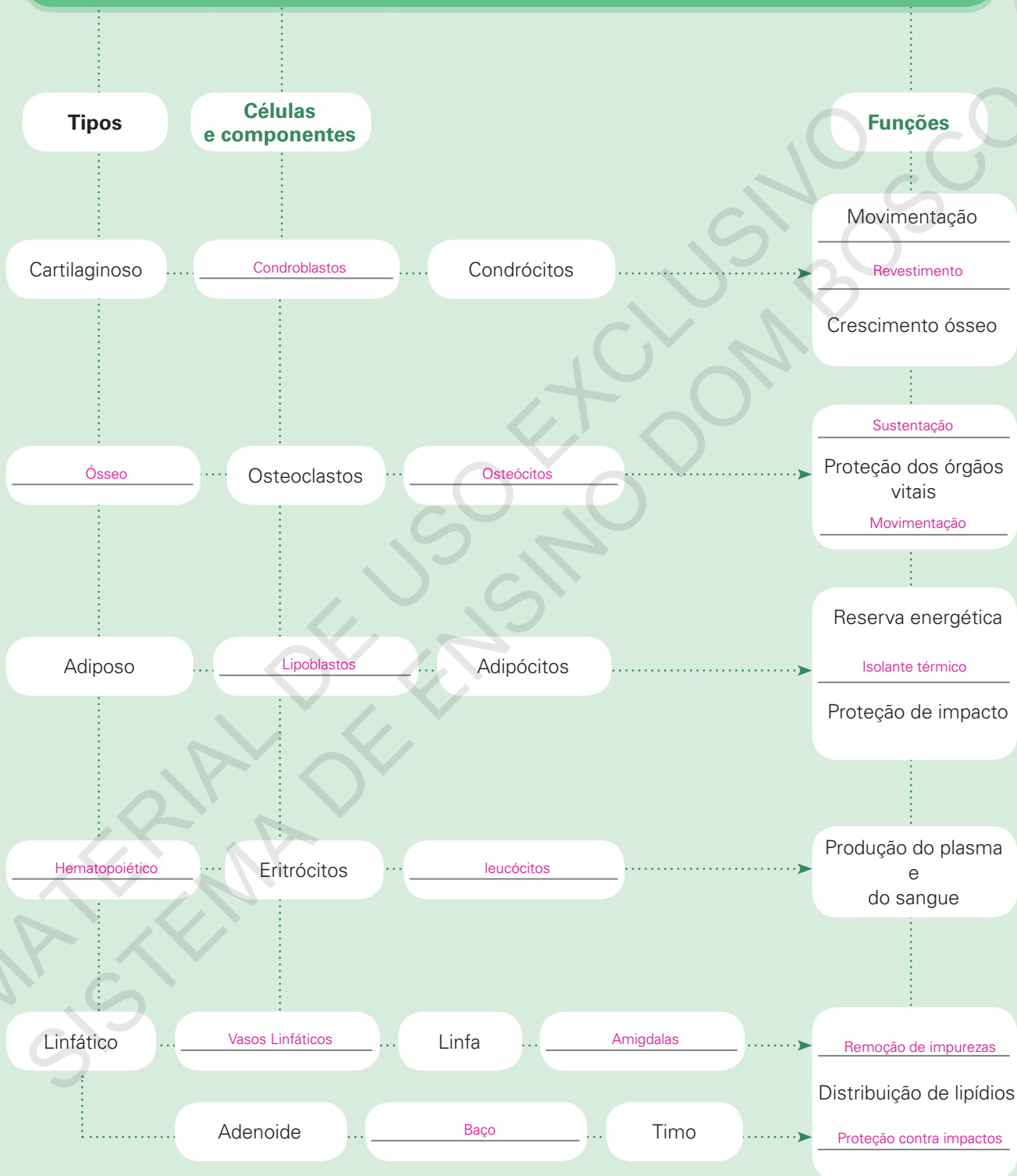
GÔNADAS

São denominadas gônadas os ovários e os testículos. Ambos os órgãos são estimulados pelos hormônios gonadotróficos (FSH e LH) produzidos pela adeno-hipófise. São eles:

- **Estrógeno:** age promovendo as características sexuais femininas secundárias. Durante o ciclo menstrual, o estrógeno **estimula o desenvolvimento do endométrio** e, durante a gestação, sua produção estimula o crescimento das glândulas mamárias e a produção de progesterona. Os estrógenos também são produzidos pelo homem e geralmente são derivados da testosterona.
- **Progesterona:** produzida pelas células do corpo-lúteo ovariano, a progesterona é secretada após a ovulação com o estímulo do LH secretado pela adeno-hipófise. **Sua função é preparar o endométrio uterino para implantação do ovócito II fecundado.** Quando não ocorre fecundação, no final do ciclo menstrual, o corpo-lúteo desaparece, reduz a secreção de progesterona e ocorre a menstruação.
- **Gonadotrofina coriônica (hCG):** só é produzido na gravidez e mantém o corpo-lúteo em atividade para continuar a produção de progesterona.
- **Testosterona:** no homem, é produzida nas células intersticiais dos testículos pelo estímulo do LH, secretado pela adeno-hipófise. É responsável pelo desenvolvimento dos genitais externos, pela produção de espermatozoides e características sexuais secundárias masculinas, como fortalecimento muscular, aparecimento de pelos no rosto, púbis e outras regiões do corpo.

ROTEIRO DE AULA

TECIDOS CONECTIVOS ESPECIAIS



ROTEIRO DE AULA

SISTEMA ENDÓCRINO

Formado por:

Glândulas endócrinas

tireóidea

T3

T4

calcitonina

Paratireóidea

PTH

Suprarrenal

Glucagon

Insulina

Medula

Noradrenalina

Adrenalina

Córtex

Aldosterona

Cortisol

Neuro-hipófise

Armazena hormônios sintetizados no

Hipófise

adeno-hipófise

Tsh

prolactina

Gh

LH

ACTH

FSH

Atua em conjunto com o

Sistema Nervoso

Na coordenação de funções do organismo por meio de:

Hormônios

Liberados na:

Corrente Sanguínea

Onde agem em:

Células-Alvo

Que desencadeiam

Reações Específicas

Que produzem

Hormônios sexuais

Órgãos com função endócrina, por exemplo:

Pâncreas

Gônadas

Que produz, entre outros,

Ocitocina

vasopressina

Hipotálamo

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Unirio-RJ

A osteoporose é a mais comum de todas as doenças ósseas em adultos, especialmente na velhice. Estima-se que 5,5 milhões de brasileiros sofram dessa doença, responsável por 1 milhão dos casos registrados de fraturas, dos quais 50%, na coluna vertebral. Até novembro de 2003, os medicamentos usados no Brasil no combate à osteoporose tinham como objetivo reduzir a atividade das células responsáveis pela destruição da matriz óssea. A partir desta data, foi colocado à disposição do doente um novo medicamento que age estimulando a reconstrução óssea.

Revista Veja, 2003. (Adaptado)

Este novo medicamento tem como função:

- a) aumentar o número de osteoblastos, diminuindo a desproporção metabólica entre osteoblastos e osteoclastos.
- b) estimular a produção do paratormônio, diminuindo a ação dos osteoblastos.
- c) aumentar o metabolismo dos osteoclastos, diminuindo a desmineralização do osso.
- d) inibir a produção de calcitonina, hormônio responsável pela deposição de cálcio na matriz óssea.
- e) diminuir o metabolismo dos osteoblastos responsáveis pela destruição da matriz óssea.

A afirmativa A está correta, pois os osteoblastos são células do tecido ósseo que têm a função de produzir a matriz óssea. Para estimular a reconstrução óssea o medicamento precisa ter osteoblastos.

2. UFJF-MG – Em relação ao tecido conectivo, leia as afirmativas a seguir:

- I. É o mais diversificado de todos, com ampla distribuição pelo corpo dos animais, e apresenta-se com diversos aspectos e funções.
- II. Sendo uma estrutura complexa, pode ser formado por vários tipos de fibras colágenas, elásticas e reticulares.
- III. A doença escorbuto ocasiona uma degeneração dos tecidos conectivos.
- IV. O sangue é considerado um tecido conectivo cujas células estão imersas no plasma sanguíneo.
- V. O tecido conectivo que resiste a forças da tração é o tipo de tecido denso não modelado.

Assinale a alternativa com afirmativas corretas:

- a) I, II, III, IV e V.
- b) Somente I, II e IV.
- c) Somente I, III e IV.
- d) Somente I, II, III e IV.

O tecido conectivo apresenta grande variedade e funções, podendo ser formado por fibras colágenas, elásticas e reticulares. O escorbuto é causado pela falta de vitamina C (ácido ascórbico) no corpo humano, que atua na síntese de colágeno e, conseqüentemente, na formação de fibras; sua deficiência causa insuficiência do processo de regeneração dos tecidos conectivos. O tecido sanguíneo (hematopoiético) é considerado um tipo especial de tecido conectivo, onde as células se encontram separadas por grande quantidade de matriz extracelular, o plasma. O tecido conectivo denso não modelado pode resistir a tensões; porém, o tecido denso modelado também resiste.

3. UNESP – O professor de um cursinho pré-vestibular criou a seguinte estrofe para discutir com seus alunos sobre um dos tipos de célula do tecido sanguíneo humano.

Eu sou uma célula passageira
Que com o sangue se vai
Levando oxigênio
Para o corpo respirar

De acordo com a composição do tecido sanguíneo humano e considerando que o termo “passageira” se refere tanto ao fato de essas células serem levadas pela corrente sanguínea quanto ao fato de terem um tempo de vida limitado, responda:

- a) Que células são essas e em que órgão de um corpo humano adulto e saudável são produzidas?

As células passageiras são os eritrócitos (glóbulos vermelhos). Essas

células são produzidas no tecido conectivo hematopoiético presente na

medula óssea vermelha.

- b) Considerando a organização interna dessas células, que característica as difere das demais células do tecido sanguíneo? Em que essa característica contribui para seu limitado tempo de vida, de cerca de 120 dias?

As hemácias adultas são anucleadas e desprovidas de organelas. Sem

núcleo, os glóbulos vermelhos não se multiplicam e sobrevivem entre

90 e 120 dias.

4. EBMSP-BA (adaptada) – O corpo humano é constituído por células que se organizam formando tecidos e órgãos. A comunicação entre as diversas células do organismo depende dos sistemas nervoso e endócrino, sistemas de integração corporal.

Considerando-se conhecimentos sobre o sistema endócrino, é correto afirmar:

- a) o nanismo pode ser ocasionado por problemas hormonais decorrentes do mau funcionamento das paratireóideas.
- b) o diabetes insípido é ocasionado por problemas na produção da vasopressina ou falta de sensibilidade dos rins a esse hormônio.
- c) a hipófise produz diversos hormônios que agem em diferentes órgãos, como as glândulas suprarrenais, o pâncreas e o fígado.
- d) o hipertireoidismo caracteriza-se por redução da tireotrofina pela glândula tireóidea e da adrenalina pelas paratireóideas, o que resulta em menor eficiência metabólica do indivíduo afetado por esse distúrbio.
- e) um tumor nas suprarrenais pode aumentar a produção de hormônio antidiurético por essas glândulas, interferindo no funcionamento dos rins.

O nanismo pode ter duas causas: anormalidades da secreção de GH (hormônio do crescimento) pela adeno-hipófise e anomalias genéticas; as paratireóideas controlam o metabolismo de cálcio e fósforo. A hipófise produz ACTH, que age no córtex das glândulas suprarrenais; o GH atua no fígado, mas não tem ação direta sobre o pâncreas. O principal tipo de hipertireoidismo ocorre pela diminuição na produção dos hormônios tiroxina (T4) e tri-iodotironina (T3), resultando em menor eficiência do metabolismo corporal. As suprarrenais secretam adrenalina, noradrenalina, aldosterona, corticoides e esteroides.

5. IFBA

C5-H17

O uso de pílulas anticoncepcionais é um método contraceptivo muito utilizado atualmente. Seu modo de ação é baseado em um elaborado mecanismo de *feedback*

existente no sistema endócrino das mulheres. Sobre esse mecanismo, é correto afirmar que:

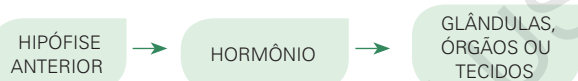
- a) a ocitocina, produzida pela glândula pituitária, tem seus níveis aumentados com a utilização das pílulas anticoncepcionais, o que inibe a ovulação.
- b) há um aumento súbito nos níveis de FSH e LH no sangue com o uso das pílulas anticoncepcionais, o que gera inibição da ovulação.
- c) o FSH (hormônio foliculestimulante) tem seus níveis aumentados na corrente sanguínea pelo uso das pílulas anticoncepcionais, o que gera um bloqueio na produção de estrógeno e conseqüente inibição da ovulação.
- d) o LH é bloqueado pela ação direta das pílulas anticoncepcionais na hipófise anterior, o que leva a uma acentuada queda nos níveis desse hormônio no sangue e conseqüente inibição da ovulação.
- e) as pílulas anticoncepcionais, à base de progesterona e estrógeno, aumentam os níveis desses hormônios no sangue da mulher, o que inibe a liberação de FSH e LH, resultando na não maturação de folículos ovarianos e posterior ovulação.

Os anticoncepcionais hormonais apresentam uma combinação de hormônios ovarianos (progesterona e estrogênio) sintéticos. O aumento dos níveis sanguíneos desses hormônios na mulher inibe a secreção dos hormônios hipofisários, FSH e LH, o que resulta na não maturação do folículo ovariano e posterior ovulação.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

- 6. UFPR (adaptada)** – O esquema representa um eixo importante do sistema endócrino, no qual a hipófise anterior (adeno-hipófise) libera hormônios que controlam, além das glândulas endócrinas, diversos órgãos e tecidos.



- a) Nesse eixo, como a secreção dos hormônios da hipófise anterior é controlada?

A secreção dos hormônios da hipófise anterior é controlada pelo mecanismo de retroalimentação negativa; as secreções hormonais das glândulas, órgãos e tecidos-alvo regulam a secreção dos hormônios da adeno-hipófise.

- b) Com base nesse esquema, explique como os métodos contraceptivos hormonais (pílulas anticoncepcionais) atuam.

As pílulas anticoncepcionais convencionais contêm hormônios sintéticos análogos aos hormônios ovarianos estrogênicos e progesterona. O aumento dos níveis desses hormônios na corrente sanguínea provoca inibição da secreção dos hormônios FSH e LH hipofisários e, conseqüentemente, não ocorrerá a ovulação durante o ciclo menstrual.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 7. Udesc** – Assinale a alternativa que apresenta corretamente alguns tipos celulares e o tecido onde eles são tipicamente encontrados.

- a) Osteoblastos – tecido ósseo.
- b) Astrócitos – tecido conectivo.
- c) Fibroblastos – tecido muscular.
- d) Condrócitos – tecido nervoso.
- e) Gliócitos – tecido epitelial.

- 8. UECE** – Sobre o sistema endócrino, analise as afirmativas.

- I. Os hormônios são produzidos por glândulas endócrinas que se originam no tecido conectivo.
- II. O hormônio age como mensageiro químico, adaptando-se a receptores celulares específicos. Constitui-se efeito comum da ação hormonal, a produção de monofosfato de adenosina cíclico (amp-cíclico).
- III. Todos os hormônios são originados do sistema nervoso, onde são produzidos pelos neurônios. Ex.: os neurônios da tireóide produzem a tiroxina.

A opção que contém apenas afirmativa(s) correta(s) é:

- a) I
- b) II
- c) I e III
- d) II e III

- 9. UEM-PR** – Sobre os tecidos conectivos que atuam unindo outros tecidos e conferindo-lhes sustentação e nutrição, é correto afirmar que:

- 01) a histamina, liberada pelos mastócitos, é o principal agente nos processos alérgicos e inflamatórios dos tecidos.
- 02) as fibras elásticas e colágenas, presentes no tecido conectivo dérmico, são responsáveis pela elasticidade e pela resistência da pele humana.
- 04) os condroblastos são células do tecido ósseo responsável pela regeneração das superfícies ósseas lesadas ou envelhecidas.
- 08) os macrófagos originam-se dos monócitos e apresentam intensa atividade fagocitária, atuando no mecanismo de defesa dos tecidos.
- 16) o tecido cartilaginoso não apresenta vasos sanguíneos, sua nutrição é realizada através do pericôndrio.

- 10. UFSCar-SP** – A duração de uma hemácia no tecido sanguíneo humano é de 90 a 120 dias. Por serem continuamente renovadas, torna-se necessária a remoção constante das hemácias envelhecidas do sangue.

- a) Onde ocorre a produção de novas hemácias e em que órgãos ocorre sua remoção?

b) Na parte líquida do sangue, chamada plasma, encontram-se determinadas proteínas, como as globulinas e as albuminas. Qual a função de cada uma dessas proteínas?

11. Imagine que você realizou um exame de sangue, nele você percebeu que houve uma grande queda no número de plaquetas. Essa baixa nos níveis desse elemento figurado pode levar você a um quadro de:

- a) Hemorragia.
- b) Leucopenia.
- c) Anemia.
- d) Insuficiência renal.
- e) Acidose.

12. **Cesgranrio-RJ** – Analise as afirmações a seguir sobre um grupo de células pertencentes ao tecido hematopoiético.

- I. A destruição dessas células leva à formação da bilirrubina.
- II. São células que permanecem na circulação no máximo por 120 dias.
- III. São células bicôncavas com uma grande área que permite a entrada de oxigênio.

As células a que se referem as afirmações anteriores são os (as):

- a) linfócitos.
- b) eritrócitos.
- c) leucócitos.
- d) monócitos.
- e) plaquetas.

13. **UECE** – O sangue pode ser considerado um tecido conectivo, pois:

- a) apresenta células dispostas em forma de fibra, com vários núcleos por célula, sendo a mioglobina que lhe dá a coloração avermelhada.
- b) apresenta células separadas por grande quantidade de matriz extracelular, denominada plasma.
- c) é veículo dos hormônios e a sede das glândulas endócrinas.
- d) possui plaquetas envolvidas na sua coagulação, plaquetas essas resultantes da fragmentação de eritrócitos.

14. **UFV-MG** – Apesar de o osso ser um órgão duro e resistente, ele é relativamente flexível e capaz de ser remodelado em resposta a forças ou tração, conforme verificado no uso de aparelhos ortodônticos e ortopédicos. Considere as características do tecido ósseo para resolver os itens.

- a) Cite os dois principais componentes químicos da matriz óssea que são responsáveis pela dureza dos ossos.

b) Cite o nome do principal componente orgânico da matriz óssea que confere flexibilidade aos ossos.

c) Qual a função dos osteoclastos no processo de remodelagem ou fratura óssea?

d) Cite uma consequência do excesso de paratormônio no organismo para a estrutura óssea de um indivíduo.

e) Cite a vitamina que tem um importante papel no processo de mineralização e estruturação dos ossos.

15. **UFC-CE** – A doação de sangue é um ato de solidariedade e pode salvar a vida de muitas pessoas. Sobre os componentes desse tecido, assinale a alternativa correta.

- a) O O_2 e os nutrientes, como glicose e aminoácidos, são transportados através das hemácias.
- b) O plasma sanguíneo é o componente extracelular em abundância, característico do tecido conectivo.
- c) Os reticulócitos – células de defesa do sangue – produzem anticorpos quando entram em contato com elementos estranhos.
- d) A hemoglobina perde sua conformação estrutural e, conseqüentemente, a função graças a uma falha na síntese proteica, ocasionada por uma doença hereditária, a anemia falciforme.
- e) A coagulação sanguínea é desencadeada por uma série de enzimas, culminando na formação de um trombo, cujos principais componentes são as hemácias e os leucócitos.

16. **UFPR (adaptada)**

Louco por um saleiro, sal foi uma das primeiras palavras que o garoto aprendeu a falar, antes de completar 1 ano de idade. Quando conseguiu caminhar com as próprias pernas, passou a revirar os armários da cozinha em busca de tudo que fosse salgado e, sempre que podia, atacava o saleiro. Aos 3 anos e meio, por causa da suspeita de puberdade precoce, o menino foi internado num hospital.

Christante, L. Sede de sal. Revista *Unesp Ciência*, n. 17, 2011.

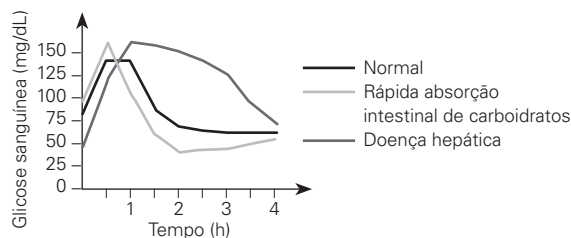
O apetite por sal da criança, cujo relato tornou-se clássico na história da Medicina, era causado por um desequilíbrio endócrino. Após sua morte, descobriu-se que a criança apresentava uma deficiência na produção de:

- a) aldosterona pelas glândulas adrenais.
- b) insulina pelo pâncreas.
- c) tiroxina pela glândula tireóidea.
- d) vasopressina pelo hipotálamo.
- e) somatotrofina pela hipófise.

17. **UNESP**

O teste de tolerância à glicose (GTT) consiste em jejum de 12 horas, ao final do qual o paciente ingere uma carga excessiva de glicose em dose proporcional ao peso corpó-

reo. Ao mesmo tempo, obtém-se uma amostra de sangue para determinação da glicemia inicial. A seguir, são coletadas amostras sucessivas, a cada 30 minutos, para a determinação da glicemia. Dessa forma, obtém-se, ao longo do tempo, uma curva da variação da glicemia. O gráfico mostra as curvas do GTT de três indivíduos: um normal, outro com rápida absorção intestinal de carboidratos e outro portador de doença hepática. Essa doença não afeta a produção normal dos hormônios que controlam a glicemia, mas provoca lentidão no funcionamento dos mecanismos de controle da glicemia pelo fígado.



CURI, R.; FILHO, J. P. A.
Fisiologia básica, 2009. (Adaptado)

Qual é o hormônio responsável pela redução da glicemia durante o GTT e qual dos três indivíduos apresentou maior liberação desse hormônio durante o teste? Como as células do corpo reagem sob a ação desse hormônio? Que mecanismo de controle da glicemia foi afetado no fígado do doente e que causa lenta redução da glicose sanguínea ao longo do tempo?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C5-H17

Matéria publicada em um jornal diário discute o uso de anabolizantes (apelidados de “bombas”) por praticantes de musculação. Segundo o jornal, os anabolizantes são hormônios que dão uma força extra aos músculos. Quem toma consegue ganhar massa muscular mais rápido que normalmente. Isso porque uma pessoa pode crescer até certo ponto, segundo sua herança genética e independentemente do quanto ela se exercite. Um professor de musculação diz: “Comecei a tomar bomba por conta própria. Ficava nervoso e tremia. Fiquei impotente durante uns seis meses. Mas como sou lutador de vale-tudo, tenho que tomar”.

A respeito dessa matéria, dois amigos fizeram os seguintes comentários:

- I. O maior perigo da automedicação é seu fator anabolizante, que leva à impotência sexual.
- II. O crescimento corporal depende tanto dos fatores hereditários quanto do tipo de alimentação da pessoa, se pratica ou não esportes, se dorme as 8 horas diárias.
- III. Os anabolizantes devem ter mexido com o sistema circulatório do professor de musculação, pois ele até ficou impotente.
- IV. Os anabolizantes são mais perigosos para os homens, pois as mulheres, além de não correrem o risco da impotência, são protegidas pelos hormônios femininos.

Tomando como referência as informações da matéria do jornal e o que se conhece da fisiologia humana, pode-se considerar que estão corretos os comentários:

- a) I, II, III e IV.
- b) I, II e IV apenas.
- c) III e IV apenas.
- d) II e III apenas.
- e) I, II e III apenas.

19. Enem (adaptada)

C5-H17

A cafeína atua no cérebro, bloqueando a ação natural de um componente químico associado ao sono, a adenosina. Para uma célula nervosa, a cafeína se parece com a adenosina e combina-se com seus receptores. No entanto, ela não diminui a atividade das células da mesma forma. Então, em vez de diminuir a atividade por causa do nível de adenosina, as células aumentam sua atividade, fazendo com que os vasos sanguíneos do cérebro se contraíam, uma vez que a cafeína bloqueia a capacidade da adenosina de dilatá-los. Com a cafeína bloqueando a adenosina, aumenta a excitação dos neurônios, induzindo a hipófise a liberar hormônios que ordenam às suprarrenais que produzam adrenalina, considerada o hormônio do alerta.

Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2010. (Adaptado)

Infer-se do texto que o objetivo da adição de cafeína em alguns medicamentos contra a dor de cabeça é:

- a) contrair os vasos sanguíneos do cérebro, diminuindo a compressão sobre as terminações nervosas.
- b) aumentar a produção de adrenalina, proporcionando uma sensação de analgesia.
- c) aumentar os níveis de adenosina, diminuindo a atividade das células nervosas do cérebro.
- d) induzir a hipófise a liberar hormônios, estimulando a produção de adrenalina.
- e) excitar os neurônios, aumentando a transmissão de impulsos nervosos.

20. Enem

C5-H17

Um paciente deu entrada em um pronto-socorro apresentando os seguintes sintomas: cansaço, dificuldade em respirar e sangramento nasal. O médico solicitou um hemograma ao paciente para definir um diagnóstico. Os resultados estão dispostos na tabela:

Constituinte	Número normal	Paciente
Glóbulos vermelhos	4,8 milhões/mm ³	4 milhões/mm ³
Glóbulos brancos	(5 000 – 10 000)/mm ³	9 000/mm ³
Plaquetas	(250 000 – 400 000)/mm ³	200 000/mm ³

Relacionando os sintomas apresentados pelo paciente com os resultados de seu hemograma, constata-se que:

- a) o sangramento nasal ocorre em razão da baixa quantidade de plaquetas, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.
- b) o cansaço ocorreu em função da quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.
- c) a dificuldade respiratória ocorreu da baixa quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pelo transporte de gases no sangue.
- d) a dificuldade respiratória ocorreu pela quantidade de plaquetas, que são responsáveis pelo transporte de oxigênio no sangue.

SISTEMAS GENITAIS

- Sistema genital masculino
- Espermatogênese
- Sistema genital feminino
- Ovogênese ou ovulogênese
- Ciclo menstrual
- Período fértil

HABILIDADES

- Identificar padrões em processos vitais dos organismos, como a manutenção do equilíbrio interno, os processos de defesa, as relações com o ambiente e a sexualidade.
- Caracterizar a função das estruturas que compõem a anatomia do sistema genital masculino.
- Sequenciar as etapas da gametogênese masculina (espermatogênese).
- Caracterizar a função das estruturas que compõem a anatomia do sistema genital feminino.
- Sequenciar as etapas da gametogênese feminina (ovogênese ou ovulogênese).
- Caracterizar o ciclo menstrual e suas aplicações reprodutivas.

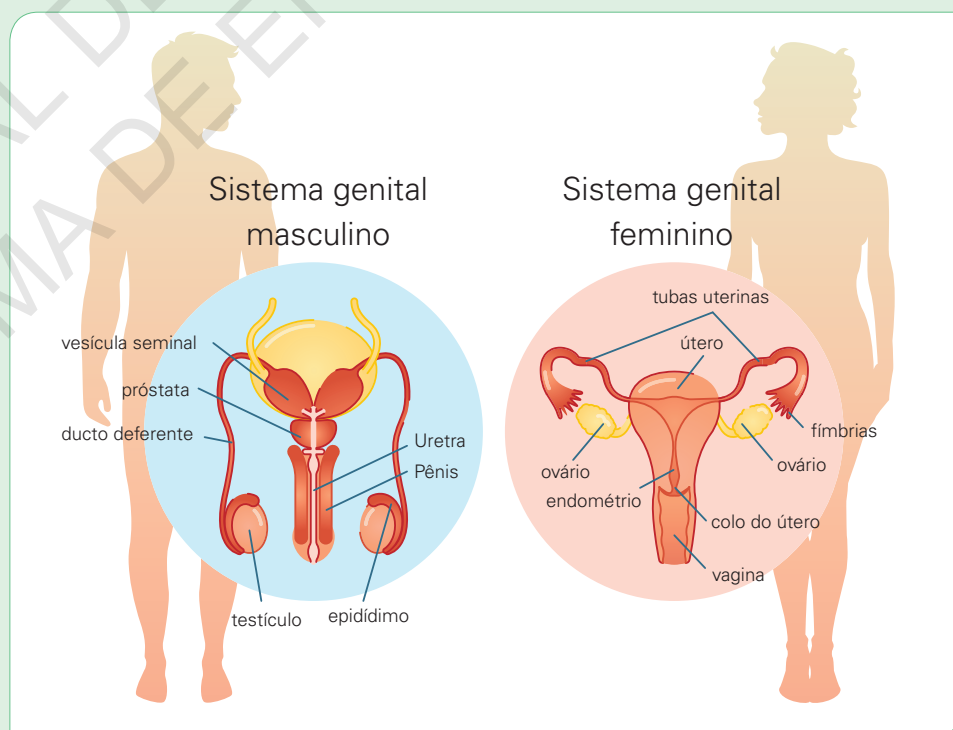
Todas as espécies apresentam a capacidade de reprodução de descendentes, seja pela reprodução sexuada ou assexuada.

Nos seres humanos os gametas masculinos são formados nos testículos (gônadas masculinas), e os gametas femininos se desenvolvem nos ovários (gônadas femininas).

A fertilização é interna, na qual um gameta masculino, em um ambiente aquoso, une-se, durante a fecundação, a um gameta feminino para formar um **zigoto**, tornando-se um **embrião** até se transformar em um **feto** (da 8ª semana até o nascimento).

Sistema genital humano

O sistema genital humano é formado por três conjuntos de estruturas: gônadas, genitália externa e genitália interna. As **gônadas** são responsáveis pela produção dos **gametas** – células reprodutivas (ovócitos e espermatozoides) que se unem para formar um novo indivíduo. As gônadas masculinas são os **testículos**, que produzem os **espermatozoides**. As gônadas femininas são os **ovários**, que produzem os **ovócitos** (oócitos). Quando as células das gônadas não estão diferenciadas em espermatozoides ou ovócitos, são chamadas de **células germinativas**. As glândulas acessórias e os ductos que ligam as gônadas ao meio externo são chamadas de **genitália interna**. Todas as estruturas genitais externas formam a **genitália externa**.



Sistema genital masculino (à esquerda) e sistema genital feminino (à direita). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Cada célula humana, com exceção dos ovócitos e espermatozoides, contém um núcleo com 23 cromossomos que ocorrem aos pares (homólogos). Esse conjunto é denominado **diploide** ($2n = 46$), sendo 22 pares de cromossomos autossômicos e um par de **cromossomos sexuais** ($n = 23$). Os cromossomos autossômicos determinam o desenvolvimento do corpo e das características variáveis (cor do cabelo e dos olhos, estatura etc.). Já os cromossomos sexuais, denominados X e Y.

Os gametas são células **haploides** (n) porque contêm apenas 23 cromossomos. Com a fecundação, o zigoto passa a ter o número **diploide** ($2n$), com um cromossomo de cada par homólogo herdado do pai e outro da mãe.

SISTEMA GENITAL MASCULINO

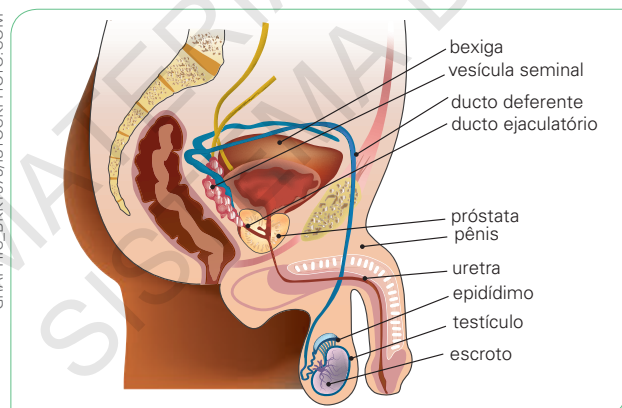
O sistema genital masculino consiste em dois **testículos**; **genitália interna** dividida em glândulas acessórias (próstata, glândula bulbouretral e glândulas seminais) e ductos (ducto deferente, ducto ejaculatório e uretra); e **genitália externa**, formada pelo pênis e escroto. A uretra é a via comum para a passagem da urina e do sêmen e é circundada pelo corpo esponjoso que, com o corpo cavernoso, forma o tecido erétil do pênis.

Pênis

O pênis é o órgão erétil e copulador masculino, com formato cilíndrico, e constituído por um tecido erétil que, ao ser preenchido com sangue durante a excitação sexual, torna-se rígido. Esse tecido é composto de três cilindros, dos quais dois são pares (direito e esquerdo) e o terceiro é ímpar e mediano. Os dois cilindros superiores recebem o nome de corpos cavernosos do pênis, e o inferior, corpo esponjoso do pênis.

A ponta do pênis é alargada em uma região chamada **glândula** (expansão do corpo esponjoso), na qual se localiza a abertura do canal da uretra, e é protegida no nascimento pelo prepúcio (dobra cutânea).

GRAPHIC_BKK1979/ISTOCKPHOTO.COM



Vista lateral do sistema genital masculino. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Escroto

O escroto é uma bolsa musculocutânea fora da cavidade abdominal que protege os testículos e o epidídimo.

Possui função termorreguladora, ajudando a manter os testículos a uma temperatura cerca de 1°C abaixo da temperatura corporal ($36,5^{\circ}\text{C}$), ideal para o desenvolvimento normal dos espermatozoides.

Testículo e epidídimo

Os testículos são um par de glândulas que produzem os gametas masculinos (espermatozoides), em um processo denominado **espermatogênese**. São revestidos por uma cápsula externa fibrosa e resistente que envolve numerosos túbulos finos e enovelados, os **túbulos seminíferos**, que constituem aproximadamente 80% da massa testicular de um homem adulto.

Nos túbulos seminíferos há dois tipos celulares: **espermatogônias**, em diferentes estágios de transformação, que são orientadas pelas **células de Sertoli**. Nas adjacências de um túbulo, as células de Sertoli formam a **barreira hematotesticular** entre o lúmen do túbulo e o líquido intersticial que está fora. Isso restringe a entrada de certas moléculas grandes, mas permite a entrada de testosterona. Entre os túbulos seminíferos há vasos sanguíneos e **células de Leydig**, que produzem a testosterona.

Os túbulos seminíferos, ao saírem dos testículos, juntam-se ao **epidídimo**, no qual ocorre a fase de diferenciação dos espermatozoides, que completam sua maturação e ganham mobilidade, ficando armazenados até o momento da ejaculação.

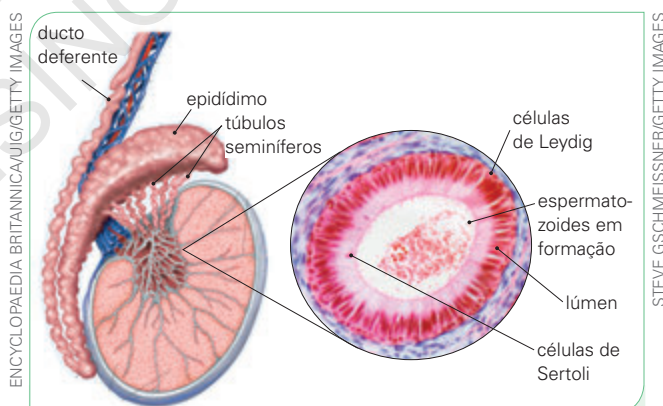


Imagem de corte lateral de testículo em que é possível observar a disposição dos túbulos seminíferos e septos. No detalhe, um corte histológico do epidídimo, mostrando os espermatozoides no interior dos túbulos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Ducto deferente

Cada epidídimo está conectado a um **ducto deferente**, que sai da bolsa escrotal, entra na cavidade abdominal, contorna a bexiga e une-se a outro ducto deferente, seguindo como ducto ejaculador único. Este passa pela próstata antes de desembocar na uretra. O ducto deferente dispõe de pouca vascularização, mas possui rica inervação que garante o seu peristaltismo e o transporte de seu conteúdo.

Glândulas acessórias

O sistema genital masculino é formado por três glândulas acessórias: **próstata** (anteriormente chama-

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA/GETTY IMAGES

STEVE GSCHMEISSNER/GETTY IMAGES

da de glândula prostática), **glândulas vesiculosas** (ou glândulas seminais) e **glândulas bulbouretrais** (anteriormente chamadas de glândulas de Cowper).

Aos sair do ducto deferente durante a ejaculação, os espermatozoides juntam-se às secreções produzidas por essas glândulas, formando o **sêmen**, que fornece o meio líquido para a movimentação dos espermatozoides.

As glândulas bulbouretrais e as vesiculosas liberam suas secreções na uretra por meio de ductos. A próstata envolve o ureter e o ducto ejaculador, lançando suas secreções diretamente no lúmen da uretra.

No **ducto ejaculatório**, os espermatozoides recebem as secreções das glândulas vesiculosas (localizadas atrás da bexiga urinária) e da glândula prostática (localizada na base da bexiga urinária).

As glândulas vesiculosas produzem secreções:

- líquidas e viscosas, ricas em substâncias como frutose, citrato, vitamina C, prostaglandinas e diversas proteínas;
- alcalinas, que auxiliam na neutralização do ambiente ácido da uretra e do trato vaginal, garantindo a sobrevivência dos espermatozoides.

Durante a excitação sexual, as glândulas bulbouretrais (localizadas abaixo da próstata) liberam secreções que:

- passam por todo o canal da uretra até a glândula, lubrificando-a com um muco que facilita a penetração do pênis;
- limpam o canal da uretra antes da passagem do sêmen e contêm tampões que neutralizam o meio ácido da vagina.

As secreções produzidas pelas glândulas acessórias auxiliam na mobilidade e transporte dos gametas masculinos e protegem o trato genital masculino contra agentes infecciosos advindos do meio externo via uretra.

Controle hormonal

A testosterona é o hormônio sexual masculino sintetizado a partir do colesterol, de natureza química esteroide.

A produção de **testosterona** é regulada pelo hormônio luteinizante (LH), produzido pela adeno-hipófise. O **LH** atua sobre as células intersticiais (células de Leydig) dos testículos, que se encontram entre os túbulos seminíferos, estimulando-os a produzir os hormônios sexuais masculinos, os andrógenos.

O hormônio foliculestimulante (**FSH**), também produzido pela adeno-hipófise, estimula a produção de espermatozoides, na presença da testosterona.

Espermatogênese

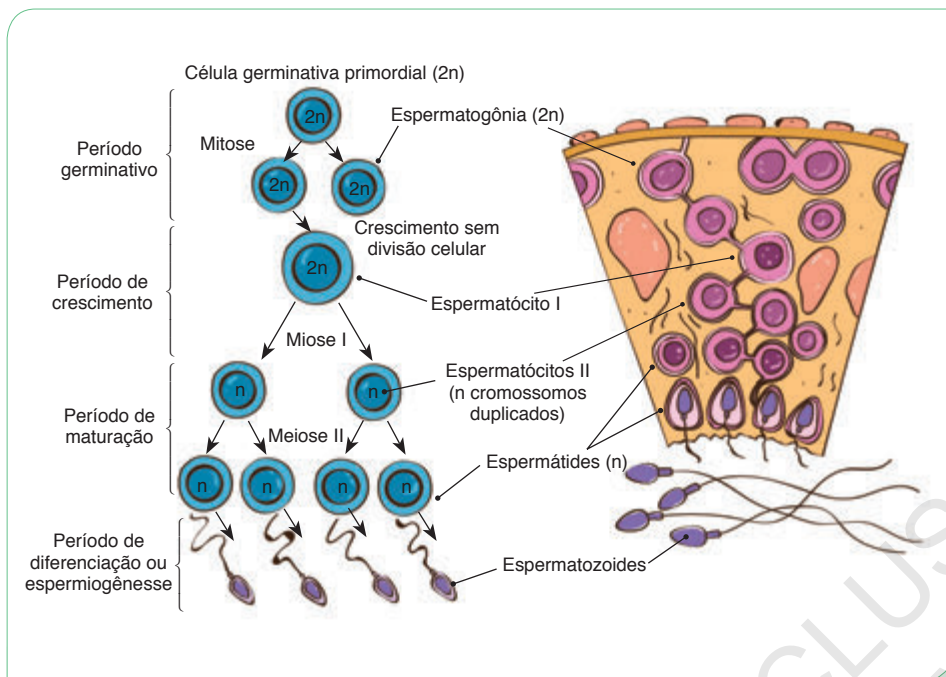
A espermatogênese é o processo de formação dos espermatozoides a partir de células germinativas, denominadas espermatogônias, e ocorre nos testículos.

A espermatogênese divide-se em quatro fases:

- multiplicação ou germinativa;
- crescimento;
- maturação;
- espermiogênese.

O período de **multiplicação** inicia-se na vida intrauterina e prolonga-se por praticamente toda a vida. Esse processo é lento até o início da puberdade e, por volta dos 13 anos de idade, as espermatogônias ($2n$) – agrupadas próximas à extremidade basal das células de Sertoli – intensificam a mitose, produzindo células germinativas adicionais.

No período de **crescimento**, parte das espermatogônias cessa a mitose, aumenta o volume citoplasmático e diferencia-se em **espermatócito primário**, também denominado espermatócito I ($2n$). Após a primeira divisão meiótica, no período de **maturação**, cada espermatócito primário origina dois **espermatócitos secundários** ou espermatócitos II (n). Por resultarem da divisão I da meiose, são células haploides, embora possuam cromossomos duplicados. Após a segunda divisão meiótica, os dois espermatócitos II formados originam quatro **espermátides** (n) que irão se diferenciar em espermatozoides no período de **diferenciação**.



Infográfico das fases da espermatogênese, com a histologia do túbulo seminífero em detalhe. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

As espermatídeos permanecem na membrana apical das células de Sertoli, nas quais perdem quase todo seu citoplasma e as vesículas do complexo golgiense. Na sequência, fundem-se na extremidade anterior da célula formando o **acrossomo**, que contém enzimas capazes de perfurar a proteção externa e a membrana do ovócito II durante a fecundação. A cromatina se condensa, enquanto os centríolos migram para a região posterior do núcleo e um deles dá origem ao flagelo ou cauda. Como resultado é formado o espermatozoide, um gameta pequeno e móvel com poucas semelhanças com a espermatíde que o originou. O processo de diferenciação das espermatídes em espermatozoides é denominado **espermio gênese**.

Sistema genital feminino

A genitália feminina consiste em dois **ovários**, que compõem a **genitália interna** com a vagina, o útero e as tubas uterinas, e a **genitália externa**, chamada pudendo feminino (anteriormente vulva) e é composta de: lábio menor, lábio maior, clitóris e vestibulo vaginal.

GENITÁLIA EXTERNA

O mesmo tecido embrionário que origina o corpo do pênis e o escroto também origina os pequenos e grandes lábios, respectivamente. Estes constituem o **pudendo feminino** e protegem a abertura vaginal, também denominada vestibulo vaginal. O **clitóris** é uma estrutura de tecido sensorial erétil que, assim como o prepúcio do pênis, possui um tecido esponjoso que fica turgido de sangue e se dilata durante a excitação sexual.

A **vagina** contém as **glândulas vestibulares**, secretoras do fluido lubrificante que facilita a penetração durante a relação sexual. No nascimento, a abertura externa da vagina está parcialmente ocluída pelo **hímen**, um fino anel membranoso.

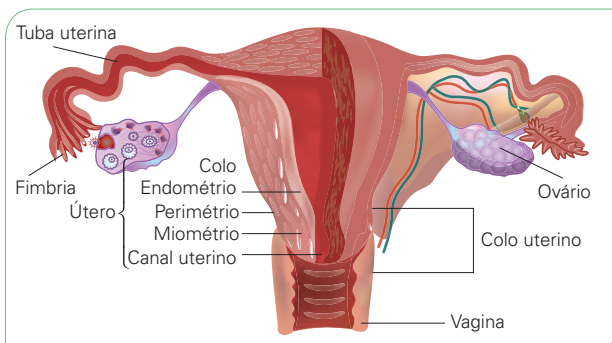


Vista lateral do sistema genital feminino. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

GENITALIA INTERNA

O **útero** é um órgão muscular em forma de pera. A porção afilada inferior é o **colo uterino** (anteriormente cérvix), projetado para o interior da vagina. O **canal cervical** é revestido por glândulas mucosas cujas secreções criam uma barreira entre a vagina e o útero. O útero é revestido pelo **endométrio**, um epitélio glandular cuja camada superficial sofre descamação no período da **menstruação** e onde o ovócito fertilizado se fixa. Além do endométrio, o útero é formado por uma fina camada de tecido conectivo e uma camada intermediária de tecido muscular liso chamada **miométrio**. Durante a gravidez, as paredes do útero sofrem distensão.

O útero abre-se em dois canais laterais que interligam os ovários ao útero, denominados **tubas uterinas**, que apresentam em suas paredes duas camadas de musculatura lisa (uma longitudinal e outra circular) e são revestidas por células ciliadas, cujos batimentos impulsionam em direção ao útero o ovócito II liberado pelo ovário. As extremidades das tubas são abertas e alargadas, dividindo-se em projeções que lembram dedos, chamadas **fimbrias**. Essas estruturas são mantidas próximas ao ovário pelo **tecido conectivo**, que tem o papel de assegurar a entrada do ovócito nas tubas e impedir que ele caia na cavidade abdominal.



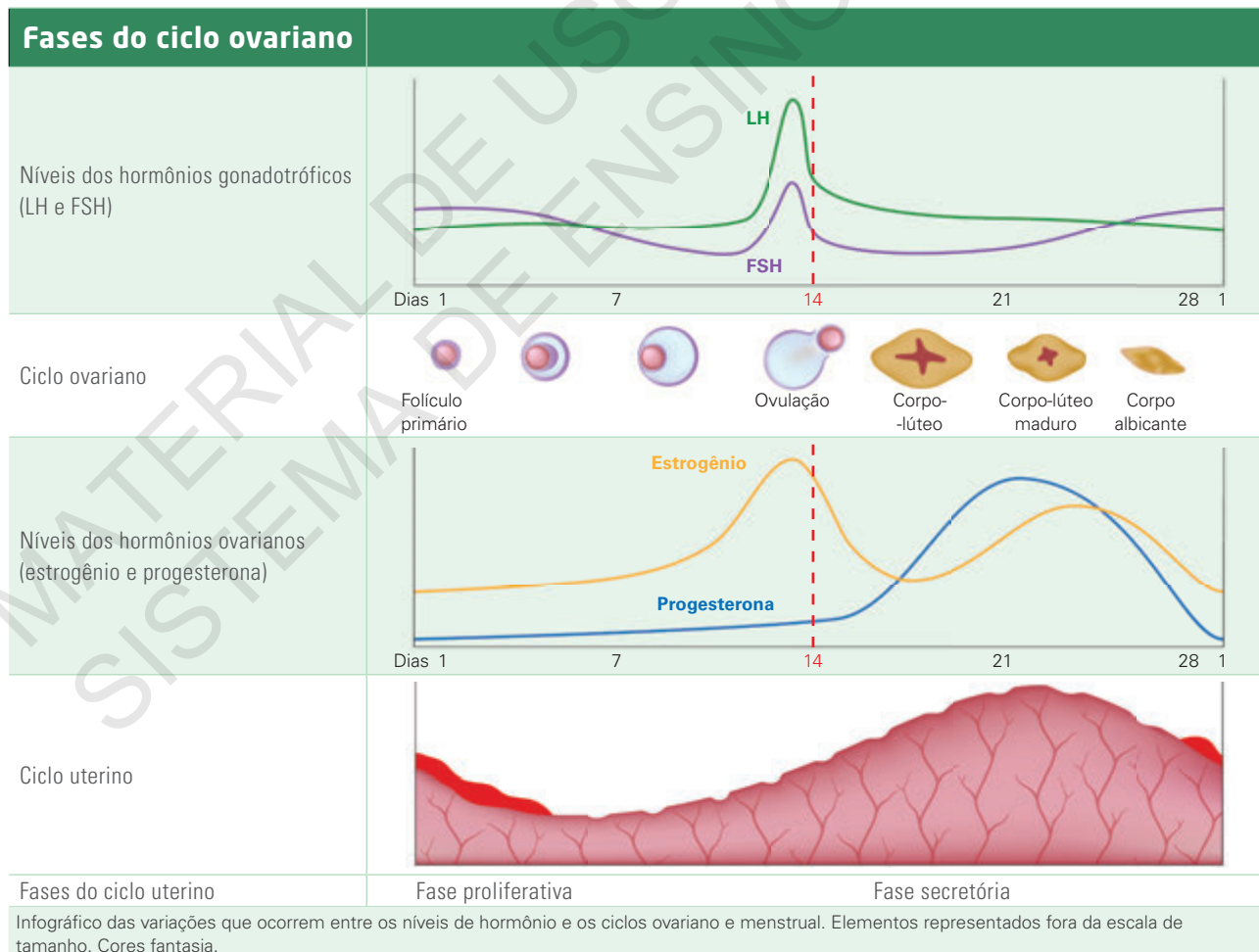
Anatomia da genitália interna feminina. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Os **ovários** são as gônadas femininas produtoras de gametas (ovócitos) e hormônios, funcionando sob a influência dos hormônios gonadotróficos: hormônio foliculosestimulante (**FSH**) e hormônio luteinizante (**LH**), ambos produzidos pela hipófise.

Atuação hormonal no sistema genital feminino

A interação dos hormônios gonadotróficos com os hormônios ovarianos que determinam a série de alterações cíclicas do sistema genital feminino.

Observe no infográfico as relações entre as fases dos ciclos ovariano e menstrual e os respectivos níveis hormonais.



Ovogênese ou ovulogênese

A gametogênese feminina é um processo fisiológico cíclico, ao contrário da gametogênese masculina, que é contínua.

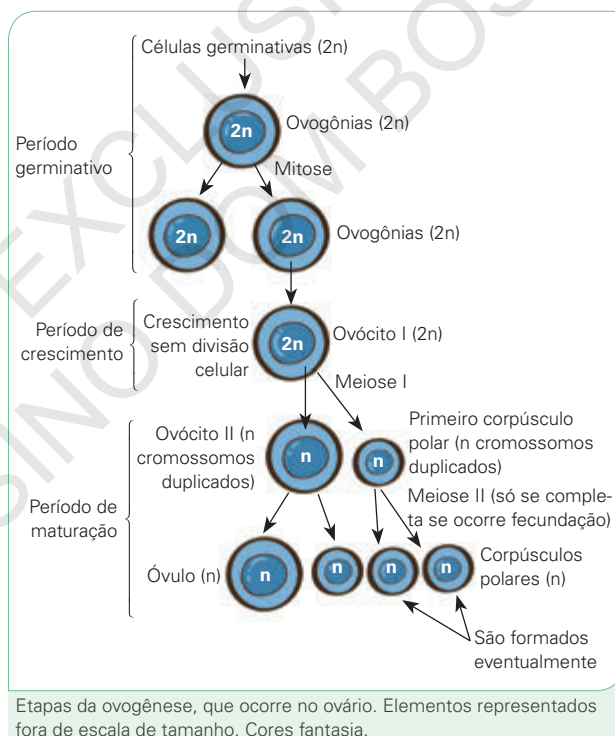
Na **ovogênese**, são gerados nos ovários os gametas femininos, denominados **ovócitos**. As **células germinativas primordiais**, que originam gametas femininos, estão circundadas e nutridas pelas **células foliculares** que sintetizam os hormônios estrógeno e progesterona. As células germinativas primordiais e as células foliculares formam estruturas denominadas **foliculos ovarianos**, que contêm o gameta.

A ovogênese ocorre em três etapas:

- **Período germinativo** ou **de multiplicação**: as células germinativas primordiais ($2n$) sofrem mitoses consecutivas e dão origem às **ovogônias** ($2n$). No feto humano do sexo feminino, essa fase termina no terceiro mês de gestação;
- **Período de crescimento**: as ovogônias começam a acumular substância de reserva (vitelo) e aumentam em volume. Nessa etapa, elas passam a ser chamadas de ovócitos primários ou ovócitos I ($2n$);
- **Período de maturação**: no período de maturação, inicia-se o processo de meiose, porém este não se completa e os ovócitos I estacionam na prófase I. A meiose continuará apenas após estimulação do hormônio FSH, que ocorre na puberdade. O ovócito I completa a meiose I e origina o ovócito secundário ou **ovócito II** (n), que recebe quase todo o citoplasma da célula inicial, e o **primeiro corpúsculo polar** (ou glóbulo polar).

O **ovócito secundário**, que é a célula lançada no momento da ovulação, começa a segunda divisão da meiose, mas o processo é inibido na metáfase II. Caso não ocorra o encontro do espermatozoide com o ovócito secundário, ele se degenera aproximadamente um dia após sua liberação. **Ocorrendo a fecundação, a meiose completa-se** e é liberado o segundo corpúsculo polar ou glóbulo polar II (n).

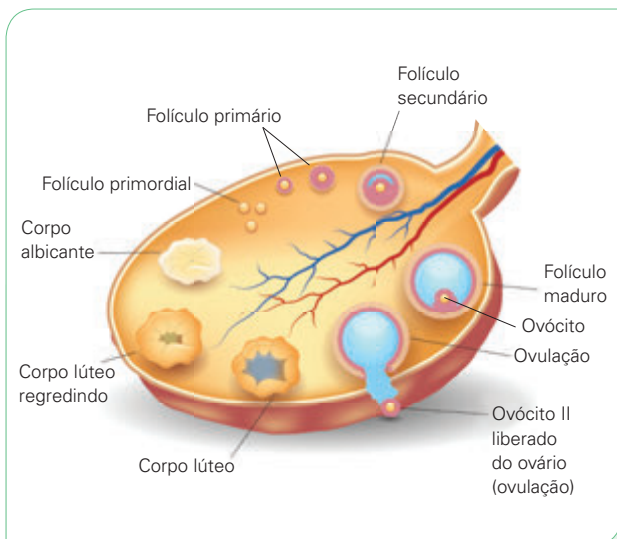
Além de atuar estimulando o amadurecimento folicular, o FSH estimula a secreção do **estrógeno**, hormônio sexual feminino responsável pelos caracteres sexuais secundários. A produção do LH é estimulada pela presença do estrógeno e tem a função de estimular a ovulação.



CICLO OVARIANO

O período de crescimento e maturação do ovócito ocorre dentro do ovário em um processo chamado **ciclo ovariano**, que pode ser dividido nas seguintes fases:

- **Fase folicular**: tem início no primeiro dia da menstruação e seu objetivo é selecionar um folículo para a ovulação. Ocorre o crescimento do folículo primário, que contém o ovócito I, e pode durar de 10 dias a 14 dias. Cerca de 50 folículos são recrutados nessa fase, mas somente um prossegue o desenvolvimento e atinge a maturidade;
- **Fase da ovulação**: o folículo amadurece e, após a meiose I, torna-se um folículo maduro que contém o ovócito II, liberado pelo ovário e transportado para o interior da tuba uterina pelas fimbrias, seguindo em direção ao útero. A meiose só se completa se o espermatozoide fecundar o ovócito II;
- **Fase lútea**: também chamada de fase pós-ovulatória, tem início quando o folículo rompido transforma-se no **corpo-lúteo**, de cor amarelada em razão dos depósitos de lipídios. O corpo-lúteo secreta os hormônios que preparam o útero para a gestação e, se não ocorrer fecundação, ele regride e um novo ciclo ovariano se inicia. Essa fase tem duração de 14 dias, normalmente.



Esquema do ciclo ovariano. Cada ovócito está contido em um folículo no ovário, que iniciará a maturação a cada ciclo menstrual. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Ciclo menstrual

O ciclo menstrual, também chamado de ciclo endometrial ou uterino, é o período entre duas menstruações consecutivas e dura em média 28 dias.

O primeiro dia do ciclo corresponde ao **primeiro dia da menstruação**, e o último, ao dia que antecede a menstruação seguinte. Podemos reconhecer as seguintes fases:

- **Fase menstrual:** inicia-se quando a camada superficial do endométrio desprende-se, ocasionando um sangramento, que dura em média de 3 a 5 dias. Nesse período, a concentração plasmática dos hormônios da adeno-hipófise (LH e FSH) e dos hormônios ovarianos (estrógeno e progesterona) está baixa. Após a menstruação, há o aumento da produção e secreção do FSH e,

por influência desse hormônio, um folículo ovariano inicia sua maturação, e o ovócito I sofre a primeira divisão meiótica;

- **Fase proliferativa:** o folículo produz quantidades crescentes de estrógeno, estimulando o crescimento do endométrio. A elevação da concentração desse hormônio inibe a produção e liberação de FSH e estimula um acréscimo na produção de LH pela adeno-hipófise. O **aumento abrupto na concentração de LH, causa a ovulação**.
- **Fase secretória:** o folículo rompido origina o corpo-lúteo, que produz progesterona em grande quantidade e pouco estrógeno. A progesterona estimula ainda mais o desenvolvimento do endométrio, no qual surgem glândulas produtoras de glicogênio e cujos vasos sanguíneos se dilatam, caracterizando a fase secretória.

Período fértil

A ovulação, fase em que o gameta é liberado do ovário e permanece viável por cerca de 24 horas, é o período mais fértil da mulher. Caso ocorra relação sexual desprotegida nesse período, a fecundação ocorre na tuba uterina. Pelo fato de o espermatozoide sobreviver por até 72 horas no trato genital feminino (em condições propícias), cerca de 2 a 3 dias antes e 1 dia após a ovulação, a mulher tem chances de engravidar em relações sexuais desprotegidas.

Depois de 5 a 7 dias, o embrião se implanta no útero no estágio de **blastocisto**, e a placenta começa a se formar. Inicia-se, então, a produção do **hormônio gonadotrófico coriônico** (hCG), que mantém o corpo-lúteo ativo, produzindo progesterona, o que impede a menstruação. À medida que se desenvolve, a placenta produz mais estrógeno e progesterona, cujas concentrações permanecem altas durante toda a gestação.

ROTEIRO DE AULA

Sistema genital masculino

Formado pelas
genitálias

Regulado pelo
hormônio

externa

interna

testosterona

escroto

pênis

ductos

glândulas anexas

Produzem:

proteção dos:

deferente

próstata

sêmen

testículos

ejaculadores

bulbouretrais

local da:

uretra

vesículas

gametogênese

produção de:

espermatozoides

ROTEIRO DE AULA

Sistema genital feminino

Formado pelas genitálias

Hormônios

Ovarianos

Gonadotróficos

Progesterona

Estrógeno

LH

FSH

Externas

Interna

Formada por:

Vagina

Útero

Ovário

Tuba uterina

Pequenos lábios

Grandes lábios

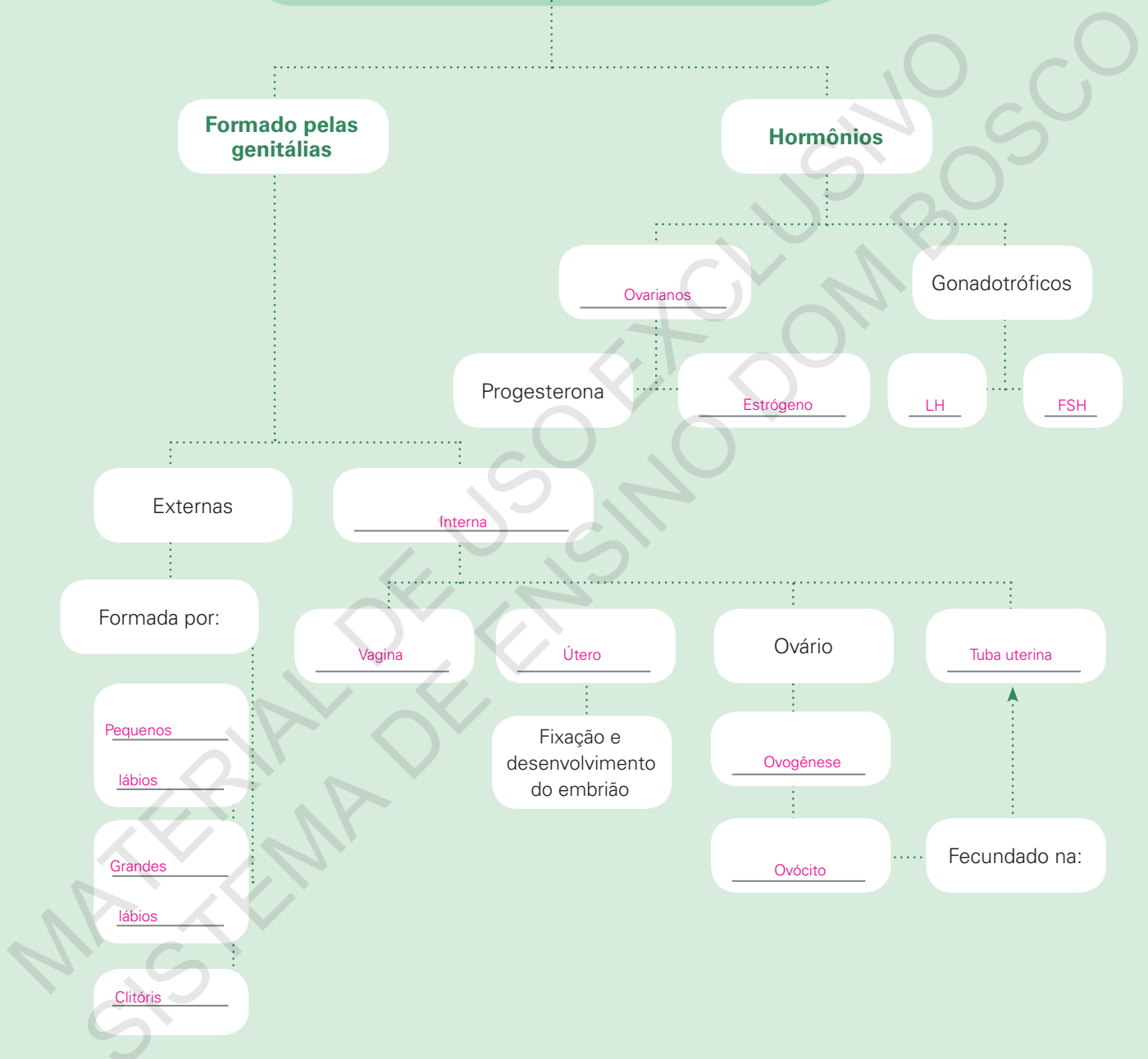
Clitóris

Fixação e desenvolvimento do embrião

Ovogênese

Ovócito

Fecundado na:



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UFSM-RS

C4-H14

Uma alimentação com deficiência de vitaminas ou de minerais pode influenciar todas as etapas do processo reprodutivo. Seguem alguns exemplos de vitaminas que não podem faltar na dieta.

Vitamina A: regula a síntese de progesterona e, durante a gestação, previne a imunodeficiência da mãe e do bebê.

Vitamina C: é um potente antioxidante que protege ovócitos e espermatozoides.

Vitamina D: influencia a formação do endométrio.

Considerando os eventos envolvidos na reprodução humana, os segmentos sublinhados relacionam-se, respectivamente, com o(a):

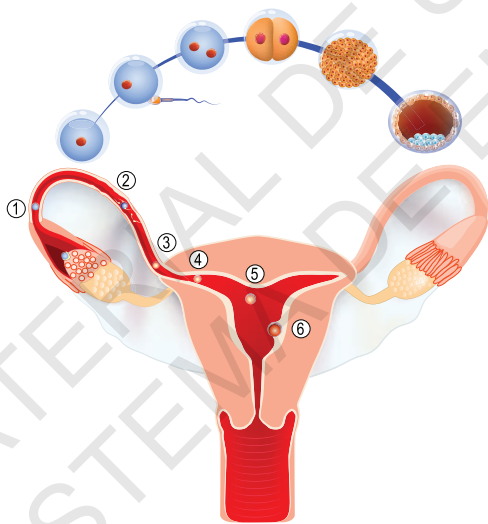
- a) fecundação – fecundação – ciclo menstrual.
b) ciclo menstrual – gametogênese – ciclo menstrual.
 c) gametogênese – fecundação – fecundação.
 d) fecundação – gametogênese – fecundação.
 e) ciclo menstrual – gametogênese – fecundação.

A progesterona é produzida no corpo-lúteo, formado após a ovulação, e sua produção aumenta caso haja fecundação do ovócito II, para desenvolver o endométrio. Caso não haja fecundação, o endométrio descama liberando a menstruação. A gametogênese é o processo de formação dos gametas e, portanto, é importante que se tenha os nutrientes adequados para a boa formação.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

2. Cefet-MG (adaptada) – Analise a representação da sequência de eventos que ocorrem no aparelho reprodutor feminino humano.

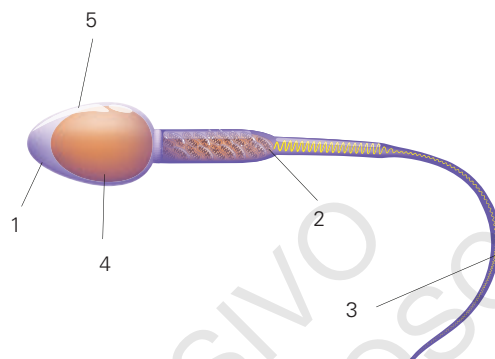


Caso **não** ocorra o fenômeno indicado em 2, o destino do ovócito II é ser:

- a) degenerado e eliminado com a menstruação.**
 b) absorvido pelo endométrio.
 c) mantido na tuba, aguardando outra ejaculação.
 d) retornado ao ovário para ser eliminado na outra ovulação.
 e) aderido ao endométrio para ser posteriormente fecundado.

Se não houver fecundação, como indicado por 2, o ovócito II sofre degeneração e é eliminado com a menstruação.

3. UEPB – Observe o desenho, que representa um espermatozoide humano. Em seguida, analise as proposições e coloque **V** para as **verdadeiras** e **F** para as **falsas**.



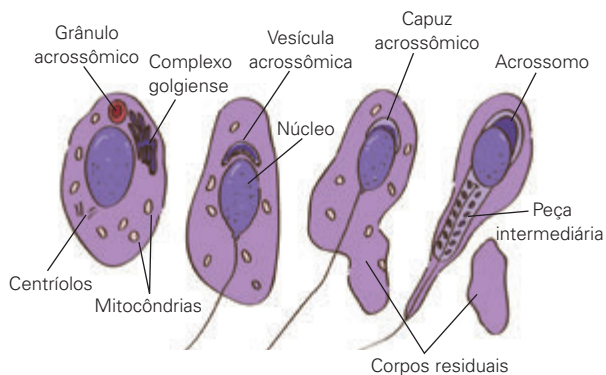
- () A estrutura 1 é o acrossomo, formada pela fusão de vesículas do complexo golgiense e que contém enzimas que vão digerir os envoltórios do ovócito na fecundação.
 () A estrutura 2 é a peça intermediária e apresenta muitas mitocôndrias, responsáveis pela liberação da energia necessária à movimentação do espermatozoide.
 () A estrutura 3 é a cauda, originada no centríolo.
 () A estrutura 4 é o núcleo, que traz em seu interior os cromossomos pareados.
 () 5 representa a cabeça do espermatozoide, onde encontramos o capuz acrossômico e o núcleo.

A alternativa que apresenta a sequência correta é:

- a) V – F – F – F – V
 b) F – V – V – V – V
 c) F – F – V – V – V
d) V – V – V – F – V
 e) V – V – V – F – F

O espermatozoide é uma célula haploide (n); portanto, o núcleo só contém cromátides, ou seja, a metade dos cromossomos da célula somática (2n).

4. Cefet-MG (adaptada) – Analise a sequência de maturação celular representada a seguir:



- a) Qual é o órgão no qual esse processo ocorre?

Testículo.

- b)** Nesse processo, a vesícula acrossômica forma o capuz e o acrossomo. Qual a função desse último?

O acrossomo reserva enzimas que ajudarão na penetração do ovócito.

- c)** Em qual tipo de células ocorre esse processo e qual o nome que recebe?

As espermátides são produzidas na gametogênese e recebe o nome de espermiogênese.

- d)** Qual a função das mitocôndrias aglomeradas na peça intermediária?

As mitocôndrias fornecem energia para o batimento do flagelo e

consequentemente da locomoção dos espermatozoides.

- 5. FGV-SP (adaptada)** – Casos de *doping* pelo uso de testosterona têm sido cada vez mais frequentes entre atletas. A presença desse hormônio no organismo pode ser verificada:

- a)** em atletas homens na idade adulta, pois ele só pode ser detectado no organismo no início da puberdade.
b) apenas em atletas mulheres, uma vez que o organismo feminino não o produz.
c) apenas em atletas homens, uma vez que o organismo masculino não o produz.
d) tanto em atletas homens como em mulheres, caso a concentração esteja muito acima do normal.
e) em qualquer concentração no organismo, pois, assim que é produzido pela tireóide, é imediatamente metabolizado.

A testosterona é encontrada naturalmente em homens e mulheres. Passa a ser considerado doping quando a quantidade desse hormônio circulante é superior a esses níveis.

- 6. UNESP (adaptada)** – Marina não menstruou na data prevista e então comprou um teste para gravidez, que confirmou que estava grávida. No mesmo dia, ela procurou um laboratório especializado para realizar o exame sanguíneo de gravidez, que confirmou o resultado do teste anterior.

Considere o hormônio que evidenciou a gravidez nos dois testes realizados. O resultado positivo indica que a concentração de:

- a)** gonadotrofina coriônica humana (hCG) era baixa na urina e alta no sangue circulante.
b) progesterona era baixa na urina e baixa no sangue circulante.
c) hormônio foliculestimulante (FSH) era alta na urina e alta no sangue circulante.
d) progesterona era alta na urina e baixa no sangue circulante.
e) gonadotrofina coriônica humana (hCG) era alta na urina e alta no sangue circulante.

A gonadotrofina coriônica humana (hCG) é um hormônio glicoproteico produzido pela placenta durante a gestação que impede a destruição do corpo-lúteo e estimula a produção de esteroides (o que justifica sua alta concentração na urina e no sangue de Marina).

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 7. UEPA** – O ovário apresenta uma sequência cíclica de eventos chamada de ciclo menstrual, que é mensal e, durante esse ciclo, há uma interação hormonal entre ele (ovário), a hipófise e o útero, sendo que este último prepara-se para a possível implantação de um embrião. Sobre o ciclo hormonal referido, analise as afirmativas abaixo.

- I.** A menstruação ocorre quando a taxa de todos os hormônios sexuais se torna baixa no sangue da mulher.
II. Durante o período da menstruação, a hipófise reinicia a produção de FSH.
III. A presença do FSH no sangue induz o desenvolvimento dos folículos ovarianos, que passam a produzir progesterona.
IV. O LH induz as células do folículo ovariano rompido a se transformarem no corpo-lúteo, que produz estrógeno e progesterona.
V. A produção de hormônios sexuais femininos diminui progressivamente a partir dos 50 anos, até cessarem a produção.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a)** I, II e III. **d)** II, III, IV e V.
b) II, III e V. **e)** I, III, IV e V.
c) I, II, IV e V.

- 8. UEG-GO** – Na reprodução humana, a meiose é o processo básico para a ocorrência da espermatogênese e da ovogênese. Considerando-se as diferentes etapas na produção dos gametas masculinos, responda ao que se pede.

- a)** Se o espermátocito primário apresentar 40 cromossomos, quantos cromossomos serão encontrados em cada espermatozoide? Justifique sua resposta.

- b)** Para produzir 300 000 espermatozoides, quantas espermatogônias serão necessárias? Justifique sua resposta.

9. UFPA

“Esteroides andrógeno-anabólicos” comumente designam um grupo de substâncias sintéticas relacionadas aos hormônios sexuais masculinos. Promovem crescimento do músculo esquelético, além do desenvolvimento de características sexuais masculinas tanto em homens como em mulheres.

Traduzido livremente de National Institute on Drug Abuse. *Anabolic Steroid Abuse*. Disponível em: <<http://www.drugabuse.gov>>.

Considere as seguintes afirmativas acerca do tema tratado acima:

- I. Os hormônios sexuais masculinos são conhecidos como andrógenos, e são produzidos somente pelo córtex adrenal.
- II. A ação de crescimento do músculo esquelético exemplifica o efeito anabolizante desses hormônios esteroides.
- III. Alguns dos efeitos colaterais devem-se à ação direta dos esteroides, porém outros ocorrem em razão da à retroalimentação negativa dos esteroides.
- IV. Os esteroides andrógeno-anabólicos comercializados são derivados sintéticos do andrógeno testosterona.

Está correto o que se afirma em:

- a) I, II e IV apenas. d) I, III e IV apenas.
 b) II e III apenas. e) I, II, III e IV.
 c) II, III e IV apenas.

10. Fuvest-SP – Considere as informações abaixo, relativas a mulheres e homens saudáveis.

- Tempo de viabilidade do ovócito, após sua liberação pelo ovário: 24 horas.
- Tempo de viabilidade do espermatozoide no corpo de uma mulher após a ejaculação: 72 horas.
- Período fértil: período do ciclo sexual mensal feminino em que a mulher apresenta maiores chances de engravidar.

Com base nessas informações, responda:

- a) No calendário, assinale com X os dias que correspondem ao período fértil de uma mulher que tenha ovulado no dia 15 do mês e justifique sua resposta.

Dias do mês

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

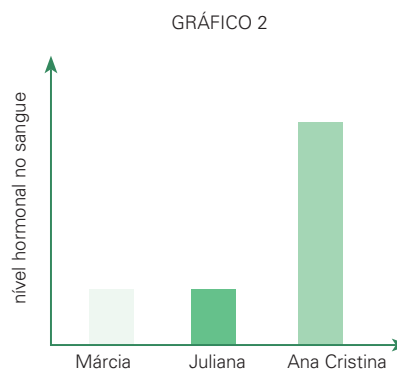
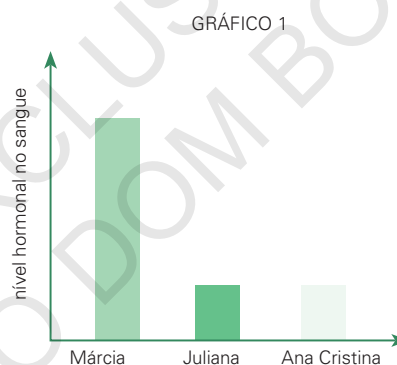


Ovulação

- b) Considerando as taxas dos hormônios luteinizante (LH), foliculestimulante (FSH) e progesterona no sangue, indique aquele(s) hormônio(s) que atinge(m) seu nível mais alto no período fértil da mulher.

11. UNESP – Márcia, Juliana e Ana Cristina são três amigas. Uma delas está amamentando, outra está entrando em seu período fértil e a terceira está no final de seu ciclo menstrual.

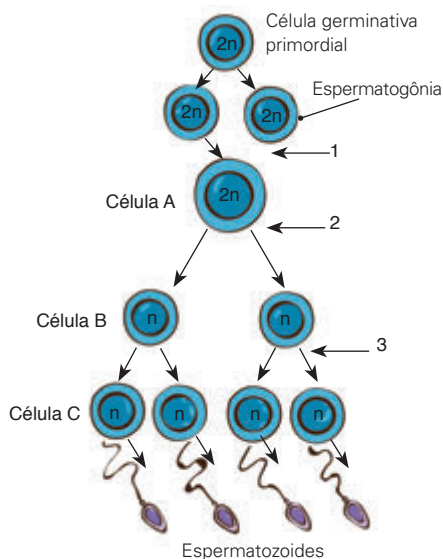
Os gráficos 1 e 2 apresentam os níveis dos hormônios luteinizante (LH) e ocitocina no sangue dessas mulheres.



Se o gráfico 1 referir-se aos níveis de:

- a) ocitocina, Ana Cristina está entrando em período fértil, Márcia está no final de seu ciclo menstrual e Juliana está amamentando.
- b) LH e o gráfico 2 aos níveis de ocitocina, Juliana está entrando em período fértil, Ana Cristina está no final de seu ciclo menstrual e Márcia está amamentando.
- c) ocitocina e o gráfico 2 aos níveis de LH, Ana Cristina está entrando em período fértil, Márcia está no final de seu ciclo menstrual e Juliana está amamentando.
- d) ocitocina e o gráfico 2 aos níveis de LH, Márcia está entrando em período fértil, Juliana está no final de seu ciclo menstrual e Ana Cristina está amamentando.
- e) LH e o gráfico 2 aos níveis de ocitocina, Márcia está entrando em período fértil, Juliana está no final de seu ciclo menstrual e Ana Cristina está amamentando.

- 12. UNESP** – O esquema representa a espermatogênese humana, processo no qual, a partir de divisões e diferenciações celulares, serão produzidos os espermatozoides que darão origem aos indivíduos da geração seguinte.



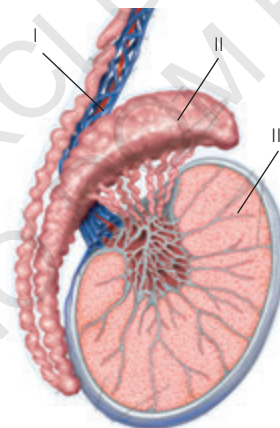
Pode-se dizer que:

- a seta de número 1 indica mitose.
 - a célula A é chamada de espermatíde.
 - nas células B, cada cromossomo tem duas cromátides.
 - a partir da puberdade, ocorrem apenas os eventos representados pelas setas 2 e 3.
 - as células A, B e C são haploides.
- 13. Fuvest-SP** – Nas mulheres, uma ovogônia diferencia-se em ovócito primário, que sofre a divisão I da meiose. Dessa divisão, resultam o ovócito secundário e outra célula, chamada primeiro corpúsculo polar. Ao final da divisão II da meiose, o ovócito secundário origina duas células – o ovócito secundário maduro e o segundo corpúsculo polar.
- Quantos cromossomos existem na ovogônia, no ovócito secundário maduro e no segundo corpúsculo polar?

- Admitindo que a quantidade de DNA da ovogônia é X, quanto DNA existe no ovócito primário, no ovócito secundário, e no primeiro e no segundo corpúsculos polares?

- Quantos gametas resultam de uma ovogônia?

- 14. UFV-MG** – Com relação ao esquema de parte do sistema genital humano (I, II e III), assinale a alternativa correta.



- As células de Sertoli encontram-se em III.
- Os túbulos seminíferos percorrem a estrutura indicada por I.
- A liberação dos espermatozoides ocorre na sequência II, III e I.
- O epidídimo está representado por III.
- Os espermatozoides são produzidos em II.

- 15. UEMG**

A patroa de Natalina passou a viajar sozinha. O patrão ficava no quarto dele, de noite levantava e ia buscar Natalina no quarto da empregada. Não falavam nada, naqueles encontros de prazer comedido. [...] Um dia as regras de Natalina não desceram. A patroa, aflita, pediu a urina, fizeram o exame: positivo. Os três estavam grávidos. O pai sorriu, voltou a viajar sempre. A patroa ficava o tempo todo com ela. Contratou outra empregada. Levava Natalina ao médico, cuidava de sua alimentação e de distraí-la também. [...].

EVARISTO. *Fragmentos*, p. 47- 48, 2014.

O exame de gravidez dá resultado positivo quando detecta, na urina da mulher, a presença do hormônio:

- estrógeno.
- progesterona.
- gonadotrofina coriônica (hCG).
- luteinizante (LH).

16. Mack-SP – A restrição excessiva de ingestão de colesterol pode levar a uma redução da quantidade de testosterona no sangue de um homem. Isso se deve ao fato de que o colesterol:

- a) é fonte de energia para as células que sintetizam esse hormônio.
- b) é um lipídio necessário para a maturação dos espermatozoides, células produtoras desse hormônio.
- c) é um esteroide e é a partir dele que a testosterona é sintetizada.
- d) é responsável pelo transporte da testosterona até o sangue.
- e) é necessário para a absorção das moléculas que compõem a testosterona.

17. Uninove-SP (adaptada) – O sistema genital masculino é formado por glândulas (próstata, vesiculares e bulbouretrais), testículos no interior do escroto, epidídimos, ductos deferentes, pênis e uretra. Qual desses órgãos produz a testosterona? Qual é o papel da testosterona na puberdade?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Na mulher, o processo de produção de gametas é chamado ovogênese ou ovulogênese e realiza-se no interior da gônada feminina. A respeito da ovogênese, pode-se afirmar que:

- a) durante a fase embrionária nos ovários do feto feminino, células germinativas primordiais transformam-se em ovogônias, que são células diploides.
- b) as ovogônias, após sofrerem mitoses, formam os ovócitos primários e estes, também por mitose, originam os ovócitos secundários.
- c) os ovócitos secundários são células diploides e interrompem a meiose na prófase I, ainda no útero materno.
- d) o ovócito primário gera duas células iguais, os ovócitos secundários, após sofrer a primeira divisão da meiose.
- e) ao final da segunda divisão da meiose, surgem o ovócito primário e três corpúsculos polares reduzidos.

19. Sistema Dom Bosco

C4-H14

O câncer de próstata é o mais comum em homens de meia-idade e fatal em 30% dos casos, segundo a *British Journal of Health Psychology*. A maneira mais eficiente de ser detectado precocemente é por meio do exame

de próstata. Entretanto, o machismo e o preconceito levam muitos homens a não realizar o procedimento, o que aumenta os casos fatais da doença.

A próstata é uma glândula exócrina localizada no final da uretra e é responsável por:

- a) armazenar fluido componente do sêmen.
- b) produzir espermatozoides.
- c) local de maturação dos espermatozoides.
- d) produção e secreção de testosterona.
- e) conduzir o ejaculado para fora do pênis.

20. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Diversas podem ser as causas de abortos espontâneos durante uma gestação. Uma delas ocorre quando o corpo-lúteo se desintegra no primeiro trimestre de gravidez. A gestação nesse caso é interrompida em virtude do(a):

- a) formação precoce da placenta.
- b) deficiência do hormônio FSH.
- c) aumento da taxa de prolactina.
- d) deficiência do hormônio progesterona.
- e) aumento do hormônio testosterona.

4

ANTICONCEPÇÃO E EMBRIOLOGIA

- Métodos anticoncepcionais
- Doenças sexualmente transmissíveis (DSTs)
- Estudos da embriologia
- Folhetos germinativos e organogênese
- Desenvolvimento do embrião
- Gêmeos e células-tronco

HABILIDADES

- Classificar os diferentes métodos anticoncepcionais conforme a ação contraceptiva.
- Reconhecer as doenças sexualmente transmissíveis (DSTs) e seus mecanismos de transmissão, prevenção e controle.
- Compreender a abrangência da embriologia em todas as etapas e em que consiste seu estudo.

Além de prevenir a concepção, há métodos que previnem doenças como a gonorreia, a sífilis e a Aids (sigla em inglês referente à síndrome da imunodeficiência adquirida), transmitidas sexualmente.

Métodos contraceptivos

É necessário considerar, ainda, que alguns métodos contraceptivos são mais eficazes e seguros na prevenção de gravidez indesejada e de doenças sexualmente transmissíveis (DSTs).

Há diferentes métodos contraceptivos, os quais podem ser classificados como:

MÉTODOS CIRÚRGICOS

Esses métodos cirúrgicos geralmente são irreversíveis, mas são os mais eficientes. A **vasectomia** consiste na secção dos ductos deferentes do homem para impedir que os espermatozoides alcancem a uretra. Após a cirurgia, o líquido ejaculado contém apenas secreções prostática e seminal, sendo desprovido de espermatozoides. A atividade sexual é preservada, com orgasmo e ejaculação normais, já que a produção de testosterona não é interrompida.

A **laqueadura**, ligadura das tubas uterinas, consiste na secção ou bloqueamento das tubas uterinas, impedindo a subida dos espermatozoides ao encontro do ovócito.

Tanto a vasectomia quanto a laqueadura são métodos muito eficazes e não prejudicam a saúde, mas são praticamente irreversíveis.

MÉTODOS FARMACOLÓGICOS

Os **progestógenos** são esteroides sintéticos ou naturais. A progesterona é o único progestógeno natural, produzido pelo corpo-lúteo ovariano após a ovulação e pela placenta durante a gestação. Os progestógenos sintéticos são as progestinas, que simulam o efeito da progesterona.

A **pílula anticoncepcional** é constituída pelos hormônios estrógeno e progesterona, que impedem a produção dos hormônios foliculestimulante (FSH) e luteinizante (LH) pela hipófise. Assim, não há maturação do folículo nem ovulação. Esses hormônios causam também o espessamento do muco cervical, dificultando a passagem dos espermatozoides. Ao final de uma cartela de comprimidos, interrompe-se a ingestão diária de hormônios e ocorre a menstruação.

O **adesivo anticoncepcional** contém os mesmos dois hormônios da pílula anticoncepcional, estrógeno e progesterona, os quais passam para a corrente sanguínea através da pele. Deve ser colocado uma vez por semana durante 21 dias, perto do abdome, na parte posterior do braço, nádegas ou costas.

Os **implantes** são bastonetes com cerca de 2 mm de comprimento e espessura, os quais são inseridos abaixo da pele do braço. Contêm progestógenos, que são liberados na corrente sanguínea aos poucos durante até três anos.

O **anel vaginal** é um anel plástico que contém hormônios, a serem absorvidos pela mucosa vaginal em doses baixas e constantes. Como um anticoncepcional oral, o anel impede a ovulação.

Os hormônios também podem ser aplicados por **injeções** – mensalmente, com os hormônios estrogênio e progesterona, ou trimestralmente, apenas com a progesterona (progestogênio).

MÉTODOS MECÂNICOS E QUÍMICOS

O **dispositivo intrauterino (DIU)** é introduzido pelo(a) ginecologista na cavidade uterina e impede o processo de nidação (implantação do embrião), mas não impedem a ovulação. Na rara ocasião em que um espermatozoide atravessa a barreira, o cobre impede a implantação do óvulo na parede do útero. Outros modelos são chamados de DIU hormonal (SIU) por conter hormônio progesterona, em vez de cobre, que é liberada continuamente em pequenas doses. Isso causa o espessamento do muco uterino e afina a parede do útero, garantindo o mesmo efeito do DIU de cobre. Embora seja muito útil para evitar a gravidez, o DIU e o SIU não protegem contra as DSTs e não são todas as mulheres que podem usá-los.

O **preservativo** é usado durante o ato sexual. Tanto a versão masculina (camisinha) quanto a feminina (femidom) impedem a deposição dos espermatozoides na vagina.

O **diafragma** é um material de silicone em forma de cúpula que é inserido na vagina algumas horas antes do ato sexual para evitar a gravidez. Para ser eficaz, é necessário que ele seja usado com espermicida para impedir que os espermatozoides cheguem aos óvulos.

MÉTODOS NATURAIS

Todos os métodos naturais têm pouca ou nenhuma eficiência na contracepção. O acompanhamento nas alterações do ciclo menstrual pode ser mais útil para quem deseja engravidar, já que é possível identificar o período de maior fertilidade.

O **teste do muco cervical** consiste na análise da viscosidade da secreção vaginal, que se altera no período fértil.

O **método da tabelinha** leva em conta o período fértil da mulher no ciclo menstrual. Estabelece-se um período de abstinência sexual próximo à data provável da ovulação, considerando que se passam duas semanas antes da menstruação. Por exemplo: uma mulher que tem ciclos de 28 dias deve ovular no 14º dia. O período de abstinência sexual envolve uma margem de segurança de 3 dias antes e 3 dias depois (tempo de vida do espermatozoide dentro do corpo da mulher); assim, deve-se evitar manter relações sexuais do 11º ao 17º dia do ciclo. Como o método do teste do muco cervical, este também é um método de **eficácia duvidosa**, principalmente em mulheres com ciclo menstrual irregular.

Doenças sexualmente transmissíveis (DSTs)

As DSTs são causadas por vírus, bactérias e outros organismos parasitas. São estas suas principais formas de transmissão: contato sexual com pessoa infectada sem o uso de camisinha; transfusão de sangue contaminado ou compartilhamento de seringas e agulhas; transmissão da mãe para o bebê durante a gravidez ou o parto.

Quando não diagnosticadas e tratadas a tempo, algumas DSTs podem causar sérias complicações e morte.

DSTs CAUSADAS POR VÍRUS

A **Aids** é causada pelo vírus HIV (vírus da imunodeficiência adquirida), que compromete o sistema imunológico humano, impedindo-o de proteger adequadamente o organismo contra agressões externas como bactérias, outros vírus e parasitas oportunistas.

A **herpes genital** é causada pelo vírus herpes simplex tipo III. Manifesta-se por meio de pequenas bolhas, localizadas principalmente na parte externa da vagina e na ponta do pênis.

O **condiloma acuminado** causa lesão verrugosa na região genital causada pelo papilomavírus humano (HPV). A doença também é conhecida como crista de galo, figueira ou cavalo de crista. Existem vários tipos de HPV e alguns estão relacionados ao surgimento de câncer, especialmente o de colo de útero.

A **hepatite C** é causada pelo vírus da hepatite C (HCV), que causa destruição das células do fígado. A contaminação ocorre por meio de relações sexuais sem camisinha, partilha de seringas, agulhas e objetos de uso pessoal (maquiagem, instrumentos de manicure), perfuração de piercings e tatuagens feitos com agulhas contaminadas, ou em meio hospitalar. Em mulher grávida contaminada, há chances de se transmitir o vírus ao feto durante a gestação ou o parto.

DSTs CAUSADAS POR BACTÉRIAS

A **gonorreia** é causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae*, que ocasiona infecção na uretra, produzindo secreção purulenta, e compromete as vias genitais. O cancro mole é causado pela bactéria *Haemophilus ducreyi*, que provoca ulcerações na genitália externa.

O **linfo granuloma venéreo**, ou clamídia, é causado pela bactéria *Chlamydia trachomatis*, que provoca lesão genital em forma de feridas ou elevação da pele durante três a cinco dias. Se não tratado, evolui para feridas que drenam pus e, em mulheres contaminadas, a infecção pode atingir o útero e as trompas, provocando infecção grave, parto prematuro e até esterilidade.

A **sífilis** é causada pela bactéria *Treponema pallidum* e manifesta-se como **sífilis primária**, quando há uma pequena ferida nos órgãos sexuais (cancro duro) e ínguas (caroços, gânglios inchados) nas virilhas, que desaparecem com o tempo. Se não houver tratamento, evolui para a **sífilis secundária**, em que surgem também manchas em várias partes do corpo (como palma das mãos e sola dos pés), coceiras e ínguas nas axilas e no pescoço.

O quadro é agravado na **sífilis terciária**, que manifesta sintomas nos grandes vasos (como a aorta), no

cérebro e no sistema nervoso, podendo causar queda de cabelos, dor de cabeça, epilepsia, cegueira, doença do coração e paralisias nos casos mais avançados.

Além do contato sexual, a transmissão também pode ocorrer por transfusão de sangue contaminado e da mãe infectada para o feto durante a gestação ou o parto. Nos últimos anos, a sífilis voltou a ter surto no Brasil.

DSTs CAUSADAS POR PROTOZOÁRIOS E OUTROS ORGANISMOS

A **tricomoniase** é causada pelo protozoário *Trichomonas vaginalis*; os sintomas são corrimento amarelo-esverdeado, com mau cheiro, ardor e dificuldade para urinar.

A **pediculose pubiana** (chato) é causada pela pica-da do *Phthirus pubis*, espécie de piolho, que pode provocar coceira intensa. A transmissão ocorre por contato sexual com parceiro contaminado ou por contato com roupa, toalha, lençol e peças íntimas.

A **candidíase** é causada por fungos do gênero *Candida* sp. Provoca coceiras, prurido, dor ao urinar, corrimento branco, vermelhidão, inchaço, fissuras na genitália e dor durante a relação sexual. Em mulheres, a proliferação do fungo está relacionada principalmente à queda da imunidade do organismo, uso de antibióticos, anticoncepcionais, imunossupressores e corticoides, mas também pode estar relacionada à gravidez, diabetes, alergias e ao HPV (papiloma vírus).

Para evitar a candidíase, é importante ter uma higiene íntima adequada. Em todas as relações sexuais, o uso de preservativos é fundamental para evitar contaminações.

Implantação e desenvolvimento embrionário

Nos animais com reprodução sexuada, o desenvolvimento embrionário é iniciado quando ocorre a fecundação do ovócito II, que é revestido por duas camadas principais, as quais devem ser atravessadas pelo espermatozoide para que ocorra a fecundação.

A entrada do espermatozoide induz no ovócito II a finalização da segunda divisão meiótica, que origina o segundo glóbulo polar e o pronúcleo feminino. O núcleo do espermatozoide cresce, formando o pronúcleo masculino (haploide).

Os pronúcleos aproximam-se, suas membranas se fundem e seus cromossomos se unem formando um núcleo diploide, processo chamado cariogamia (derivado do grego *karion*, "núcleo"; e "*gamos*", casamento)

ou anfimixia (derivado do grego *amphi*, "dois"; e *mixis*, "mistura"). Nesse momento, forma-se uma célula chamada ovo, célula-ovo ou **zigoto**, iniciando o desenvolvimento com as primeiras clivagens.

Zigoto é a célula diploide com metade dos cromossomos de origem paterna e metade materna. O citoplasma do zigoto provém do óvulo, que contém mitocôndrias (organoides dotados de DNA). Assim, todas as células do indivíduo terão DNA mitocondrial de origem materna.

O desenvolvimento do zigoto envolve mitoses sucessivas e eventos de diferenciação e migração celulares que adquirem funções especializadas, para gerar os diferentes tipos de tecido (epitelial, conectivo, nervoso e muscular), os órgãos e sistemas, etapa denominada **organogênese**.

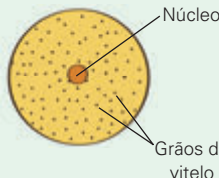
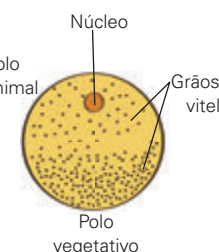
O zigoto dá início às etapas do desenvolvimento embrionário, que são as seguintes:

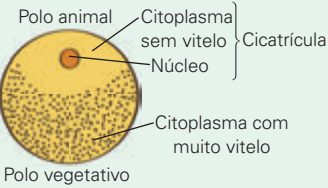
zigoto → segmentação/clivagem → gastrulação
→ neurulação → organogênese

SEGMENTAÇÃO

Essa é a fase inicial do desenvolvimento embrionário. Nos animais, o óvulo (ovo) contém uma reserva nutritiva denominada **vitelo**, que possui a função de nutrir o zigoto ou embrião.

A disponibilidade de nutrientes é fundamental por assegurar ao novo organismo suprimento adequado de energia e matéria-prima.

Tipos de ovos	Características
<p>Oligolécito</p>  <p>Núcleo Grãos de vitelo</p>	<p>Chamado também de isolécito, possui pouco vitelo distribuído de modo homogêneo. Seu núcleo fica no centro do ovo. É encontrado em equinodermos e cefalocordados (anfioxo).</p>
<p>Heterolécito</p>  <p>Núcleo Polo animal Grãos de vitelo Polo vegetativo</p>	<p>Possui muito vitelo distribuído pelo citoplasma de maneira irregular, formando duas regiões distintas: o polo vegetativo (que concentra o vitelo) e o polo animal (que contém o núcleo). É encontrado em anfíbios, platelmintos, anelídeos (poliquetas) e algumas espécies de peixes.</p>

Tipos de ovos	Características
<p>Telolécito</p>  <p>Polo animal</p> <p>Citoplasma sem vitelo</p> <p>Núcleo</p> <p>Cicatrícula</p> <p>Citoplasma com muito vitelo</p> <p>Polo vegetativo</p>	<p>Possui grande quantidade de vitelo, que ocupa quase todo o ovo. Também forma polo animal, com o núcleo, e polo vegetativo, com maior concentração de vitelo.</p> <p>É encontrado em répteis, alguns peixes, moluscos cefalópodes (polvos e lulas), aves e mamíferos prototérios (equidna e ornitorrinco).</p>
<p>Centrolécito</p>  <p>Vitelo</p> <p>Núcleo</p> <p>Citoplasma</p>	<p>Nele o vitelo fica concentrado no centro do ovo, ao redor do núcleo. O citoplasma limita-se à pequena região periférica. É característico de insetos e outros artrópodes.</p>
<p>Alécito</p>  <p>Citoplasma</p> <p>Núcleo</p>	<p>Quase sem vitelo. O embrião se desenvolve no interior da mãe e dela recebe a maioria dos nutrientes necessários ao desenvolvimento. É encontrado em mamíferos placentários, como os humanos.</p>

Fases da segmentação e seus tipos

Nessa fase, o zigoto formado sofre sucessivas divisões mitóticas, originando numerosas células denominadas **blastômeros**. Não há recuperação do citoplasma e o zigoto mantém o tamanho inicial. Até essa fase, os blastômeros são indeterminados e as células são chamadas de **células-tronco embrionárias**.

Animais diferentes podem ter o mesmo tipo de ovo, mas padrões de segmentações diferentes.

Nos animais, ocorrem duas formas básicas de segmentação do ovo: **holoblástica (total)** e **meroblástica (parcial)**.

Na segmentação holoblástica, ovos alécitos, isolécitos e heterolécitos são totalmente divididos em blastômeros. Dependendo do modo como o vitelo se distribui no ovo, esse tipo de segmentação é subdividido em:

- **holoblástica total igual:** são formados oito blastômeros iguais na terceira clivagem; ocorre em ovos alécitos e alguns oligolécitos, como nos humanos.
- **holoblástica total desigual:** são formados blastômeros de tamanhos diferentes. Após sucessivas mitoses, formam-se micrômeros (blastômeros menores), que derivam do polo animal do zigoto e são

pobres em vitelo, e macrômeros (maiores), que derivam do polo vegetativo do zigoto e são ricos em vitelo.

Na segmentação meroblástica, os ovos sofrem segmentação parcial, originando blastômeros apenas no polo animal. Distinguem-se dois subtipos de segmentação parcial:

- **meroblástica discoidal:** a abundância de vitelo no polo vegetativo impede a segmentação dessa região, o que torna as divisões mitóticas restritas ao polo animal (sem vitelo), constituindo o disco germinativo; ocorre em ovos telolécitos;
- **meroblástica superficial:** no início da segmentação, apenas o núcleo se divide e, posteriormente, os núcleos das células formadas migram para a superfície do ovo, onde se formam os blastômeros; ocorre em ovos centrolécitos.

As sucessivas clivagens resultam na formação da **mórula**, uma estrutura densa e maciça de células. No desenvolvimento embrionário humano, o agregado de 12 a 16 células do embrião já é considerado **mórula** e esse estágio **permanece** com essa nomenclatura até atingir 64 células. Apesar das sucessivas divisões mitóticas ocorridas, a **mórula** tem volume igual ao apresentado no início das divisões.

BLASTULAÇÃO

É no estágio denominado **blastulação** que o embrião humano chega à cavidade uterina e realiza o processo de nidação ou implantação na parede do endométrio do útero, que ocorre por volta do 7º dia após a fecundação.

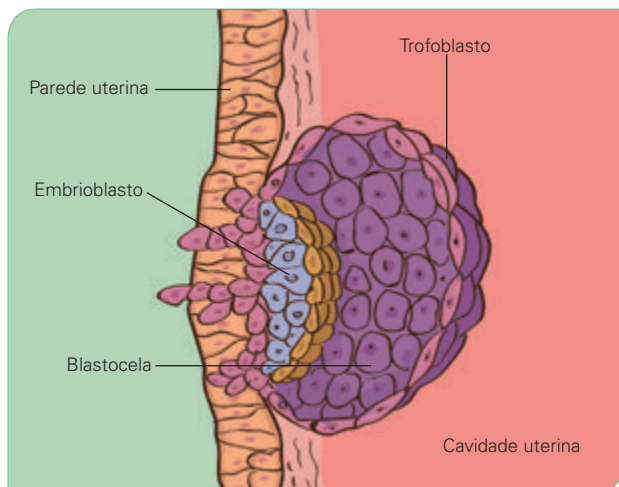
As células da **mórula** posicionam-se na porção periférica e secretam um líquido, que preenche uma cavidade interna e central denominada **blastocela**. A **blástula** é formada por uma camada de células denominada **blastoderme**, cuja função é revestir e delimitar a **blástula**.

A **blastulação** marca o final do processo de segmentação.

Nos mamíferos, a **blástula** – denominada **blastocisto** – é composta por um revestimento simples de células, o **trofoblasto** (*trophé* = “nutrir”), e por uma massa interna de células agrupadas na periferia, o **embrioblasto** ou **botão germinativo**.

O **blastocisto** chega ao útero ainda envolto pela **zona pelúcida** (camada glicoproteica que envolve o ovócito) e, ao liberar-se dessa estrutura, implanta-se no útero.

Nesse processo, o **trofoblasto** multiplica-se ativamente e origina uma membrana extraembrionária, o **córion**, que nos mamíferos placentários forma a **placenta**. O **embrioblasto** forma o embrião e outras membranas extraembrionárias, como o **ânio** (secreta o líquido amniótico), o **alantoide**, que se torna parte do cordão umbilical, e o **saco vitelino**, degenerado no caso dos humanos. A produção do **hormônio gonadotrofina coriônica (hCG)** retém o embrião na parede do útero.



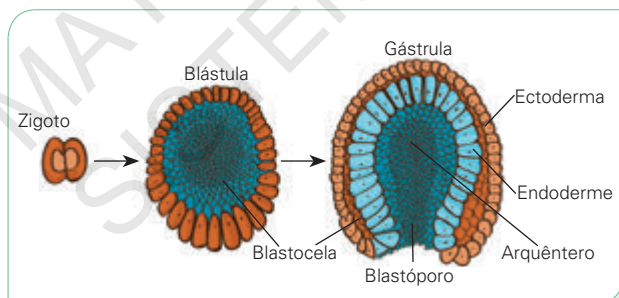
Implantação do blastocisto no útero. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

GASTRULAÇÃO

Na maioria dos animais, nessa fase ocorre uma reorganização significativa das células da blástula, resultando em um embrião com três camadas e um tubo digestório primitivo. Nessa etapa, o embrião é denominado **gástrula**.

Esse processo é conduzido uma alteração na posição e no formato das células e na adesão celular a outras células e moléculas da matriz extracelular. Como resultado, duas camadas de células são formadas constituindo os **folhetos embrionários** que levarão à formação dos órgãos. Os dois folhetos embrionários são denominados **ectoderma** e **endoderma**.

- **Ectoderma:** reveste o embrião externamente e dá origem à epiderme e aos anexos da pele (unha, pelo, garras, glândulas sebáceas e sudoríparas e sistema nervoso).
- **Endoderma:** reveste a cavidade do arquêntero. Dá origem ao revestimento do tubo digestório e das glândulas (salivares, mucosas, do pâncreas, do fígado etc.), além do sistema respiratório (pulmões, brânquias).



Formação da gástrula por invaginação. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Quando o blastóporo origina a boca, os animais são chamados de **protostômios**, como os platelmintos, nematódeos, anelídeos, moluscos e artrópodes.

Quando o blastóporo dá origem somente ao ânus, os animais são denominados **deuterostômios** (*deutero* = “posterior”), como ocorre no ouriço-do-mar (equinodermos) e cordados.

Os poríferos não desenvolvem gástrula nem formam folhetos embrionários.

Classificação quanto ao número de folhetos germinativos	Característica	Exemplos
Apoblásticos	Não formam tecido verdadeiro.	Apenas poríferos.
Diblásticos	Formam ectoderma e endoderma.	Somente cnidários.
Triblásticos	Formam ectoderma, mesoderma e endoderma.	Platelmintos, anelídeos, moluscos, artrópodes, equinodermos e cordados.

ORGANOGENESE

A organogênese caracteriza-se pelo desenvolvimento de rudimentos de órgãos do organismo a partir dos três folhetos embrionários.

Os primeiros órgãos a tomar forma nos embriões de animais cordados são o **tubo neural** e a **notocorda**, no processo denominado **nêurula**.

O tubo neural percorre toda a região dorsal do embrião e se tornará o sistema nervoso central do animal (cérebro e medula espinal). No anfióxico (cefalocordado), a notocorda permanece a vida toda.

Um grupo de células denominado crista neural se desenvolve ao longo da borda onde o tubo neural se desprende da ectoderme. Essas células posteriormente migram para diferentes partes do embrião, onde formam os nervos periféricos, parte dos dentes, ossos do crânio e outros diferentes tipos de células.

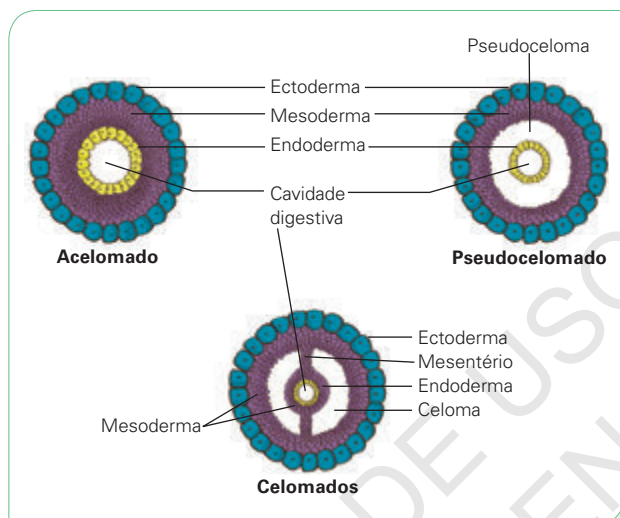
Os **somitos** são blocos transversais formados por outra condensação de células em faixas do mesoderma (epímero). Algumas células mesenquimais envolvem a notocorda e formam as vértebras. Outras células somíticas, que se tornam posteriormente mesenquimais, formam os músculos associados à coluna vertebral e costelas.

Lateralmente à notocorda, o teto do arquêntero expande-se gerando dois compartimentos que se desprendem e originam o mesoderma, no interior do qual se forma uma cavidade, o **celoma**.

Formação do celoma

A maioria dos animais três tipos de cavidades corporais que são denominadas:

- **celomados:** o celoma é delimitado por células derivadas da mesoderma; ocorre nos moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados;
- **pseudocelomados:** a cavidade é parcialmente revestida pela mesoderma; ocorre nos nematelmintos;
- **acelomados ou blastocelomados:** uma cavidade cheia de líquido é formada com origem na blastocela, delimitada em parte por tecidos derivados da mesoderma e, em parte, por endoderma que reveste o tubo digestório; ocorre nos platelmintos.



Disposição dos folhetos germinativos e do celoma em animais acelomados, celomados e pseudocelomados. Elementos fora de escala, cores-fantasia.

Na região ventral do mesoderma, é formado o hipômero, que se separa em duas lâminas: a somatopleura (externa e em contato com o ectoderma) e a esplancoopleura (mais interna e em contato com o endoderma).

Desenvolvimento embrionário e seus anexos

Anexos embrionários

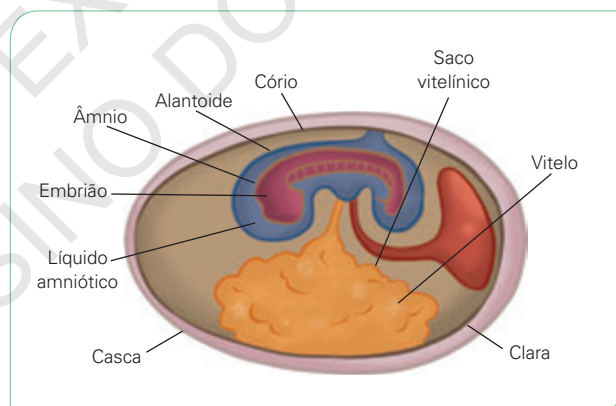
Durante a gastrulação, são formados os **tecidos extraembrionários**, estruturas derivadas dos folhetos germinativos do embrião, que formarão os **anexos embrionários**. São eles o **saco vitelínico** ou vesícula vitelínica, o **âmnio**, o **alantoide** e o **cório** (córion) ou serosa. Essas estruturas desempenham várias funções, como nutrição, proteção, trocas gasosas e excreção.

No processo de blastulação, o trofoblasto multiplica-se ativamente e origina uma membrana extraembrionária (o cório), que nos mamíferos placentários forma a placenta. O embrioblasto constitui o embrião e outras membranas extraembrionárias, como o âmnio (que secreta o líquido amniótico), o alantoide (que se torna parte do cordão umbilical) e o saco vitelínico (degenerado no caso dos humanos).

A maioria dos mamíferos apresenta, além dos anexos, a **placenta** e o **cordão umbilical**. Dependendo do hábitat, determinados vertebrados não apresentam alguns desses anexos ou, ainda, podem ter certo anexo atrofiado.

SACO VITELÍNICO

Em peixes, répteis, aves e mamíferos, é formado o **saco vitelínico**, que se origina do endoderma e da esplancoopleura, um folheto mesodérmico. O saco vitelínico contém o **vitelo, que nutre** o embrião e se conecta ao futuro intestino. Os nutrientes são transportados até o embrião por meio de vasos sanguíneos.



Representação do ovo de aves e répteis, com formação de saco vitelínico, âmnio, cório e alantoide. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ÂMNIO

Membrana que delimita uma cavidade preenchida pelo líquido amniótico, o qual **evita a desidratação** e **protege** o embrião de aves, répteis e mamíferos contra choques mecânicos. Origina-se do crescimento de células do ectoderma e da somatopleura (mesoderme).

O âmnio cresce e adere ao cório, além de envolver o alantoide e o saco vitelínico, compondo o cordão umbilical, estrutura que liga o embrião à placenta.

ALANTOIDE

O alantoide deriva da associação entre o endoderma e o mesoderma (esplancoopleura). Esse anexo atua nas trocas gasosas, **recebe e acumula resíduos nitrogenados**, principalmente ácido úrico, mantendo-os longe do embrião. O alantoide é muito desenvolvido em répteis e aves e atrofiado na maioria dos mamíferos.

CÓRIO

O órgão formado pelo tecido trofoblástico e pelos vasos sanguíneos é o cório, cujas projeções se ramificam para dentro da parede uterina, formando as vilosidades coriônicas. Com o desenvolvimento, cório e alantóide se fundem, constituindo o alantocório.

O alantocório também absorve cálcio da casca, utilizado no metabolismo do embrião. Assim, a casca torna-se mais frágil e facilita a eclosão do filhote.

A associação do cório com a decidua uterina constitui a placenta nos mamíferos placentários.

O cório, no embrião recém-implantado, secreta um hormônio chamado gonadotrofina coriônica, que pode ser detectado no sangue da mulher, estimulando a atividade do corpo amarelo do ovário.

PLACENTA

Os nutrientes são fornecidos ao embrião por meio da placenta, que possibilita a **comunicação** entre o sangue da mãe e o do filho. A placenta também é um importante órgão endócrino durante a gravidez, porque produz hormônios como progesterona e gonadotrofina coriônica.

CORDÃO UMBILICAL

Assim como a placenta, ele está presente exclusivamente nos mamíferos e serve para a comunicação entre a placenta e o feto, possibilitando seu aporte nutricional e suas trocas gasosas.

OVO DE AVES E RÉPTEIS

A casca é resistente e porosa, possibilitando a realização das trocas gasosas entre o embrião e o meio externo. No interior do ovo, há duas membranas que só podem ser diferenciadas na região da câmara de ar (porção larga do ovo). Essas membranas impedem a perda de líquido interno. Já a câmara de ar é um importante reservatório de oxigênio para o embrião.

A clara, ou o albúmen, material gelatinoso, fornece água e proteínas ao embrião (albumina), além de protegê-lo contra choques mecânicos. A chalaza, ou calaza são dois prolongamentos proteicos que mantêm a gema no centro do ovo. Esta é a parte mais interna do ovo e contém o vitelo.

Desenvolvimento embrionário humano

O período gestacional humano tem duração de até 42 semanas, totalizando aproximadamente nove meses.

Consideram-se bebês prematuros aqueles com menos de 37 semanas, a termo de 38 a 40 semanas e a termo tardio até 42 semanas.

Os principais eventos do período fetal humano estão resumidos na tabela.

Tempo / semanas	Características
4	Observa-se o coração.
9	Mede cerca de 5 cm. Distinguem-se caracteres faciais.
12	Com cerca de 8 cm. Respira e engole líquido amniótico.
16	Com cerca de 10 cm, o sexo está definido e perceptível. Pele e olhos estão formados.
20	Feto com 19 cm e pernas alongadas. Início da deposição de tecido gorduroso sob a pele.
24	Feto com cerca de 20 cm. Ouve, engole e tem sensações de paladar.
28	Cerca de 30 cm. Pode abrir os olhos.
32	Cerca de 40 cm. Aumento de massa corporal. Os cinco sentidos estão apurados e os sistemas, desenvolvidos (exceto o respiratório).
36	Grande aumento de peso e deposição de gordura subcutânea.

As últimas semanas antes do nascimento são marcadas pelo ganho de peso, que pode chegar a 30 g por dia em gestações saudáveis.

GÊMEOS

A gestação natural de gêmeos pode derivar de processos diferentes, gerando gêmeos monozigóticos ou dizigóticos. Esse fenômeno também pode ocorrer em outros animais.

A natalidade de gêmeos dizigóticos, trigêmeos e quadrigêmeos nas últimas décadas tem crescido principalmente em virtude do aumento da fertilização *in vitro*. Esse tipo de procedimento pode viabilizar mais de um embrião, promovendo assim maior incidência de gestações gemelares.

Gêmeos dizigóticos ou fraternos

São os embriões gerados da **fecundação de dois ovócitos II no mesmo período**, que podem ter sexos distintos e apresentar características físicas notavelmente diferentes, assim como irmãos que não são gêmeos.

Com frequência, os blastocistos derivados das fecundações independentes implantam-se em regiões diferentes no útero, resultando no desenvolvimento de fetos com placentas e demais anexos individualizados.

A ocorrência de gêmeos dizigóticos é mais comum (75%) do que de gêmeos monozigóticos (25%).

Gêmeos monozigóticos

Também chamados de idênticos ou univitelinos, são originados de um único zigoto, resultante da fusão de um ovócito II com um espermatozoide.

Ocorre quando o **óvulo divide-se e desenvolve dois fetos** com igual informação genética, compartilhando a mesma placenta e um único cório, mas com âmnios e cordões umbilicais próprios.

A formação de gêmeos monozigóticos é mais comum quando o embrião se encontra no estágio de blastocisto. Em alguns casos formam-se dois botões germinativos no blastocisto, que geram dois embriões com bolsas amnióticas separadas e compartilham apenas o cório. No caso de o blastocisto formar dois eixos germinativos, formam-se dois eixos embrionários e produzem dois embriões com cório e bolsa amniótica compartilhados.

Os gêmeos monozigóticos podem ter sua origem também em uma fase mais precoce do desenvolvimento embrionário. Quando ainda está no estágio de mórula, o embrião se divide e gera duas massas de células (blastômeros), as quais formam dois blastocistos, que constituirão dois embriões independentes com bolsas amnióticas e cório separados.

Gêmeos siameses

Os gêmeos siameses são monozigóticos originados pela não separação dos embriões durante fases precoces do desenvolvimento embrionário. O compartilhamento de órgãos entre eles apresenta grande variação. Em alguns casos, é possível separá-los cirurgicamente com sucesso. Em outros casos, no entanto, quando

ocorre em partes vitais (a exemplo de coração, cérebro ou pulmões), é preciso sacrificar um deles quando não há possibilidade de os dois sobreviverem.

CÉLULAS-TRONCO

As células-tronco embrionárias são as primeiras células formadas no blastocisto, por isso têm baixo grau de diferenciação celular e são dotadas de duas importantes propriedades que as distinguem das demais células:

- **Autorrepliação:** são capazes de se proliferar ilimitadamente, originando cópias idênticas de si mesmas;
- **Potencial de diferenciação:** são capazes de especialização, originando células diferenciadas que compõem tecidos de diversas estruturas do organismo (ossos, nervos, músculos, fígado, rim, cartilagens, sangue, gametas, entre outras).

Células-tronco de tecidos adultos são encontradas em diversos tecidos maduros e estão associadas com processos de regeneração, isto é, reposição de células novas em virtude da perda de células por tais tecidos. Medula óssea, sangue, cordão umbilical, placenta, fígado e tecidos epiteliais são fontes de células-tronco adultas.

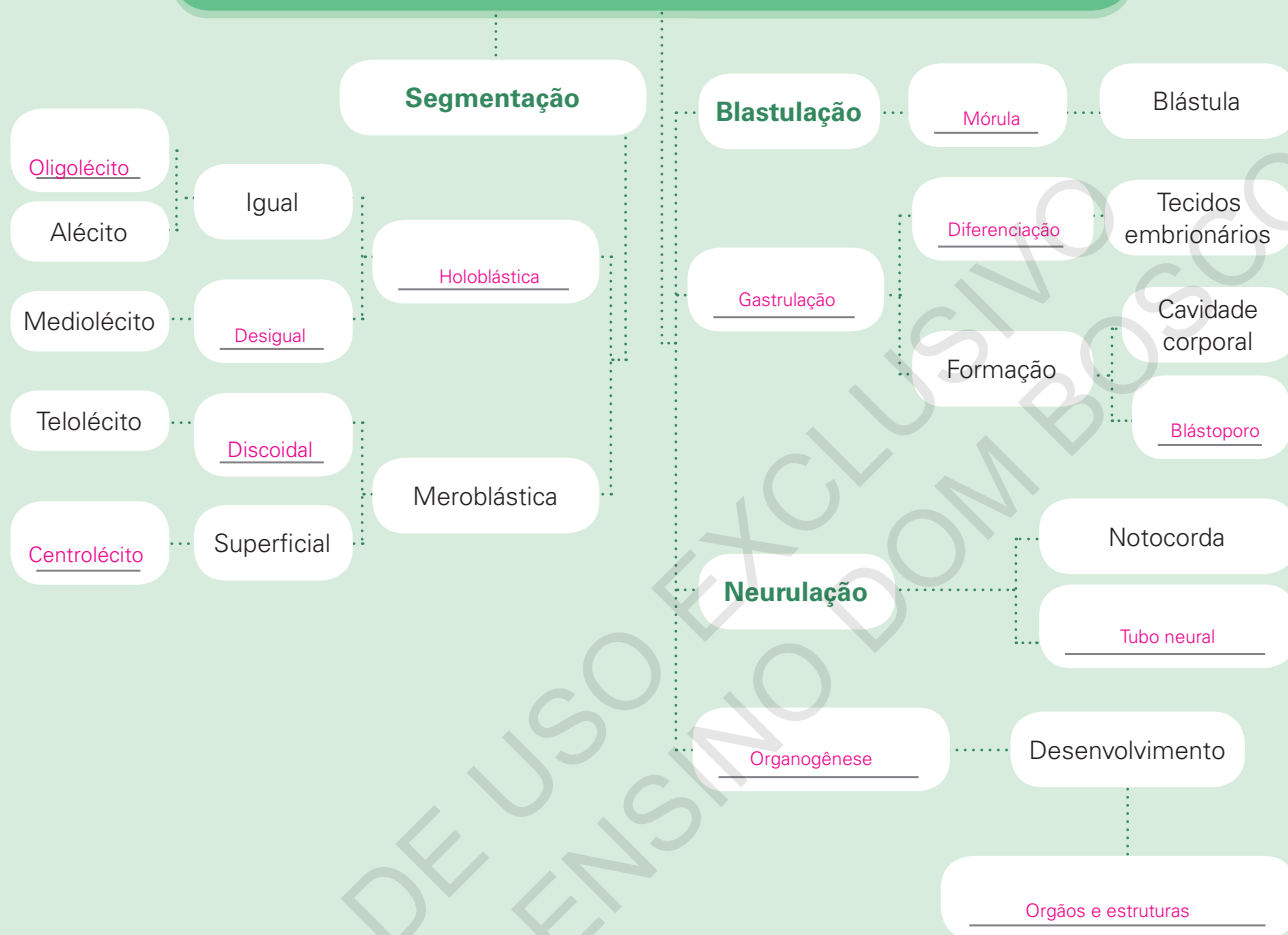
Quanto ao potencial de diferenciação, as células-tronco ainda podem ser classificadas em três grupos:

Classificação de células-tronco humanas quanto ao potencial de diferencial

Tipo	Grupo	Origem	Potencial de diferenciação
Embrionárias	Totipotentes	Mórula – até 16 células.	Ilimitado – origina todos os tecidos do corpo, inclusive placenta e anexos embrionários.
	Pluripotentes	Blastocisto – massa celular interna (embrioblasto).	Todos os tipos de tecido, exceto anexos embrionários.
Adultas	Multipotentes	Células mesenquimais. Exemplos: células da medula óssea, células-tronco neurais e células do sangue do cordão umbilical.	Limitado, geram células do tecido de origem.

ROTEIRO DE AULA

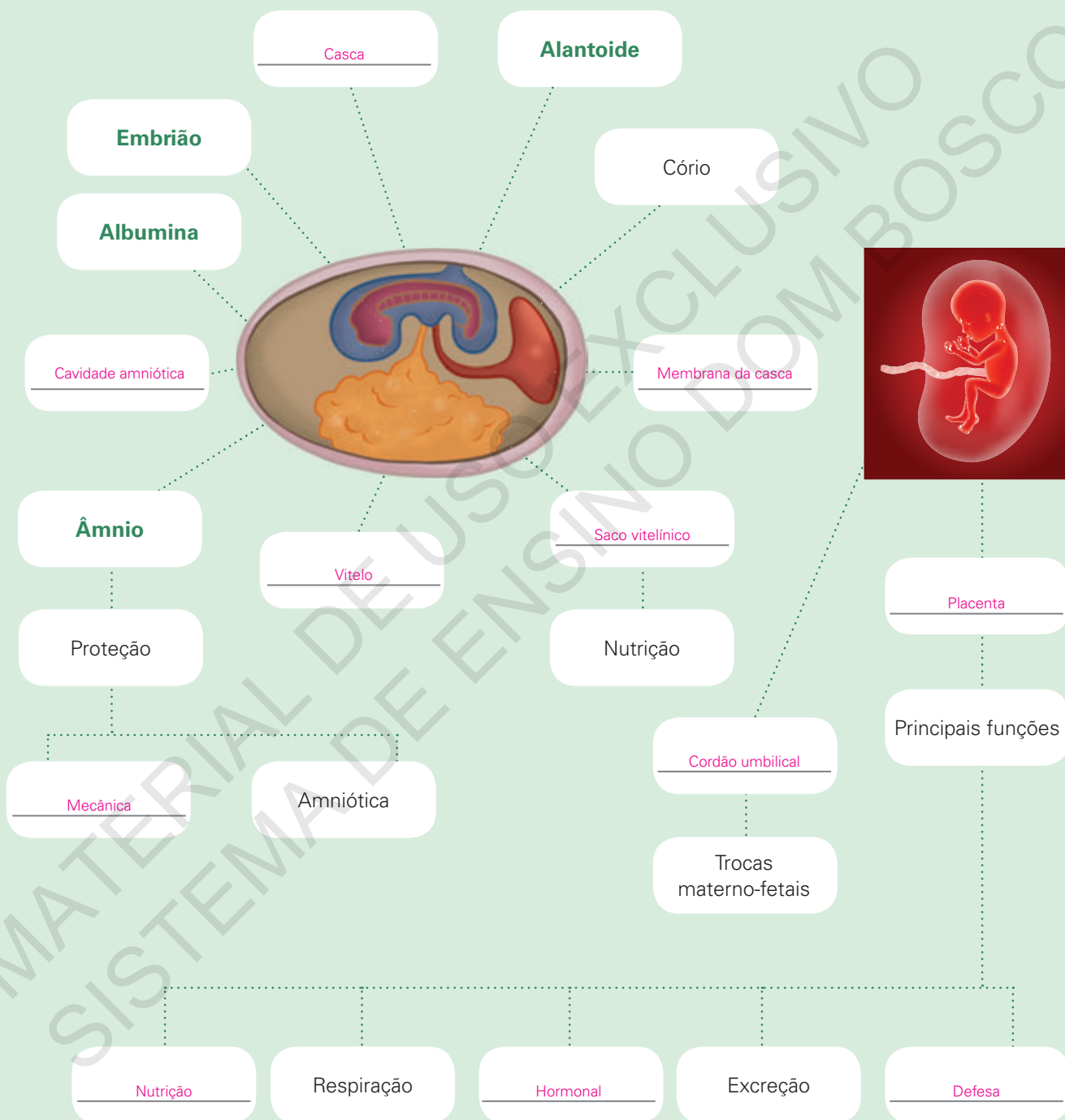
ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

ANEXOS EMBRIONÁRIOS



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Fatec-SP

C4-H13

Como parte do planejamento familiar, muitos casais consideram o uso de métodos anticoncepcionais. Visando auxiliar essas pessoas, a Secretaria da Saúde de uma cidade decidiu divulgar um cartaz informativo sobre alguns dos métodos contraceptivos mais comuns.

Assinale a alternativa que apresente uma afirmação que possa fazer parte do texto do cartaz, por estar biologicamente correta.

- b) A vasectomia impede que os espermatozoides cheguem à uretra do homem.
- c) Mulheres que seguem a tabelinha ficam estéreis e não podem engravidar.
- d) A inseminação artificial é uma opção segura para mulheres que não querem engravidar.
- e) Homens que tomam a pílula do dia seguinte deixam de produzir espermatozoides temporariamente.

A vasectomia, que corresponde à ligação dos canais deferentes, impede que os espermatozoides cheguem à uretra masculina.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

2. PUC-SP

POR QUE OS JOVENS NÃO USAM CAMISINHA?

Os jovens estão deixando de usar camisinha. Apesar dos alertas de que o preservativo evita DSTs (doenças sexualmente transmissíveis) ou gravidez indesejada, diferentes justificativas aparecem e a ausência da camisinha vira hábito. Para ter uma ideia, uma pesquisa do Ministério da Saúde mostrou que 9 em cada 10 jovens de 15 a 19 anos sabem que usar camisinha é o melhor jeito de evitar HIV, mesmo assim, 6 em cada 10 desses adolescentes não usaram preservativo em alguma relação sexual no último ano.

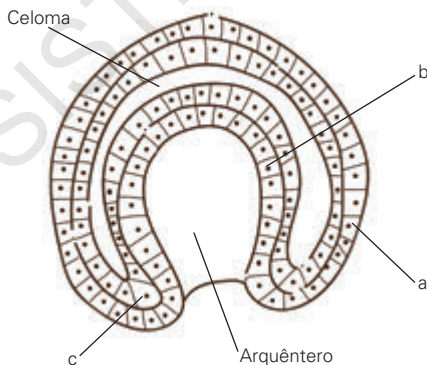
UOL Notícias, 13 fev. 2017.

Ao não adotarem o método preventivo mencionado no texto, além de Aids, os jovens aumentam as chances de também contraírem:

- a) sífilis, gonorreia, herpes e HPV.
- b) hepatite C, clamídia, febre amarela e meningite.
- c) hepatite B, hidrofbia, sarampo e rubéola.
- d) hepatite A, ascaridíase, zika e malária.

A camisinha previne contra doenças sexualmente transmissíveis, e a não utilização pelos jovens pode aumentar as chances de contrair sífilis, gonorreia, herpes e HPV.

3. UFES – A figura abaixo ilustra o corte sagital do embrião de um metazoário na fase de gástrula, estando aí indicados os folhetos germinativos a, b, e c. Com relação aos tipos de embriões de metazoários, faça o que se pede.



- a) Cite um grupo de metazoário que apresente um embrião com as características descritas e indique os nomes dos folhetos a, b e c.

Metazoários triblásticos celomados, como os anelídeos, moluscos, ar-

trópodes, equinodermos ou cordados; a = ectoderma; b = endoderma;

c = mesoderma.

- b) Explique o papel do folheto c na formação do corpo de um metazoário adulto.

Nos metazoários triblásticos, o mesoderma forma o tecido que reveste

a cavidade corpórea, parcial (reveste internamente a parede do corpo

dos blastocelomados ou pseudocelomados) ou totalmente (forma bolsas

celomáticas dos celomados verdadeiros). No caso específico dos pla-

telmintos, porém, o mesoderma forma o mesênquima que preenche a

cavidade corpórea.

- c) Explique a diferença entre um embrião de metazoário e um embrião de cnidário.

Os cnidários são metazoários diblásticos, porque não formam o folheto

mesoderma.

4. PUC-SP – Analise a tira em quadrinhos



Os pintinhos nascem molhados em razão principalmente do material proveniente:

- a) do âmnio, que armazena excretas nitrogenadas do embrião, e do alantoide, que previne dessecação e amortece choques mecânicos.
- b) do âmnio, que previne dessecação do embrião e amortece choques mecânicos, e do alantoide, que armazena excretas nitrogenadas.
- c) do âmnio, que previne a dessecação do embrião, e do grande número de vilosidades coriônicas ricas em vasos sanguíneos.
- d) do alantoide, que armazena excretas nitrogenadas do embrião, e do grande número de vilosidades coriônicas ricas em vasos sanguíneos.

O âmnio é uma bolsa com líquido que protege o embrião e fornece o ambiente favorável ao seu desenvolvimento. O alantoide armazena excretas na forma de ácido úrico.

5. Unicamp-SP (adaptada) – Na vida real não existem animais que são agentes secretos, mas o ornitorrinco,

representado na figura do desenho Phineas e Ferb, guardam muitos segredos e curiosidades. Esse animal de aproximadamente 60 cm, que parece uma mistura de lontra, pato e castor, resultou em um ser único em vários sentidos. Sobre o desenvolvimento embrionário do ornitorrinco, marque a alternativa correta.

- a)** À semelhança dos mamíferos placentários, a fêmea do ornitorrinco alimenta os filhotes com seu leite, mas coloca ovos.
- b)** Diferentemente dos mamíferos placentários, os ornitorrincos não produzem leite para a alimentação dos filhotes.
- c)** À semelhança dos mamíferos placentários, os embriões dos ornitorrincos alimentam-se exclusivamente de vitelo acumulado no ovo.
- d)** Diferentemente dos mamíferos placentários, os ornitorrincos apresentam autofecundação e produzem ovos.

O ornitorrinco é um mamífero ovíparo que alimenta seus filhotes com o próprio leite (ou secreção láctea).

6. Unitau-SP (adaptada) – Evolutivamente, o aparecimento dos anexos embrionários permitiu aos vertebrados conquistar definitivamente o ambiente terrestre. Em aves e répteis, qual a função dessa estrutura?

Em aves e répteis, o âmnio evita a dessecação do embrião em desenvolvimento, o saco vitelínico supre o embrião de alimento e o alantoide possibilita a respiração do embrião e armazena suas secreções.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEPA – Leia o texto para responder à questão.

Atualmente, os casais buscam métodos anticoncepcionais que lhes permitam um planejamento familiar, com um determinado número de filhos. Nos países em desenvolvimento, com altos níveis de pobreza, existem dificuldades no controle da gravidez, pois faltam programas de orientação sexual, educacional e, até de condições de acesso aos métodos contraceptivos. Dentre esses métodos, alguns são combinações de hormônios que impedem a maturação dos folículos e a ovulação; outros são cirúrgicos, impedindo a fecundação do ovócito e, ainda, há os que também servem como prevenção contra doenças sexualmente transmissíveis (DSTs).

Biologia: Seres Vivos, volume 2, Cesar e Sezar, 2009. (Adaptado)

Os métodos contraceptivos tratados no texto são, respectivamente:

- a)** preservativo (camisinha), pílulas anticoncepcionais e dispositivos intrauterinos.
- b)** preservativo (camisinha), laqueadura e pílulas anticoncepcionais.
- c)** tabela, dispositivo intrauterino e laqueadura.
- d)** pílulas anticoncepcionais, laqueadura e preservativo (camisinha).
- e)** pílulas anticoncepcionais, laqueadura e tabela.

8. UCS-RS – Os processos de fecundação *in vitro* estão cada vez mais presentes na sociedade. Uma das características da fecundação *in vitro* é o aumento da chance de gestações múltiplas, isto é, gestação de gêmeos.

Em relação às gestações múltiplas, é correto afirmar que:

- a)** as mulheres podem liberar dois ovócitos, e se esses forem fertilizados por dois espermatozoides diferentes, gerarão gêmeos idênticos.
- b)** os gêmeos fraternos são simplesmente dois irmãos de mesma idade que compartilharam o útero materno a mesmo tempo.
- c)** os gêmeos monozigóticos, diferentes dos dizigóticos, possuem cordões umbilicais próprios, mas sempre compartilham a mesma placenta.
- d)** os gêmeos dizigóticos, diferentemente dos monozigóticos, podem se implantar em diferentes porções no

útero, sempre desenvolverão placenta, cório e âmnio individuais e compartilham o mesmo cordão umbilical.

- e)** os gêmeos monozigóticos compartilham a mesma carga genética e são a forma mais comum de gestação múltipla na espécie humana.

9. UPF-RS – Durante o desenvolvimento embrionário de répteis, aves e mamíferos, formam-se estruturas especiais que derivam dos folhetos embrionários, mas que não fazem parte do corpo do embrião: são os anexos embrionários. Assinale, entre as alternativas a seguir, aquela que apresenta o anexo embrionário e sua respectiva função, que permitiu aos animais terrestres citados desenvolverem seus embriões fora do ambiente aquático.

- a)** Cório – possibilitar as trocas gasosas entre o embrião e o meio.
- b)** âmnio – proteger o embrião contra a dessecação e choques mecânicos.
- c)** Placenta – realizar trocas de substâncias entre o embrião e a mãe.
- d)** Saco vitelínico – armazenar nutrientes para o embrião.
- e)** Alantoide – armazenar as excreções produzidas pelo embrião.

10. Fuvest-SP – Os equinodermos são animais deuterostômios marinhos que apresentam simetria radial na fase adulta e bilateral na fase de larva.

- a)** A palavra deuterostômios deriva do grego: *deuteros*, “segundo”, “secundário”; *stoma* “boca”. Que característica justifica denominar os equinodermos de deuterostômios? Cite outro filo animal com o qual essa característica é compartilhada.

- b)** No desenvolvimento dos equinodermos, verifica-se a transição de simetria bilateral para simetria radial.

Essa sequência reflete o que ocorreu com a simetria ao longo da evolução dos metazoários invertebrados? Justifique sua resposta.

11. Acafe-SC

No dia 29 de abril, na Maternidade Nossa Senhora de Lourdes, em Aracaju (SE), nasceram as irmãs siamesas unidas pelo tórax e dividindo o mesmo coração. Elas nasceram com 35 semanas de gestação e, segundo o secretário adjunto da Saúde do estado de Sergipe, Luís Eduardo Correia, é estável o estado de saúde das meninas.

Portal Brasil, 05/03/2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com>>.

Considerando as informações do texto e os conhecimentos relacionados ao tema, é correto afirmar, **exceto**:

- a) a bolsa amniótica é um anexo embrionário de estrutura membranosa, com origem ectodérmica, que envolve todo o conceito. Nela acumula-se gradativamente um líquido no qual fica mergulhado o embrião.
- b) após a fecundação, o zigoto inicia a segmentação ou clivagem. Em zigotos provenientes de óvulos heterocitocitos, como os anfíbios, a segmentação é desigual.
- c) a formação de siameses ocorre somente entre gêmeos univitelinos que se originaram de um único óvulo fertilizado por dois espermatozoides e, assim, são unidos em alguma região do corpo e compartilham a mesma placenta.
- d) a placenta é um órgão materno-fetal de origem trofoblástica que, entre outras funções, é responsável pelas trocas gasosas e metabólicas na relação feto-materna, pela imunização fetal e por produção hormonal.

12. UFPR

A exposição da mãe à nicotina durante a gravidez pode levar ao retardo do crescimento do feto, maior incidência de abortos e morte na infância. Isso ocorre porque a nicotina causa constrição dos vasos sanguíneos uterinos, levando ao baixo suprimento de oxigênio e nutrientes para o feto.

Moore, K.; Persaud, T.V.N. *Embriologia Básica*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

Nesses casos, o feto recebe menos oxigênio e nutrientes porque:

- a) a circulação placentária é interrompida.
- b) apenas sangue venoso circula na placenta.
- c) menos sangue materno circula na placenta.
- d) o sangue materno deixa de entrar na circulação do feto.
- e) o sangue materno e fetal deixa de se misturar na placenta.

13. UEPG – O embrião dos répteis e das aves está protegido por um ovo com casca. Os anexos embrionários auxiliam o desenvolvimento do embrião. Assinale o que for correto sobre as características dessas estruturas.

- (01) O cório tem função excretora, permitindo a eliminação do excesso de ureia nos embriões de aves. Além disso, por ser o anexo mais externo, também protege o embrião contra choques mecânicos.

- (02) O alantoide recebe as excretas do embrião, retira oxigênio do ar, elimina gás carbônico e, ainda, retira cálcio da casca do ovo.
- (04) O saco vitelínico participa de eventos de trocas gasosas entre o meio ambiente e o embrião, principalmente por meio de poros existentes na casca de ovos de répteis e aves.
- (08) O âmnio contém um líquido que protege o embrião contra choques mecânicos e evita o seu dessecamento. Essa estrutura foi importante para a conquista do ambiente terrestre pelos répteis, pois permitiu o desenvolvimento embrionário fora do ambiente aquático.

14. UNESP

Método de contracepção definitiva começa a se popularizar no país

Consagrado nos Estados Unidos há quase uma década, o Essure é um procedimento feito em ambulatório, que dispensa cortes. O Essure consiste em dois dispositivos metálicos com 4 cm, instalados no início das tubas uterinas por meio de um equipamento bem fino, que é introduzido no canal vaginal. Em algumas semanas, as paredes das tubas recobrem os microimplantes, obstruindo as tubas e fazendo do Essure um método contraceptivo permanente.

SPONCHIATO, Diogo. *Revista Saúde*, maio 2012. (Adaptado)

Considerando o modo pelo qual o dispositivo mencionado no texto leva à contracepção, é correto afirmar que ele impede:

- a) a locomoção do espermatozoide da vagina para o útero, e deste para as tubas uterinas, com resultado análogo ao provocado pelos cremes espermicidas.
- b) que o embrião seja conduzido da tuba uterina até o útero, com resultado análogo ao provocado pela camisinha feminina, o Femidom.
- c) a implantação do embrião no endométrio, caso o óvulo tenha sido fecundado, com resultado análogo ao provocado pelo dispositivo intrauterino, o DIU.
- d) que ocorra a ovulação, com resultado análogo ao provocado pela pílula anticoncepcional hormonal.
- e) que o espermatozoide chegue ao ovócito, com resultado análogo ao provocado pela laqueadura.

15. UERJ (adaptada) – Novos métodos contraceptivos vêm sendo testados a fim de reduzir os problemas associados ao uso contínuo de hormônios pelas mulheres. Um deles consiste na aplicação de um gel nos vasos deferentes do homem, provocando uma obstrução reversível, sem necessidade de uso diário. Entretanto, a sua utilização inadequada pode resultar em gravidez. Indique de que maneira a pílula anticoncepcional feminina e o gel citado impedem a gravidez. Em seguida, indique o local ideal no qual os embriões se implantam no caso de gravidez, apresentando uma característica desse órgão que justifique sua resposta.

16. Acafe-SC – Durante o desenvolvimento embrionário de répteis, aves e mamíferos, formam-se estruturas associadas ao corpo do embrião denominadas anexos embrionários.

A respeito desses anexos, associe a coluna da direita com a da esquerda.

I. Âmnio	(A) bolsa ligada ao sistema digestório do embrião, que fornece componentes nutritivos para os vasos sanguíneos desse.
II. Saco vitelínico	(B) possibilita trocas de gases respiratórios entre o sangue embrionário e o ar atmosférico.
III. Alantoide	(C) bolsa cheia de líquido que envolve e protege o embrião da dessecação e de choques mecânicos.
IV. Cório	(D) bolsa que armazena as excreções produzidas pelo embrião durante seu desenvolvimento.

Assinale a alternativa correta:

- a) I-D II-A III-B IV-C
- b) I-A II-C III-D IV-B
- c) I-C II-A III-D IV-B
- d) I-B II-A III-C IV-D

17. EBMS-BA – O desenvolvimento embrionário é iniciado com a formação do ovo ou zigoto a partir da fecundação do ovócito pelo espermatozoide. O ovo passa, então, por uma série de etapas que caracterizam a formação de um organismo. Sobre embriologia, é correto afirmar:

- a) a origem embrionária dos tecidos nervoso e muscular é o endoderma.
- b) substâncias secretadas pelas células da notocorda atuam na diferenciação do tubo neural dos cordados.
- c) a gastrulação, processo desencadeado pela organogênese, precede a formação da mórula.
- d) a formação do ectoderma, endoderma e mesoderma ocorre pelas clivagens que caracterizam a formação da blástula.
- e) a placenta é um anexo embrionário que envolve o embrião dos mamíferos.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C4-H13

Os gêmeos sempre exerceram um fascínio para a maioria das pessoas, principalmente os monozigóticos ou idênticos. Parte desse interesse está relacionada ao fato de que esses indivíduos representam a manifestação natural que mais se aproxima da clonagem na espécie humana.

O mecanismo que está associado com a formação dos indivíduos citados é a:

- a) divisão do feto em gestação em dois indivíduos separados.
- b) divisão do embrião em dois grupos celulares independentes.
- c) fecundação de um ovócito por dois espermatozoides diferentes.
- d) ocorrência de duas fecundações simultâneas no útero materno.
- e) fertilização sucessiva de dois ovócitos por apenas um espermatozoide.

19. Enem

C4-H13

A síndrome da imunodeficiência adquirida (Aids) é a manifestação clínica da infecção pelo vírus HIV, que leva, em média, oito anos para se manifestar. No Brasil, desde a identificação do primeiro caso de Aids em 1980 até junho de 2007, já foram identificados cerca de 474 mil casos da doença. O país acumulou, aproximadamente, 192 mil óbitos por causa da Aids até junho de 2006, sendo as taxas de mortalidade crescentes até meados da década de 1990 e estabilizando-se em cerca de 11 mil óbitos anuais desde

1998. [...] A partir do ano 2000, essa taxa se estabilizou em cerca de 6,4 óbitos por 100 mil habitantes, sendo essa estabilização mais evidente em São Paulo e no Distrito Federal.

Disponível em: <<http://www.aids.gov.br>>.. Acesso em: ago. 2018. (Adaptado)

A redução nas taxas de mortalidade por causa da Aids a partir da década de 1990 é decorrente:

- a) do aumento do uso de preservativos nas relações sexuais, que torna o vírus HIV menos letal.
- b) da melhoria das condições alimentares dos soropositivos, a qual fortalece o sistema imunológico deles.
- c) do desenvolvimento de drogas que permitem diferentes formas de ação contra o vírus HIV.
- d) das melhorias sanitárias implementadas nos últimos 30 anos, principalmente nas grandes capitais.
- e) das campanhas que estimulam a vacinação contra o vírus e a busca pelos serviços de saúde.

20. Enem Funeso/Unesf-PE

C4-H13

As DST são doenças causadas por vírus, bactérias ou outros micróbios. São transmitidas, principalmente, nas relações sexuais. A DST causada pela bactéria *Treponema pallidum*, adquirida por contato sexual com pessoa contaminada, por beijo ou por transfusão de sangue chama-se:

- a) sífilis
- b) cancro mole (blenorragia)
- c) tricomoníase
- d) herpes simples genital
- e) gonorreia.

5

TECIDO MUSCULAR: ORGANIZAÇÃO DA FIBRA MUSCULAR E CONTRAÇÃO

- Características gerais do tecido muscular e seus componentes
- Classificação do tecido muscular
- Organização da fibra muscular
- Contração muscular
- Biomecânica da contração muscular

HABILIDADES

- Reconhecer as características gerais dos tecidos musculares, bem como a localização e a função de cada tipo no corpo humano.
- Diferenciar o tecido muscular estriado esquelético do tecido muscular estriado cardíaco.
- Compreender características e funcionamento do tecido muscular liso.
- Entender o mecanismo da contração muscular.
- Relacionar a contração muscular com a demanda energética celular.
- Compreender o limiar de excitação para produzir a contração muscular.

Características gerais do tecido muscular e seus componentes

As principais funções do tecido muscular são propiciar o movimento de estruturas, como os ossos e tendões, o fluxo no trato digestório, a circulação do sangue e da linfa nos vasos sanguíneos, entre outras. A extensão muscular ocorre apenas passivamente.

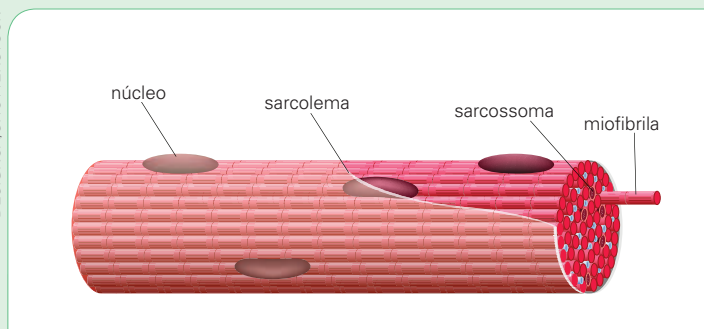
Os músculos dos animais necessitam do apoio do sistema esquelético para realizar a contração e o relaxamento dos movimentos, geralmente em resposta a um estímulo do sistema nervoso. Outra estrutura importante na realização dos movimentos são as **articulações** – locais de encontro de dois ou mais ossos.

O tecido muscular é formado por células alongadas com grande capacidade contrátil, chamadas de **miócitos** ou **fibras musculares**. São originadas do mesoderma pela fusão de células precursoras, os mioblastos, células musculares embrionárias que lhes conferem aspecto alongado, formato cilíndrico e com núcleo deslocado para a região periférica celular.

A capacidade contrátil do tecido muscular está diretamente relacionada à presença dos microfilamentos de **actina** e **miosina**, proteínas responsáveis pela contração muscular que utilizam a energia contida nas moléculas de trifosfato de adenosina (ATP). A matriz extracelular desse tecido consiste na lâmina basal e nas fibras reticulares. As fibras musculares apresentam organelas muito especializadas, que recebem nomenclaturas próprias. São elas:

- **sarcolema** – membrana plasmática da fibra muscular;
- **sarcoplasma** – citoplasma da fibra muscular;
- **sarcossoma** – mitocôndria encontrada na fibra muscular;
- **retículo sarcoplasmático** – retículo endoplasmático não granuloso, responsável pelo armazenamento de cálcio (Ca), essencial no processo de contração muscular;
- **túbulos T** – invaginações do sarcolema que facilitam a propagação dos impulsos nervosos essenciais para a contração muscular;
- **miofibrilas** – filamentos em que se localizam os microfilamentos de actina e miosina.

DESIGNUA/SHUTTERSTOCK



Esquema das organelas da fibra muscular. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Classificação do tecido muscular

O tecido muscular pode ser dividido em três grupos, de acordo com a morfologia e o tipo de contração.

TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO

A musculatura esquelética recebe esse nome por relacionar-se ao sistema esquelético dos vertebrados, recobrando os ossos e ligando-se a eles. Apresenta feixes de fibras grandes e alongadas, de formato cilíndrico, multinucleadas, com núcleos deslocados para as regiões periféricas da fibra muscular, nas proximidades do sarcolema.

No embrião, os mioblastos fundem-se, formam as fibras musculares estriadas esqueléticas e, por conter muitos microfilamentos de actina e miosina, formam ainda muitas estrias transversais. Por esse motivo, o tecido muscular esquelético também é denominado **tecido muscular estriado**. Sua coloração avermelhada provém da grande concentração de pigmentos, como a mioglobina, proteína que armazena oxigênio que apresenta um átomo de ferro em sua composição.

Apresenta retículo sarcoplasmático bem desenvolvido, o qual armazena íons de cálcio (Ca^{2+}), utilizados na contração muscular. Contém também grande quantidade de mitocôndria, em virtude da elevada demanda energética do processo. Os músculos obtêm energia armazenando glicogênio e lipídios na forma de gotículas.

A musculatura esquelética é envolta por tecido conectivo denso não modelado, o que propicia união das fibras musculares, nutrição pela chegada de vasos sanguíneos e enervação pela presença de axônios. O **endomísio** contém capilares sanguíneos e axônios e envolve cada uma das fibras musculares, enquanto o **perimísio** circunda conjuntos de fibras, mantendo-as em contato com os nervos e com os vasos sanguíneos e linfáticos. O conjunto de perimísios recebe o nome de **fascículos**, que são envoltos pelo **epimísio**. Todo o músculo é envolto pela **fáscia**, que o protege e evita a tensão mecânica.

Estrutura do músculo estriado esquelético

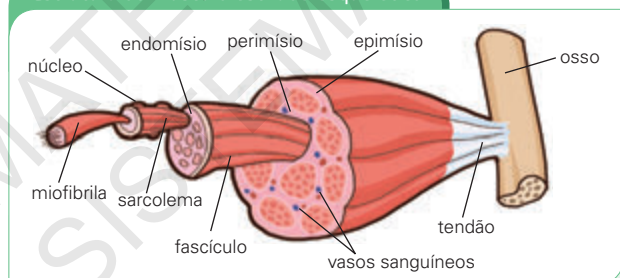


Ilustração detalhada das estruturas do músculo estriado esquelético. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O tecido muscular esquelético realiza contração **voluntária** (de controle do sistema nervoso central) e rápida e é responsável pela execução de vários movimentos, desde um simples estalar de dedos até a movimentação de diversos músculos durante uma maratona.

TECIDO MUSCULAR ESTRIADO CARDÍACO

Assim como o tecido esquelético, o tecido muscular cardíaco é estriado, mas, diferentemente dele, não forma feixes de miofibrilas. É encontrado exclusivamente no coração.

As fibras musculares apresentam um fino envoltório de tecido conectivo nos filamentos de proteínas, caracterizando o endomísio. Por não formar feixes, o perimísio e o epimísio estão ausentes. Suas fibras são cilíndricas, ramificadas com um ou dois núcleos centrais.

Além das estriações, no músculo estriado cardíaco é possível observar **discos intercalares**, especializações do sarcolema ricas em junções comunicantes do tipo *gap* que aumentam o contato entre as fibras vizinhas; são estruturas de adesão, que impedem a separação das fibras em razão do batimento cardíaco.

Em razão da grande demanda energética e de oxigenação nesse tecido, é possível observar enorme quantidade de sarcossomas e mioglobinas. Alguns fatores podem influenciar o ritmo cardíaco, tais como intensidade de atividade física, condições de estresse físico e emocional, entre outros. Sua contração é **rápida, ritmada e involuntária**, com capacidade de autoestimulação, no entanto ainda está sob controle do sistema nervoso autônomo. O coração gera e conduz essa contração, que tem frequência rítmica, denominada **frequência cardíaca**.

TECIDO MUSCULAR LISO

Apresenta fibras fusiformes, alongadas e de comprimento variado, com núcleo central único e vesículas citoplasmáticas que atuam na pinocitose de íons de cálcio para dentro da fibra. A disposição dos feixes contráteis não forma estrias, e os miofilamentos distribuem-se por todas as direções, estabelecendo uma trama tridimensional. Vem daí a denominação músculo liso. A contração desse músculo é **lenta, involuntária** e controlada pelo **sistema nervoso autônomo**.

As fibras lisas estão localizadas nos órgãos viscerais (estômago, intestino, útero), nos ductos das glândulas exócrinas e nas paredes dos vasos sanguíneos.

As fibras do tecido muscular liso são geralmente agrupadas, envolvem-se no tecido conectivo, caracterizando o **endomísio**, mas não têm perimísio nem epimísio. O tecido muscular liso é pobre em sarcossoma, tem retículo sarcoplasmático reduzido e não apresenta túbulos T (invaginações do sarcolema que permitem a propagação do impulso nervoso). A ausência dessas estruturas está relacionada à contração lenta, porém, as fibras lisas podem permanecer contraídas por mais tempo, quando comparadas às fibras musculares estriadas.

O cálcio, que participa da contração muscular, não fica armazenado no retículo sarcoplasmático. Como ocorre nas fibras estriadas, ele é pinocitado pela fibra e encontrado em vesículas do sarcoplasma. Diferentemente da musculatura estriada, a comunicação nervosa não forma a placa motora, mas dilatações no tecido conectivo localizado entre as fibras musculares. O estímulo

lo nervoso, responsável pelo controle da contração da musculatura lisa, depende do órgão ou da estrutura em que ela esteja. A musculatura do trato digestório, por exemplo, tem ritmo próprio de contração, podendo ser modificado pelo sistema nervoso conforme demanda.

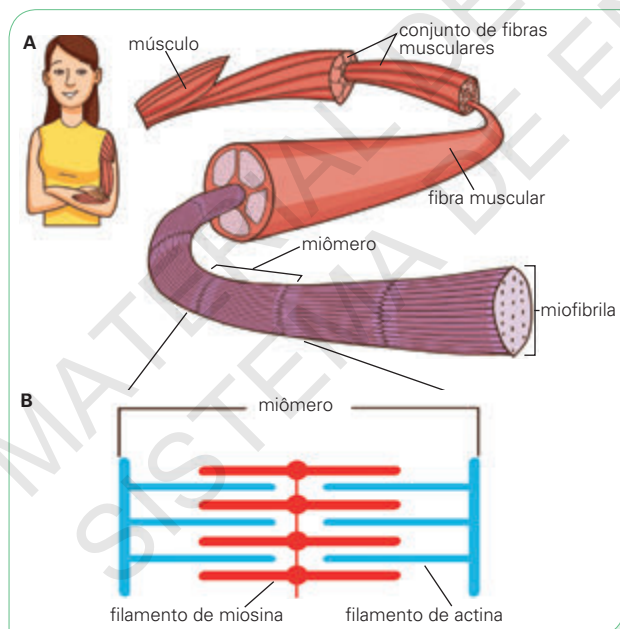
Organização da fibra muscular e contração

Durante uma atividade física moderada e prolongada, às vezes é possível perceber que o corpo está sendo incapaz de manter o rendimento. Nesse caso, é possível que a musculatura estriada esquelética esteja sofrendo uma fadiga muscular. O movimento de microfilamentos é desencadeado nos músculos pela energia química e leva à contração muscular.

Organização da fibra muscular

A fibra muscular esquelética é organizada em miofibrilas, estruturas compostas de quatro tipos de proteína com elevado grau de organização. São elas: **actina**, **troponina** e **tropomiosina**, que se organizam em filamentos finos, e **miosina**, que se organiza em filamentos grossos em razão de sua elevada massa atômica.

As ilustrações abaixo representam, em detalhe, as proteínas actina (representante dos filamentos finos) e miosina (representante dos filamentos grossos).



(A) Organização do músculo esquelético. (B) Ampliação do miômero e das proteínas que o constituem, designadamente a miosina (filamento grosso) e a actina (filamento fino). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

No tecido muscular do tipo esquelético, as miofibrilas encontram-se dispostas em feixes claros e escuros

intercalados, o que dá aspecto de estriamento a esse tipo de tecido muscular.

As fibras escuras correspondem à banda A e são formadas pelos filamentos espessos de miosina; as claras, conhecidas por banda I, são formadas pelos filamentos finos de actina. No centro de cada banda I existe uma linha escura, a linha Z; no centro de cada banda A, uma região mais clara, a linha H. A região entre duas linhas Z é o miômero (anteriormente denominado sarcômero), unidade contrátil da fibra muscular. A essas linhas estão ligados os filamentos de actina, que terminam junto a uma linha H.

Podemos considerar o miômero como a menor unidade funcional (contrátil) do músculo estriado. A contração muscular nada mais é que a contração de milhares de miômeros em cadeia.

As fibras musculares também podem ser divididas – conforme a quantidade de mioglobina e de miosina, bem como de acordo com suas diferentes velocidades de contração – em dois tipos: fibras musculares vermelhas e brancas.

As fibras musculares vermelhas recebem esse nome por terem maior quantidade de mioglobina (proteína semelhante à hemoglobina, mas constituída apenas de uma cadeia polipeptídica ligada ao grupo heme e a um átomo de ferro), que apresenta coloração avermelhada e atua armazenando O_2 , essencial para a respiração aeróbia das fibras musculares. Apresentam também grande quantidade de sarcossoma e maior irrigação sanguínea, o que as tornam eficientes na realização de esforços moderados e prolongados. Obtem energia principalmente da respiração celular aeróbia, oxidando carboidratos e ácidos graxos.

As fibras musculares brancas recebem esse nome pela pouca quantidade de mioglobina em sua constituição e a menor irrigação sanguínea. Suas contrações são rápidas e explosivas, portanto muito eficientes para a realização de esforços intensos de curta duração.

Nos seres humanos, a musculatura definida geneticamente compõe-se de iguais proporções de fibras brancas e vermelhas, podendo ser modificada com a prática de determinados tipos de exercício físico. Chama-se aprimoramento muscular a modificação na proporção muscular causada pela prática de exercícios. Um maratonista, por exemplo, tem maior proporção de fibras lentas, e um corredor de curta distância, maior proporção de fibras rápidas. As fibras são modificadas para atender melhor à demanda a longo prazo de cada tipo de atividade física.

MECANISMO DE CONTRAÇÃO MUSCULAR NO MÚSCULO ESTRIADO

A contração muscular ocorre por meio do deslizamento dos filamentos finos de actina sobre os filamentos espessos de miosina. Como resultado, a zona H desaparece, e a distância entre as linhas Z é reduzida, promovendo o encurtamento dos miômeros. Esse mecanismo é conhecido como **teoria do deslizamento dos filamentos**.

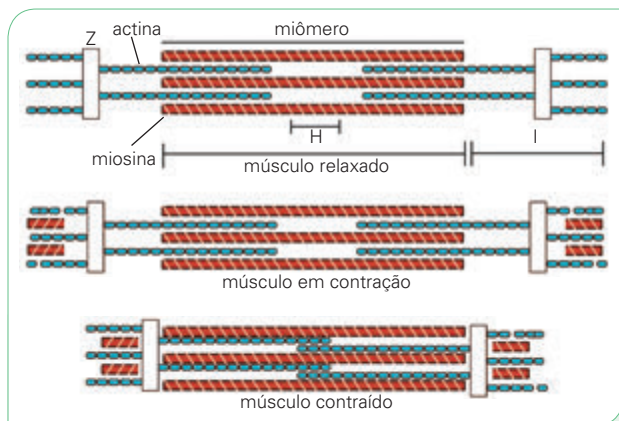


Ilustração esquemática das etapas envolvidas na contração muscular. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Nas extremidades dos filamentos de miosina, pequenas projeções são capazes de se ligar a determinados pontos dos filamentos de actina quando o músculo é estimulado. As projeções da miosina puxam os filamentos de actina, forçando-os a deslizar, de modo que provocam o encurtamento das miofibrilas e, conseqüentemente, a contração da fibra muscular.

Chama-se **placa motora** ou **junção mioneural** o local em que as terminações das células nervosas (neurônios) entram em contato com as fibras musculares.

Os impulsos nervosos alteram as cargas elétricas do sarcolema, o que promove a liberação dos íons de cálcio (Ca^{2+}) armazenados no retículo sarcoplasmático. Esses íons provocam a união das proteínas actina e miosina e o conseqüente encurtamento do miômero. Com gasto energético, a miosina descola os filamentos de actina, fazendo-a deslizar, e assim sucessivamente, como os dentes de uma engrenagem. Dessa forma, inicia-se o processo de contração muscular.

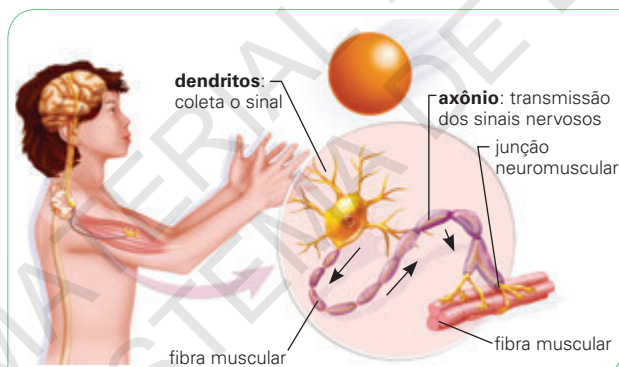


Ilustração esquemática do caminho do impulso nervoso até gerar uma resposta pelo tecido muscular quando uma criança brinca de bola. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A liberação de neurotransmissores como a acetilcolina estimula a contração da fibra muscular estriada. A ação desse neurotransmissor determina o deslizamento dos miofilamentos proteicos de actina sobre os miofilamentos de miosina, na presença de cálcio, com consumo de trifosfato de adenosina (ATP).

Quando o neurotransmissor acetilcolina produz a redução da frequência e da potência das contrações

das fibras musculares estriadas cardíacas, ocorre o fenômeno denominado **bradicardia**.

Quando o neurotransmissor noradrenalina causa o aumento da frequência e da potência das contrações das fibras musculares cardíacas, acontece a **taquicardia**.

A contração muscular é um processo ativo que necessita de muita energia. Essa energia provém das moléculas de ATP, liberadas preferencialmente no processo de respiração celular na presença de oxigênio ou no processo de fermentação, quando o meio se torna anaeróbico. As fibras musculares são capazes de armazenar energia na forma de **fosfocreatina**. Quando necessário, os grupos fosfatos transferem-se da fosfocreatina para a adenosina difosfato (ADP), formando ATP.

Em atividades físicas intensas, as fibras musculares precisam repor seus estoques de ATP e fosfocreatina, intensificando a respiração celular e usando o glicogênio presente na fibra como combustível. Quando o oxigênio disponível é insuficiente para a respiração celular e a demanda energética é elevada, as fibras musculares realizam a fermentação láctica, processo de menor rendimento energético que tem como produto o ácido láctico. Este é acumulado nos músculos, o que gera fadiga muscular e, conseqüentemente, câibra.

BIOMECÂNICA DA CONTRAÇÃO MUSCULAR

O músculo é o único tecido do corpo humano capaz de produzir força biomecânica. A contração muscular apresenta sempre a mesma intensidade – lei do tudo ou nada –, ou seja, em resposta a um estímulo, os músculos contraem-se ou não; se o fazem, é sempre da mesma maneira. Para que ocorra a contração, o estímulo precisa atingir um mínimo necessário, chamado de limiar de excitação. Uma alcançado esse limite, por mais que a intensidade aumente, a intensidade de contração mantém-se constante.

A contração do músculo como um todo depende do número de fibras que se contraem. Como diferentes fibras têm diferentes limiares, ao aumentar a intensidade do estímulo, também cresce o número de fibras que se contraem, o chamado **recrutamento**. Mesmo com maior quantidade de fibras se contraindo, a intensidade de contração de cada uma é constante após elas atingirem o limiar de excitação.

Entre o instante da aplicação do estímulo e do início da contração, existe um **período de latência**. Se os estímulos se repetem em intervalos muito curtos, não há relaxamento, e sim contração contínua, chamada **tetania** ou **tétano perfeito**. Com a manutenção dos estímulos após certo tempo, a contração perde gradativamente sua amplitude em conseqüência da fadiga muscular. Isso acontece, por exemplo, com o indivíduo que permanece com os braços erguidos em posição horizontal por muito tempo.

DISTROFIA MUSCULAR

Distrofia muscular é considerada uma das alterações genéticas mais comuns no mundo. Dois tipos de distrofia são mais conhecidos: distrofia muscular de Duchenne (DMD) e distrofia muscular de Becker (DMB). Trata-se de doenças genéticas causadas por mutações no mesmo gene, o DMD, ambas com padrão de herança recessivo ligado ao cromossomo X, em uma região denominada Xp21. Como na mulher existem dois cromossomos X, se um deles tiver o gene defeituoso,

o outro garantirá o bom funcionamento dos músculos. Por isso, a mulher pode ser portadora do gene da DMD e não ter a doença, o que explica a maior prevalência do problema em homens.

Ambos os tipos de distrofia são responsáveis pelo funcionamento dos músculos, o que resulta em fraqueza muscular e perda de funções motoras, que se desenvolve na infância ou na adolescência. O diagnóstico dessas doenças é realizado por meio de exame de sangue e de uma amostra do tecido muscular.

Tipos de fibras musculares esqueléticas		
Características	Fibras musculares vermelhas	Fibras musculares brancas
Vascularização	Rico suprimento vascular	Suprimento vascular mais pobre
Inervação	Fibras nervosas menores	Fibras nervosas maiores
Diâmetro das fibras	Menor	Maior
Contração	Lenta mais repetitiva; não se fadigam rapidamente; contração mais fraca.	Rápida, mas fadigam-se rapidamente; contração mais forte.
Reticulo sarcoplasmático	Não é extenso	Extenso
Mitocôndrias	Numerosos	Poucos
Mioglobinas	Ricas	Pobres
Enzimas	Ricas em enzimas oxidativas; pobres em adenosina trifosfatase	Pobres em enzimas oxidativas, ricas em fosforilases e adenosina trifosfarase

ROTEIRO DE AULA

TECIDO MUSCULAR

Origem:

Miócitos

Fibras:

Mesoderma

Tipos de tecido:

Esquelético

Cardíaco

Liso

Contração:

Rápida e voluntária

Rápida ritmada e involuntária

Lenta e involuntária

Controle nervoso feito pelo:

Sistema nervoso central

Sistema nervoso autônomo

Sistema nervoso autônomo

ROTEIRO DE AULA

FIBRA MUSCULAR ESQUELÉTICA

Tipos

Muita mioglobina

Vermelha

Pouca mioglobina

Branca

Libera

Ca²⁺

Atua no mecanismo da

Contração muscular

Pelo deslizamento de

Miosina

Sobre

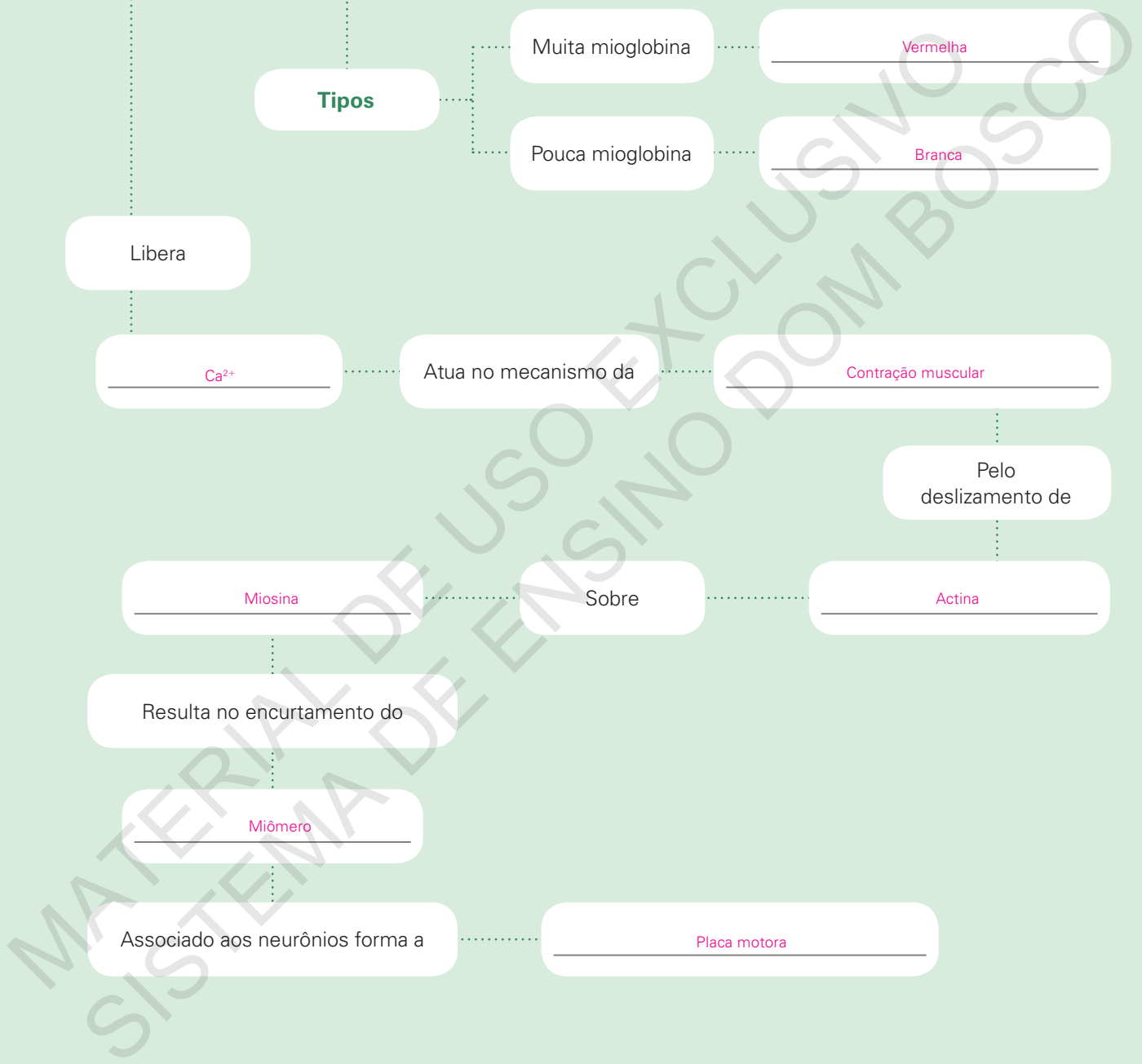
Actina

Resulta no encurtamento do

Miômero

Associado aos neurônios forma a

Placa motora



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. IFPE – Ao longo das décadas, os velocistas ficaram mais altos. O jamaicano Usain Bolt, recordista mundial, com o tempo de 9,58 s, reúne qualidades que o favorecem nas corridas de velocidade, entre elas: altura de 1,95 m, pois quanto mais alto o atleta, mais elevado é o seu centro de gravidade, o que favorece a corrida; e maior prevalência de fibras musculares rápidas, que são mais eficientes para realizar esforço intenso e de curta duração.

Em relação ao tecido muscular, é correto dizer que:

- a) Todo tecido muscular estriado tem contração voluntária.
- b) A actina aparece sob a forma de filamentos grossos e a miosina é representada por filamentos finos.
- c) Somente o tecido muscular liso não apresenta actina, por isso é o único denominado tecido muscular não estriado.
- d) Toda fibra muscular contém filamentos proteicos contráteis de dois tipos: actina e miosina.
- e) Toda fibra muscular lisa conecta com sua vizinha por meio do disco intercalar.

A alternativa A está incorreta porque o tecido muscular estriado esquelético tem contração voluntária, e o tecido muscular estriado cardíaco tem contração involuntária. A alternativa B está incorreta porque a actina aparece sob a forma de filamentos finos e a miosina, de filamentos grossos. A alternativa C está incorreta porque o tecido muscular liso apresenta actina e miosina, porém em disposições não estriadas. A alternativa E está incorreta porque toda fibra muscular apresenta actina e miosina. O músculo liso multiunitário é formado por fibras musculares individualizadas, que atuam independentemente umas das outras; e o músculo liso unitário possui fibras musculares ligadas por junções abertas.

2. Unicamp-SP (adaptada) – Com a manchete “*O voo de Maurren*”, *O Estado de São Paulo* noticiou, no dia 23 de agosto de 2008, que a saltadora Maurren Maggi ganhou a segunda medalha de ouro para o Brasil nos últimos Jogos Olímpicos. No salto de 7,04 m de distância, Maurren utilizou a força originada da contração do tecido muscular estriado esquelético. Para que pudesse chegar a essa marca foi preciso contração muscular e coordenação dos movimentos por meio de impulsos nervosos.

- a) Explique o tipo de contração da musculatura estriada esquelética.

A musculatura estriada esquelética apresenta contração rápida e voluntária, coordenada pelo cérebro (sistema nervoso central).

- b) Para saltar, é necessária interação entre as estruturas ósseas (esqueleto) e os tendões e músculos. Explique como ocorre a interação dessas três estruturas para possibilitar à atleta a execução do salto.

A ação do sistema nervoso coordena a movimentação, que é facilitada, pois os músculos se fixam ao esqueleto por meio dos tendões.

3. IFPE

C4-H14

O útero é um órgão de 7 cm com o formato de uma pera. Durante a menstruação e, enquanto descama, libera prostaglandina, que faz o útero contrair para eliminar o sangue. Esse processo comprime os nervos e os vasos que passam pelo músculo uterino. Por isso, a mulher sente dor.

VARELA, Drauzio. Cólicas menstruais. Disponível em: <http://drauziovarela.com.br/mulher-2/colicamentruais>. Acesso: 03 out. 2016. (adaptado).

O útero é um órgão formado por músculo:

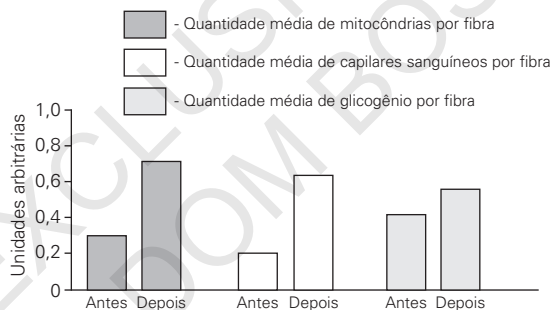
- a) estriado esquelético, de contração involuntária.
- b) estriado esquelético, de contração voluntária.
- c) estriado cardíaco, de contração involuntária.
- d) liso, de contração involuntária.
- e) liso, de contração voluntária.

O útero é constituído por músculo liso, com contração involuntária.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

4. PUC-MG – O gráfico apresenta as variações de três parâmetros adaptativos de músculo estriado esquelético após algum tempo de treinamento físico aeróbico.



Com base na análise dos resultados e outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar:

- a) aumento na quantidade de glicogênio nas fibras musculares determina obrigatoriamente o aumento na capacidade aeróbia dos músculos.
- b) aumento da quantidade de capilares nas fibras representa aumento na vascularização capaz de melhorar as trocas gasosas e a nutrição muscular.
- c) aumento na quantidade de sarcossomas nas fibras musculares representa aumento na capacidade oxidativa.
- d) A capacidade aeróbia muscular pode também depender da quantidade de mioglobina no interior das fibras musculares.

São fatores que podem aumentar a capacidade aeróbia dos músculos: aumento na quantidade de glicogênio armazenado, aumento da vascularização sanguínea, maior número de sarcossomas, maior quantidade de mioglobina nos miócitos, além de condições genéticas, sexo, idade e tipo de exercício físico.

5. UFTM-MG

O Botox®, ou toxina botulínica, é um composto produzido por uma bactéria anaeróbia e utilizado em tratamentos estéticos, em pequenas doses, para suavizar as marcas causadas pelas contrações musculares na face ao longo do tempo. Ao ser aplicada no rosto, a toxina bloqueia a liberação de acetilcolina, um neurotransmissor que leva mensagens elétricas do cérebro aos músculos faciais.

Fonte: <www.bbc.co.uk/portuguese> Acesso em: nov. 2019.

Explique o que ocorreria no interior da fibra muscular caso houvesse a liberação da acetilcolina.

A liberação de acetilcolina estimula a contração da fibra muscular estriada. O neurotransmissor determina o deslizamento dos miofilamentos proteicos de actina sobre os miofilamentos de miosina, na presença de cálcio, com consumo de ATP.

6. UESPI – Os atletas olímpicos geralmente possuem grande massa muscular devido aos exercícios físicos constantes. Sobre a contração dos músculos esqueléticos, é correto afirmar que

- a) os filamentos de miosina deslizam sobre os de actina, diminuindo o comprimento do miômero.
- b) a fonte de energia imediata para contração muscular é proveniente do fosfato de creatina e do glicogênio.
- c) na ausência de íons de Ca^{2+} , a miosina separa-se da actina provocando o relaxamento da fibra muscular.
- d) a fadiga durante o exercício físico é resultado do consumo de oxigênio que ocorre na fermentação láctica.
- e) a ausência de estímulo nervoso em pessoas com lesão da coluna espinal não provoca diminuição do tônus muscular.

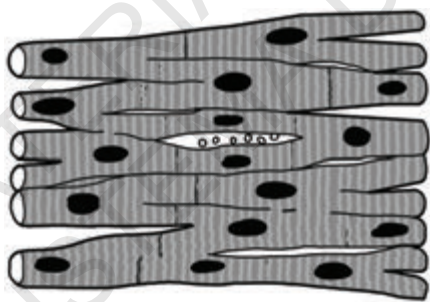
Na deficiência de cálcio, as miofibrilas permanecem relaxadas porque as moléculas de miosina separam-se das moléculas de actina.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEM-PR – Para que ocorra o processo de contração muscular, há necessidade de íons de Ca^{2+} e de energia armazenada nas moléculas de ATP. Sobre esse processo e com base nos conhecimentos de química, assinale o que for correto.

- 01) Os íons Ca^{2+} promovem a ligação dos miofilamentos de actina com os de miosina.
- 02) Durante o repouso, a concentração de íons cálcio no interior do retículo sarcoplasmático é menor do que a concentração do sarcoplasma.
- 04) O íon Ca^{2+} possui maior raio do que o elemento Ca, porque apresenta dois elétrons a mais.
- 08) Na molécula de ATP, existem átomos de fósforo que não obedecem à regra do octeto.
- 16) Durante um exercício físico intenso, as reservas de O_2 ligados à mioglobina se esgotam e ocorre acúmulo de ácido láctico no músculo, resultando em fadiga muscular.

8. PUC-MG – Observe o esquema, que representa fibras do tecido muscular estriado cardíaco humano.



Sobre esse assunto, assinale a afirmativa **incorreta**.

- a) A contração dessa musculatura, em condições normais, depende de um sistema próprio gerador de impulsos.
- b) As fibras musculares cardíacas apresentam, em seu sarcoplasma, actinas, miosinas e mioglobinas.
- c) As fibras musculares cardíacas podem realizar contração, mesmo sem estímulos do sistema nervoso central.

d) As fibras musculares cardíacas apresentam intenso consumo de oxigênio, que é recebido diretamente do sangue contido nos átrios e ventrículos.

9. FCM-MG – Pesquisas médicas e biológicas recentes sobre a estrutura e o funcionamento dos músculos têm revelado fatos surpreendentes. Hoje sabemos, por exemplo, que os músculos de um corredor de maratona são bem diferentes dos de um corredor de 100 metros rasos.

Essas pesquisas mostram que há dois tipos de fibras musculares:

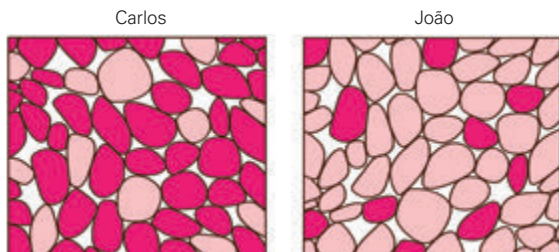
- fibras tipo I, de contração lenta, vermelhas ou ST (*slow twitch*). Apresentam um diâmetro menor, com maior fornecimento sanguíneo, possuindo muitas e grandes sarcossomas com muitas enzimas oxidativas.
- fibras tipo II, de contração rápida, brancas ou FT (*fast twitch*). Apresentam diâmetro maior, com predomínio de metabolismo energético do tipo anaeróbio.

Baseado nos dados fornecidos, podemos afirmar que, dos atletas abaixo relacionados, o que apresenta um maior número de fibras I ou ST é

- a) Eliud Kipchoge – maratonista olímpico, Quênia (Rio, 2016).
- b) Fernando Reis – recordista brasileiro no levantamento de peso (Rio, 2016).
- c) Gabriel José Lopes – recordista nacional sênior 100 metros costas (Coimbra, 2017).
- d) Justin Gatlin – campeão dos 100 metros no mundial de atletismo, USA (Londres, 2017).

10. UNESP – As olimpíadas de 2016 no Brasil contarão com 42 esportes diferentes. Dentre as modalidades de atletismo, teremos a corrida dos 100 m rasos e a maratona, com percurso de pouco mais de 42 km. A musculatura esquelética dos atletas que competirão nessas duas modalidades apresenta uma composição distinta de fibras. As fibras musculares do tipo I são de contração lenta, possuem muita irrigação sanguínea e muitos sarcossomas. Ao contrário, as fibras do tipo II são de contração rápida, pouco irrigadas e com poucas sarcossomas. Ao

contrário, as fibras do tipo I são de contração rápida, pouco irrigadas e com poucas sarcossomas. As fibras do tipo I têm muita mioglobina, uma proteína transportadora de moléculas de gás oxigênio que confere a estas fibras coloração vermelha-escura, ao passo que as do tipo II têm pouca mioglobina, sendo mais claras. A imagem ilustra a disposição das fibras musculares de cortes histológicos transversais, vistas ao microscópio, da musculatura dos atletas Carlos e João. Cada atleta compete em uma dessas duas modalidades.



Por que é possível afirmar que Carlos é o atleta que compete na maratona? Que metabolismo energético predomina em suas fibras musculares?

11. Fuvest-SP – A tabela a seguir apresenta algumas características de dois tipos de fibras musculares do corpo humano.

Fibras musculares		
Características	Tipo I	Tipo II
Velocidade de contração	Lenta	Rápida
Concentração de enzimas oxidativas	Alta	Baixa
Concentração de enzimas glicolíticas	Baixa	Alta

a) Em suas respectivas provas, um velocista corre 200 m, com velocidade aproximada de 36 km/h, e um maratonista corre 42 km, com velocidade aproximada de 18 km/h. Que tipo de fibra muscular se espera encontrar, em maior abundância, nos músculos do corpo de cada um desses atletas?

b) Em que tipo de fibra muscular deve ser observando o maior número de sarcossoma? Justifique.

12. UFRGS-RS – Considere as afirmações a seguir sobre o tecido muscular esquelético.

- I. Para que ocorra contração muscular, há necessidade de uma ação conjunta dos íons cálcio e da energia liberada pelo ATP, o que promove um deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina na fibra muscular.
- II. Exercícios físicos promovem um aumento no volume dos miócitos da musculatura esquelética, através da produção de novas miofibrilas.
- III. Em caso de fadiga muscular, parte do ácido láctico produzido através da fermentação láctica passa para a corrente sanguínea e é convertida em aminoácidos pelo fígado.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

13. UECE (adaptada) – O conceito de miômero engloba o de estruturas como sarcolema e retículo sarcoplasmático e está associado a um determinado tipo de tecido. Nessa estrutura temos a abundante presença de

- a) plastos de íons de magnésio.
- b) plastos de íons do cálcio.
- c) sarcossomas e íons de magnésio.
- d) sarcossomas e íons de cálcio.

14. Udesc (adaptada) – Um dos domínios da ergonomia está relacionado às respostas do corpo humano, à carga física e psicológica. O designer deve ficar atento a essas respostas, pois assim poderá garantir características importantes à construção e melhoria de materiais, bem como disposição física de estações de trabalho mais adequadas, evitando que a pessoa exerça a repetição de movimentos e ocasione lesões músculo-esqueléticas pela LER (lesão por esforço repetitivo). A doença atinge músculos e tendões, que ficam irritados.

Em relação ao contexto:

a) O que são tendões?

b) Explique que tipo de contração está presente no músculo esquelético.

15. UEM-PR – O bicho-preguiça desloca-se no solo com velocidade média de 2m/min, enquanto o guepardo, um dos animais mais velozes do planeta, atinge velocidades superiores a 100 km/hora. O avestruz, ave terrestre mais rápida, pode atingir a velocidade de 72 km/hora. Considerando essas informações e conhecimentos sobre o movimento e os tecidos envolvidos, assinale o que for correto.

01) O tecido muscular estriado esquelético constitui a musculatura dos vertebrados, relacionada com o movimento e o deslocamento.

02) A velocidade máxima do guepardo é menor que a velocidade máxima do avestruz, porém é maior que a velocidade média do bicho-preguiça.

04) Supondo que, durante uma corrida, avestruz e guepardo se desloquem com suas respectivas velocidades máximas, então eles percorrem distâncias iguais em intervalos de tempos iguais.

08) Actina e miosina são proteínas presentes nas miofibrilas, responsáveis pela contração muscular durante o movimento.

16) As hemácias presentes no sangue (um tipo de tecido conjuntivo) atuam na oxigenação das fibras musculares.

16. Famerp-SP (adaptada) – Durante os jogos Olímpicos do Rio 2016, várias modalidades esportivas foram acompanhadas por pesquisadores e fisiologistas, que analisaram o desempenho dos atletas e coletaram dados para estudos sobre o rendimento dos músculos, como os destacados na imagem:

SEBASTIAN KAULITZKI/ALAMY STOCK PHOTO



a) Cite o tipo de músculo que se destaca na imagem. Classifique essa musculatura quanto à forma de contração.

b) A mioglobina é uma substância encontrada nas fibras musculares, explique sua função na contração muscular.

17. UEM-PR – Quando fazemos exercícios físicos, ocorrem alterações no funcionamento do nosso corpo, como a elevação da temperatura e a saída de água e íons da célula.

Sobre o assunto, assinale o que for correto.

- 01)** Uma das causas da fadiga muscular, resultante de um esforço muscular intenso, é o excesso de glicogênio e ATP produzido pela fibra muscular cardíaca.
- 02)** Para regular a temperatura corporal, proteínas especiais presentes no sarcolema permitem a saída de água e de íons, sem gasto de energia pela mem-

brana, do meio mais concentrado para o menos concentrado. Esse processo é a difusão simples.

- 04)** As glândulas sudoríparas são anexos epidérmicos que eliminam, por meio de um ducto, um fluido que contém água e íons, ajudando a manter a temperatura corporal.
- 08)** Durante uma atividade física, a frequência cardíaca aumenta, o sangue venoso passa do átrio para o ventrículo direito e de lá é bombeado para a artéria pulmonar.
- 16)** O cerebelo é o principal responsável pela coordenação dos movimentos das diversas partes do corpo e pela manutenção do equilíbrio corporal.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H14

A toxina botulínica (produzida pelo bacilo *Clostridium botulinum*) pode ser encontrada em alimentos malconservados, causando até a morte de consumidores. No entanto, essa toxina modificada em laboratório está sendo usada cada vez mais para mostrar a qualidade de vida das pessoas com problemas físicos e/ou estéticos, atenuando problemas como o blefaroespasmó, que provoca contrações involuntárias das pálpebras.

BACHUR, T. P. R. et al. Toxina botulínica: de veneno a tratamento. Revista Eletrônica Pesquisa Médica, n. 1, jan.-mar. 2009 (adaptado)

O alívio dos sintomas do blefaroespasmó é consequência da ação da toxina modificada sobre o tecido

- a)** glandular, uma vez que ela impede a produção de secreção de substâncias na pele.
- b)** muscular, uma vez que ele provoca paralisia das fibras que formam esse tipo de tecido.
- c)** epitelial, uma vez que ela leva ao aumento da camada de queratina que protege a pele.
- d)** conjuntivo, uma vez que ela aumenta a quantidade de substância intercelular no tecido.

19. Unirio-RJ

C4-H14

É constituído por células uninucleadas que possuem núcleos centrais. Em seu citoplasma encontramos miofibrilas, formando discos claros e escuros. Para formar o tecido, essas células se colocam em continuidade

umas com as outras, sendo que a adesão entre elas, feita pelos discos intercalares, apresenta contrações rápidas e involuntárias.

Essa é a descrição do tecido:

- a)** epitelial
- b)** conjuntivo
- c)** muscular estriado cardíaco
- d)** muscular não estriado
- e)** muscular estriado esquelético

20. UESPI

C4-H14

Os atletas olímpicos geralmente possuem grande massa muscular devido aos exercícios físicos constantes. Sobre a contração dos músculos esqueléticos, é correto afirmar que

- a)** os filamentos de miosina deslizam sobre os de actina, diminuindo o comprimento do miômero.
- b)** a fonte de energia imediata para contração muscular é proveniente do fosfato de creatina e do glicogênio.
- c)** na ausência de íons Ca^{2+} , a miosina separa-se da actina provocando o relaxamento da fibra muscular.
- d)** a fadiga durante o exercício físico é resultado do consumo de oxigênio que ocorre na fermentação láctica.
- e)** a ausência de estímulo nervoso em pessoas com lesão da coluna espinal não provoca diminuição do tônus muscular.

6

TECIDO NERVOSO E SISTEMA NERVOSO

- Tecido nervoso
- Dinâmica do impulso nervoso
- Sistema nervoso comparado
- Sistema nervoso humano

HABILIDADES

- Reconhecer as características gerais do tecido nervoso e das células que o compõem.
- Compreender o evento da geração e transmissão do impulso nervoso.
- Compreender a diferenciação do sistema nervoso ao longo da evolução.
- Comparar as diferentes estruturas do sistema nervoso entre os vários grupos animais.
- Apresentar a organização geral do sistema nervoso humano e suas funções.

Tecido nervoso

Com origem embrionária na ectoderme, o tecido nervoso é caracterizado por ter matriz extracelular escassa e ser constituído, basicamente, por dois tipos celulares: os **neurônios** e as **gliócitos** (também denominados células da glia).

Os neurônios contam com longos prolongamentos, formando uma rede complexa de comunicações interligadas por todo o organismo que compõem o sistema nervoso.

Sua principal função é captar e processar as informações do ambiente externo, que são percebidas por meio dos sentidos (tato, paladar, visão, audição e olfato) e do próprio metabolismo interno, como a variação da temperatura e dos níveis de diversas substâncias, entre outros aspectos. O tecido nervoso é responsável pelo processamento dessas informações e pela elaboração de respostas que resultam em ações e na armazenagem dos dados, processo denominado **memória**.

NEURÔNIOS

Os neurônios são as principais células do tecido nervoso, já que são as responsáveis por processar informações e estímulos ambientais por meio da propagação de **impulsos nervosos**.

No citoplasma são encontradas grandes quantidades de ribossomos livres e retículo endoplasmático granuloso bem desenvolvido, organelas necessárias por conta da elevada taxa de síntese proteica para manter sua estrutura e produzir **neurotransmissores peptídicos**, moléculas derivadas das proteínas que atuam como mensageiros químicos.

As mitocôndrias também são encontradas em grande quantidade, relacionadas à sua elevada demanda energética.

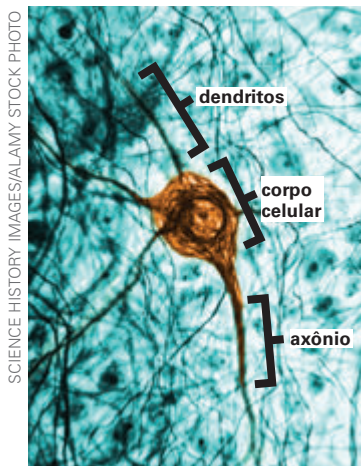
Essas células apresentam a capacidade de receber estímulos nervosos (**excitabilidade**) e transmitir alterações desencadeadas por esses estímulos a outras células (**condutibilidade**), permitindo ao organismo responder a alterações do meio.

Morfologia

Neurônios são células alongadas, podendo atingir até 1 m de comprimento. A maioria dos neurônios é formada pelo **corpo celular**, no qual se encontra o núcleo e as organelas citoplasmáticas. Essa é a região mais volumosa e que apresenta formatos variáveis, dependendo da localização e da atividade funcional. As principais formas são estrelada, fusiforme, piriforme e esférica.

O citoesqueleto do neurônio é formado por filamentos de actina, neurofilamentos, microtúbulos e proteínas motoras. Suas principais funções são manter o formato da célula, sustentar os prolongamentos e permitir o transporte de organelas e substâncias.

Do corpo celular partem dois tipos de prolongamentos. Os **dendritos** são terminações aferentes que recebem estímulo dos outros neurônios ou dos órgãos sensoriais. Essas informações são passadas para outros neurônios ou músculos por um prolongamento maior chamado **axônio**, uma terminação eferente, que conduzirá os impulsos nervosos a outros neurônios e células.

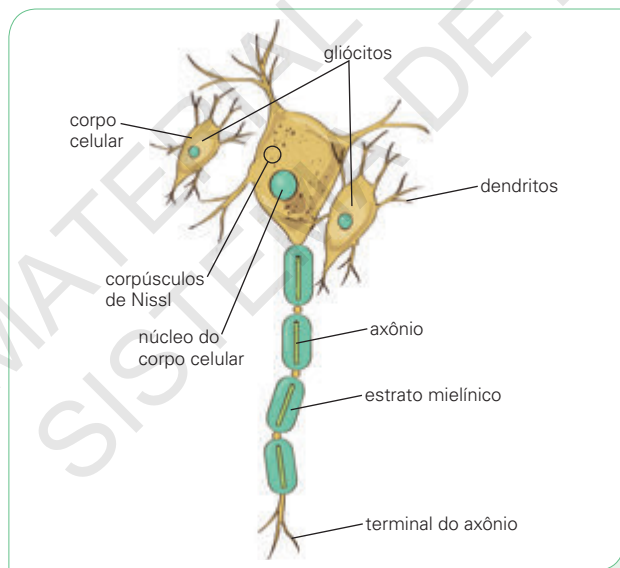


Eletromicrografia de transmissão colorida artificialmente, mostrando o corte do neurônio de um rato. Aumento de 1050x.

Diferentemente dos dendritos, os axônios não possuem retículo endoplasmático granuloso nem grânulos basófilos. Ao longo de seu comprimento, os axônios podem formar ramos colaterais e sua porção final é chamada de **telodendro**.

A maioria dos axônios é envolta por uma camada de proteínas e lipídios chamada de **estrato mielínico**, que, com o axônio, é denominada de **neurofibra**.

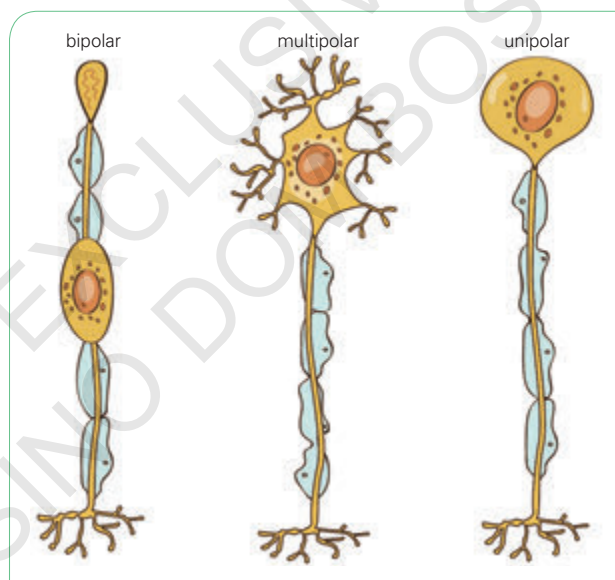
O estrato mielínico funciona como um isolante elétrico, no qual as alterações na polaridade da membrana acontecem somente em pequenos intervalos no corpo do neurônio, denominados **nós neurofibrósos**. Isso possibilita ao impulso nervoso saltar de um nó para outro, aumentando sua velocidade e convertendo rapidamente os estímulos ambientais em respostas do sistema nervoso. Neurônios mielinizados podem conduzir impulsos nervosos a uma velocidade de mais de 100 metros por segundo; em alguns neurônios amielínicos, a velocidade de propagação não ultrapassa 0,5 m/s.



Estruturas que compõem o neurônio. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Os neurônios podem ser classificados de acordo com seu número de prolongamentos em:

- **neurônios bipolares:** apresentam dois prolongamentos, um dendrito e um axônio. Estão presentes, por exemplo, em estruturas relacionadas ao equilíbrio, ao olfato, à visão e à audição;
- **neurônios multipolares:** apresentam um axônio e muitos dendritos ramificados. Encontram-se em maior quantidade no cérebro e na medula espinhal;
- **neurônios unipolares:** têm origem na vida embrionária como um neurônio bipolar, mas os dois prolongamentos se fundem próximo ao corpo celular e depois se dividem, formando o axônio e os dendritos. Estão presentes nos gânglios sensoriais cranianos.



Os diferentes prolongamentos dos neurônios: bipolar, multipolar e unipolar. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

GLÍOCITOS

Trata-se de células associadas à manutenção, à sustentação e à nutrição dos neurônios e do tecido nervoso como um todo. No sistema nervoso central (SNC) são divididas em:

- **astrócitos:** possuem forma estrelada por conta de seus prolongamentos. A comunicação com outras células do mesmo tipo acontece por junções gap. Estão presente no SNC em grande quantidade e têm a função de fornecer suporte metabólico e físico aos neurônios, além de participar da homeostase;
- **células micróglia:** são macrófagos especializados, sendo os menores constituintes da célula da glia. Atuam como células dendríticas apresentadoras de antígenos, secretam citocinas e removem restos celulares. Têm origem na medula óssea;
- **células endimárias:** lembram o tecido epitelial por serem cúbicas ou colunares, dispostas lado

a lado. Atuam no transporte de água, íons e produzem o líquido cerebroespinhal.

- **oligodendrócitos:** apresentam poucos prolongamentos e são menores que os astrócitos. Auxiliam no controle do pH extracelular através da enzima anidrase carbônica e mantêm o microambiente controlado em torno do neurônio, possibilitam seu isolamento elétrico para que ocorra uma via efetiva para as trocas metabólicas. Também ocorrem no sistema nervoso periférico (SNP), onde são chamados de células satélites por rodearem os neurônios e os gânglios nervosos.

NERVOS

Nervos são feixes de axônio envolvidos por tecido conectivo que correspondem a agrupamentos de neurofibras. Cada neurofibra é envolta individualmente pelo **endoneuro** – fina camada de tecido conectivo rico em fibras reticulares. Os conjuntos de várias neurofibras constituem feixes, os quais são revestidos por outro envoltório de tecido conectivo, o **perineuro**. A camada espessa de tecido conjuntivo denso, o **epineuro**, reveste os vários feixes unidos de neurofibras e preenche os espaços entre eles.

Esses envoltórios de tecido conectivo, além de proteger e delimitar os feixes de neurofibras, contam com vasos sanguíneos para sua nutrição.

Os nervos são classificados como **sensoriais** ou **aférentes** quando recebem os estímulos sensoriais do ambiente e do organismo e os conduzem para o SNC para serem processados. Nervos **mistos** ou **interneurônios** são aqueles que estabelecem conexões, analisam e interpretam os estímulos sensoriais e integram os neurônios no SNC. Os **motores** são também chamados de **eférentes**, por terem origem no SNC e conduzirem impulsos entre neurônios, músculos ou glândulas.



Dinâmica do impulso nervoso

Como em qualquer outra célula, nos neurônios os íons estão distribuídos de maneira desigual pela membrana plasmática, sendo a parte interna da membrana carregada negativamente em relação ao meio extracelular. A membrana plasmática encontra-se, portanto, polarizada. Isso causa uma diferença de potencial elétrico proveniente da diferença de carga, que no neurônio é chamada de **potencial de membrana**.

O mecanismo básico que mantém essa diferença é a bomba de sódio (Na^+) e potássio (K^+), mecanismo de transporte ativo que, com gasto energético, retira sódio

da célula para o meio extracelular e introduz potássio no meio intracelular. A permeabilidade da membrana do neurônio em repouso impede os íons de se moverem a favor do gradiente de concentração. A diferença de potencial verificada na membrana do neurônio em repouso chama-se **potencial de repouso**.

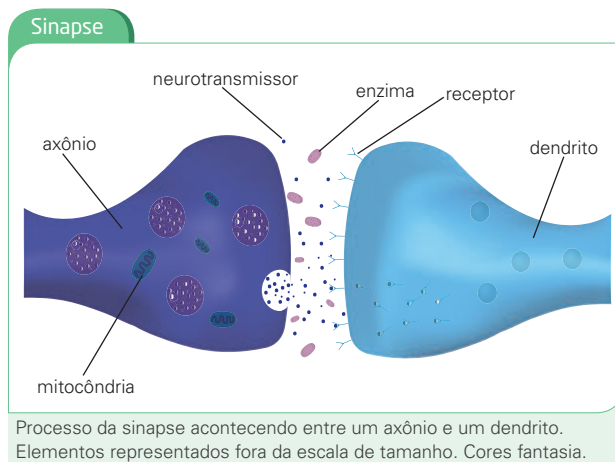
Para que o estímulo promova o impulso nervoso é necessário que este atinja uma intensidade mínima, chamada **limiar de excitação**. Uma vez alcançado esse limiar, o estímulo desencadeia sempre a mesma resposta, ou seja, por mais que sua intensidade aumente, os potenciais de ação ocorrem por completo ou simplesmente não ocorrem, o que é denominado **lei do tudo ou nada**.

Os estímulos provocam uma onda de despolarizações e repolarizações que se propagam ao longo da membrana plasmática do neurônio. Essa oscilação da diferença de potencial corresponde ao **potencial de ação**, e o caminho percorrido pelo estímulo gera o impulso nervoso. A propagação do impulso ao longo do neurônio é **unidirecional** (sempre no sentido dendrito-corpo celular-axônio).

A presença do estrato mielínico é um dos fatores que determinam a velocidade de propagação do impulso nervoso na célula. Quando a membrana de uma região sem o estrato se encontra despolarizada, a alteração elétrica gerada passa diretamente para o nó seguinte, que se despolariza. Desse modo, nos neurônios com estrato mielínico o impulso nervoso propaga-se diretamente de um nó para outro no processo de **condução saltatória**.

Sinapse

Define-se **sinapse** como o local de comunicação entre dois neurônios ou entre um neurônio e uma célula efetora, e tem como função transformar o sinal elétrico em químico. Uma pequena fenda (20 a 30 nm), denominada **fenda sináptica**, separa as células que estão participando da transmissão do impulso nervoso, sendo o neurônio que está transmitindo esse impulso denominado de pré-sináptico e o que está recebendo, pós-sináptico.



Na fenda sináptica, participam os chamados neurotransmissores, vesículas cheias de substâncias químicas na extremidade do axônio pré-sináptico. São exemplos de neurotransmissores a acetilcolina, a noradrenalina e a serotonina, presentes na maioria dos vertebrados. As sinapses podem ser **axodendríticas**, quando o axônio de um neurônio faz contato com o dendrito de outro; **axossomática**, quando o axônio contata o corpo celular; e **axoaxônica**, quando o contato se dá entre axônios.

Nos mamíferos, as sinapses são **químicas** e ocorrem quando a despolarização da membrana chega na porção terminal do axônio pré-sináptico (chamado de botão sináptico) e promove a abertura dos canais de Ca^{2+} . A entrada dos íons de cálcio promove a fusão das vesículas sinápticas à membrana pré-sináptica, causando a exocitose dos neurotransmissores, os quais são liberados na fenda sináptica. Desse modo, os neurotransmissores se difundem e se fixam aos receptores da membrana da célula pós-sináptica, abrindo os canais para a entrada do íon sódio, de modo que gerem impulso nervoso que se propaga por sua membrana plasmática.

No caso da fibra muscular, os neurotransmissores podem enviar estímulo específico que provoca contração. A **sinapse neuromuscular** (entre um neurônio e uma célula muscular) é conhecida por placa motora ou junção neuromuscular.

Há elevada especificidade entre o neurotransmissor e determinados receptores localizados na membrana pós-sináptica. Assim que entra em ação, o neurotransmissor é inativado por enzimas, interrompendo o impulso nervoso nesse local. Acetilcolinesterase é um exemplo de enzima que inativa especificamente a acetilcolina.

Outras maneiras de extinguir o impulso nervoso local ocorre com a recaptação dos neurotransmissores por células da glia e imobilização desses neurotransmissores por moléculas da matriz extracelular próxima. A propagação do impulso nervoso através da sinapse é um fenômeno exclusivamente químico e unidirecional.

Sistema nervoso

A evolução do sistema nervoso nos animais relaciona-se diretamente com a anatomia, a simetria, o estilo de vida e a quantidade de células que cada organismo apresenta.

Sistema nervoso comparado

O sistema nervoso é caracterizado pela presença de células especializadas na percepção de estímulos e no desenvolvimento de respostas, como os neurônios.

O impulso nervoso tem origem elétrica e é distribuído por meio dos neurônios, propagando-se com enorme velocidade que produz prontamente resposta. Caso esse estímulo seja interrompido, a resposta também cessa.

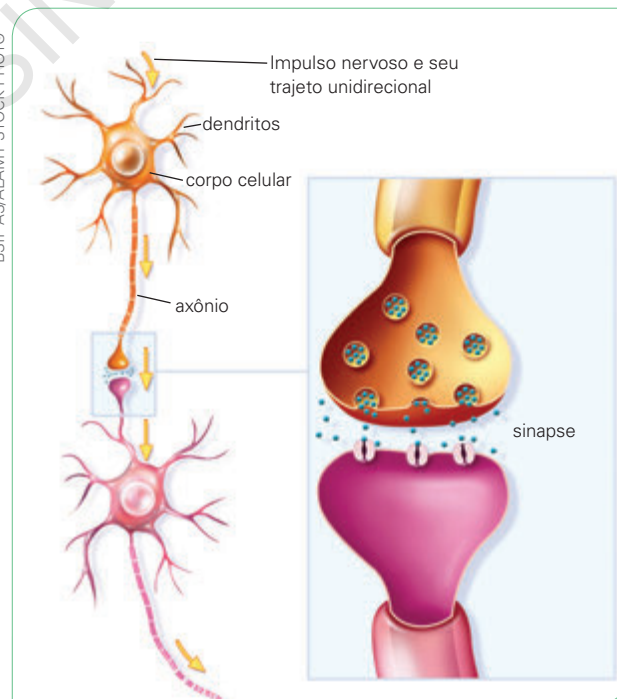
Esse sistema tem elevado consumo de energia e pode tanto desencadear quanto interromper a resposta, dando aos indivíduos a capacidade de explorar o ambiente por meio dos sentidos.

EVOLUÇÃO DO SISTEMA NERVOSO

Alguns organismos unicelulares, como procariotos e protistas, mesmo sem apresentar neurônios, conseguem perceber o ambiente por meio de receptores que armazenam breves traços de memória e integram essas percepções para a realização de movimentos adaptativos.

Ao longo da evolução dos grupos de animais, três tendências surgiram no desenvolvimento do sistema nervoso:

1. Surgimento de **sinapses**: são conexões químicas entre os neurônios que tornaram a propagação do impulso entre os neurônios unidirecional, ou seja, sempre no mesmo sentido de propagação. São recebidas pelos dendritos, seguem pelo corpo celular, percorrem o axônio e, da extremidade deste, são passadas à célula seguinte, cumprindo o sentido dendrito–corpo celular–axônio.



Na primeira imagem pode-se observar a passagem do impulso nervoso entre dois neurônios e, com mais detalhes, à direita, a sinapse unidirecional acontecendo entre eles. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

2. Concentração de fibras nervosas em feixes chamados **nervos**, estruturas fibrosas formadas pelo agrupamento de axônios de múltiplos neurônios

que conduzem e organizam o fluxo de informação ao longo das rotas do sistema nervoso.

3. Concentração de neurônios e de estruturas sensoriais nas regiões mais anteriores do corpo, geralmente as primeiras a explorar novos ambientes.

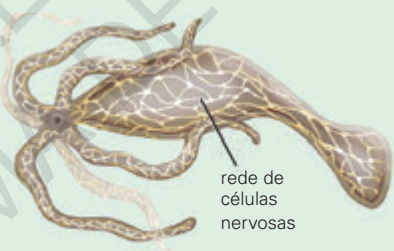
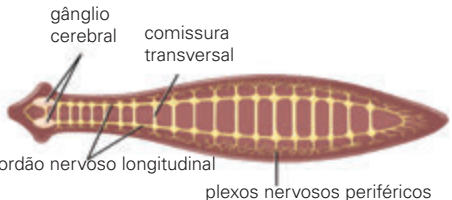
Os neurônios são encontrados em todos os grupos animais, exceto nos poríferos, que fazem parte do grupo de parazoários (animais que não apresentam tecidos organizados).

Os cnidários são os organismos mais simples a possuir um sistema especializado de neurônios, permitindo uma resposta rápida às percepções ambientais – o que caracteriza um sistema nervoso. É um filo representado pelas hidras, pelas medusas, pelas águas-vivas, pelos corais e pelas anêmonas-do-mar, indivíduos com **simetria radial** e células nervosas organizadas como uma rede por todo o organismo, chamada de sistema nervoso **difuso**, que controla a expansão e a contração da cavidade gastrovascular. As células nervosas dos cnidários se comunicam por pontes citoplasmáticas, que transmitem os impulsos nervosos de maneira indistinta – diferentemente dos neurônios típicos, que se comunicam por sinapses unidirecionais, não havendo contato direto entre as células.

Nos animais de simetria **bilateral** (platelmintos, nematelmintos, moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados), o sistema nervoso é **axial**, geralmente formado por cordões nervosos maciços e ventrais nos invertebrados, e por tubo nervoso oco e dorsal nos vertebrados. Localizado no esqueleto axial, o SNC é formado pela junção do encéfalo e da medula, chamado de neuroeixo.

Os corpos dos neurônios **sensitivos** (que recebem os estímulos sensoriais e conduzem os impulsos nervosos ao SNC) e **motores** (que conduzem as respostas motoras do SNC às células musculares efetoras) de alguns nervos e **raízes nervosas** (segmento inicial de um nervo que parte do SNC) podem formar dilatações chamadas de **gânglios** que fazem conexão com o SNC, podendo ocorrer no crânio e no canal vertebral. Nos invertebrados os cordões nervosos são ventrais, e deles saem nervos para as diferentes partes do corpo, assim como dos gânglios.

As características dos sistemas nervosos dos demais grupos animais são descritas na tabela a seguir:

Grupo animal	Tipo de sistema nervoso e características
<p>Cnidários</p>  <p>rede de células nervosas</p> <p>Ilustração de um cnidário mostrando seu tecido nervoso difuso. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.</p>	<p>Difuso, controla a expansão e a contração da cavidade gastrovascular. As células nervosas se comunicam por pontes citoplasmáticas, que transmitem os impulsos nervosos indistintamente.</p>
<p>Platelmintos</p>  <p>gânglio cerebral, comissura transversal, cordão nervoso longitudinal, plexos nervosos periféricos</p> <p>Ilustração de uma planária e de seu tecido nervoso ganglionar. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.</p>	<p>Ganglionar, com gânglios anteriores (agrupamentos de neurônios organizados de forma segmentada), de onde partem os cordões nervosos e os nervos para a região cefálica.</p>

Nematelmintos

IRYNA TIMONINA/ALAMY STOCK VECTOR

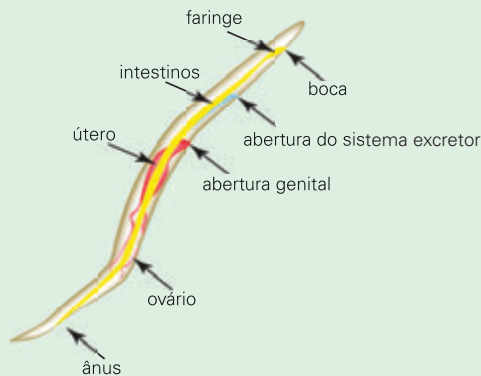
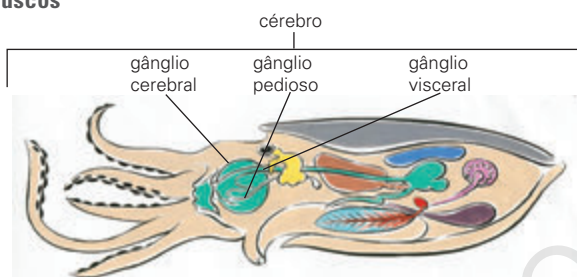


Ilustração de uma lombriga mostrando seus cordões nervosos longitudinais. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Ganglionar, formado por dois cordões longitudinais, um dorsal e outro ventral, ao longo dos quais se situam gânglios nervosos.

Moluscos

DIEKLEINERT/ALAMY STOCK PHOTO



O sistema nervoso de um cefalópode, mostrando o cérebro composto pelos gânglios cerebral, pedioso e visceral. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Ganglionar, mais desenvolvido, com gânglios agrupados na parte anterior do corpo, formando um grande cérebro protegido por cápsula, de onde saem nervos para os tentáculos, capacitando-os para distinguir padrões visuais e executar tarefas complexas, como reconhecer até mesmo objetos e cores.

Anelídeos

UNIVERSAL IMAGES GROUP NORTH AMERICA LLC/ALAMY STOCK PHOTO

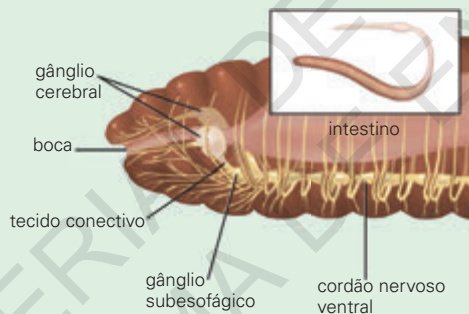


Ilustração de uma minhoca destacando seu sistema ganglionar ventral. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Ganglionar ventral, composto de dois cordões nervosos ventrais. Cada segmento do corpo apresenta um par de gânglios de onde partem nervos. Na região anterior, também há um par de gânglios cerebroides, maiores, como um "encéfalo" primitivo.

Artrópodes

UNIVERSAL IMAGES GROUP NORTH AMERICA LLC/ALAMY STOCK PHOTO

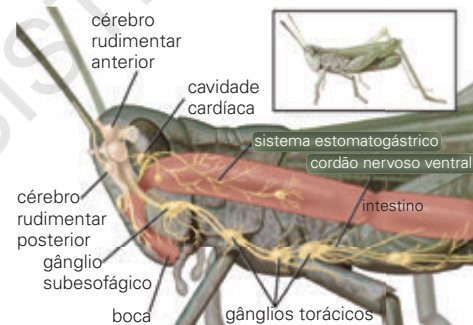
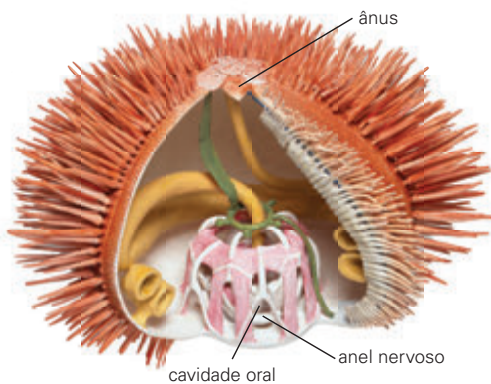


Ilustração de um gafanhoto. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Ganglionar, com gânglios cerebroides e dois cordões ventrais com gânglios de onde partem nervos. Os gânglios controlam muitas atividades, dispensando o cérebro rudimentar. Muitos desses animais são capazes de andar, voar e copular mesmo depois de decapitados.

Equinodermos

DORLING KINDERSLEY LTD/ALAMY STOCK PHOTO



Esquema de um ouriço-do-mar destacando sua cavidade oral rodeada pelo anel nervoso. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Presença de anéis nervosos radiais ao redor da cavidade oral que irradiam para a periferia do corpo. Os ramos desses nervos são responsáveis pelos movimentos.

Cordados

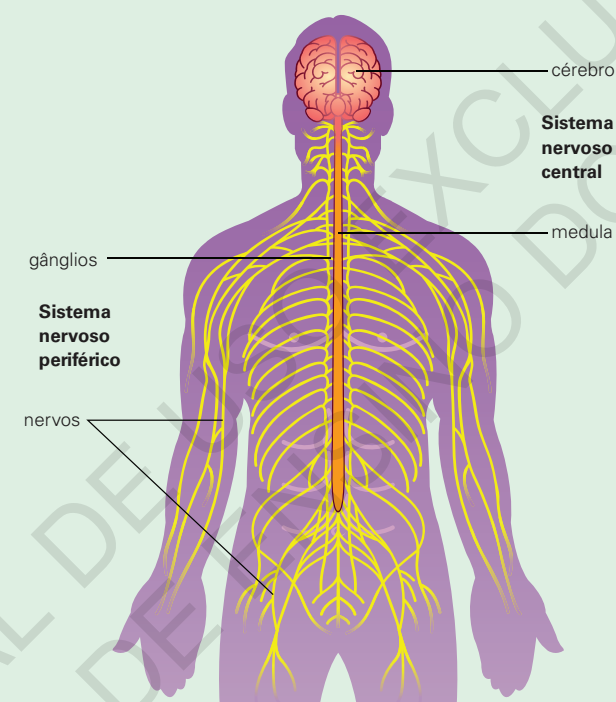


Ilustração do sistema nervoso humano. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Tubular e dorsal, com encéfalo anterior bem desenvolvido e medula espinhal ou espinhal. Diferentemente dos maciços cordões nervosos dos invertebrados, a medula dos cordados é atravessada por um canal por onde circula o líquido cefalorraquidiano.

SISTEMA NERVOSO HUMANO

O sistema nervoso humano, assim como nos outros vertebrados, é dividido em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). O SNC é composto pelos neurônios que realizam a integração entre as informações do SNP com os neurônios que levam as informações para dentro e para fora do SNC.

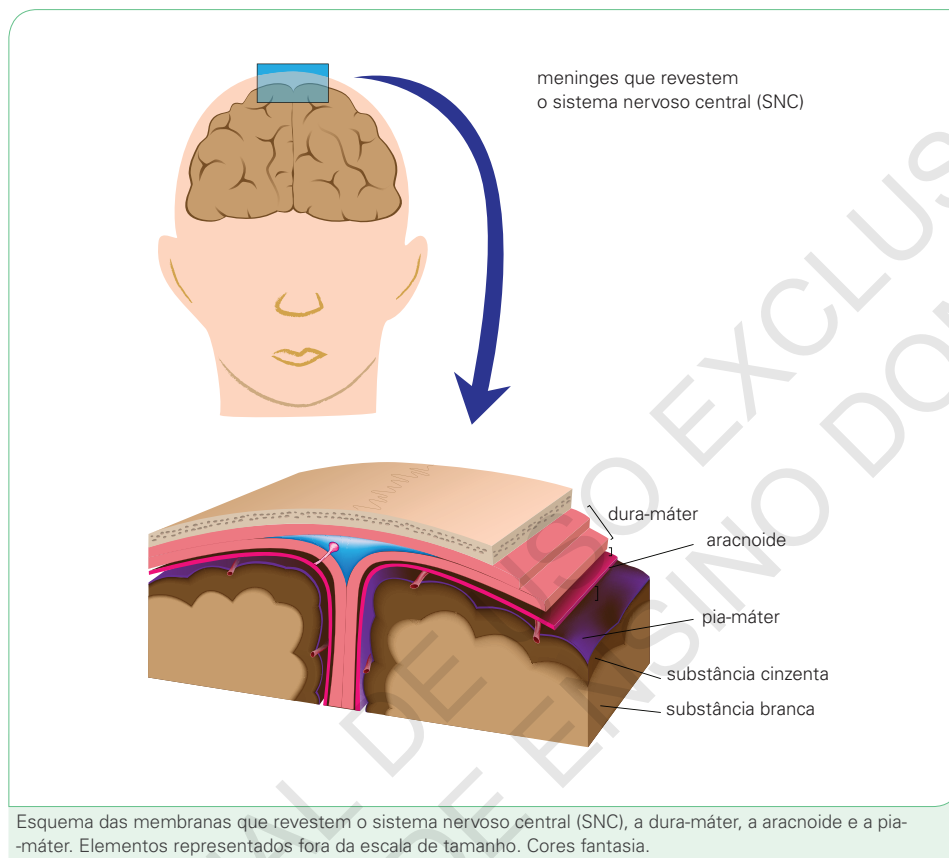
O sistema nervoso tem origem no desenvolvimento embrionário da cavidade dorsal, quando é formado o cordão nervoso e são formados os ventrículos cerebrais e a medula espinhal. Essas duas estruturas são preenchidas pelo **líquido cerebrospinal**, formado pela filtração do sangue arterial no cérebro, que atua suprindo o SNC com nutrientes e hormônios e retirando seus resíduos.

SISTEMA NERVOSO CENTRAL (SNC)

Na grande maioria dos neurônios, os corpos celulares estão no encéfalo e na medula espinhal, regiões que compõem o SNC, protegido por estruturas ósseas resistentes. O **encéfalo** fica protegido na caixa craniana e a **medula espinhal** localiza-

-se no canal medular, formado pela sobreposição das vértebras da coluna vertebral.

Algumas membranas atuam revestindo o SNC: a **meninge dura-máter** é a mais externa; a **aracnoide**, a intermediária; e a mais interna, a **pia-máter**. Além da proteção óssea e das meninges, o encéfalo e a medula espinal são banhados pelo **líquido cefalorraquidiano**, também chamado de cerebroespinal, entre a pia-máter e a aracnoide. Quando há suspeita de doenças como meningite ou outro acometimento do sistema nervoso, é extraída uma amostra do líquido cefalorraquidiano para exame microscópico e bioquímico, o que pode auxiliar no diagnóstico mais preciso. No caso de infecções, é aumentada a quantidade de glóbulos brancos no líquido e nota-se mesmo a presença de bactérias. Nas hemorragias intracranianas, podem ser encontrados glóbulos vermelhos, e o líquido adquire aspecto sanguinolento.



Tanto no encéfalo como na medula, a região onde imperam os corpos celulares dos neurônios é predominantemente de coloração acinzentada, conhecida por **substância cinzenta**, composta por corpos celulares de neurônios, responsável por interpretar estímulos ambientais, produzir impulsos e coordenar respostas. A região com maior quantidade de fibras mielínicas tem coloração branca, constituindo a **substância branca**, sem corpos celulares, apenas com gliócitos e axônios, sendo responsável por conectar o SNC aos neurônios motores e sensoriais do SNP.

Encéfalo

O encéfalo é constituído pelo cérebro, diencefalo, tronco encefálico e cerebelo.

O **cérebro** é o órgão mais complexo do corpo humano. É composto de dois **hemisférios cerebrais**, direito e esquerdo, unidos pelo corpo caloso. Ele participa de uma série de atividades, como interpretação das informações recebidas das estruturas sensoriais e controle das atividades motoras voluntárias. O **córtex cerebral** é sua porção mais superficial, se relaciona com alguns aspectos da inteligência humana (fazer associações de informações e percepções, entre outros) e é a sede da memória, da aprendizagem, do raciocínio, da linguagem falada e escrita, das emoções etc. Cada hemisfério cerebral é dividido em 4 lobos associados a determinadas funções, os chamados: **frontal, occipital, temporal e parietal**.

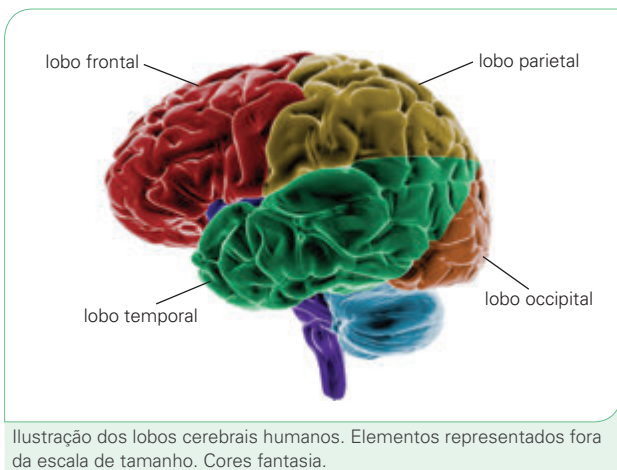


Ilustração dos lobos cerebrais humanos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

FIRSTSIGNAL/STOCKPHOTO.COM

O **diencéfalo** é a porção cerebral dividida em **tálamo**, responsável por classificar a informação e a direcionar à área específica do cérebro para interpretação mais precisa, e o **hipotálamo**, que auxilia na regulação de vários processos corporais, como temperatura corporal, fome e sede; também regula a função da hipófise e o relógio biológico central.

O **tronco encefálico** é constituído por: **ponte**, responsável por promover o domínio contralateral exercido pelo córtex motor sobre o corpo; **bulbo**, com neurônios que controlam atividades vitais, como frequência e amplitude dos movimentos respiratórios, frequência cardíaca, pressão arterial, atividades gastrointestinais, dentre outras; **mesencéfalo**, que participa da recepção e da coordenação de informações sobre a postura corporal. Não atua como centro da visão nos mamíferos, ao contrário dos demais vertebrados, mas responde pelos reflexos visuais e auditivos – movimento da cabeça para localizar som, movimentos oculares.

O **cerebelo** é a estrutura associada com a coordenação motora, como andar, tocar piano, engolir etc., e também participa da manutenção do equilíbrio e do tônus muscular, além de ajudar a aprender e a lembrar as habilidades motoras.

A **medula espinal**, presente na parte interna da coluna dos animais vertebrados, propicia a locomoção das informações das regiões periféricas do corpo ao cérebro (percepções sensoriais) e do cérebro para as regiões periféricas do corpo (ações motoras), gerando padrões de locomoção.

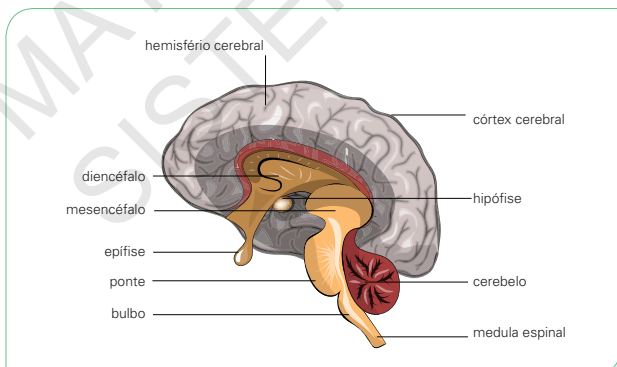


Ilustração da anatomia do cérebro e duas divisões responsáveis por diversas ações. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

VIKTORIYA KABANOVA/LAMY STOCK VECTOR

ATO REFLEXO OU ARCO REFLEXO

A medula espinal também pode atuar de maneira independente, sem a participação cerebral, como parte de circuitos nervosos simples, os **reflexos**. Estes podem ser definidos como respostas rápidas de proteção corpórea a determinados estímulos, como o ato de retirar o dedo de uma superfície muito quente ou muito fria.

Os **atos reflexos**, ou **atividades reflexas**, acontecem quando o cérebro é informado de sua execução, mas não parte dele a ordem para o movimento reflexo, que é involuntário. O caminho que o impulso nervoso percorre para provocar o ato é o arco reflexo. Nos invertebrados, registram-se arcos reflexos simples, envolvendo apenas um neurônio, nos quais o estímulo provocado no receptor é transformado em impulso por meio de uma única sinapse e chega ao neurônio motor responsável pela ação reflexa. Nos vertebrados, os arcos reflexos incluem pelo menos dois neurônios.

Uma pessoa que sofre dano na medula espinal perde sensibilidade em todas as partes do corpo localizadas abaixo da lesão. Entretanto, suas atividades reflexas ficam mantidas. A lesão na altura da lombar, por exemplo, provoca a perda da sensibilidade dos membros inferiores, mesmo mantendo suas atividades reflexas. No caso de algumas doenças em que há degeneração dos neurônios da medula, como a poliomielite ou a paralisia infantil, os vírus invadem e destroem os neurônios motores localizados em determinados níveis da medula espinal. Isso interrompe o caminho do neurônio sensorial ao neurônio motor, ficando a região comprometida sem atividades reflexas. O trajeto do neurônio sensorial permanece íntegro, de tal forma que a sensibilidade continua normal na região. Assim, o indivíduo com lesão é capaz de sentir o estímulo, no entanto o movimento reflexo não se realiza, ocorrendo a paralisia por perda da atividade voluntária.

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO (SNP)

Nos animais vertebrados, a parte periférica do sistema nervoso é composta por gânglios nervosos (situados junto da coluna vertebral ou nos órgãos), nervos cranianos (que saem do encéfalo) e espinhais (que partem da medula espinal), também chamados de raquidianos.

Peixes e anfíbios apresentam dez pares de nervos cranianos. Répteis, aves e mamíferos, doze pares, dentre os quais: três nervos exclusivamente sensitivos, relacionados às percepções de sensações; cinco nervos motores, relacionados à movimentação de estruturas efetoras; quatro nervos mistos, relacionados às funções sensitiva e motora.

Os neurônios do SNP podem ser divididos em dois: os **neurônios aferentes** transportam as informações sensoriais até o SNC, enquanto os **neurônios eferentes** direcionam as respostas processadas no SNC para os órgãos efetores de respostas, como músculos e glândulas.

O SNP também pode ser como um todo dividido em dois ramos: o somático e o autônomo.

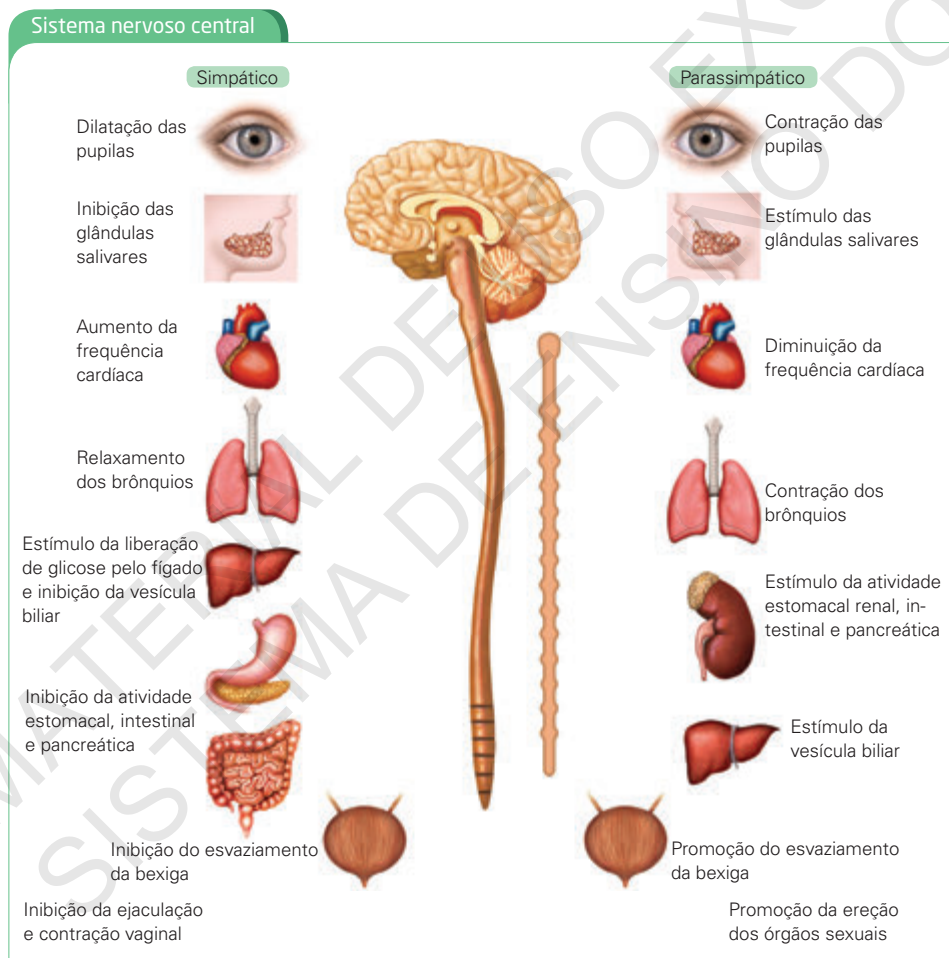
Sistema nervoso somático

Inclui os nervos que comandam as atividades tipicamente voluntárias, como andar, nadar, escrever, e as atividades que, mesmo dentro de certos limites, podem estar sob domínio da vontade, como piscar e respirar. Os nervos motores do sistema nervoso somático controlam os músculos esqueléticos, ligados aos ossos.

Sistema nervoso autônomo

Atuam em atividades nunca voluntárias, como frequência cardíaca, movimentos peristálticos, dilatamento da pupila. Os nervos motores do sistema nervoso autônomo comandam a musculatura lisa, localizada na parede de órgãos, como o coração, e em muitas glândulas, como as sudoríparas.

São ramos do SNP autônomo: os sistemas simpático, parassimpático e entérico. O **entérico** envolve os neurônios que atuam no trato digestório, na vesícula biliar e no pâncreas. Já o **simpático** e o **parassimpático** atuam sobre as mesmas atividades, mas de forma antagônica, com exceção da atividade reprodutora, em que os ramos simpático e parassimpático se complementam. A divisão simpática sai da cadeia simpática, localizada paralela à coluna vertebral, e é ativada em resposta à libido e às respostas de luta ou fuga; já a parassimpática sai do cérebro e da região sacral da medula espinal e se relaciona ao relaxamento e ao retorno das funções basais.



Nervos cranianos e raquidianos

Os nervos cranianos inervam músculos e órgãos faciais. São formados por 12 pares de nervos; a maioria se liga ao tronco encefálico, exceto o nervo olfatório, que se liga ao telencéfalo, e o nervo óptico, que se liga ao diencefalo.

A medula espinal tem forma de uma haste cilíndrica, mede aproximadamente 50 centímetros de comprimento e liga-se ao bulbo espinal. Dela partem 31 pares de nervos raquidianos que a ligam a receptores sensoriais e músculos esqueléticos. Os 31 nervos espinais, que correspondem aos 31 segmentos medulares, são divididos em 4 grupos de nervos raquidianos, sendo: 8 cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais e 1 coccígeo. Na região cervical há 8 pares de nervos cervicais e apenas 7 vértebras, isso porque o primeiro par de nervos espinais sai da região entre o occipital e a C1. A medula pode ser classificada por regiões, caracterizando as intumescências cervical e lombossacral, o cone medular e a cauda equina, envolta pelo saco dural.

Anatomia de um nervo

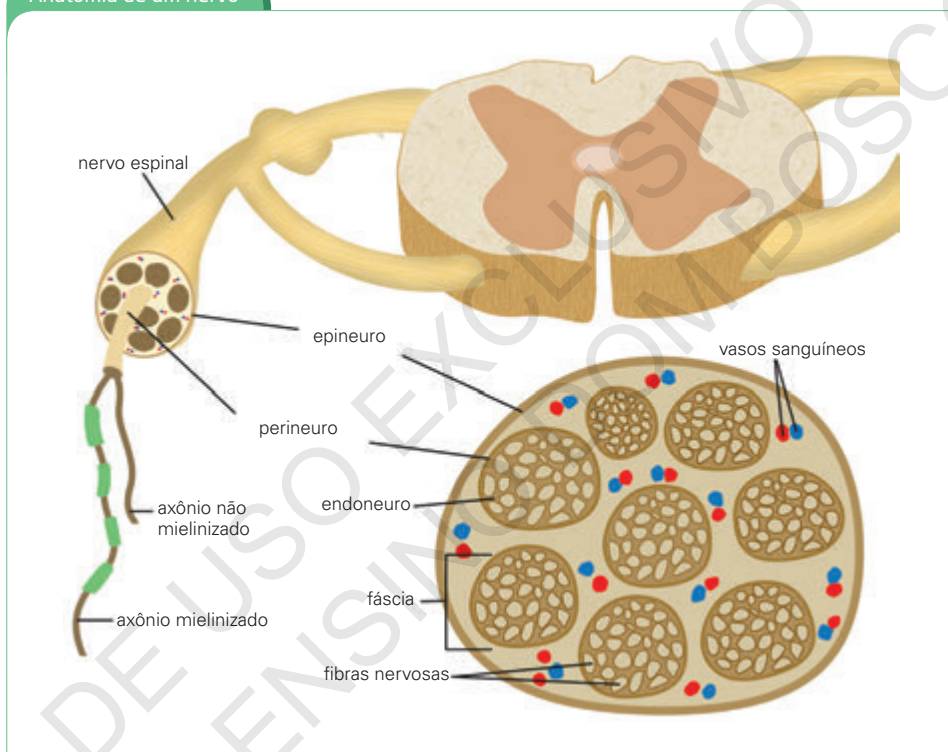


Ilustração da anatomia do corte transversal de um nervo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ROTEIRO DE AULA

TECIDO NERVOSO

Tipos celulares

Gliócito

Neurônio

Constituído por:

Dendritos

Corpo celular

Axônio

Astrócitos

Envolto por:

Células micróglia

Estrato miélinico

Células ependimárias

Acelera o:

Oligodendrócitos

Impulso nervoso

Que ocorre nas:

Sinapses

Elétricas

Químicas

Mediadores:

Neurotransmissores

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

SISTEMA NERVOSO

SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Medula espinal

Coluna vertebral

Encéfalo

Dividido em

Cérebro

Cerebelo

Diencefalo

Mesencefalo

Bulbo

SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

Nervos espiniais

Nervos cranianos

Gânglios nervosos

Sensitivos

Motores

Mistos

Somático (voluntário)

Autônomo (involuntário)

Sistema nervoso simpático

Sistema nervoso parassimpático

Funções antagonísticas entre

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **UECE** – Sabe-se que a deficiência na produção de serotonina pode ser uma das causas do estado depressivo dos adolescentes, conforme indicam pesquisas no campo da psiquiatria. Essa substância é um neurotransmissor, sendo liberada na seguinte região do neurônio, para que o impulso nervoso se propague

- a) No corpo celular.
- b) No terminal sináptico do dendrito.
- c) Na bainha de mielina do axônio.
- d) No terminal sináptico do axônio.**

O neurotransmissor é liberado no terminal sináptico do axônio, que é o lugar onde o neurônio entra em contato com outros neurônios para transmitir o impulso nervoso.

2. UECE

Pesquisa realizada na Universidade de Cambridge com participação de pesquisadores do Instituto de Física de São Carlos, cujo resultado foi publicado na revista *Nature Neuroscience*, revelou que o trajeto neural também é mediado por sinais mecânicos, relacionados com o grau de rigidez do tecido.

Disponível em: <<http://jornal.usp.br/ciencias/cienciasbiologicas/experimento-com-embrioes-de-sapo-ajuda-a-entender-crescimento-dos-neuronios/>>.

Em relação ao sistema nervoso humano, é correto afirmar que

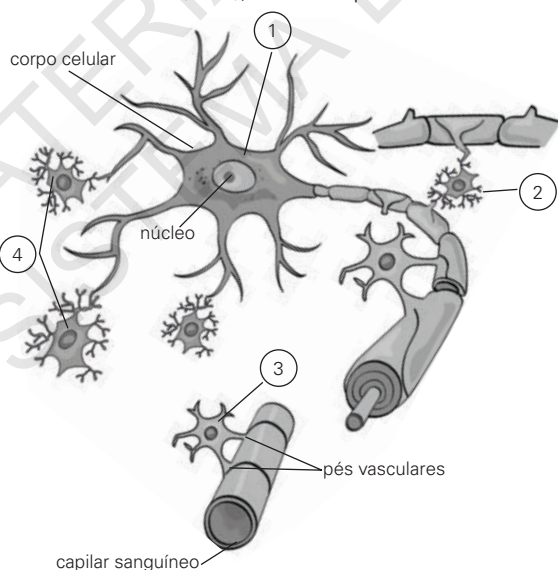
- a) o encéfalo plenamente diferenciado apresenta cérebro (telencéfalo e diencefalo), cerebelo e tronco encefálico.**
- b) é organizado em central (nervos e gânglios nervosos) e periférico (encéfalo e medula espinal).
- c) segundo os tipos de neurônios que apresentam, os nervos podem ser sensitivos ou eferentes, motores ou eferentes e mistos.
- d) o sistema nervoso periférico autônomo é dividido em simpático (nervos cranianos e raquidianos) e parasimpático (nervos raquidianos).

O encéfalo diferenciado é subdividido em cérebro (telencéfalo e diencefalo), cerebelo (metencéfalo) e tronco encefálico (mesencéfalo e mielocéfalo).

3. UPF-RS

C5-H17

Observe a figura a seguir, que representa, de forma esquemática, os principais tipos de células do Sistema Nervoso Central (SNC), indicadas pelos números 1 a 4.



Assinale a alternativa que relaciona corretamente o nome da célula ao número indicado na figura e às suas principais funções:

Nome das células	Número na figura	Principais funções das células
a) Microglia	4	Fagocitar detritos e restos celulares presentes no tecido nervoso.
b) Astrócito	2	Formar o estrato mielínico que protege alguns neurônios.
c) Célula de Schwann	3	Proteger e nutrir os neurônios.
d) Oligodendrócito	1	Proporcionar sustentação física ao tecido nervoso e participar da recuperação de lesões.
e) Neurônio	3	Conduzir os impulsos nervosos.

Os astrócitos (3) protegem e nutrem os neurônios. As células de Schwann (2) formam o estrato mielínico, que envolve o axônio de certos neurônios do sistema nervoso periférico. Os oligodendrócitos (1) formam a bainha de mielina, que envolve o axônio de neurônios do sistema nervoso central. Os neurônios (1) geram, conduzem e transmitem impulsos nervosos.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

4. **UEPB** – Sobre o tecido nervoso são apresentadas as proposições a seguir.

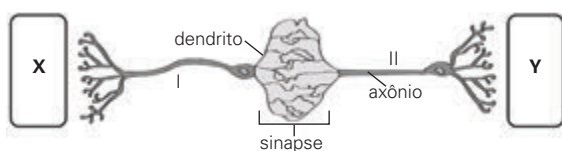
- I. O tecido nervoso é composto pelos neurônios, que são células especializadas na condução de impulsos nervosos, e pelos gliócitos, cuja função é envolver, proteger e nutrir os neurônios.
- II. Quanto à função geral, os neurônios podem ser classificados em sensitivos, motores e associativos.
- III. As sinapses nervosas geralmente ocorrem entre o axônio de um neurônio e o dendrito de outro, mas também podem ocorrer sinapses entre um axônio e um corpo celular, entre dois axônios e uma célula muscular.

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

- a) I e II, apenas.
- b) I, II e III.**
- c) I, apenas.
- d) II, apenas.
- e) II e III, apenas.

Todas as afirmativas estão corretas e relacionadas ao tecido nervoso.

5. **Fuvest-SP** – A reação da pessoa, ao pisar descalça sobre um espinho, é levantar o pé imediatamente, ainda antes de perceber que o pé está ferido.



- a) Tomando-se as estruturas X e Y como referência, em que sentido se propagam os impulsos nervosos através dos neurônios I e II?

- b) Considerando-se que, na sinapse mostrada, não há contato físico entre dois neurônios, o que permite a transmissão do impulso nervoso entre eles?

- c) Explique o mecanismo que garante a transmissão unidirecional do impulso nervoso na sinapse.

11. PUC-SP

Um ataque de gás tóxico deixou dezenas de mortos [...] em Khan Sheikhun, cidade síria controlada por opositores do ditador Bashar al-Assad. A ONG Observatório Sírio de Direitos Humanos falou em, no mínimo, 58 mortos, entre os quais 11 crianças [...]. O chefe das autoridades de saúde [...] disse acreditar que o gás sarin [...]

Folha de S.Paulo, 4 abr. 2017.

Sabe-se que o gás sarin é um composto organofosforado que inativa a enzima acetilcolinesterase humana, responsável por degradar a acetilcolina.

Nesse caso, a vítima do gás sofre com seus efeitos diretos sobre

- a) as funções hepáticas.
- b) a cascata de coagulação sanguínea.
- c) o sistema imunológico.
- d) o sistema nervoso parassimpático.

12. Etec

Bons jogadores de futebol precisam realizar ações rápidas; um chute potente pode fazer a bola rolar a mais de 120 km/h e entrar na rede tão rápido que mal dá tempo para enxergá-la. Os melhores jogadores conseguem ver a bola nitidamente para se lançar ao ataque e ainda driblar o adversário com uma precisão de fração de segundo. Apesar de parecer que o sistema nervoso trabalha na velocidade de um raio, não é bem assim. Os sinais visuais,

por exemplo, levam de 50 a 100 milésimos de segundo para chegar ao cérebro. Uma vez dentro dele, outras conexões são necessárias para transformar sinais brutos em resposta mental.

Disponível em: <<http://www.afh.bio.br/especia/futebl.asp>>. Acesso em: 5 set. 2010. (Adaptado.)

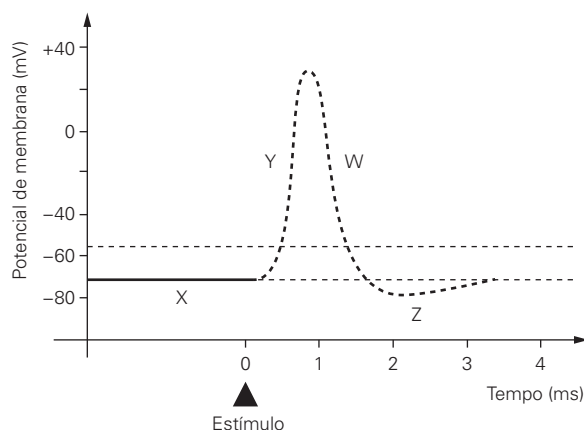
Assim, considerando o papel do sistema nervoso central no processo de formação de um bom jogador de futebol, analise as alternativas a seguir e assinale a correta.

- a) O hipotálamo é a porção do encéfalo responsável pela coordenação dos movimentos e pela manutenção do equilíbrio corporal durante o chute da bola ao gol.
- b) O cerebelo é a porção do encéfalo responsável pela interpretação dos estímulos sensoriais relacionados com a visão da bola e pela elaboração de planos de ação.
- c) A visão correta da posição da bola depende dos impulsos transferidos ao longo do nervo óptico até as células nervosas, os neurônios, da região do córtex cerebral.
- d) O processo de análise e a interpretação das informações visuais, que permitem reconstruir a posição e o movimento da bola após o chute, ocorrem no bulbo raquidiano.
- e) A bainha de mielina, que recebe os axônios das células nervosas, reduz a velocidade de propagação dos impulsos relacionados com a visão da bola até o sistema nervoso central.

13. Mackenzie-SP (adaptada) – No sistema nervoso humano

- a) as meninges revestem o encéfalo, enquanto a medula espinal é revestida somente pelas vértebras.
- b) os nervos que saem do encéfalo controlam somente funções voluntárias.
- c) a substância cinza abriga todos os corpos celulares dos neurônios.
- d) o líquido cefalorraquidiano é encontrado no interior das meninges, da medula espinal e do cérebro.
- e) os neurônios exercem seu controle somente através da geração de impulsos nervosos.

14. Fuvest-SP – O gráfico representa modificações elétricas da membrana de um neurônio (potencial de membrana), mostrando o potencial de ação gerado por um estímulo, em um dado momento.



- a) Identifique, nesse gráfico, as fases iniciadas pelas letras X, Y, W e Z.

- b) A esclerose múltipla é uma doença autoimune, em que ocorre dano à bainha de mielina. Que efeito tem essa desmielinização sobre a condução do impulso nervoso?

15. UEL-PR (adaptada) – Analise a figura a seguir:



Os fisiologistas Barreto e Oliveira (2004) identificam, na obra *Criação de Michelangelo*, o contorno do formato do cérebro humano. O cérebro e a medula espinhal são centros nervosos.

Fonte: BARRETO, G.; OLIVEIRA, M.G. *A arte secreta de Michelangelo*. São Paulo: ARX, 2004.

Considerando a origem do impulso nervoso no arco-reflexo, assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o percurso da condução nos neurônios sensorial e motor.

- a) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do axônio para o corpo celular e deste para o dendrito, do mesmo modo que no neurônio motor.
- b) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do axônio para o corpo celular e deste para o dendrito, sendo o inverso no neurônio motor.
- c) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do dendrito para o axônio e deste para o corpo celular, sendo o inverso no neurônio motor.
- d) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do dendrito para o corpo celular e deste para o axônio, sendo o inverso no neurônio motor.
- e) No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do dendrito para o corpo celular e deste para o axônio, do mesmo modo que no neurônio motor.

16. UECE

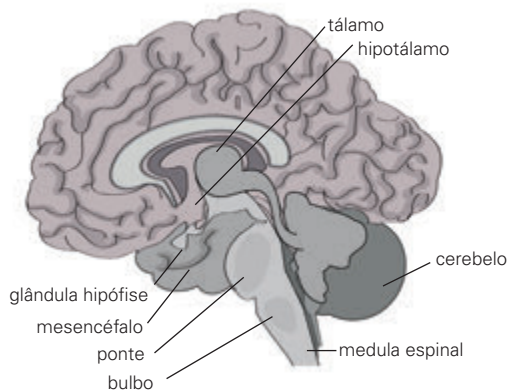
O mal de Alzheimer era considerado uma doença que surgia devido à degeneração das células do hipocampo, área cerebral da qual dependem os mecanismos da memória. No entanto, pesquisadores italianos publicaram estudo na revista *Nature Communication*, em abril de 2017, no qual afirmaram que o mecanismo de origem da doença está na área tegmental ventral, onde é produzida a dopamina.

Disponível em: <<http://www.jornalciencia.com/pesquisadoresitalianos-podem-ter-descoberto-a-causa-do-alzheimer/>>

Em relação ao sistema nervoso, é correto afirmar que:

- a) É organizado em: 1. Central, responsável pela condução de informação entre os órgãos receptores, o sistema nervoso periférico e os órgãos efetores; e 2. Periférico, que realiza o processamento e a integração das informações.
- b) O córtex cerebral apresenta lobos que coordenam funções específicas e são denominados de acordo com os ossos cranianos que os recobrem, a saber: parental, temporal, occipital e olfativo.
- c) O tálamo e o hipotálamo ficam embaixo do cérebro. O tálamo é uma estrutura do tamanho de um grão de ervilha e é importante para o controle das emoções e para a regulação da homeostase corporal.
- d) A medula espinhal é um cordão cilíndrico, com um canal interno, revestido por três membranas fibrosas, as meninges denominadas: dura-máter, aracnoide e pia-máter.

17. Unisa-SP – A figura ilustra alguns órgãos do sistema nervoso central humano.



- a) Suponha que uma pessoa que não ingere nenhum tipo de medicamento apresente dificuldade em se manter em pé e baixa temperatura corporal. Cite os dois órgãos indicados na figura que estariam relacionados com as funções prejudicadas, associando-os aos sintomas mencionados.

- b) O excesso de gás carbônico no sangue desencadeia um mecanismo de controle que, com a participação de um importante órgão do sistema nervoso central (SNC), reduz a concentração desse gás. Explique esse mecanismo de controle e cite o nome do importante órgão do SNC que participa dessa autorregulação.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C5-H17

O estudo do comportamento dos neurônios ao longo da nossa vida pode aumentar a possibilidade de cura do autismo, uma doença genética. A ilustração do experimento mostra a criação de neurônios normais a partir de células da pele de pacientes com autismo:



1. Extração
Células de pele foram retiradas de pacientes autistas e saudáveis



2. Regressão
Elas foram regredidas a células-tronco, capazes de se transformar em diversas células do corpo

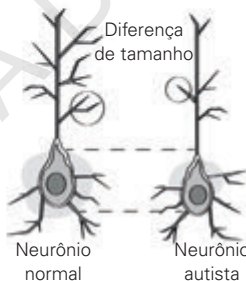


3. Redes neurais

Em um ambiente que imita o cérebro, por meio de vitaminas e sais, células-tronco viram neurônios

4. Defeito

Observa-se que os neurônios vindos de células de autistas se atrofiam e fazem menos sinapses



Diferença de tamanho
Neurônio normal Neurônio autista

5. Revitalização

Em teste o hormônio IGF1 e o antibiótico gentamicina revertem a atrofia

Analisando-se o experimento, a diferenciação de células-tronco em neurônios ocorre estimulada pela

- extração e utilização de células da pele de um indivíduo portador da doença.
- regressão das células epiteliais a células-tronco em um meio de cultura apropriado.
- atividade genética natural do neurônio autista em um meio de cultura semelhante ao cérebro.
- aplicação de um fator de crescimento (hormônio IGF1) e do antibiótico Gentamicina no meio da cultura.

- e) criação de um meio de cultura de células que imita o cérebro pela utilização de vitaminas e sais minerais.

19. Fatec-SP (adaptada)

C4-H14

O potencial de ação consiste em uma variação brusca do potencial de membrana, provocada por um estímulo que atinja o seu limiar de excitação. Pode ser dividido em três etapas distintas: a despolarização com consequente entrada de sódio, a repolarização com consequente saída de potássio e a hiperpolarização ocasionada pela saída do excesso de potássio. O gráfico a seguir mostra a variação do potencial da membrana de um neurônio quando estimulado.

O potencial de ação para determinado neurônio

- varia de acordo com a intensidade do estímulo, isto é, para intensidades pequenas, tempos potenciais pequenos e, para maiores, potenciais maiores.
- é sempre o mesmo, porém a intensidade do estímulo não pode ir além de determinado valor, pois o neurônio obedece à "lei do tudo ou nada".
- varia de acordo com a "lei do tudo ou nada".
- aumenta ou diminui na razão inversa da intensidade do estímulo.
- é sempre o mesmo, qualquer que seja o estímulo, porque o neurônio obedece à "lei do tudo ou nada".

20. Fatec-SP

C4-H13

Um homem estava passando sua camisa antes de ir para o trabalho, quando o celular dele tocou e, por uma breve distração, ele encostou a mão no ferro. Imediatamente reagiu por meio de um ato reflexo ao sentir a mão queimando. Chamamos de ato reflexo às respostas involuntárias e rápidas comandadas pelo sistema nervoso central a determinados estímulos.

Nessa ação, o neurônio efector levou o impulso nervoso para

- o encéfalo.
- a medula espinal.
- os receptores de dor da mão.
- os receptores de calor da mão.
- os músculos flexores do antebraço.

7

SISTEMAS SENSORIAL E TEGUMENTAR HUMANO

- Características gerais
- Órgãos dos sentidos
- Pele
- Anexos tegumentares
- Tato

HABILIDADES

- Identificar as características e os receptores que compõem o sistema sensorial humano.
- Caracterizar os órgãos dos sentidos e seus mecanismos básicos.
- Compreender a percepção e o processamento dos estímulos sensoriais.
- Compreender os componentes do sistema tegumentar humano, suas células e suas funções.
- Entender o que são anexos tegumentares, sua estrutura e sua importância.
- Compreender a função tátil da pele.
- Reconhecer funções da pele, composição de suas camadas e estruturas anexas.

Características gerais

A detecção e a transformação dos estímulos internos e externos é realizada pelos **receptores sensoriais**, termo usado para descrever tanto células como órgãos sensoriais. Os receptores têm como função converter a energia dos estímulos sensoriais, promovendo a abertura ou o fechamento de canais iônicos capazes de alterar o potencial da membrana das células nervosas. Assim, é regulada a produção dos potenciais de ação no sistema nervoso central (SNC), o que resulta em respostas nervosas e sensações para o indivíduo.

A transmissão das informações sensoriais é feita na forma de impulsos nervosos até o SNC. Quando a informação atinge o cérebro por meio dos neurônios sensoriais, ela será processada, gerando a percepção dos estímulos.

O funcionamento dos sentidos (olfato, paladar, audição, visão e tato) é dependente da captação dos estímulos, como a cor, o brilho, a luz, o odor, a textura, o som e o sabor (propriedades organolépticas), sua transformação em impulso elétrico e sua interpretação no sistema nervoso.

CLASSIFICAÇÃO DOS RECEPTORES SENSORIAIS

De acordo com o estímulo, os receptores sensoriais podem ser classificados em cinco grupos:

- **mecanorreceptores:** relacionados à percepção de estímulos mecânicos como o toque, o tato, o alongamento, o movimento e, principalmente, a pressão;
- **quimiorreceptores:** relacionam-se tanto com a percepção da concentração total de solutos do indivíduo quanto com a percepção de concentrações de moléculas específicas;
- **eletromagnéticos:** relacionam-se com a percepção de formas de energia eletromagnética, como eletricidade, magnetismo e luz;
 - **temorreceptores:** captam sensações de calor ou frio;
 - **nociceptores:** receptores de dor capazes de detectar condições nocivas, como pressão excessiva, temperaturas extremas, substâncias químicas e dor.

De acordo com sua localização, os receptores podem, ainda, ser classificados como **exterorreceptores**, quando dispostos na região externa do corpo e responsáveis pela captação de estímulos; **proprioceptores**, quando têm a função de captar estímulos internos do organismo e estão associados à percepção da posição dos membros em relação ao corpo; e os **interorreceptores**, que são mecanorreceptores e quimiorreceptores presentes nas vísceras e nos vasos sanguíneos e, por sua ação, é possível sentir dor, náusea, sede, fome e prazer.

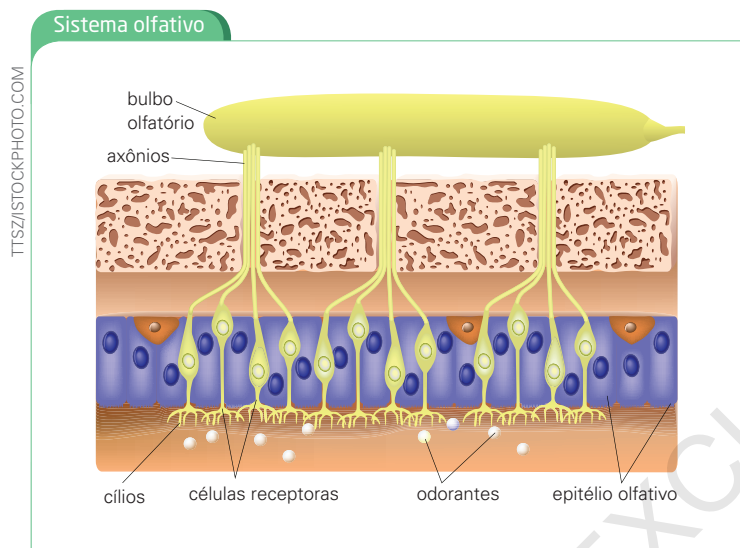
Órgãos dos sentidos

Os sentidos humanos são comumente divididos em 5 principais, a saber: olfato, paladar, audição, visão e tato.

OLFATO

Os seres humanos conseguem identificar milhares de odores. Estima-se que o epitélio olfativo humano contenha, aproximadamente, 20 milhões de células sen-

soriais. O funcionamento desse sentido deve-se a neurônios quimiorreceptores que estão presentes no epitélio olfativo, localizado no teto da cavidade nasal. Tais receptores correspondem a células sensoriais dotadas de cílios que se comunicam com o bulbo olfativo. Esse bulbo abriga o **nervo olfativo**, que encaminha o estímulo para o **centro olfativo**, região específica do córtex cerebral capaz de processar o estímulo, possibilitando a identificação dos odores.



Esquema do sistema olfativo mostrando as estruturas que o estímulo percorre. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

PALADAR

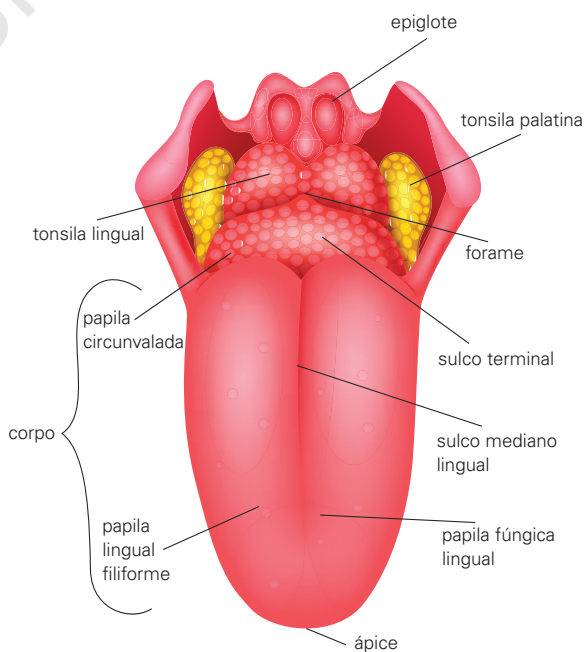
A percepção do paladar (também chamado de **gustação**) é dependente de quimiorreceptores que constituem agrupamentos de células sensoriais denominadas de **botões gustatórios**. Tais estruturas são encontradas principalmente nas paredes de minúsculas saliências da língua, as **papilas gustativas linguais**. Um número muito pequeno de botões gustatórios também pode ser encontrado no teto da boca, na epiglote, nas tonsilas e na faringe.

As células receptoras gustativas possuem em sua extremidade superior microvilosidades que aumentam a superfície de contato, otimizando a captação dos estímulos. Na extremidade inferior do botão gustatório encontram-se **neurônios sensoriais aferentes**, que recebem os estímulos das células receptoras gustativas e os encaminham ao SNC.

No mecanismo de captação dos estímulos gustativos, chamados de **saborizantes**, as moléculas químicas dissolvidas na saliva atravessam os poros gustativos e entram em contato com as microvilosidades das células gustativas. Moléculas receptoras presentes nas membranas dessas células reconhecem os estímulos, que são transferidos aos neurônios sensoriais aferentes e encaminhados às áreas específicas do cérebro, que interpretam o sinal, resultando na percepção dos respectivos sabores.

Os diferentes receptores de paladar são capazes de perceber as sensações gustativas primárias: amargo, azedo, doce, salgado e umami. Umami ("delicioso"; em japonês) é o quinto sabor primário, provocado pelo aminoácido glutamato monos-

Língua humana - o órgão do paladar

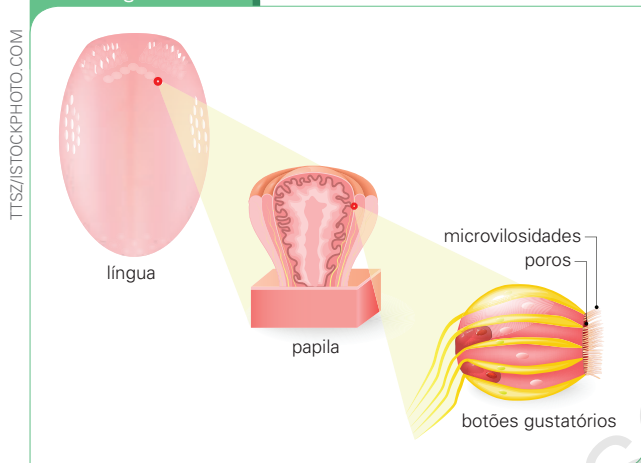


Anatomia da língua humana. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

sódico, presente em alimentos como carnes, queijos envelhecidos, cogumelos, algas e tomate.

Embora as moléculas receptoras e as áreas de interpretação dos estímulos no cérebro sejam diferentes, paladar e olfato atuam de forma simultânea na identificação do sabor. Os quimiorreceptores do olfato situam-se no teto da cavidade nasal e as substâncias químicas precisam estar dissolvidas na película de água que os recobre para serem estimulados. Por isso, quando se contrai um resfriado que afeta a captação dos estímulos olfativos, a percepção do gosto também fica limitada.

Botões gustatórios



Anatomia dos órgãos do paladar. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

AUDIÇÃO

As orelhas são os órgãos dos sentidos responsáveis pela audição, ou seja, pela recepção dos estímulos sonoros. Esses órgãos são divididos em três regiões: externa, média e interna. O **meato acústico externo**, integrado à **orelha externa**, tem a função primária de captar as ondas sonoras e canalizá-las para as porções médias e internas da orelha.

O **meato acústico externo** é revestido por finos pelos e glândulas (sebáceas e ceruminosas), que secretam uma substância serosa amarelada, a cera do ouvido. Essa substância evita a entrada de poeira e de microrganismos no interior da orelha. Ao final do meato acústico, encontra-se a **membrana timpânica**, estrutura ricamente vascularizada e innervada que separa a orelha externa da orelha média.

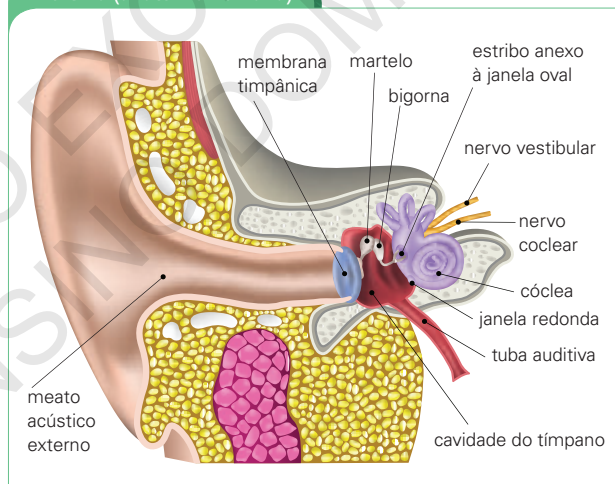
A membrana timpânica vibra de acordo com o som que recebe. Essas vibrações são transmitidas para três pequenos ossos articulados entre si, o **martelo**, a **bigorna** e o **estribo**, que, com a **tuba auditiva**, compõem a **orelha média**. Esses três ossos amplificam ou diminuem as vibrações transmitidas pelo tímpano, funcionando como uma espécie de alavanca em pequenos músculos associados e conduzindo-as para uma estrutura denominada **janela do vestíbulo**, situada na parede do osso que separa a orelha média da orelha

interna. A tuba auditiva, por sua vez, é uma via de passagem para a faringe e serve para igualar as pressões e ambos os lados da membrana timpânica.

A **orelha interna** consiste em câmaras preenchidas com líquidos, incluindo o **vestíbulo** e os **ductos semicirculares**, localizados na região posterior da orelha interna e estão associados com o equilíbrio. A cóclea, localizada na região anterior da orelha interna, está relacionada à recepção dos sons. Trata-se de um tubo enrolado como a concha de um caracol, preenchido por um líquido denso, denominado endolinfa, e revestido internamente por uma membrana acelular denominada **membrana basilar**. A cóclea abriga células sensoriais portadoras de cílios, formando o **órgão em espiral**.

A cóclea contém uma importante estrutura denominada janela redonda, membrana elástica que possibilita a movimentação do líquido coclear quando este é impulsionado pelos ossículos.

A orelha (anatomia humana)



Anatomia das estruturas envolvidas no processo de audição. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A orelha interna contém, além da cóclea, o **aparelho vestibular** (também chamado de labirinto), que apresenta as estruturas denominadas **sáculo** e **utrículo**, além dos ductos semicirculares. No interior do labirinto, existem células sensoriais ciliadas – **mecanorreceptores** – para a percepção do equilíbrio.

O sáculo e o utrículo são bolsas preenchidas por líquido localizadas no vestíbulo; nelas estão presentes células sensoriais agrupadas que formam as **máculas**. As máculas se dispõem em diversas posições espaciais, e assim possibilitam que o sistema nervoso perceba a orientação da força gravitacional e a interpretação da posição do corpo, seja de cabeça para cima, seja de cabeça para baixo, seja em deslocamento. A resposta do sistema nervoso são sinais aos músculos para ajustar a postura e manter o equilíbrio. As doenças que afetam o labirinto são chamadas de labirintopatias e podem causar dor de cabeça, enjoos, zumbidos na orelha e tonturas.

VISÃO

Os órgãos responsáveis pela visão são os olhos. Eles possuem uma parede estruturada por três camadas, de fora para dentro: **esclera**, **coroide** e **retina**.

A **esclera** é a camada externa responsável por manter a forma do olho. É também conhecida como o “branco do olho” e apresenta-se transparente em sua região anterior, formando a **córnea**.

Anatomia do olho humano

SURIYA SIRTAMJALAMY STOCK VECTOR

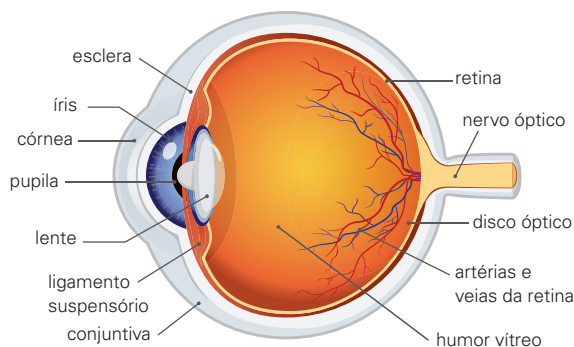


Ilustração detalhada da anatomia do olho humano. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A camada intermediária, **coroide**, é caracterizada por possuir células ricas em melanina, além de vasos sanguíneos, que nutrem as células do olho. Ela é responsável pela formação da **íris**, estrutura observada na parte anterior do olho, sob a **córnea**, e que é responsável pela cor dos olhos. A luz entra nos olhos pela **pupila**, localizada no centro da íris. A íris controla a quantidade de luz que penetra nos olhos, regulando o diâmetro de abertura da pupila. Córnea, íris e pupila delimitam uma câmara preenchida por um líquido transparente denominado **humor aquoso**.

Atrás da íris está a **lente**, ou **cristalino**, que é uma estrutura oval e gelatinosa que confere nitidez e foco à imagem luminosa. Após o cristalino está o **humor vítreo (corpo vítreo)**, grande câmara preenchida por um líquido transparente e viscoso, que banha quase todo o olho. Córnea, humor aquoso, cristalino e corpo vítreo atuam de forma conjunta, como um sistema de lentes convergentes que refratam (desviam) os raios luminosos incidentes nos olhos e os direcionam à parte sensível do olho, a **retina**, onde a imagem é formada.

A retina apresenta dois tipos de células fotossensíveis: **bastonetes** e **cones**. Os bastonetes são mais sensíveis à luz, porém não fornecem imagens coloridas. São importantes para a visão noturna ou em ambientes pouco iluminados. Eles possuem um pigmento de coloração vermelha, denominado **rodopsina**.

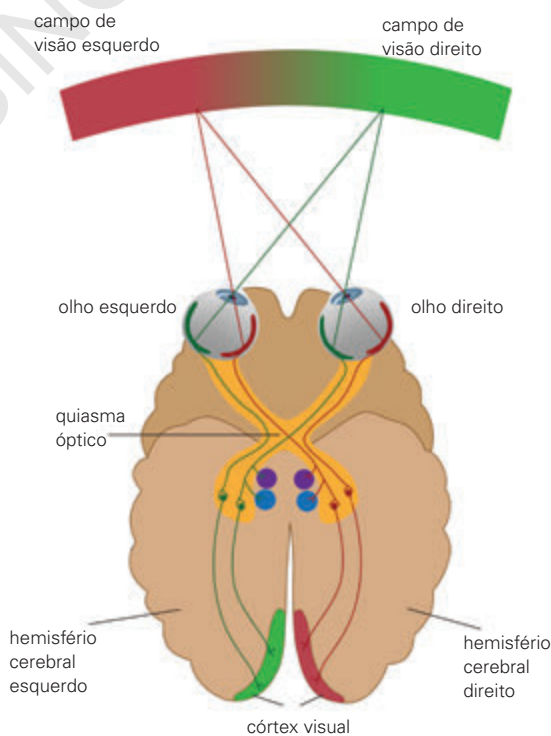
Os cones funcionam melhor durante o dia, pois são estimulados apenas por intensidades altas de luz, e essas células são responsáveis pelas imagens coloridas do ambiente. Os cones ficam mais concentrados em uma região específica da retina chamada **mácula lútea**

(**mancha amarela**). No centro dessa região, em uma depressão denominada **fóvea**, a imagem se forma com maior nitidez. Os cones possuem o pigmento fotossensível denominado **fotopsina**, sintetizado a partir da vitamina A, assim como a rodopsina dos bastonetes.

As células fotossensíveis da retina se associam a fibras nervosas, as quais transmitem o estímulo luminoso ao cérebro. A região do globo ocular em que todas as fibras se juntam, formando o nervo óptico, é denominada **disco óptico**. Como nessa região não há células fotossensíveis, ela é denominada **ponto cego** da retina. A ausência de fotorreceptores no ponto cego impede que as imagens formadas nessa região sejam visíveis.

De cada um dos olhos, partem fibras nervosas que se direcionam ao centro da visão, no córtex cerebral. As fibras oriundas da região interna de cada olho se cruzam no encéfalo antes de alcançar a região de processamento do estímulo visual, ponto denominado **quiasma óptico**. Assim, ambos os hemisférios cerebrais recebem a imagem de ambos os olhos, e cada olho é capaz de ver a imagem sob ângulos diferentes. A simples sobreposição dessas imagens promove a visão binocular, ou estereoscópica, que possibilita a observação tridimensional dos objetos.

Quiasma óptico



Esquema ilustrando o ponto de cruzamento (quiasma óptico) dos nervos ópticos provenientes de cada um dos olhos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

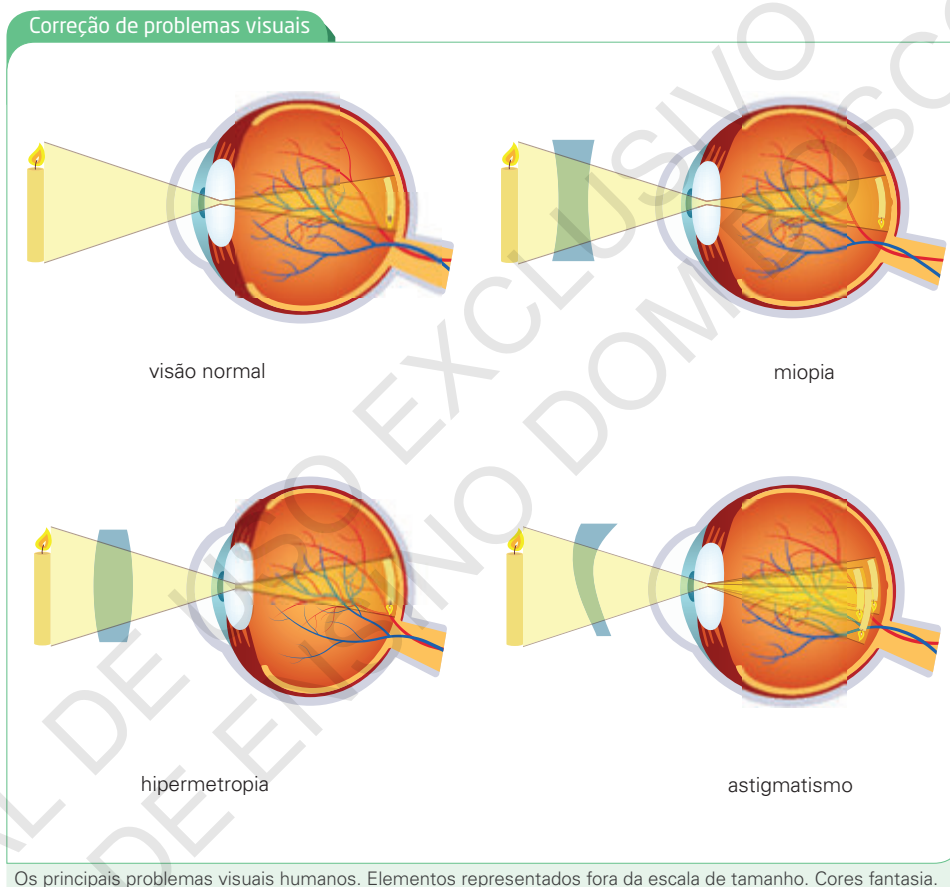
ALILA MEDICAL IMAGES/ALAMY STOCK PHOTO

As principais deficiências relacionadas à visão são:

- **miopia**: as imagens são focalizadas antes da retina. O globo ocular é mais alongado que o normal,

dificultando a focalização adequada de objetos distantes. A correção é feita por meio de lentes divergentes;

- **hipermetropia:** condição inversa à miopia, ou seja, as imagens são focalizadas após a retina. Isso ocorre porque o globo ocular é mais curto que o normal, prejudicando a formação de imagens dos objetos próximos. A correção é feita por meio de lentes convergentes;
- **astigmatismo:** ocasionado pela forma irregular da córnea ou da lente (cristalino). A deformação de tais estruturas faz que os raios luminosos sejam desviados. Assim, a imagem gerada não tem foco em algumas direções. A correção é realizada com a utilização de lentes cilíndricas com curvaturas desiguais, para compensar a curvatura desigual do olho.



Sistema tegumentar humano

A pele é a primeira barreira de defesa do corpo humano e o primeiro órgão a mostrar sinais visíveis do envelhecimento.

O sistema tegumentar humano é formado pela pele e seus anexos: glândulas sebáceas, sudoríferas e mamárias, pelos e unhas.

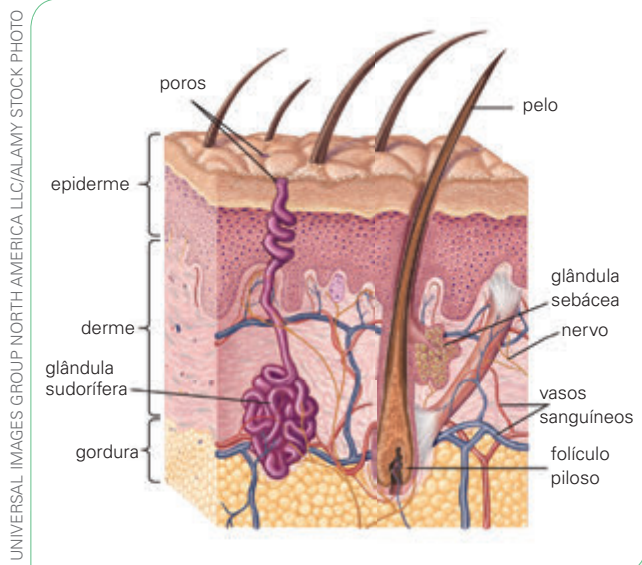
PELE

É formada pela **epiderme** (derivada do ectoderma) e pela **derme** (derivada do mesoderma). Além disso, é constituída por colágeno, elastinas e outros elementos da matriz celular. A união da pele aos órgãos é feita pela **tela subcutânea**, também chamada de fáscia subcutânea, formada pelos tecidos conectivos frouxo e adiposo.

As principais funções da pele são:

- revestimento do corpo;
- proteção física contra lesões e contaminações;
- percepção sensorial;

- termorregulação;
- síntese de vitamina D;
- excreção de íons, lipídios e leite.



Estruturas que compõem o sistema tegumentar humano. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

EPIDERME

É formada por tecido epitelial estratificado pavimentoso queratinizado e compõe a parte mais externa da pele. É constituída pelas camadas germinativas espinhosa, granulosa, lúcida e córnea. A camada mais basal, chamada de **germinativa**, é formada por uma única camada de células cúbicas, morfológicamente ativas com citoplasma basófilo e um núcleo grande. É apoiada por uma membrana basal sob a derme, e sua renovação celular acontece principalmente no período noturno. Quando novas células são formadas por mitose, as camadas anteriores são direcionadas para a superfície, compondo a próxima **camada da epiderme**, a camada espinhosa. Esta é mais espessa e é responsável pela renovação dos queratinócitos.

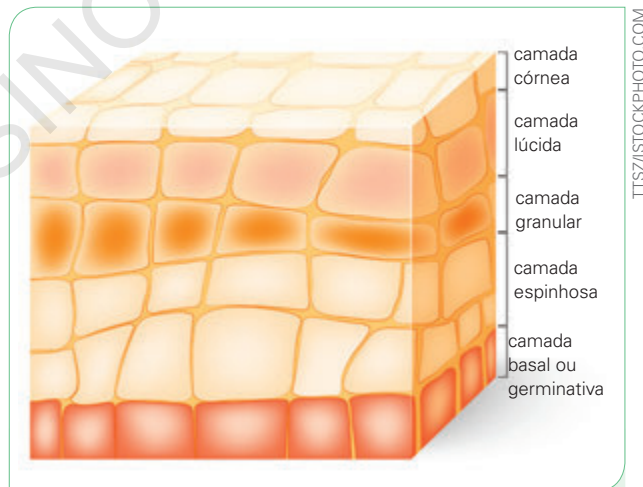
A **camada granulosa** apresenta células achatadas, repletas de grânulos contendo substâncias precursoras de queratina. A **camada lúcida** é formada por células achatadas anucleadas e sem organelas citoplasmáticas, pois tais estruturas são digeridas por enzimas derivadas dos lisossomos. O citoplasma dessas células contém muitos filamentos de queratina compactados. O acúmulo de queratina e o achatamento continuam até as células se tornarem totalmente impermeáveis e mortas.

A porção mais externa, a **camada córnea**, constitui-se de células mortas impregnadas com queratina – proteína que confere impermeabilidade, evitando a perda excessiva de água, além de resistência ao atrito. Suas principais células são:

- **queratinócitos**: células mais abundantes da epiderme. Formam as cinco camadas morfológica-

mente distintas: germinativa (basal), espinhosa, granulosa, lúcida e córnea;

- **células de Langerhans**: também chamadas de células dendríticas, originam-se da medula óssea e são responsáveis por estimular o sistema imunológico contra agentes invasores da pele, captando-os, processando-os e apresentando-os às células imunitárias;
- **células de Merkel**: presentes em maior número na palma das mãos e planta dos pés, áreas em que a epiderme é mais espessa. São os mecanorreceptores da epiderme responsáveis pela sensibilidade tátil;
- **melanócitos**: células especializadas na produção de melanina, proteína responsável pela pigmentação e cor da pele e dos pelos. Desempenham importante papel na absorção da radiação ultravioleta, neutralizando os radicais livres, prejudiciais à pele. A quantidade de melanócitos é praticamente a mesma em todas as pessoas, independentemente da cor da pele. Apenas a quantidade de melanina produzida varia. Tais células têm prolongamentos que penetram nas diversas camadas da epiderme, inclusive nas células precursoras do pelo, alterando a cor da pele e do pelo.



Anatomia das camadas da epiderme humana. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

DERME

De origem mesodérmica e formada por tecido conectivo, a derme é rica em fibras elásticas, vasos linfáticos e nervos. É amplamente vascularizada por vasos sanguíneos responsáveis pela nutrição da epiderme avascular e sobrejacente. O entrelaçamento entre a epiderme e a derme é chamado de **rete apparatus**. É unida ao tecido celular subcutâneo, também denominado tela subcutânea.

A derme é formada por duas camadas:

- **camada papilar** – é a mais superficial, encaixa-se nas saliências da epiderme e é formada por

tecido conectivo frouxo, que constitui as papilas dérmicas.

- **camada reticular** – é mais espessa, formada por tecido conectivo denso e apresenta estruturas derivadas da epiderme, como glândulas sudoríferas, folículos pilosos e glândulas sebáceas.

HIPODERME OU TELA SUBCUTÂNEA

Localiza-se logo abaixo da derme. É formada por tecidos conectivos frouxo e adiposo e representa entre 15% e 30% do peso corporal de um indivíduo adulto. Não é considerada uma camada da pele, mesmo mantendo uma relação funcional com a derme. Portanto, sua nomenclatura mais adequada é **tela subcutânea**.

A principal função da tela subcutânea é atuar como reserva energética, uma vez que é rica em células adiposas. Além disso, participa da defesa contra choques físicos e funciona como isolante térmico (regulação da temperatura corporal) e como conector da derme com os músculos e os ossos.

ANEXOS TEGUMENTARES

São estruturas anexas que auxiliam nas atividades e funções da pele. A seguir, veremos cada uma delas.

GLÂNDULAS SUDORÍFERAS

Estão presentes em toda a pele. Nesse tipo de glândula, há dois tipos de células secretoras: **células escuras** (que contêm muitos grânulos de secreção de glicoproteínas) e **células claras** (sem grânulos de secreção).

As porções secretoras dessas glândulas estão localizadas na derme, na tela subcutânea e nos ductos responsáveis por exteriorizarem as secreções do tipo **merócrina** (sem perda de material celular). Podem emergir diretamente na superfície da pele (**glândulas écrinas**) ou nos folículos pilosos (**glândulas apócrinas**).

Associadas às células secretoras estão as células mioepiteliais, cuja atividade contrátil auxilia na liberação das secreções. As glândulas sudoríferas produzem o suor, que é composto de água, sais, ureia, amônia, ácido úrico e outros componentes. O suor atua na regulação da temperatura corporal, resfriando o organismo quando a temperatura interna ou do ambiente está elevada. As glândulas sudoríferas também estão relacionadas à secreção de substâncias inúteis ao organismo, uma vez que se identifica a presença de catabólicos no suor.

GLÂNDULAS SEBÁCEAS

Estão associadas aos folículos pilosos, muito abundantes no couro cabeludo. Situam-se na derme e são definidas como glândulas exócrinas alveolares ramificadas holócrinas. As glândulas sebáceas apresentam

ducto curto, epitélio estratificado pavimentoso de extremidade no folículo piloso ou diretamente na superfície da epiderme.

Essas glândulas expelem sebo, secreção oleosa formada por ésteres de cera e ácidos graxos. Sua principal função é lubrificar a superfície da pele e dos pelos, protegendo-os e conferindo a essas estruturas um caráter hidrofóbico.

A atividade secretora das glândulas sebáceas é fortemente influenciada pelos hormônios sexuais. Até a puberdade, a secreção é mínima e passa a ser estimulada quando os hormônios sexuais se tornam bastante ativos.

A acne é formada por obstruções nos folículos pilosos, o que impede a drenagem do sebo para fora da pele. Normalmente essa obstrução é causada pela produção excessiva de sebo associado às células mortas da pele. Durante a puberdade, a produção de hormônios sexuais cresce, o que estimula a produção de sebo pelas glândulas sebáceas. Conseqüentemente, há aumento da incidência de acne nesse período da vida. Além dos hormônios, predisposição genética, bactérias, estresse, ambiente, medicamentos, alimentação e alguns cosméticos podem aumentar a incidência da acne.

PELOS

Os pelos são estruturas anexas do sistema tegumentar originados nos **folículos pilosos**, invaginações na epiderme, cuja estrutura filamentosa delgada é composta de queratina. Os pelos humanos atuam na recepção tátil, diferentemente dos pelos animais, que também auxiliam no isolamento térmico.

Os pelos estão presentes em muitas áreas da superfície corporal, mas ocorrem em grande densidade em regiões como axilas e nas proximidades dos órgãos genitais. Além disso, o padrão dos pelos pode estar associado à atuação de hormônios, como os pelos da face e da região pubiana, que estão sob a influência dos hormônios esteroides.

Pelos em crescimento ativo apresentam em sua base uma leve dilatação, o **bulbo piloso**, no interior do qual se encontra uma **papila dérmica**. O crescimento do pelo deriva da intensa síntese de queratina e da multiplicação, da morte e da compactação de células localizadas na porção mais basal dos folículos.

A nutrição dessas células é realizada pelos vasos sanguíneos associados à base do folículo. Músculos eretores dos pelos, dispostos obliquamente e inseridos na região da papila dérmica e outras regiões, são capazes de se contrair e, assim, tracionarem o pelo, que adota uma posição mais vertical, o que o torna eriçado. Melanócitos, presentes entre a papila e o epitélio que reveste a raiz, conferem coloração característica ao pelo, uma vez que essas células transferem melanina às células do córtex (região externa) e da medula (região interna) do pelo. Glândulas

sebáceas conjugadas aos folículos pilosos secretam substâncias cuja função é lubrificar os pelos.

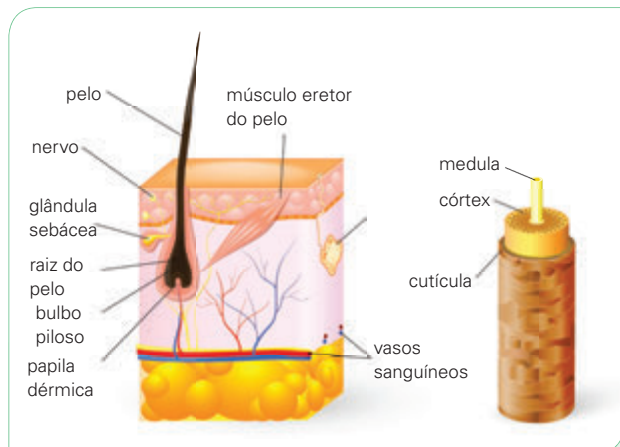
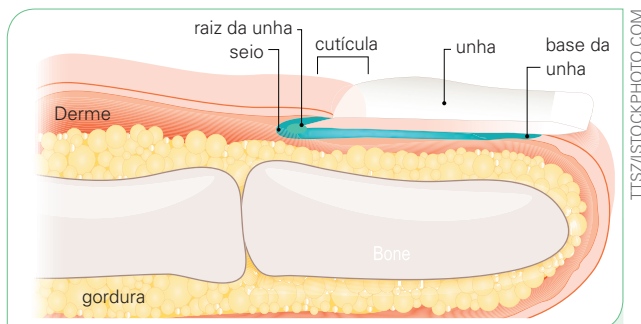


Ilustração da anatomia do pelo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

UNHAS

As unhas são placas de células queratinizadas e rígidas localizadas na superfície das extremidades da falange, nas pontas dos dedos. Originam-se de dobras da epiderme localizadas na ponta dos dedos. É nessa área que múltiplas células gradualmente se proliferam, diferenciam-se, acumulam queratina, morrem e se compactam firmemente, originando as unhas. A cutícula, derivada do estrato córneo da epiderme, reveste as unhas externamente.



Estruturas que compõem a unha e suas camadas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Tato

A pele humana é o maior órgão sensorial em extensão, com grande diversidade de receptores sensoriais que indicam dor, sensação térmica e pressão. Alguns desses receptores estão imersos em tecido conectivo e constituem mecanorreceptores que detectam, por exemplo, tato superficial (corpúsculos de Meissner) e pressão (corpúsculo de Pacini).

Os corpúsculos de Meissner, assim como as células de Merkel (que agem na percepção de toques contínuos de objetos contra a pele), estão presentes em regiões muito sensíveis da pele, como pontas dos dedos, palmas das mãos, mamilos e lábios.

Os receptores que detectam sensação térmica são os corpúsculos de Krause (frio) e de Ruffini (calor). Os receptores de dor são terminações nervosas livres dispersas por toda a pele.

MATERIAL DE USO
SISTEMA DE ENSINO

ROTEIRO DE AULA

SISTEMA SENSORIAL

Etapas da percepção dos sentidos:

Recepção

Transmissão

Percepção

Mecanorreceptores

Quimiorreceptores

Eletromagnéticos

Termorreceptores

Nociceptores

Tato

Sentidos

Visão

Audição

Paladar

Olfato

Órgãos dos sentidos:

Olhos

Orelhas

Língua

Nariz

Componentes

Córnea

Ossículos da orelha

Papilas gustativas

Orifícios nasais

Pupila

Martelo

Nervos gustativos

Nervo olfativo

Íris

Bigorna

Cristalino

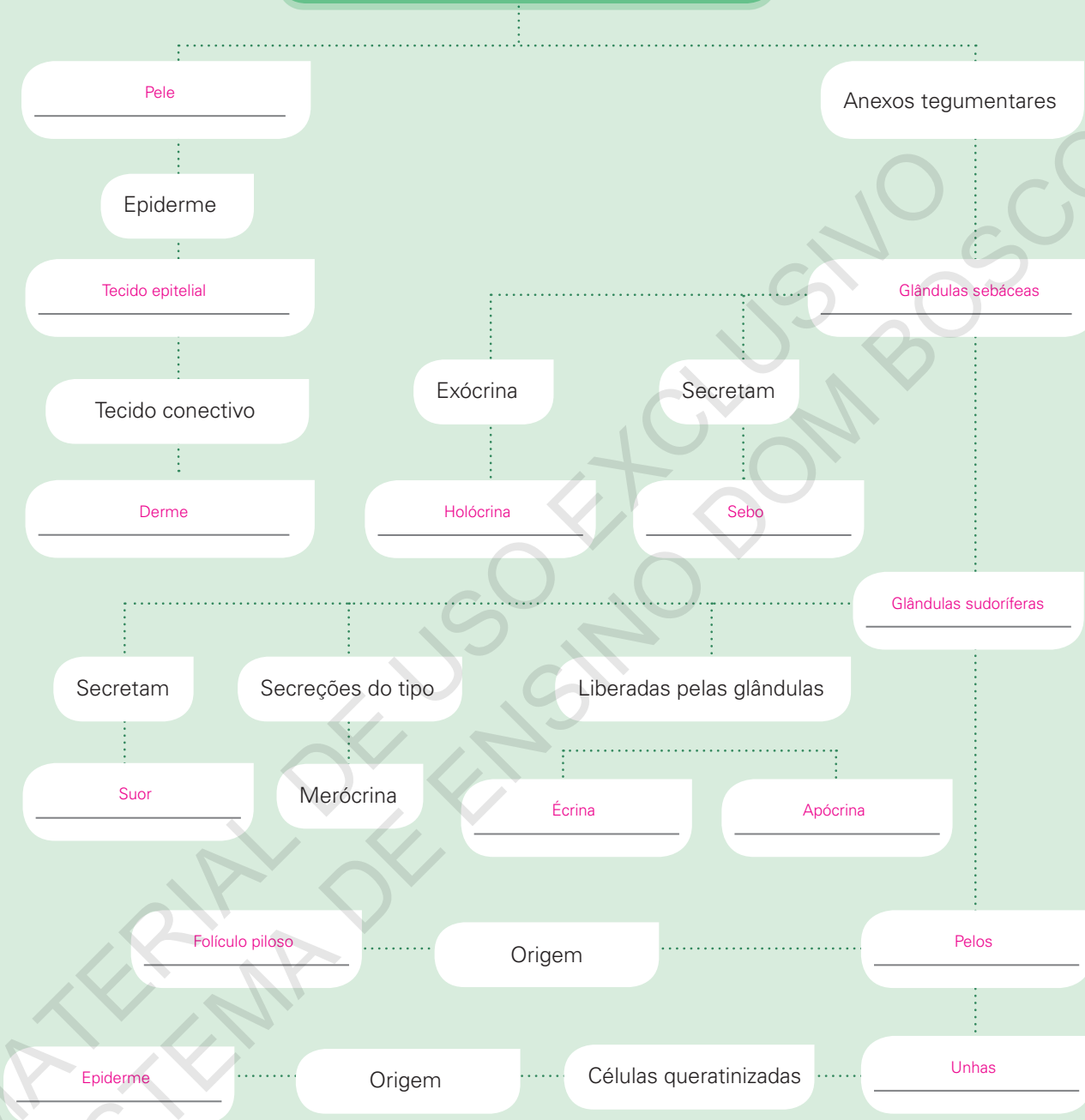
Estribo

Retina

Nervo óptico

ROTEIRO DE AULA

SISTEMA TEGUMENTAR HUMANO



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UEL-PR (adaptada) – O sistema nervoso compreende uma rede de comunicações e controles que permite ao organismo interagir com o meio ambiente. Essa interação pode se dar por meio de estruturas chamadas de receptores sensoriais, as quais detectam diferentes formas de energia, como a térmica.

Com relação ao sistema sensorial, atribua V (verdadeira) ou F (falsa) às afirmativas a seguir.

- () O sistema sensorial, por meio de seus receptores, leva informações da interação do corpo com o ambiente ao sistema nervoso central, na forma de impulsos nervosos.
- () As sensações de dor e de temperatura apresentam os mesmos conjuntos de receptores e, por serem sensações distintas, são transportadas por diferentes tipos de fibras até o sistema nervoso central e por diferentes vias ao sistema nervoso periférico.
- () Os corpúsculos de Meissner, de Pacini, de Ruffini, de Merkel e de Krause são responsáveis por diferentes percepções sensoriais quando do contato da pele com diferentes objetos ou com o ambiente.
- () Os bulbos terminais de Krause, por serem terminações livres, têm por função perceber variações de temperatura e, por isso, apresentam uma distribuição uniforme por todo o corpo.
- () Na espécie humana, os receptores cutâneos estão presentes na pele da face, na palma das mãos e na ponta dos dedos, os quais se apresentam na forma de terminações nervosas livres, o que nos permite sentir dor.

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

- a) V V F V F
- b) V F V F V**
- c) F V V F F
- d) F V F F V
- e) F F V V V

As sensações de dor e temperatura são detectadas por diferentes conjuntos de receptores e transmitidas ao SNC por vias nervosas distintas. Os bulbos terminais de Krause não são terminações nervosas livres, e sim modificações dendríticas de neurônios sensíveis às vibrações térmicas detectadas pela pele.

2. Etec – O órgão dos sentidos responsável pela audição é a nossa orelha, também chamada comumente de ouvido. Os problemas de ouvido são muito comuns em viajantes que enfrentam variações de altitude, pois as alterações de pressão, durante essas viagens, fazem com que os indivíduos fiquem com a sensação de ter os ouvidos tapados, o que provoca dificuldade auditiva e dor. Assim, por exemplo, quando alguém desce a serra em direção ao litoral, e a pressão atmosférica aumenta, ficando maior do que a pressão interna da sua orelha média, o tímpano é empurrado para dentro,

dificultando a audição. Essa situação, no entanto, é temporária, porque na orelha média há um canal flexível chamado de tuba auditiva que se comunica com a faringe (garganta); por isso, ao bocejar ou engolir saliva, ocorre a abertura das tubas nas orelhas, o que equilibra as pressões dos dois lados (anterior e posterior) de cada membrana timpânica e faz com que a dor e a sensação de surdez cessem.

Baseando-se no texto, é correto afirmar que

- a) a função da tuba auditiva é conduzir as ondas sonoras até a faringe.
- b) o ar que entra pela orelha externa sai pela garganta quando o viajante desce a serra.
- c) o tímpano se deforma e é empurrado para dentro sempre que o viajante sobe a serra.
- d) a orelha externa se comunica com a garganta, a fim de melhorar a sensação do paladar.
- e) a tuba auditiva ajuda a igualar a pressão em ambos os lados da membrana timpânica.**

Conforme o texto apresentado, ao mudarmos de uma região de grande altitude para uma de baixa altitude, há um aumento na pressão atmosférica. Como resultado, a membrana timpânica é empurrada para dentro. Ao liberar a tuba auditiva, bocejando ou engolindo saliva, ocorre um equilíbrio na pressão interna na membrana timpânica, isso porque a tuba auditiva tem ligação com a faringe e permite a entrada de ar até o tímpano.

3. Udesc – Aparelhos ergonômicos exigem do designer um conhecimento prévio acerca do funcionamento do organismo humano. Dentre os vários sistemas que compõem o homem, o sistema tegumentar desempenha importantes funções. A respeito da sua estrutura e de suas funções, resolva a questão abaixo.

- a) A pele é formada por duas camadas: a epiderme e a derme. Indique qual a constituição da epiderme e relacione com suas funções.

A constituição histológica da epiderme é um tecido epitelial estratificado

pavimentoso queratinizado. Um tecido estratificado tem função de

vestimento e proteção ao atrito. Por sua vez, a queratina presente nesse

tecido protege da desidratação.

- b) Cite três anexos do sistema tegumentar e descreva suas funções.

Glândula sudorífera: produção de suor para o controle da temperatura.

Glândulas sebáceas: produção de sebo que previne o ressecamento dos

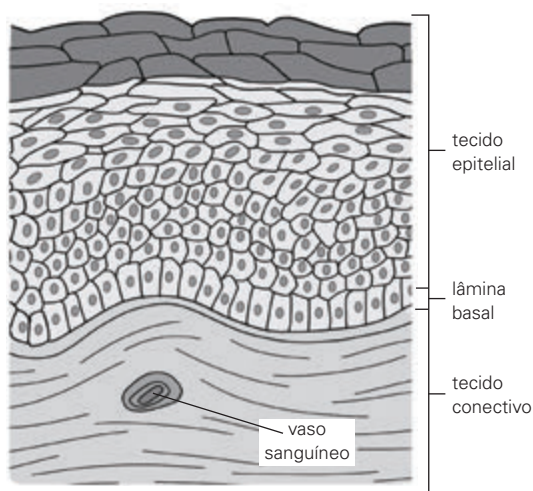
pelos e a perda excessiva de água pela pele. Pelos e unhas protegem a

pele em regiões em que a epiderme é muito delgada.

4. EBMSP-BA (adaptada)

C5-H17

O esquema representa uma porção da pele humana, mostrando seus componentes em um corte transversal.



A pele, juntamente com as glândulas sebáceas e sudoríferas, unhas, pelos e cabelos, é um órgão integrante do sistema tegumentar do corpo.

Em relação à estrutura da pele, é correto afirmar:

- A camada superficial da epiderme é formada por tecido epitelial morto e multiestratificado e a camada mais interna possui as células vivas formadoras de tecido conjuntivo.
- As células da epiderme são originadas na camada basal e se movem para cima, tornando-se mais cilíndricas à medida que ascendem.
- A pele atua na relação do corpo com o meio externo pela presença de receptores sensoriais, que são os precursores para a ação posterior do sistema nervoso central.
- Os vasos sanguíneos, presentes na derme, são responsáveis pela nutrição e pelo fornecimento de melanina e queratina para as células epiteliais da epiderme.
- A capacidade proliferativa das células da pele é limitada devido à presença de células mortas queratinizadas próximas à lâmina basal entre a epiderme e a derme.

O tecido conectivo tem origem embrionária mesodérmica. As células que ascendem ao tecido epitelial tornam-se achatadas. O tecido epitelial produz as proteínas queratina e melanina. As células queratinizadas da epiderme estão distintas da lâmina basal.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

5. UFRN – A pele humana, constituída pela epiderme e pela derme, desempenha diversas funções, tais como: proteção, sensibilidade tátil e manutenção da temperatura corporal. Acerca dos tecidos, anexos e receptores cutâneos da pele, é correto afirmar:

- As células de Langerhans são responsáveis pelo reconhecimento e destruição de agentes estranhos que penetram na pele.
- A derme produz os melanócitos que são responsáveis pela produção e distribuição da melanina.
- A epiderme possui quatro camadas, sendo a mais interna a espinhosa, que é a responsável pela produção de novas células.
- O corpúsculo de Meissner, responsável pela captação de estímulos de pressão e tração, é formado por um conjunto de terminações nervosas com pontas achatadas.
- As glândulas sebáceas têm por função principal lubrificar a pele e os pelos, para manter a regulação da temperatura corporal.

As células dendríticas de Langerhans atuam como elementos de proteção, reconhecendo e destruindo agentes patogênicos que penetram na pele.

6. UFU-MG – A orelha humana capta informações sobre duas variáveis importantes: o volume do som e o tom, que estão relacionados às ondas sonoras.

- A percepção humana do volume (altura do som) de uma onda sonora é sua amplitude ou altura. Qual a relação dessa amplitude com os potenciais de ação nos neurônios?

Para que um estímulo permita a propagação de um impulso nervoso

ele deve ser acima de um limiar de excitação, sendo assim, para que

o ouvido humano tenha a capacidade de captar alguma informação

sonora, o volume (amplitude) de uma onda sonora deve apresentar

uma intensidade capaz de gerar um potencial de ação.

- A detecção das frequências das ondas ocorre em qual parte da orelha interna?

A detecção das frequências das ondas sonoras ocorre na cóclea da

orelha interna.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UPE – Conhecidos como o melhor amigo do homem, os cães são animais considerados, às vezes, como membros da família. São muito sensíveis, e essa sensibilidade tem sido usada pelo homem, além de outras habilidades. Esses animais têm o olfato e o paladar muito desenvolvidos. Embora não percebam bem as cores, podem auxiliar os humanos como cães-guia e na detecção de drogas, localização de bombas e armas de fogo e de indivíduos suspeitos ou desaparecidos. Para realizar essas tarefas, o animal utiliza diferentes tipos de receptores sensoriais com funções distintas.

Sobre a função desses receptores, assinale a alternativa correta.

- O cão detecta as moléculas odoríferas, liberadas por drogas ou peças de roupa de um indivíduo suspeito, mediante quimiorreceptores gustativos, chamados de botões gustatórios.
- O bulbo olfatório dos cães apresenta cílios olfatórios na superfície do epitélio nasal, que são cobertos por muco.
- A menor eficiência visual na percepção das cores é atribuída ao menor número de bastonetes presentes na retina dos cães.
- Os mecanorreceptores são importantes também no trabalho de cães, pois ajudam a manter a posição e o equilíbrio do animal durante a corrida, como o

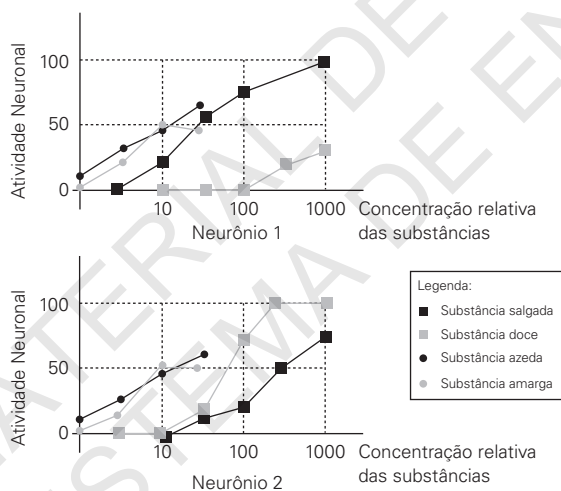
11. UPF-RS – A orelha humana é o órgão responsável pela audição e pelo equilíbrio do corpo. Ela compõe-se de três partes básicas denominadas orelha externa, orelha média e orelha interna.

Em relação a esse órgão e seu funcionamento, é correto afirmar que:

- A orelha média é um complexo labirinto conhecido como aparelho vestibular, ou aparato vestibular. Nele, se localizam células sensoriais especializadas que detectam a posição do corpo em relação à gravidade, responsáveis pelo equilíbrio.
- A cóclea, localizada na orelha interna, é um longo tubo enrolado, como a concha de um caracol, com o interior dividido em três compartimentos cheios de líquido. Constitui-se no principal componente do aparelho auditivo responsável pela audição.
- O tímpano, ou membrana timpânica, recobre a extremidade do canal auditivo no limite entre a orelha média e a orelha interna.
- A orelha interna se localiza dentro do osso temporal e contém três ossos alinhados em sequência, denominados martelo, bigorna e estribo, que atuam como amplificadores e transmissores das vibrações sonoras.
- O pavilhão auditivo ou auricular é um canal flexível que comunica a orelha externa à garganta, e sua função é equilibrar a pressão no interior da orelha de acordo com a pressão do meio externo.

12. UFMG – A língua dos seres humanos apresenta papilas gustativas, cada uma delas constituída por, aproximadamente, 200 botões gustatórios, que são responsáveis pelas sensações de doce, salgado, amargo e azedo.

Análise estes gráficos, em que está representada a atividade de dois neurônios em um mesmo botão gustativo, na presença de diferentes substâncias.



- Com base nos dados apresentados nesses gráficos, indique se você é a favor de ou contra a teoria da existência de uma região específica da língua responsável pela percepção de determinado sabor – doce, salgado, amargo e azedo. () a favor () contra. Justifique sua resposta.

- A sensibilidade a sabores é considerada um fator de proteção contra a ingestão de substâncias tóxicas, que são comumente azedas ou amargas.

A partir das informações contidas nos dois gráficos, justifique essa afirmação.

- Considerando a estrutura e função dos neurônios associados às papilas gustativas, cite o processo pelo qual a informação sensorial chega ao cérebro.

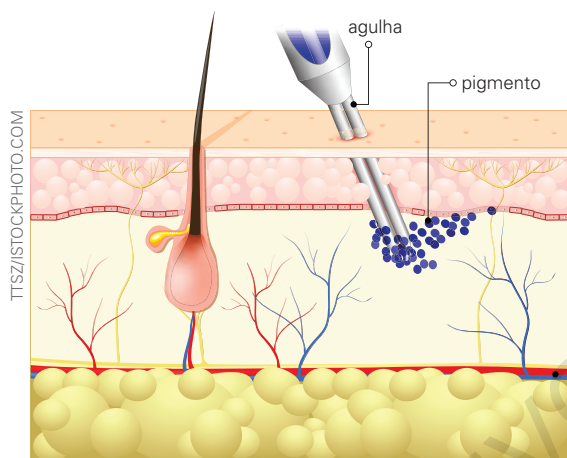
13. IFCE – O *Demodex folliculorum* é um ácaro que habita os folículos pilosos dos seres humanos, alimentando-se de pele e sebo. Algumas pessoas podem ter reações alérgicas a esse animal e desenvolver a acne. A bactéria *Propionibacterium acnes* é um ser vivo oportunista e prolifera na pele, causando inflamação. As glândulas envolvidas nesse processo infeccioso são chamadas de

- sebáceas e exócrinas.
- sudoríferas e endócrinas.
- sebáceas e endócrinas.
- sudoríferas e exócrinas.
- mistas e exócrinas.

14. UFG-GO – Ao realizar exames oftalmológicos em um ambiente pouco iluminado, os jovens J1 e J2 descobriram que o diâmetro do corpo vítreo de seus olhos é de 18 mm. Nesse exame, descobriu-se que, para J1, as imagens dos objetos são formadas 13 mm após o cristalino, enquanto, para J2, o diagnóstico atestou que ele não visualiza nitidamente objetos a 25 cm do olho. Conforme o exposto, quais são, respectivamente, os tipos de lentes corretivas que J1 e J2 devem utilizar e quais células responderam mais eficientemente ao estímulo luminoso?

- Divergente e convergente, e bastonetes na córnea.
- Divergente e divergente, e bastonetes na retina.
- Convergente e divergente, e cones na córnea.
- Divergente e divergente, e cones na retina.
- Divergente e convergente, e bastonetes na retina.

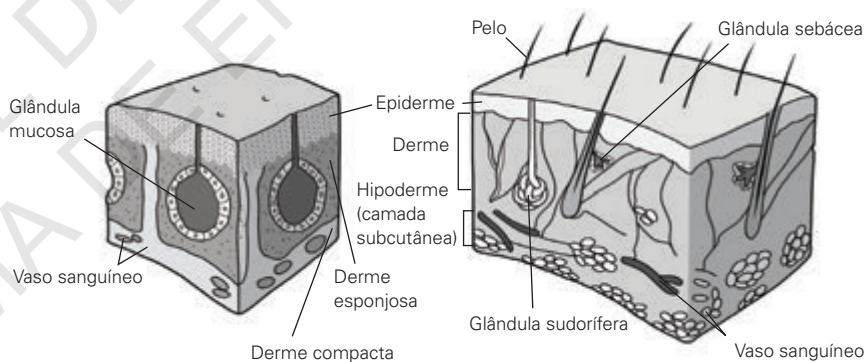
15. UFCE – Em várias partes do mundo, a tatuagem é vista como moda e/ou livre expressão de pensamento e comportamento, especialmente pelo público jovem. Sobre este assunto, observe a figura abaixo, que mostra a região da pele em que a tinta que colore as tatuagens é injetada, e considere as assertivas que se seguem:



- () O folheto germinativo que origina a camada da pele onde é fixada a tatuagem é o mesmo que origina os vasos sanguíneos.
- () Apesar da constante renovação celular da epiderme, a tinta das tatuagens permanece na pele por anos porque é injetada na derme.
- () As tintas usadas nas tatuagens não são reconhecidas como “corpos estranhos” e, portanto, não são eliminadas devido à resposta imune do hospedeiro.
- () A exposição da pele tatuada ao sol não é recomendada, pois estimula a produção de melanina sobre a camada da pele onde é injetada a tinta, dificultando sua visualização.
- () Tatuagens não são recomendadas a pessoas com diabetes, devido aos problemas de coagulação sanguínea, e a pessoas com o vírus HIV, devido ao risco de infecções.

16. UFMG (adaptada) – O sistema tegumentar apresenta características bem definidas em diferentes grupos de animais. Ao longo do tempo evolutivo, a barreira que separa o meio interno e meio ambiente tornou-se mais eficiente, principalmente com a evolução dos sistemas respiratório e excretor. Além disso, o sistema tegumentar é fundamental para a manutenção da temperatura corporal dos animais.

Observe as figuras, em que estão representadas duas amostras de diferentes sistemas tegumentares.



Sistema tegumentar do sapo

Sistema tegumentar humano

Com base nas informações contidas nessas figuras e em outros conhecimentos sobre o assunto explique a importância da vascularização da pele na regulação da temperatura na espécie humana.

17. UFMG (adaptada) – A doação de sangue por adultos é incentivada, exceto quando se trata de portadores de hábitos comportamentais ou enfermidades que possam representar risco aos receptores. As pessoas interessadas em doar sangue são submetidas, inicialmente, a uma entrevista e, posteriormente, têm seu sangue coletado para realização de alguns testes. Nessa entrevista, pergunta-se, entre outras informações, se a pessoa possui alguma tatuagem feita recentemente no corpo. Justifique a importância dessa pergunta.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H13

As serpentes que habitam regiões de seca podem ficar em jejum por um longo período devido à escassez de alimento. Assim, a sobrevivência desses predadores está relacionada ao aproveitamento máximo dos nutrientes obtidos com a presa capturada. De acordo com essa situação, essas serpentes apresentam alterações morfológicas e fisiológicas, como o aumento das vilosidades intestinais e a intensificação da irrigação sanguínea na porção interna dessas estruturas. A função do aumento das vilosidades intestinais para essas serpentes é maximizar o(a)

- comprimento do trato gastrointestinal para caber mais alimento.
- área de contato com o conteúdo intestinal para absorção dos nutrientes.
- liberação de calor via irrigação sanguínea para controle térmico do sistema digestório.
- secreção de enzimas digestivas para aumentar a degradação proteica no estômago.
- processo de digestão para diminuir o tempo de permanência do alimento no intestino.

19. Enem

C5-H17

O sistema somatossensorial nos informa o que ocorre tanto na superfície do corpo como em seu interior, e processa muitas classes de diferentes estímulos, como pressão, temperatura, toque, posição. Em uma experiência, após vender os olhos de um indivíduo, foram feitos toques com as duas pontas de um compasso em diversas partes do corpo dele e a diferentes distâncias, visando à identificação das regiões e distâncias onde eram sentidos um ou dois toques. Os locais do corpo, a quantidade de toques que foram sentidos e a distância entre as duas pontas do compasso estão apresentados na tabela:

Distância (cm)	6	5	3,5	2,5	1	0,5	< 0,5
Locais	Número de toques						
Costas	2	2	1	1	1	1	1
Panturrilha	2	1	1	1	1	1	1
Antebraço	2	2	1	1	1	1	1
Polegar	2	2	2	2	2	2	2
Indicador	2	2	2	2	2	2	2

DINIZ, C. W. P. *Desvendando o corpo dos animais*. Belém: UFPA, 2004.

As diferenças observadas entre as várias regiões do corpo indicam que a densidade dos receptores

- não é a mesma em todos os pontos, existindo regiões com maior capacidade de discriminação e sensibilidade, como o indicador e o polegar.
- apresenta pequena diferenciação entre os diversos pontos, existindo regiões com menor capacidade de discriminação e sensibilidade, como o indicador e a panturrilha.
- apresenta pequena diferenciação entre os diversos pontos, diferenciando-se em regiões com maior capacidade de discriminação e sensibilidade, como as costas e o antebraço.
- não é a mesma em todos os pontos, existindo regiões com maior capacidade de discriminação e sensibilidade, como a panturrilha e as coxas.
- é equivalente, existindo pontos que manifestam uma menor sensibilidade e discriminação, como as costas e o antebraço.

20. UEMT

C4-H13

A presença de uma epiderme queratinizada, do ponto de vista adaptativo, está mais diretamente relacionada à:

- preservação da vida, servindo para ataque e defesa.
- adaptação ao meio ambiente terrestre, sendo responsável por maior economia hídrica.
- vida no meio aquático, impedindo a hidratação do animal.
- reserva nutritiva.
- proteção contra ações mecânicas do meio.

8

SISTEMA DIGESTÓRIO E FISIOLOGIA DA DIGESTÃO

- Nutrição
- Digestão comparada
- Sistema digestório humano
- Fisiologia da digestão humana
- Fisiologia comparada da digestão de mamíferos

HABILIDADES

- Reconhecer os nutrientes disponíveis em alimentos e sua classificação.
- Caracterizar comparativamente a diversidade de sistemas digestórios dos animais.
- Identificar os componentes do sistema digestório humano e suas funções.
- Compreender o processo de digestão humana e seu controle pelo sistema nervoso e hormonal.
- Caracterizar comparativamente a diversidade de sistemas digestórios dos mamíferos.

Nutrição

Diferentemente das plantas, que são seres autótrofos, todos os animais são heterótrofos e necessitam obter energia e nutrientes dos alimentos para suprir a demanda de seu metabolismo. Chamamos de **nutrição** o processo que envolve desde a ingestão do alimento, sua digestão até a sua absorção pelo trato digestório.

NUTRIENTES

Podem ser definidos como qualquer elemento ou composto químico necessário para o metabolismo de um organismo. Os nutrientes são chamados **essenciais** quando necessitam ser ingeridos na alimentação, porque os organismos não são capazes de sintetizá-los a partir de precursores orgânicos mais simples. De acordo com sua utilização pelo indivíduo, os nutrientes são classificados em três categorias: energéticos, plásticos e reguladores.

Os **nutrientes energéticos** são aqueles empregados preferencialmente como fontes de energia para todas as atividades celulares. São eles os **carboidratos** (presentes em alimentos como doces, mel, açúcar, massas) e os **lipídios** (presentes em alimentos como manteiga, margarina, oleaginosas, carnes ricas em gorduras).

Os **nutrientes plásticos**, também chamados de construtores, são componentes estruturais dos tecidos, ou seja, o material de construção empregado no crescimento e no reparo de partes lesadas do corpo. Eles são as **proteínas** constituintes de músculos, enzimas, anticorpos e alguns hormônios. Os principais alimentos representantes desse grupo são carnes, ovos, leite, cogumelos e algumas sementes, como soja e feijão.

Os **nutrientes reguladores** são inorgânicos representados por **vitaminas** e **minerais**. Necessitamos deles em quantidades muito pequenas – alguns miligramas diários. Habitualmente, atuam como coenzimas, auxiliando no funcionamento de determinadas enzimas que participam do metabolismo. A maioria delas tem papel importante nos processos de obtenção de energia (respiração celular) ou na produção de ácidos nucleicos (material genético).

Apesar de os animais terem em comum a necessidade de se alimentar, suas dietas são bem distintas. Podemos classificá-los de acordo com sua necessidade alimentar em:

- **carnívoros estritos** – Apresentam anatomia e fisiologia adaptadas ao metabolismo de dietas exclusivamente proteicas;
- **carnívoros não estritos** – Têm anatomia e fisiologia adaptadas ao metabolismo de dietas essencialmente proteicas;
- **herbívoros** – Apresentam anatomia e fisiologia adaptadas ao metabolismo de dietas essencialmente compostas de plantas e algas;
- **onívoros** – Têm anatomia e fisiologia adaptadas ao metabolismo de dietas com todos os tipos de nutrientes.

Digestão comparada

A complexidade digestiva dos animais está diretamente relacionada às suas anatomias. A evolução da complexidade dessas estruturas possibilitou que os animais se adaptassem a diferentes modos de alimentação.

PARAZOÁRIOS

São grupos mais simples que não apresentam tubo digestório. Essa ausência de uma estrutura digestiva faz com que seu processo digestivo seja obrigatoriamente **intracelular**, realizado por vacúolos digestivos no interior das células.

Os parazoários são representados fundamentalmente pelos **poríferos** (ou esponjas), animais pluricelulares aquáticos de organização anatômica limitada a tecidos, sem a presença de órgãos ou sistemas. O processo digestivo desses animais acontece no interior de células chamadas **coanócitos**. Estas atuam fagocitando as partículas alimentares e as digerindo. Após a digestão, os nutrientes são transferidos aos amebócitos, células encarregadas de distribuí-los às demais células do organismo.

ENTEROZOÁRIOS INCOMPLETOS

São animais que apresentam sistema digestório com apenas um orifício (sistema digestório incompleto). Por esse orifício único, os alimentos passam para a cavidade digestória, e os restos da digestão são eliminados.

Os primeiros animais na escala zoológica a apresentarem cavidade digestiva incompleta são os **cnidários** e os **platelmintos**.

Na cavidade digestória (cavidade gastrovascular) da hidra, por exemplo, o alimento é parcialmente digerido, e os fragmentos do alimento são englobados pelas células que revestem a cavidade. No citoplasma dessas células, a digestão se completa. Portanto, há uma associação de digestão **extra** e **intracelular**.

ENTEROZOÁRIOS COMPLETOS

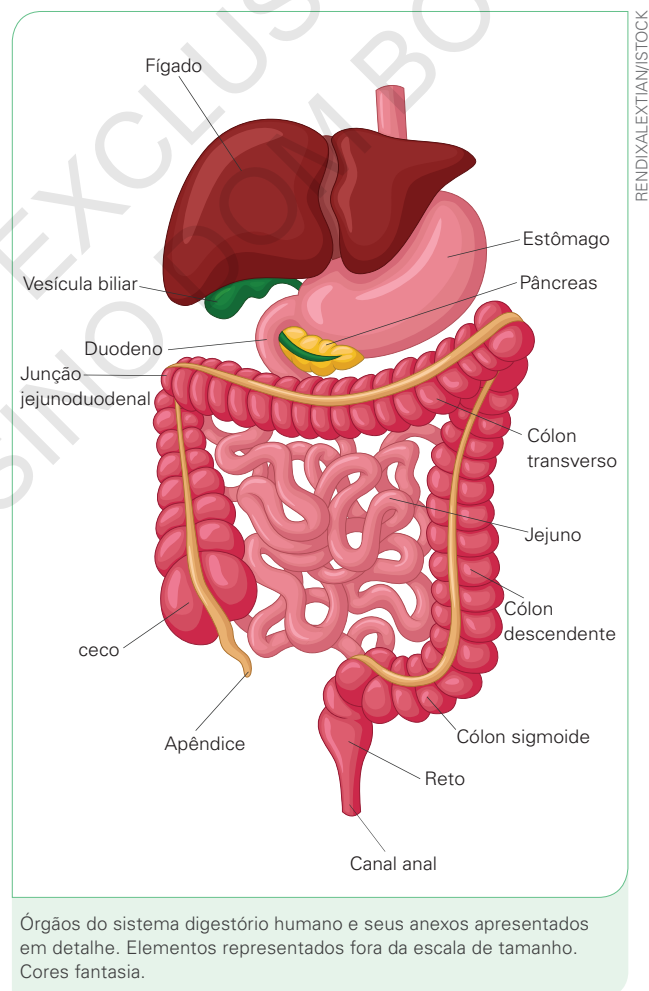
São os animais dotados de um tubo digestório completo, ou seja, que apresentam um orifício de entrada (a boca) e um de saída (o ânus). Nesses animais, a digestão é predominantemente **extracelular** e se processa como numa linha de montagem industrial: o alimento progride ao longo do tubo, e determinado processo ocorre a cada setor. Na evolução dos grupos de animais, o ânus é uma adaptação que surge nos vermes cilíndricos (nematelmintos) e que está presente também em anelídeos, moluscos, artrópodes, equinodermos e cordados.

Sistema digestório humano

É formado por **tubo digestório**, boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e reto (que se abre sobre o ânus). Também fazem parte desse sistema órgãos anexos como fígado, vesícula biliar, pâncreas e glândulas salivares.

Dentro do tubo digestório, os alimentos são submetidos a processamentos físicos (como a masti-

gação e o peristaltismo) e químicos (relacionados à atividade das enzimas digestivas). A mastigação está associada à quebra mecânica realizada pelos dentes. Isso resulta em partículas menores de alimentos, as quais são misturadas à saliva. Inicia-se, dessa forma, a digestão de algumas substâncias. Esse processo continua no interior do tubo digestório, por meio de movimentos peristálticos, os quais consistem na contração da musculatura de região que auxilia na digestão das partículas ingeridas. As glândulas salivares, o fígado e o pâncreas produzem uma secreção exócrina que é lançada ao tubo digestório. As glândulas mucosas da parede do estômago e do intestino delgado (digestão química) também fazem parte do sistema digestório.



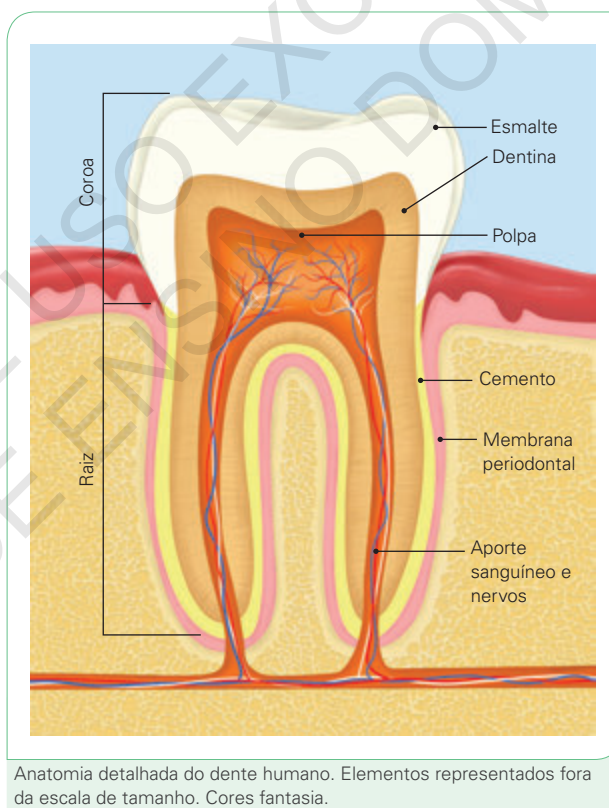
BOCA

No assoalho da boca, encontra-se a língua, estrutura muscular que contém papilas gustativas, as quais apresentam receptores sensoriais para os sabores. A língua, além de estar relacionada à fonação, auxilia na deglutição e realiza a insalivação, ou seja, o umedecimento dos alimentos ingeridos promovido pela mistura entre estes e a saliva.

Na boca encontram-se os dentes, estruturas responsáveis pela mastigação do alimento. Os humanos têm 20 dentes na primeira dentição – os chamados dentes decíduos ou de leite. Apenas os molares não são substituídos. Ao todo são 32 dentes na dentição permanente. Formados por tecido mineralizado, são órgãos esbranquiçados, duros, implantados nos ossos maxilares em cavidades chamadas alvéolos. Os dentes apresentam uma estrutura denominada coroa, que é a parte revestida pelo esmalte (tecido mineralizado muito rígido) e exposta para fora da gengiva. Existe ainda uma porção abaixo da gengiva, também revestida por tecido conectivo mineralizado – o cimento, cuja função é unir os dentes aos alvéolos, denominados raízes. Subjacente ao esmalte e ao cimento, encontra-se a dentina, outra camada de tecido mineralizado que delimita internamente a polpa – uma cavidade de tecido conjuntivo ricamente vascularizado e innervado. O ponto de encontro da coroa com a raiz denomina-se colo.

Considerando o aspecto morfológico e a função, os dentes são classificados em:

- **incisivos:** são aqueles que cortam (cortadores);
- **caninos:** os quais perfuram e rasgam (prendedores ou presas);
- **pré-molares:** que servem para triturar (trituradores).



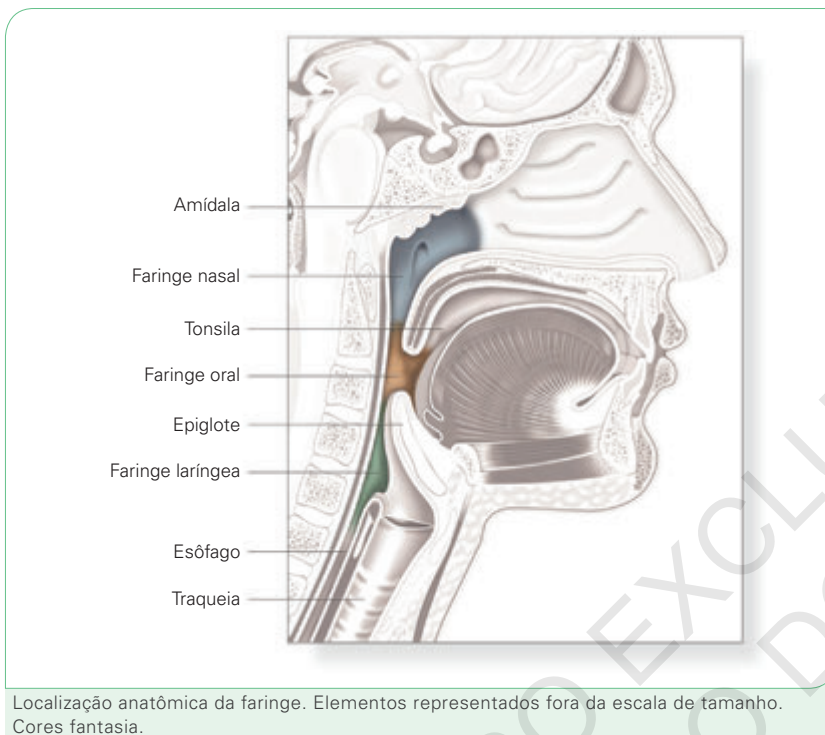
Anatomia detalhada do dente humano. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A saliva é um fluido seromucoso composto de proteínas, glicoproteínas, enzimas, água e diversos sais com atividade bactericida. Uma pessoa pode produzir diariamente um litro de saliva ou mais. As glândulas salivares se arranjam aos pares e são classificadas em parótidas, submandibulares e sublinguais.

FARINGE

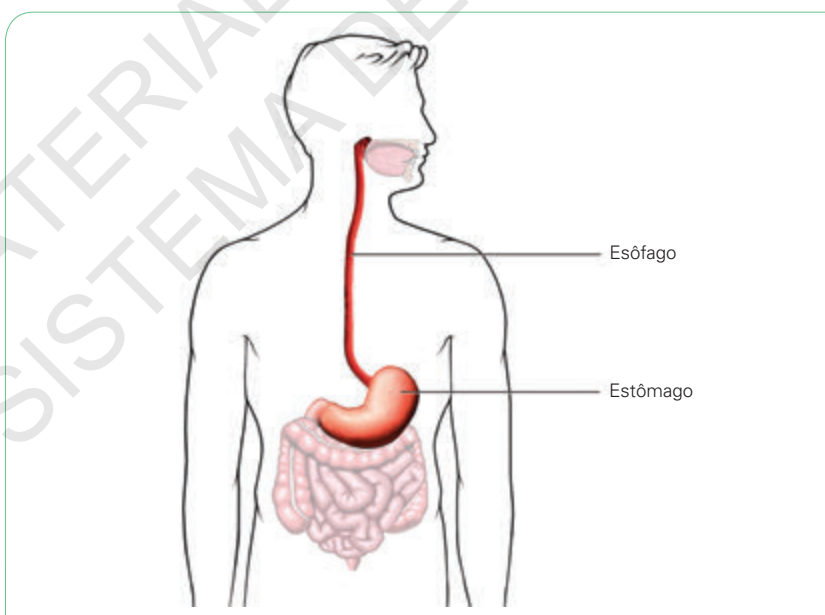
É um canal que se interpõe entre a cavidade oral e o esôfago e entre a cavidade nasal e a laringe. Portanto, essa estrutura é comum aos sistemas respiratório e digestório. É na região da faringe que ocorre o processo de deglutição. O bolo alimentar empurrado em direção ao esôfago sofre ação de um mecanismo reflexo

para fechar a laringe, o que evita que o alimento penetre nas vias respiratórias. Os músculos do pescoço elevam a laringe e fazem com que a glote (abertura que conduz à traqueia) seja bloqueada por uma peça cartilaginosa, a **epiglote**. Após o alimento passar para o esôfago, a laringe abaixa e abre novamente a glote.



ESÔFAGO

Consiste em um tubo muscular com aproximadamente 25 cm de comprimento, localizado atrás da traqueia e em frente à coluna vertebral. Por meio de movimentos peristálticos, o esôfago exerce sua função de condução do alimento desde a cavidade bucal até o estômago. Na parede do esôfago, estão presentes glândulas esofágicas produtoras de muco, cuja secreção facilita a impulsão do alimento ao longo do tubo e protege a mucosa esofágica contra a abrasão desses alimentos.



ESTÔMAGO

Trata-se de uma dilatação do tubo digestório, situada abaixo do diafragma e à esquerda do fígado. O estômago tem forma variável em função do seu grau de enchimento e de maior ou menor contração de suas fibras. Sua capacidade é de 1 litro a 1,5 litro de conteúdo. Comunica-se superiormente com o esôfago por meio da cárdia e inferiormente com o intestino delgado e uma porção do duodeno, por meio do piloso. Tanto a cárdia como o piloso têm ação valvular, o que possibilita a passagem do alimento em apenas um sentido. Assim, não ocorre o retorno dos alimentos.

As paredes do estômago são protegidas por camadas de muco contra a ação do suco gástrico. Isso é compensado pela regeneração frequente da mucosa estomacal. No entanto, se a agressão à parede estomacal for muito intensa, o indivíduo pode desenvolver gastrite ou úlcera gástrica.

FÍGADO E VESÍCULA BILIAR

O fígado é uma estrutura anexa do sistema digestório localizado no lado direito superior do abdome, sob o músculo diafragma. Constitui-se na maior glândula do corpo, com peso de 1,5 kg em um indivíduo adulto.

Nesse órgão ocorre a produção da bile, secreção constituída por água, sais biliares.

A vesícula biliar, estrutura situada sob o fígado, armazena e concentra a bile secretada. Ela também tem um canal chamado ducto cístico, que se une ao ducto hepático para formar o ducto colédoco, que se abre no intestino delgado.

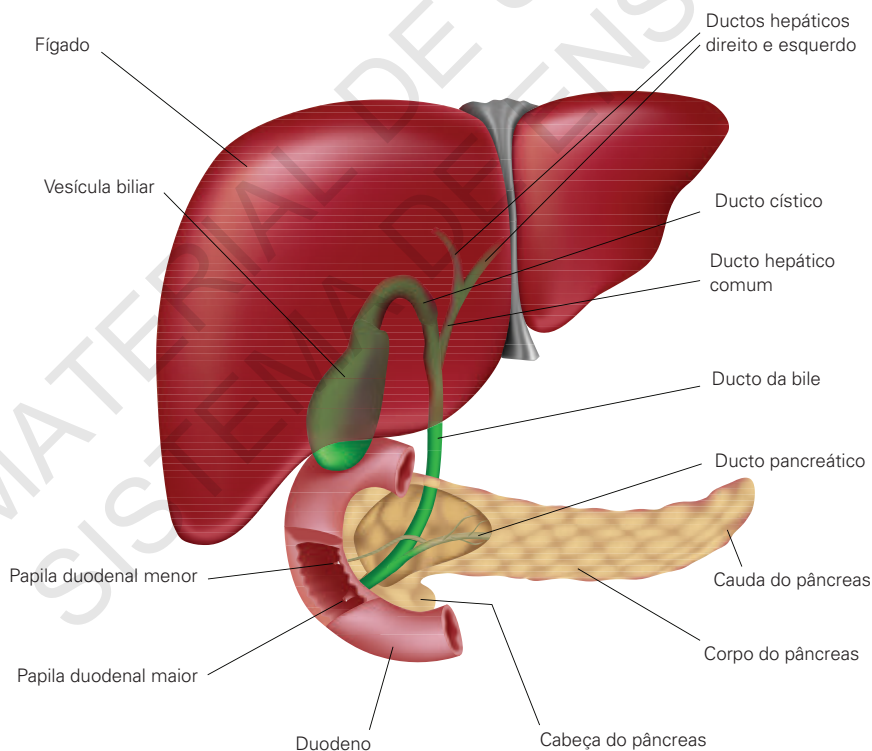
No fígado ocorrem: o armazenamento do excesso de glicose do sangue na forma de glicogênio; a fabricação das proteínas albumina e fibrinogênio; a produção dos aminoácidos não essenciais e da ureia para desintoxicar o organismo; a armazenagem do íon de ferro e a destruição de hemácias velhas.

PÂNCREAS

Trata-se de outra glândula anexa do sistema digestório. Em indivíduos adultos, o comprimento desse órgão varia entre 15 e 25 cm. O pâncreas está localizado no abdome e liga-se ao estômago e ao duodeno. Sua principal importância na digestão é a produção do suco pancreático, uma secreção de pH básico em razão da presença do bicarbonato de sódio, liberada no intestino delgado. O suco pancreático é constituído pelas enzimas amilase pancreática, tripsina e lipase pancreática.

A **insulina** e o **glucagon** são hormônios produzidos pela ilhota pancreática, grupo de células endócrinas constituintes do pâncreas cuja função é metabolizar a glicose por meio desses hormônios.

Fígado, pâncreas, vesícula biliar e passagem da bile



Esquema anatômico do fígado e da vesícula biliar humana. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

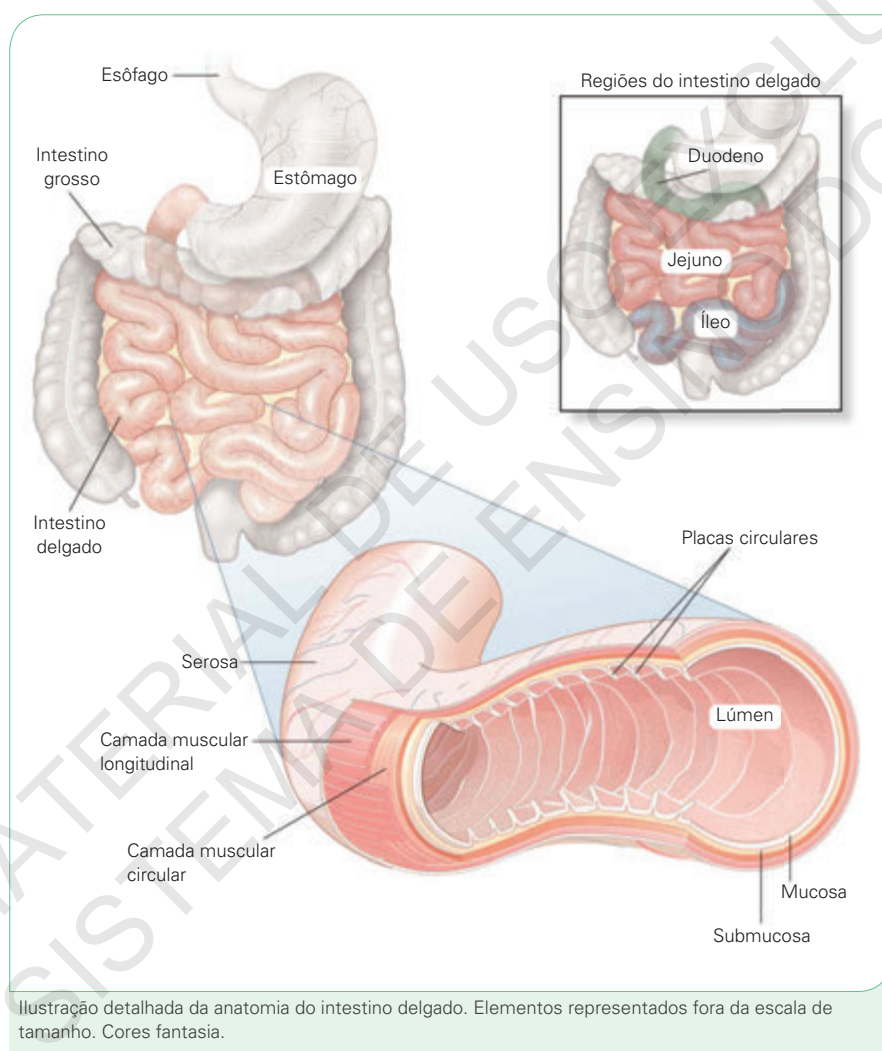
INTESTINO DELGADO

É um longo tubo situado no abdome, dobrado sobre si mesmo várias vezes, formando as alças intestinais. O intestino delgado é dividido em três segmentos: **duodeno, jejuno e íleo**.

O caminho do conteúdo alimentar dentro desse órgão ocorre por meio dos movimentos peristálticos. As secreções presentes no aparelho digestório como suco pancreático, suco entérico e bile são responsáveis por degradar compostos grandes, convertendo-os em moléculas menores que serão então absorvidas no intestino.

O epitélio intestinal é formado por projeções conhecidas como **vilosidades**. Toda sua extensão atravessa o duodeno, o jejuno e o íleo. Em sua membrana celular, formam-se alguns prolongamentos digitiformes chamados de **microvilosidades intestinais**. Essas estruturas aumentam a superfície das células intestinais, o que melhora sua eficiência absorptiva.

Outra característica comparativa do intestino delgado é seu tamanho. Nos carnívoros, ele é menor que em herbívoros e seres humanos. Pelo fato de os humanos apresentarem uma alimentação mista, o intestino delgado mede de 7 a 8 metros, com diâmetro de 2 a 3 cm.

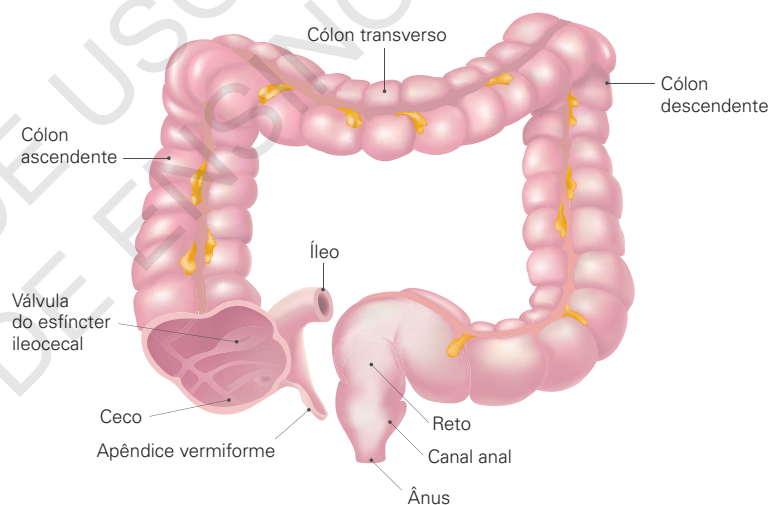
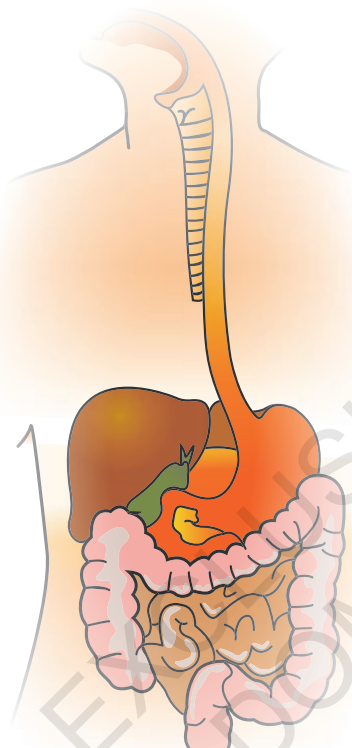


UNIVERSAL IMAGES GROUP NORTH AMERICA LLC / ALAMY STOCK PHOTO

INTESTINO GROSSO, RETO E ÂNUS

O intestino grosso tem 1,5 m de comprimento e 5 cm de diâmetro. Estende-se desde a válvula ileocecal até o reto e apresenta formato de U invertido. A última porção do tubo digestório é o reto – tubo retilíneo que termina no ânus, orifício que se abre para o ambiente externo.

Intestino grosso humano



Esquema do intestino grosso, do reto e do ânus em humanos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fisiologia da digestão

Fisiologia da digestão humana

Por meio do processo digestivo, o organismo é capaz de quebrar os alimentos em moléculas menores – os nutrientes –, liberando energia para que possam ser absorvidos e utilizados pelas células. A digestão é iniciada no processo de mastigação, passa pelos processos de deglutição e digestão química e é finalizada com a absorção e eliminação de resíduos.

DIGESTÃO MECÂNICA E QUÍMICA

Trituração e mastigação

Na boca, o alimento é triturado pelos dentes e misturado com a saliva, produzida pelas glândulas salivares. A **trituração** aumenta a superfície total das partículas de alimento, ampliando a área de exposição deles às enzimas digestivas. A **saliva**, por sua vez, é uma secreção de pH neutro (próximo de 7,0), ideal para a ação de enzimas nela presentes, a **ptialina** ou **amilase salivar** e a **lipase lingual**, produzidas nas glândulas salivares. A lipase lingual atua na digestão dos lipídios, mas, como os alimentos não permanecem tempo suficiente na boca, sua atividade é mínima nessa região. A ptialina inicia a digestão química do amido, quebrando-o em moléculas de oligossacarídeos ou em dissacarídeo maltose.

A secreção mucosa oral é proveniente de glândulas que se abrem no epitélio de revestimento da cavidade oral, protegendo a mucosa oral e a parede da faringe de possíveis danos ocasionados pelo atrito do bolo alimentar a ser deglutido.

A **deglutição**, processo pelo qual o alimento que se encontra previamente mastigado e insalivado é levado até o estômago, inicia-se com movimentos da língua, que impele o bolo alimentar ao esôfago através da faringe. Na passagem do alimento pelo esôfago, em direção à válvula cárdia, ocorrem **movimentos peristálticos** da musculatura lisa.

Digestão química

O revestimento interno do estômago (mucosa gástrica) produz o **suco gástrico**, que tem ácido clorídrico em sua composição e pH bastante ácido (aproximadamente 2,0). A mudança de pH em relação ao da saliva faz com que a ptialina seja inativada. Cada enzima apresenta atuação em uma faixa específica do pH, chamado de **pH ótimo**.

O estômago é recoberto internamente por uma camada de **mucina**, que o protege da ação do próprio suco gástrico. O ácido clorídrico produzido e secretado pelas glândulas que desembocam na mucosa gástrica também tem por função eliminar os microrganismos provenientes do ambiente externo ingeridos com os alimentos.

No estômago, as proteínas são digeridas pela **pepsina**, enzima do suco gástrico produzida na sua forma inativa, o **pepsinogênio**. Quando liberado no interior do estômago, o pepsinogênio entra em contato com o ácido clorídrico, transformando-se em uma enzima ativa. Tal conversão é auxiliada pelas moléculas de pepsina já presentes no estômago.

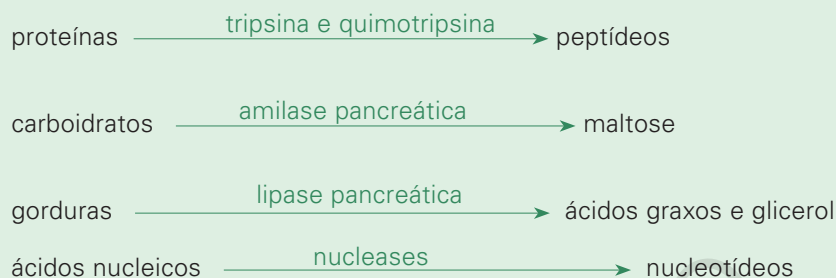
A **pepsina** atua sobre as proteínas ingeridas na dieta, reduzindo-as a oligopeptídeos, compostos formados de poucos aminoácidos.

Por meio das transformações ocorridas no estômago, o bolo alimentar é convertido em **quimo**. Os movimentos peristálticos continuam ao longo do tubo digestório. No **duodeno**, porção proximal do intestino delgado, o alimento sofre ação da bile, do **suco pancreático** e do **suco entérico**.

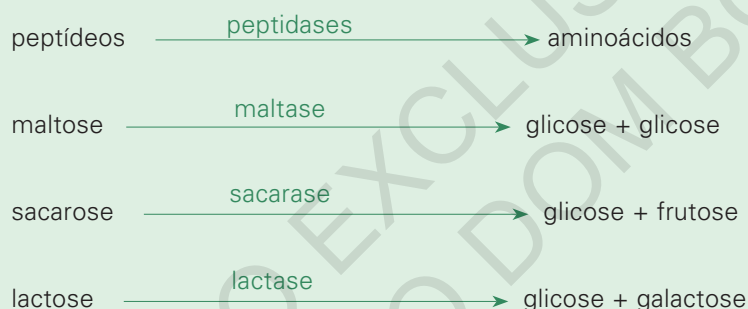
A **bile** produzida no **fígado** e armazenada na vesícula biliar é uma solução alcalina que **não apresenta nenhuma enzima digestiva**, pois não provoca mudança química no substrato no qual está agindo. Composta de muitos sais biliares, de resíduos do metabolismo de colesterol e da degradação de hemácias senescentes e de bicarbonato, a bile tem função de **emulsificar** as moléculas de gordura. As gotas de lipídio dos alimentos, ao chegarem ao intestino delgado, têm sua tensão superficial diminuída por ação dos sais biliares, transformando-se em gotículas, processo denominado como detergente, facilitando a ação das lipases.

O **suco pancreático** é uma solução aquosa e alcalina produzida pelo **pâncreas**, rica em enzimas digestivas (tripsina, amilase pancreática, lipase pancreática, entre outras) e íons bicarbonato (HCO_3^-), que atuam diminuindo a acidez do quimo que chega do estômago, tornando-o básico ou alcalino (pH entre 7,8 e 8,2). O suco pancreático é ainda responsável por inativar a pepsina do estômago, de modo que as enzimas possam atuar no intestino delgado. Além disso, age na digestão de proteínas por meio de enzimas como a quimotripsina e a tripsina; na digestão de carboidratos, pela ação da amilase pancreática; na digestão de triglicerídeos (gorduras neutras, ácidos

graxos e glicerol), por meio da ação da lipase pancreática. As nucleases agem sobre os ácidos nucleicos (DNA e RNA), transformando-os em nucleotídeos.



O **suco entérico** é produzido por milhares de glândulas localizadas na parede do intestino delgado e as principais enzimas nele contidas são:



ABSORÇÃO DE NUTRIENTES

Ao final da digestão química, os produtos resultantes atravessam a mucosa que forra o intestino delgado, no jejuno e no íleo, e passam para os vasos sanguíneos e linfáticos no processo de **absorção**.

Aminoácidos e monossacarídeos são absorvidos e recolhidos pela corrente sanguínea; os ácidos graxos, pela **circulação linfática**. A água, os sais minerais e as vitaminas são absorvidos sem sofrer nenhuma transformação prévia. No **intestino grosso** acontece a absorção de água e a formação das fezes.

CONTROLE DA ATIVIDADE DIGESTIVA

As glândulas que produzem secreção digestiva ocorrem de duas maneiras: pelo **sistema nervoso autônomo** e pela ação de **hormônios**.

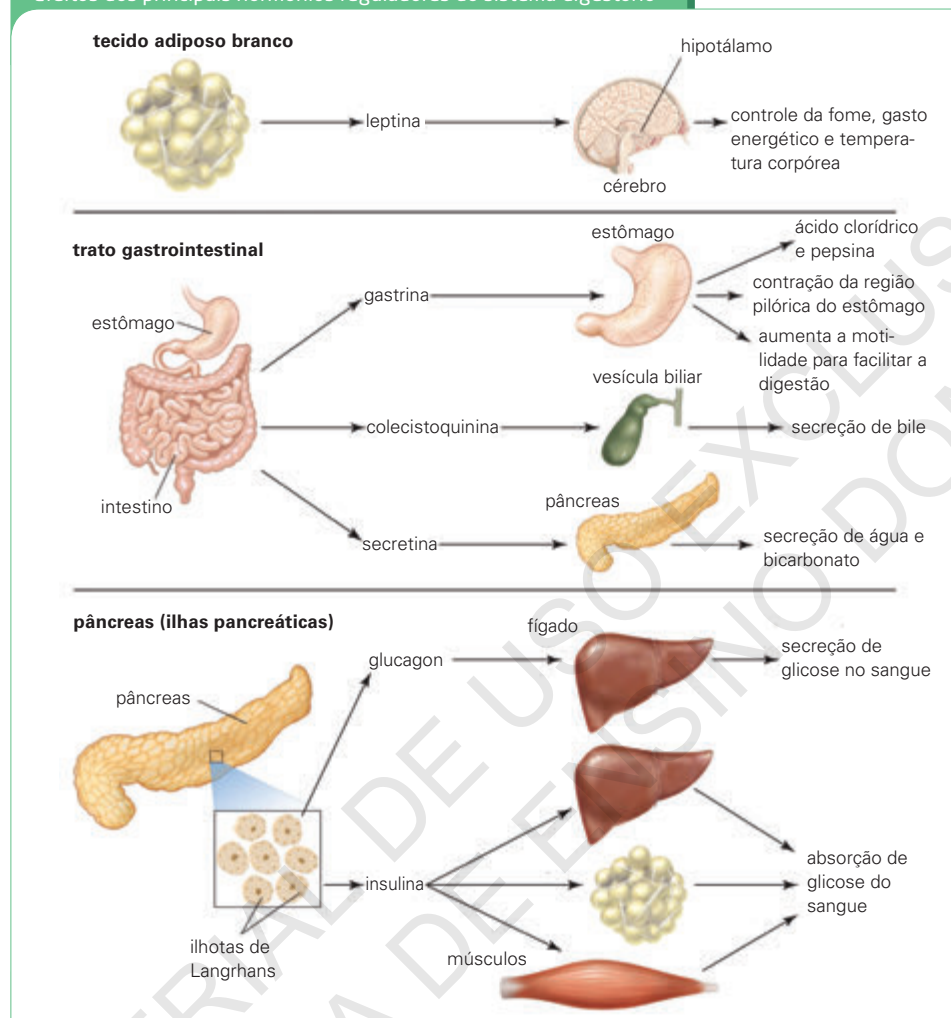
O sistema nervoso autônomo tem duas divisões: sistema simpático, que inibe a produção de secreções digestivas, e sistema parassimpático, que estimula sua produção. O principal ramo visceral do sistema nervoso parassimpático é o **nervo vago**, que percorre o caminho do cérebro até o abdome. As glândulas salivares são reguladas pelo sistema nervoso. O odor e o sabor dos alimentos, bem como o contato do alimento com a boca, estimulam terminações nervosas que levam impulsos ao centro da salivação, no bulbo. Lá, o estímulo é processado e interpretado e os sinais são então enviados às glândulas salivares, estimulando a secreção de saliva.

O controle da atividade digestiva também é realizado por hormônios. Quatro hormônios estão envolvidos no controle de produção e liberação das secreções digestivas. As células da mucosa do estômago próximas ao piloro produzem o hormônio **gastrina**, que é lançado na corrente sanguínea sempre que há contato com o alimento e estimula a produção e secreção do suco gástrico durante o processo digestivo.

A liberação de bicarbonato de sódio pelo pâncreas é estimulada pelo hormônio **secretina**, produzido pela mucosa da primeira porção do intestino delgado – o duo-

deno – assim que o alimento entra nessa porção, vindo do estômago. No duodeno também é produzido o hormônio **colecistoquinina**, que atua na vesícula biliar, provocando sua contração e a liberação da bile no intestino delgado. A colecistoquinina também atua sobre o pâncreas, aumentando a secreção de enzimas digestivas. O duodeno produz o hormônio **enterogastrona**, principalmente quando as moléculas de lipídios chegam ao intestino, o que provoca o retardo do esvaziamento gástrico, uma vez que inibe a produção de gastrina.

Efeitos dos principais hormônios reguladores do sistema digestório



Esquema dos principais hormônios reguladores do sistema digestório humano. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Fisiologia comparada da digestão de mamíferos

Os mamíferos são animais homeotérmicos, portanto a manutenção da temperatura corpórea deles depende de uma dieta rica em nutrientes e equilibrada para manter seu elevado custo metabólico. A diversidade dos hábitos nutricionais desses animais está diretamente relacionada à sua anatomia e fisiologia digestiva.

DIGESTÃO NOS MAMÍFEROS CARNÍVOROS

Os mamíferos estritamente carnívoros, como os felinos, têm trato digestório curto – já que o alimento não precisa permanecer longos períodos no trato – e simples, visto que proteínas, lipídios e sais minerais, abundantes nos tecidos musculares da carne ingerida, não necessitam de digestão especializada.

Os cães são animais tidos como carnívoros oportunistas, pois seu trato digestório está adaptado a diferentes tipos de dieta, de acordo com a disponibilidade de alimento. Esses animais apresentam trato digestório mais longo e com maior desenvolvimento dos intestinos e glândulas anexas, o que possibilita melhor aproveitamento nutricional de nutrientes além das proteínas, lipídios e sais minerais.

DIGESTÃO NOS MAMÍFEROS HERBÍVOROS

Os animais herbívoros podem ser classificados, de acordo com a localização dos microrganismos em seu sistema digestório, em monogástricos e ruminantes.

Nos herbívoros **monogástricos**, como cavalos, jumentos, zebras e coelhos, os microrganismos que atuam na digestão da celulose são bactérias e estão presentes no intestino, geralmente numa região chamada apêndice cecal.

Já os herbívoros **ruminantes**, como boi, cabra, ovelha, girafa, camelo e veado, são dotados de um grande estômago, dividido em compartimentos: rúmen (pança), retículo (barrete), omaso (folhoso) e abomaso (coagulador). Ao deglutir o capim, o ruminante o envia ao **rúmen**, no qual uma gigantesca flora constituída por protozoários ciliados e procariotos digere parcialmente a celulose. O conteúdo do rúmen passa ao retículo e daí volta para a boca, onde é novamente mastigado. Ao adquirir uma consistência pastosa, o alimento deglutido dirige-se ao **omaso**, onde a maior parte da água é absorvida, e posteriormente passa ao **abomaso**, considerado o “estômago verdadeiro” dos ruminantes, pois é a porção do estômago que secreta o suco gástrico. Do abomaso, o alimento segue para o intestino delgado, onde sofre ação das demais secreções digestivas (bile, suco pancreático e suco entérico).

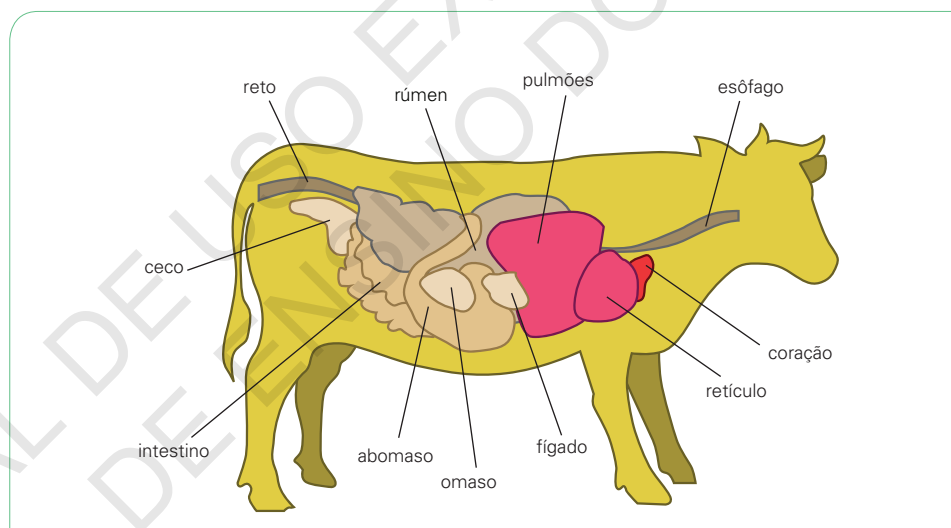
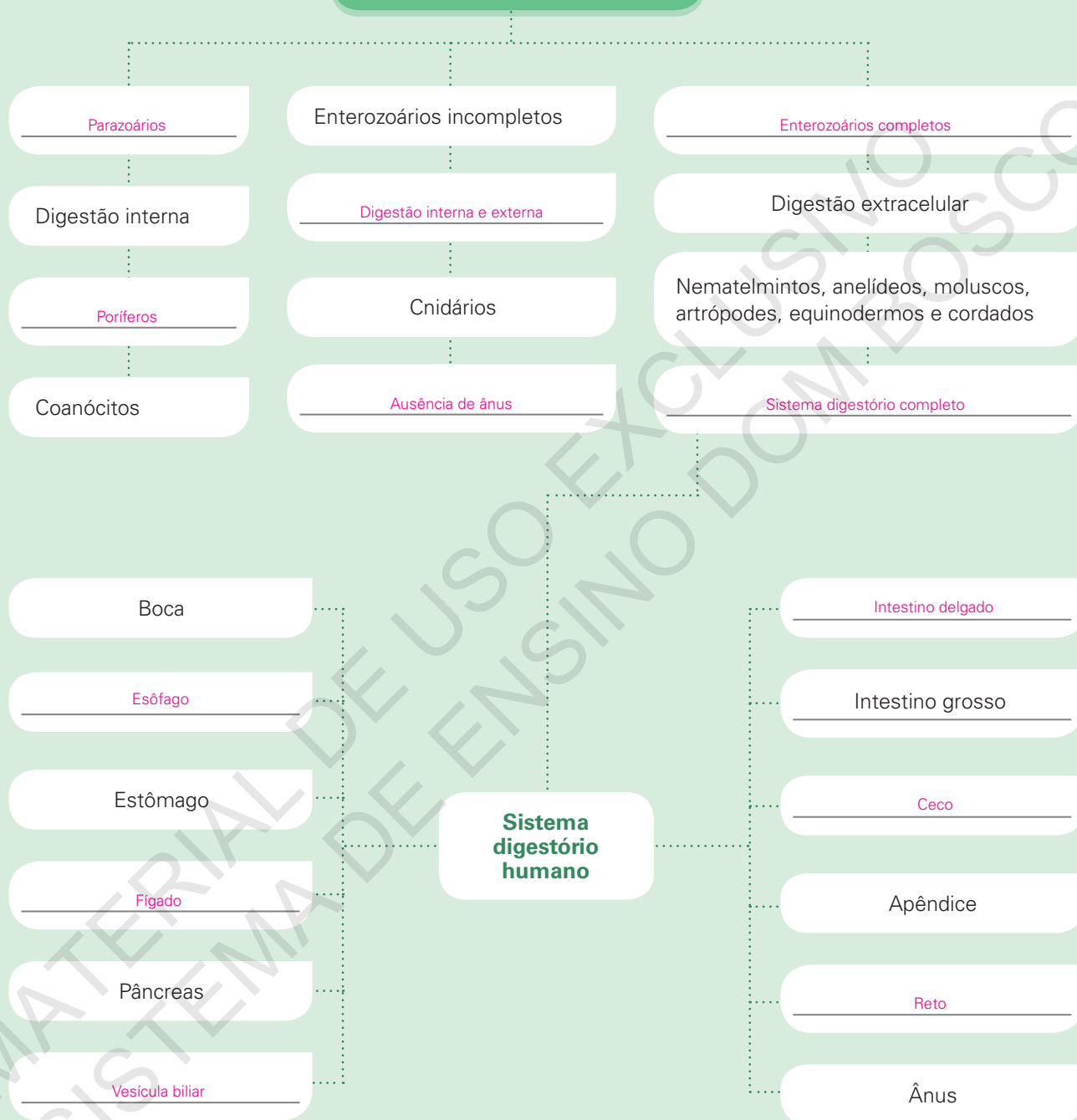


Ilustração da anatomia digestiva da vaca, animal ruminante. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

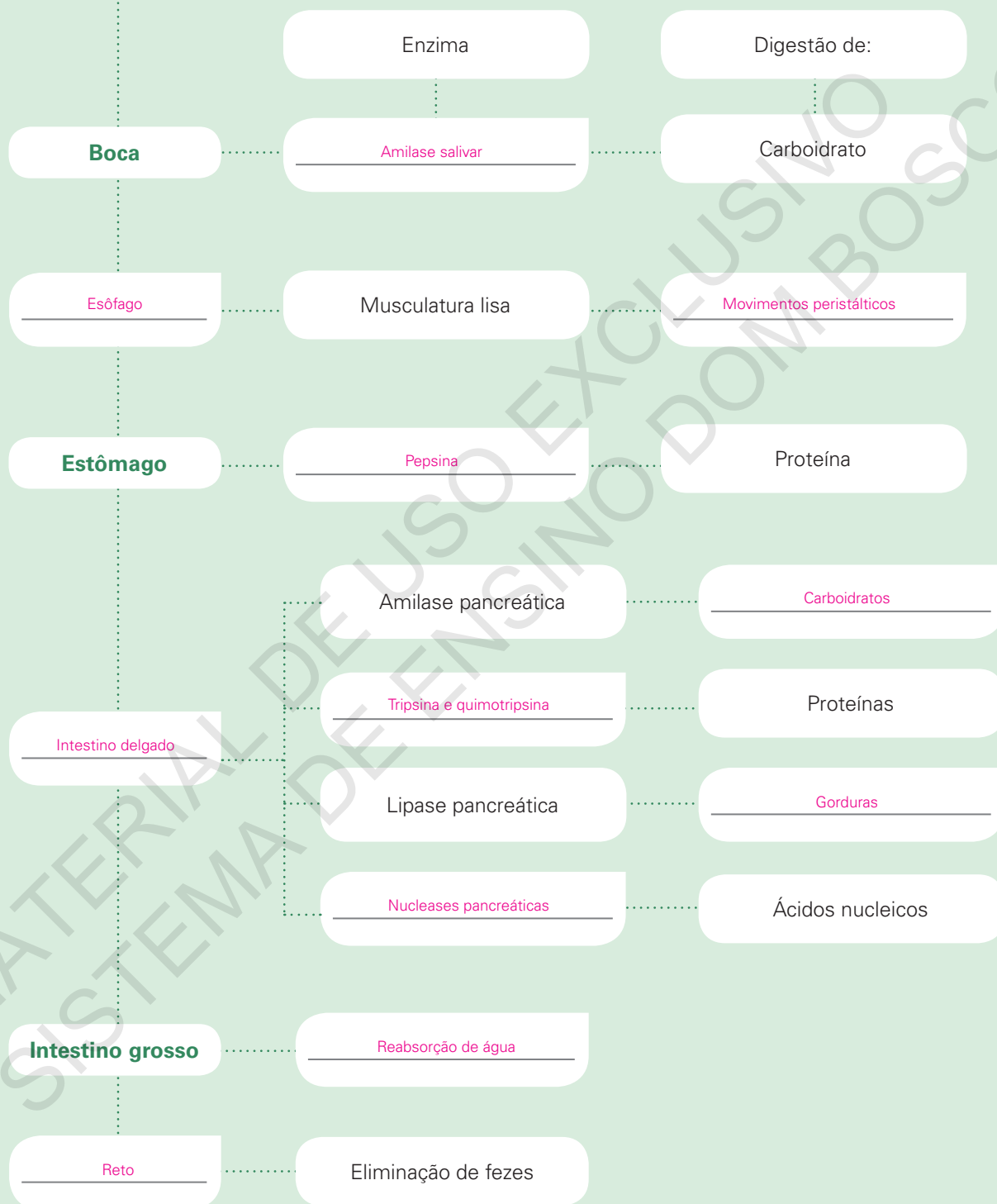
ROTEIRO DE AULA

SISTEMA DIGESTÓRIO



ROTEIRO DE AULA

DIGESTÃO HUMANA



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UECE – Os seres vivos incluídos no Filo Porífera não apresentam tecidos ou órgãos definidos, mas possuem células que realizam diversas funções relacionadas à sua sobrevivência no ambiente aquático. Com relação aos coanócitos, célula que compõe o corpo dos poríferos, é correto afirmar que

- a) são responsáveis pela distribuição de substâncias para todas as demais células do corpo do animal, por meio de plasmodesmos.
- b) transformam-se em espermatozoides, sendo, portanto, essenciais para a reprodução sexuada nesses animais.
- c) são células totipotentes que originam todos os outros tipos de células que compõem os tecidos desses animais.
- d) são células flageladas que promovem o fluxo contínuo de água, promovendo a nutrição desses animais, pela circulação da água no átrio da esponja.

Os coanócitos (células flageladas exclusivas de espongiários) promovem o fluxo contínuo de água no interior do animal, o que garante a oxigenação e a nutrição de seus tecidos. O fluxo hídrico também contribui para a remoção de excretas e para a reprodução sexuada.

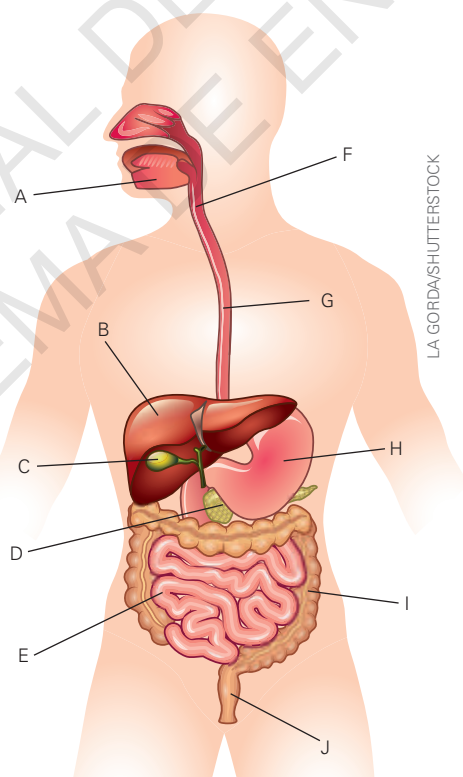
2. CPS-SP – Em uma confraternização entre amigos foi oferecido um almoço com um cardápio, no qual constavam as seguintes opções: macarrão, arroz branco, feijão, frango, salada de alface com tomate, batata frita e suco de melão.

Sobre esse almoço, é correto afirmar que

- a) os lipídios, como os óleos e as gorduras, são abundantes em todos os componentes desse cardápio.
- b) a celulose, um tipo de glicídio encontrado na salada, é importante fonte de energia para o organismo humano.
- c) o amido, um importante nutriente energético, é encontrado exclusivamente no macarrão e no arroz.
- d) as vitaminas, nutrientes reguladores, não estão presentes nessa refeição.
- e) as proteínas, nutrientes estruturais, são encontradas no frango e no feijão.

Os lipídios são abundantes na batata frita, presentes em menores quantidades e variáveis nos outros componentes. A celulose (glicídio estrutural dos vegetais) não é fonte de energia, mas auxilia na digestão. O amido é encontrado nos alimentos de origem vegetal. As vitaminas estão presentes nessa refeição. O frango e o feijão apresentam quantidades consideráveis de proteínas.

3. Fuvest-SP (adaptada) – A figura abaixo mostra órgãos do sistema digestório humano.



Identifique com a letra correspondente, nomeando

- o órgão cuja secreção contém bicarbonato de sódio, além de várias enzimas digestivas.
- o principal órgão responsável pela absorção de nutrientes.
- o órgão em que se inicia a digestão de proteínas.
- o órgão que produz substâncias que auxiliam a digestão de gorduras, mas que não produz enzimas.

a) D = pâncreas (secretor de suco gástrico pancreático).

b) E = intestino delgado.

c) H = estômago (secretor de suco gástrico).

d) B = fígado (órgão que produz e secreta a bile – suco digestório que não contém enzimas digestórias).

4. IFPE

C4-H14

A digestão é um processo catabólico em que macromoléculas sofrem hidrólises para que, uma vez reduzidas a monômeros, possam ser conduzidas às inúmeras células, fornecendo a energia necessária à manutenção da vida. Ao longo do tubo digestório, várias enzimas, com suas respectivas especificidades, atuam nos alimentos.

Em qual das alternativas abaixo estão listadas enzimas que atuam exclusivamente na digestão do amido?

- Amilase salivar, tripsina.
- Tripsina, quimotripsina.
- Amilase salivar, quimotripsina.
- Pepsina, anidrase carbônica.
- Amilase pancreática, ptialina.

As moléculas de amido são quebradas na boca pela amilase salivar (ptialina) e, no intestino delgado, pela enzima amilase pancreática, produzida pelo pâncreas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

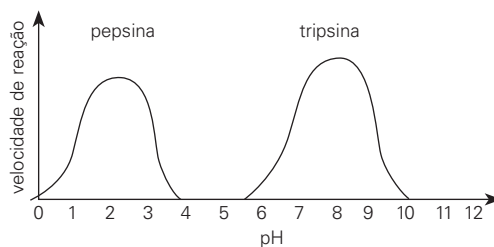
Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

5. PUC-RS – Sobre o pâncreas e sua função na digestão em humanos, é correto afirmar que ele auxilia na digestão química, pois

- absorve, depois de digeridos, os aminoácidos, os monossacarídeos e as bases nitrogenadas.
- produz solução alcalina contendo bicarbonato e várias enzimas.
- estimula os movimentos peristálticos através das enzimas que produz.
- transforma suas enzimas em sais biliares.
- degrada as moléculas de celulose.

O pâncreas exócrino produz o suco pancreático, que contém bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e diversas enzimas hidrolisantes, tais como: amilase, tripsina, lipase, nucleases etc.

6. Fuvest-SP – A atividade das enzimas é influenciada pelo pH do meio. O gráfico abaixo mostra a velocidade de reação de duas enzimas que atuam na digestão humana, pepsina e tripsina.



Para identificar se um frasco rotulado “Enzima” contém pepsina ou tripsina, foi planejado um experimento com quatro tubos de ensaio: dois tubos-teste e dois tubos-controle.

a) Complete o quadro adiante, indicando como deve ser montado cada um dos quatro tubos de ensaio do experimento. Para cada tubo, devem ser indicadas três condições:

- adição de enzima ou água esterilizada;
- tipo de substrato (proteína, amido ou gordura);
- valor de pH.

	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4
Enzima ou água	Enzima	Água	Enzima	Água
Substrato	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína
Valor de pH	2,0	2,0	8,0	8,0

b) Qual é o resultado esperado em cada tubo de ensaio, caso o frasco contenha apenas pepsina?

No tubo 1 ocorrerá digestão, porque a pepsina hidrolisa proteínas em

pH ácido (2,0). No tubo 2 não ocorre digestão pela ausência da enzima.

Nos tubos 3 e 4 também não haverá hidrólise, porque a pepsina não atua em pH alcalino (8,0).

c) Em que órgão(s) do sistema digestório humano atuam a pepsina e a tripsina?

A pepsina atua no estômago, enquanto a tripsina age no intestino delgado (duodeno).

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

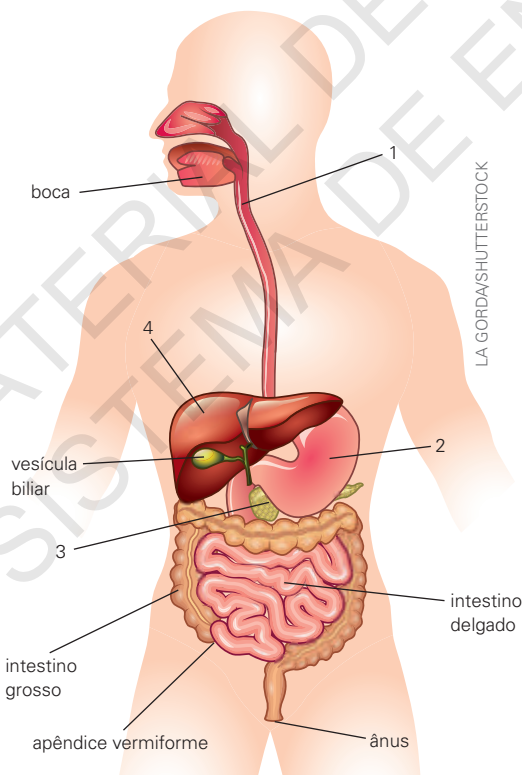
7. IFPE – O sistema digestório humano é produtor de cinco tipos de sucos digestivos: o salivar, produzido pelas glândulas salivares e responsáveis por metabolizar parte do amido; o suco gástrico, elaborado no estômago e atuante na digestão proteica; o suco pancreático, originário do pâncreas e atuante no duodeno, o qual decompõe proteínas, ácidos nucleicos e alguns carboidratos; o suco biliar, produzido no fígado, armazenado na vesícula biliar e atuante no duodeno, onde, apesar de ser desprovido de enzimas, auxilia as lipases (enzimas que degradam lipídios) de outros sucos digestivos a metabolizarem gorduras e óleos. E o suco entérico, provido de grande diversidade enzimática. Eventualmente surgem problemas associados ao trato digestório como a formação de cálculos biliares, caracterizados pela cristalização de substâncias que compõem a bile ou o suco biliar. Como tratamento pode ser usado medicamentos que dissolvem os cálculos ou cirurgia para remover a vesícula biliar.

LINHADES, S.; GEWANDSZNAJDDER, F. *Biologia Hoje: os seres vivos* - 2.ed. – São Paulo: Ática, 2013. 320p.

Baseado no texto, uma pessoa cuja vesícula biliar foi removida, devido à formação de cálculos biliares, terá restrição na dieta de lipídios. Quais, dentre os alimentos abaixo citados, poderão ser parte dessa dieta?

- Batata frita, toucinho de porco e feijoada.
- Rúcula, alface e laranja.
- Rabada, picanha e hambúrguer.
- Frituras em geral, frango com pele e bisteca suína.
- Pele de frango, bisteca de boi e coxinha de frango com catupiry.

8. CPS-SP – A figura a seguir mostra a anatomia do sistema digestório humano.



Assinale a alternativa correta sobre esse sistema.

- Os alimentos que entram pela boca são levados pela estrutura 1 devido à ação da gravidade.
- O excesso de glicose no sangue é transformado em amido e armazenado no órgão 2.
- O órgão 3 é um tipo de glândula mista, pois produz hormônios e suco com várias enzimas digestivas.
- O órgão 4 produz enzimas digestivas que atuam na digestão de carboidratos.
- O apêndice vermiforme é importante na digestão de proteínas e no combate a micro-organismos.

9. UTFPR – O sistema digestório humano é formado por um longo tubo de cerca de 9 m de comprimento e de glândulas anexas. São componentes do sistema digestório:

- Boca, estômago e narinas.
- Pulmões, pâncreas e fígado.
- Intestino grosso, intestino delgado e coração.
- Faringe, esôfago e duodeno.
- Estômago, laringe e boca.

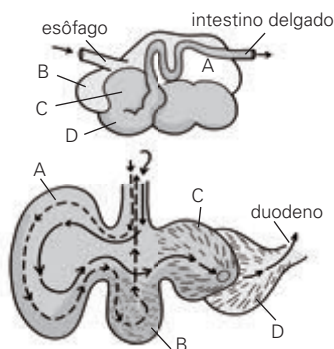
10. FMP-RS – O pâncreas é uma grande glândula situada paralelamente ao estômago e abaixo dele. As enzimas digestivas pancreáticas são secretadas pelos ácinos pancreáticos, enquanto grande quantidade de bicarbonato de sódio é secretada pelos ductos pequenos e maiores que se originam dos ácinos. Após a entrada do quimo no intestino delgado, a secreção pancreática fica abundante, principalmente em resposta ao hormônio secretina, secretado quando o quimo vindo do estômago penetra no duodeno.

- Explique de que forma a grande quantidade de íons bicarbonato presente na secreção pancreática contribui para a digestão dos nutrientes.

- Nomeie o hormônio que, assim como a secretina, chega ao pâncreas pela circulação sanguínea e provoca a secreção de enzimas digestivas pancreáticas.

- A enzima proteolítica mais abundante do suco pancreático é a tripsina, sintetizada nas células pancreáticas na forma inativa de tripsinogênio. Indique em que local do tubo digestório o tripsinogênio é ativado e explique como ocorre essa ativação enzimática.

bívoros ruminantes não produzem a celulase, enzima que hidrolisa a celulose, a digestão de seu alimento ocorre com o auxílio de microrganismos que vivem em seu sistema digestório. A figura abaixo mostra parte do aparelho digestório destes ruminantes.



A absorção dos produtos da digestão ocorre no

- a) intestino delgado. d) abomaso.
b) esôfago. e) omaso.
c) retículo.

- 17. UFG-GO** – A cirrose hepática é uma séria enfermidade que frequentemente surge do hábito de ingerir bebida alcoólica. O álcool pode alterar várias estruturas do fígado, como ductos biliares e as células produtoras de bile, além de causar acúmulo de glóbulos de gordura.

- a) Qual a importância da bile para o processo de digestão e em que parte do tubo digestório a bile é lançada?

- b) Outra função realizada pelo fígado é a produção e armazenamento de glicogênio. Espera-se que esse processo ocorra depois de uma refeição ou após um longo período de jejum? Qual a importância do armazenamento do glicogênio?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H13

As serpentes que habitam regiões de seca podem ficar em jejum por um longo período devido à escassez de alimento. Assim, a sobrevivência desses predadores está relacionada ao aproveitamento máximo dos nutrientes obtidos com a presa capturada. De acordo com essa situação, essas serpentes apresentam alterações morfológicas e fisiológicas, como o aumento das vilosidades intestinais e a intensificação da irrigação sanguínea na porção interna dessas estruturas. A função do aumento das vilosidades intestinais para essas serpentes é maximizar o(a)

- a) comprimento do trato gastrointestinal para caber mais alimento.
b) área de contato com o conteúdo intestinal para absorção dos nutrientes.
c) liberação de calor via irrigação sanguínea para controle térmico do sistema digestório.
d) secreção de enzimas digestivas para aumentar a degradação proteica no estômago.
e) processo de digestão para diminuir o tempo de permanência do alimento no intestino.

19. Enem

C4-H14

A obesidade, que nos países desenvolvidos já é tratada como epidemia, começa a preocupar especialistas no Brasil. Os últimos dados da pesquisa de Orçamentos Familiares, realizada entre 2002 e 2003 pelo IBGE, mostram que 40,6% da população brasileira estão acima do peso, ou seja, 38,8 milhões de adultos. Desse

total, 10,5 milhões são considerados obesos. Várias são as dietas e os remédios que prometem um emagrecimento rápido e sem riscos. Há alguns anos foi lançado no mercado brasileiro um remédio de ação diferente dos demais, pois inibe a ação das lipases, enzimas que gorduras ingeridas são eliminadas com as fezes. Como os lipídios são altamente energéticos, a pessoa tende a emagrecer. No entanto, esse remédio apresenta algumas contraindicações, pois a gordura não absorvida lubrifica o intestino, causando desagradáveis diarreias. Além do mais, podem ocorrer casos de baixa absorção de vitaminas lipossolúveis, como as A, D, E e K, pois

- a) essas vitaminas, por serem mais energéticas que as demais, precisam de lipídios para sua absorção.
b) a ausência dos lipídios torna a absorção dessas vitaminas desnecessária.
c) essas vitaminas reagem com o remédio, transformando-se em outras vitaminas.
d) as lipases também desdobram as vitaminas para que essas sejam absorvidas.
e) essas vitaminas se dissolvem nos lipídios e só são absorvidas junto com eles.

20. Enem

C4-H14

O metabolismo dos carboidratos é fundamental para o ser humano, pois a partir desses compostos orgânicos obtém-se grande parte da energia para as funções vitais. Por outro lado, desequilíbrios nesse processo podem provocar hiperglicemia ou diabetes.

O caminho do açúcar no organismo inicia-se com a ingestão de carboidratos que, chegando ao intestino, sofrem a ação de enzimas, “quebrando-se” em moléculas menores (glicose, por exemplo) que serão absorvidas. Insulina, hormônio produzido no pâncreas, é responsável por facilitar a entrada da glicose nas células. Se uma pessoa produz pouca insulina, ou se sua ação está diminuída, dificilmente a glicose pode entrar na célula e ser consumida.

Com base nessas informações, pode-se concluir que

a) o papel realizado pelas enzimas pode ser diretamente substituído pelo hormônio insulina.

b) a insulina produzida pelo pâncreas tem um papel enzimático sobre as moléculas de açúcar.

c) o acúmulo de glicose no sangue é provocado pelo aumento da ação da insulina, levando o indivíduo a um quadro clínico de hiperglicemia.

d) a diminuição da insulina circulante provoca um acúmulo de glicose no sangue.

e) o principal da insulina é manter o nível de glicose suficientemente alto, evitando, assim, um quadro clínico de diabetes.

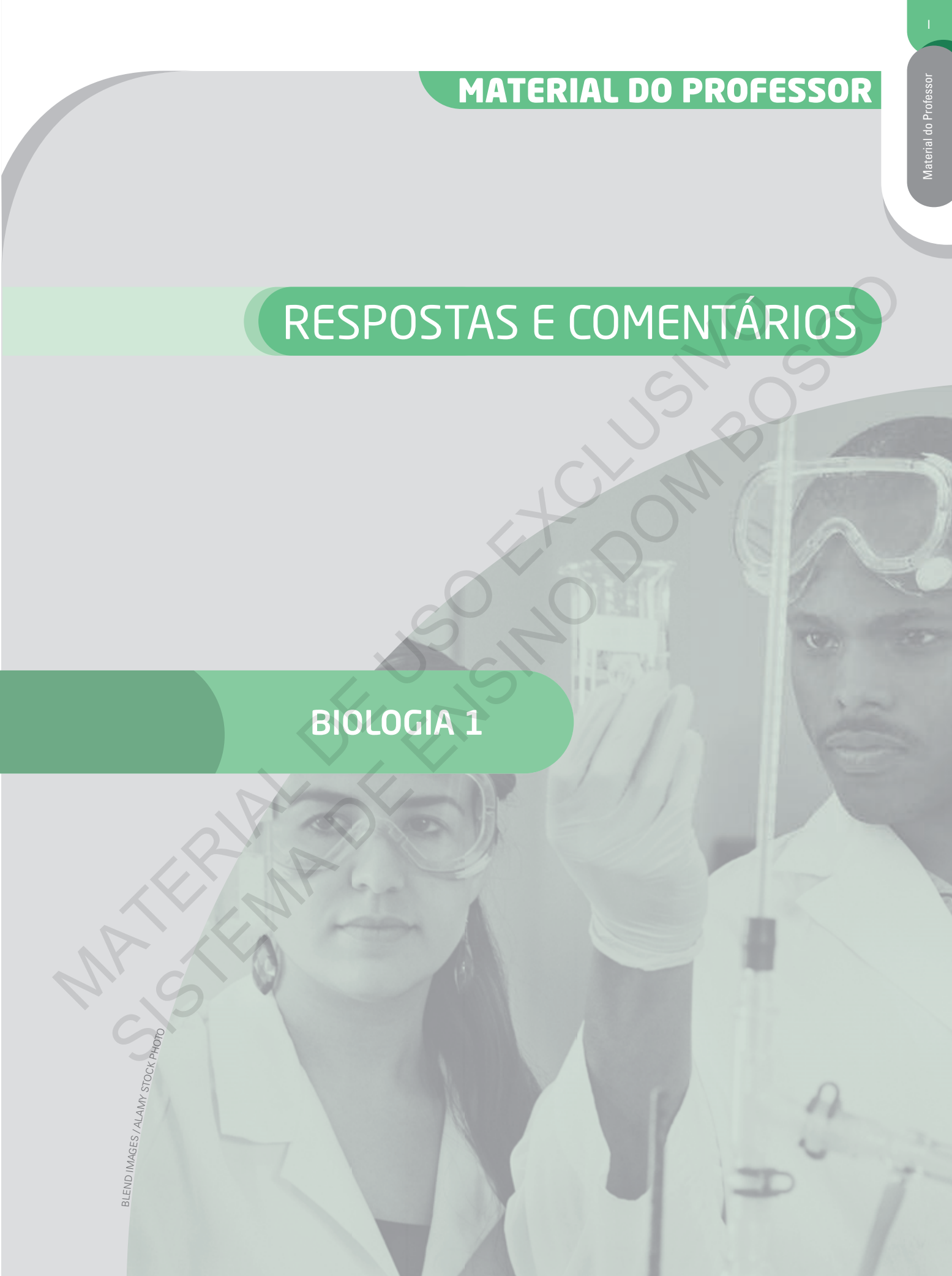
MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

BIOLOGIA 1

BLEND IMAGES / ALAMY STOCK PHOTO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



APRESENTAÇÃO

BIOLOGIA

Em uma sociedade constantemente conectada e com acesso a informações sobre temas relacionados à ciência e tecnologia, o ensino de Biologia contemporâneo encontra o desafio de desenvolver a habilidade de interpretação dessas informações e aplicar o pensamento científico na resolução dos problemas.

A formação com base científica reconhece os fenômenos naturais do cotidiano descritos e apresentados nos meios de comunicação, bem como os temas referentes ao aquecimento global, biodiversidade, poluição, clonagem, biotecnologia, alimentos geneticamente modificados, epidemias resultantes da impotência da área de saúde frente à velocidade da globalização e, em contrapartida, os avanços da medicina.

A proposta do material de Biologia para o ensino pré-vestibular é gerar reflexão sobre as interações entre o saber sistematizado e os fatos do cotidiano, o que exige estímulo à leitura crítica das interferências científicas e tecnológicas na sociedade, sempre ressaltando a busca por melhor qualidade de vida, com base na relação entre saber adquirido, valores e atitudes. A obra respeita a legislação vigente. A disposição das habilidades no início de cada unidade facilita a análise dos objetivos do conteúdo, propiciando ampla visão da abrangência dessa área científica ao aluno.

O material contém informações e análises sobre diversos temas relacionados às exigências do Enem e dos principais vestibulares do país. O emprego de linguagem clara e precisa favorece a compreensão e a aproximação do tema. A estrutura e o projeto gráfico adequados aos objetivos pedagógicos contribuí para deixar a leitura mais agradável. A articulação entre os aspectos reais e culturais se faz presente em vários sentidos. Tudo converge para facilitar o ensino e aprendizagem.

Os tópicos em sequência adequada, respeitando pré-requisitos para compreensão dos temas em estudo, iniciam com características particulares e aumentam gradativamente o enfoque, em benefício do aprendizado, enriquecido com análise de descobertas recentes, que desencadeiam o pensamento crítico direcionado ao desenvolvimento de autonomia. A adequação das atividades às competências e habilidades norteia os objetivos e o trabalho do docente em cada atividade. O embasamento teórico-prático faz frente a qualquer vestibular e ao Enem.

No final de cada segmento, as seções *Comentários sobre o módulo* e *Para ir além* indicam sugestões ao docente que deseje ir além com seus alunos.

CONTEÚDO

BIOLOGIA 1

Volume	Módulo	Conteúdo
1	1	Origem da vida na terra e características dos primeiros seres vivos
	2	Características dos seres vivos atuais - células procariótica e eucariótica
	3	Substâncias inorgânicas e orgânicas da célula: carboidratos, lipídios e vitaminas
	4	Substâncias orgânicas: proteínas, enzimas e aceleração das reações de metabolismo
	5	Substâncias orgânicas: ácidos nucleicos - RNA
	6	Transcrição e tradução
	7	Estrutura e função da membrana plasmática - transportes celulares.
	8	Complexo golgiense e digestão celular

1	9	Respiração aeróbia e anaeróbia
	10	Fotossíntese, quimiossíntese e fatores limitantes da fotossíntese
	11	Núcleo celular e cromossomos
	12	Divisão celular: mitose e meiose
	13	Reprodução assexuada, sexuada, ciclos haplobiontes, diplobionte e outros padrões reprodutivos
	14	Fundamentos da genética: genótipo, fenótipo e linhagens
	15	Mutações genéticas e mutações cromossômicas
	16	Primeira lei de Mendel, noções de probabilidade, heredogramas e gemelaridade

BIOLOGIA 2

Volume	Módulo	Conteúdo
1	1	Classificação dos seres vivos, domínios da natureza e vírus.
	2	Procariotos e a sociedade
	3	Protistas: protozoários e algas
	4	Fungos e a sociedade
	5	Briófitas: plantas avasculares – Pteridófitas: plantas vasculares
	6	Gimnospermas: plantas com sementes – Angiospermas: plantas com flores e frutos
	7	Histologia vegetal e organologia vegetal
	8	Transpiração vegetal, condução de seivas e hormônios vegetais

BIOLOGIA 3

Volume	Módulo	Conteúdo
1	1	Histologia: tecidos epitelial e conectivos
	2	Tecidos conectivos e sistema endócrino
	3	Sistemas genitais
	4	Anticoncepção e embriologia
	5	Tecido muscular: organização da fibra muscular e contração
	6	Tecido nervoso e sistema nervoso
	7	Sistemas sensorial e tegumentar humano
	8	Sistema digestório e fisiologia da digestão

1 ORIGEM DA VIDA NA TERRA E CARACTERÍSTICAS DOS PRIMEIROS SERES VIVOS

Comentários sobre o módulo

Neste módulo, foram abordadas todas as teorias a respeito da origem da vida: geração espontânea (ou abiogênese) e biogênese. Foram estudadas também as características da Terra primitiva e dos seres vivos, além dos experimentos de Helmont, Redi, Needham, Spallanzani, Pasteur, Oparin e Haldane e Miller e Urey, que colaboraram, cada qual em sua época, com hipóteses sobre a origem dos organismos e a respeito de como era a Terra primitiva. A melhor maneira de ensinar o conteúdo aos alunos é instigando-os com reportagens sobre a origem da vida e abordando o tema de modo a relacioná-lo sempre ao método científico.

Neste módulo, foram abordadas as principais características dos primeiros seres vivos existentes na Terra primitiva. Além disso, foram discutidas as principais hipóteses a respeito da forma de obtenção de energia e como foram originados os seres eucariotos. Uma boa alternativa para instigar o aluno a respeito do tema é exibir ou sugerir documentários sobre o assunto, além de reportagens que envolvam novas descobertas de fósseis.

Para ir além

No documentário *Earth: Making of a Planet*, distribuído pelo *National Geographic Channel*, é possível ver sistematizada a história do planeta Terra desde sua origem até os dias atuais. Documentário: "A história de tudo". Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=5dx7vRxMRQI&t=4s>>.

Acesso em: abr. 2018.

Neste artigo, cientistas relatam o encontro de fósseis de 4 bilhões de anos, que traz novas informações sobre a origem da vida no planeta Terra.

<http://www.bbc.com/portuguese/geral-39140741>

Acesso em: 7 abr. 2018.

A série *Cosmos: uma odisseia no espaço-tempo*, estreada pelo astrofísico Neil deGrasse Tyson, é uma nova versão do programa homônimo de 1980, originalmente apresentando por Carl Sagan. No primeiro episódio a criação do planeta Terra e a origem da vida são discutidas. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=cDIZwhtrK8M&list=PLbTpHd3WnGNdXc-kcjh-tbyKJJuAl5tM1>

Acesso em: 3 maio 2018.

Exercícios propostos

7. A

Needham era adepto da abiogênese e, segundo ele, o caldo poderia ser o princípio ativo necessário para a transformação em microrganismos. A resposta B é incorreta, porque é oposta à alternativa A. A alternativa C é incorreta, porque

Needham não sabia que havia microrganismos dentro do recipiente e esperava que eles fossem originados do caldo. A alternativa D é incorreta, porque não era esse o objetivo do experimento. Além disso, a coloração não mudou, apenas a densidade – o caldo se tornou turvo.

8. D

Se as moléculas eram decompostas pelos organismos, então quer dizer que elas serviam de alimento; logo, os organismos eram heterotróficos. Além disso, pelo fato de as moléculas serem produzidas por síntese abiótica, sem luz, a forma de obtenção de energia deveria ser a fermentação.

9. C

A fermentação era um dos indícios que suportavam a hipótese heterotrófica, enquanto a quimiossíntese é a principal evidência para a hipótese autotrófica, principalmente por existirem arqueobactérias quimiossintetizantes. Além disso, a panspermia se refere à origem dos seres vivos provenientes de outros planetas. A afirmativa III está incorreta, porque, para que houvesse seres aeróbios, primeiro deveriam ser originados os seres fotossintetizantes e, assim, aumentar a concentração de oxigênio na Terra, promovendo a criação da camada de ozônio e possibilitando posteriormente outras formas de obtenção de energia, como a respiração celular.

10. Os primeiros seres vivos teriam sido anaeróbios, pela ausência de oxigênio na atmosfera da Terra primitiva, além do fato de a fermentação ser um método mais simples de obtenção de energia, sem necessidade de oxigênio. Outra justificativa é que o oceano primitivo era rico em matéria orgânica.

11. D

O experimento de Pasteur foi realizado da seguinte forma: frascos com caldo de carne e tubo do tipo "pescoço de cisne" foram aquecidos por um tempo prolongado. Alguns frascos mantiveram o tubo, que possibilitava a entrada de ar, mas não a de microrganismos. Outros frascos tiveram o tubo retirado. A alta temperatura no procedimento inicial esterilizou o frasco inicialmente, para garantir que não houvesse microrganismos no caldo, mas sim que eles vieram do ambiente.

12. B

A afirmativa I está incorreta, porque é possível fazer diversos experimentos e simulações, além de inferências com base em processos geológicos que contribuem para o entendimento desses processos.

13. A

Alternativa B é incorreta, porque foram originados compostos orgânicos a partir de moléculas simples. Alternativa C é incorreta, porque apenas moléculas orgânicas originaram os seres vivos. Alternativa D é incorreta, porque no experimento de Miller não foram originadas macromoléculas, apenas coacervados. Alternativa E é incorreta, porque os coacervados foram originados a partir de moléculas orgânicas.

14. a) Miller e Urey supunham que era possível existir vida nas condições da Terra primitiva.

b) A produção dos coacervados, que são moléculas orgânicas, como aminoácidos e proteínas, envoltos de água. A hipótese estava correta.

15. D

As afirmativas indicam que as moscas pousam e botam ovos na carne, e não surgem espontaneamente da carne em putrefação.

16. D

Inicialmente os organismos eram fermentadores. Ao longo do tempo, foram originados seres fotossintetizantes, aumentando a concentração de oxigênio na atmosfera primitiva, possibilitando a origem de seres aeróbicos.

17. a) O aparecimento de seres fotossintetizantes.

b) O aparecimento de organismos eucariontes com mitocôndrias, capazes de realizarem a respiração celular.

Estudo para o Enem

18. E

As proteínas foram as primeiras moléculas a serem originadas na Terra primitiva, de acordo com a hipótese de Oparin e Haldane, comprovada pelo experimento de Miller e Urey. Todas as características citadas

nas demais alternativas foram originadas muito tempo depois e não são comuns a todos os seres vivos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. C

A maioria das evidências indicam que os primeiros organismos eram heterótrofos.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. A

Origem biogênica é correspondente à hipótese da biogênese, isto é, hipótese que tem por base a ideia de que os organismos são originados de outros organismos preexistentes.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO ENSINO

2 CARACTERÍSTICAS DOS SERES VIVOS ATUAIS - CÉLULAS PROCARIÓTICA E EUCARIÓTICA

Comentários sobre o módulo

Após compreender, no último módulo, como surgiram os primeiros seres vivos, aqui se discute a organização celular e as características dos seres vivos atuais.

Nesse momento, espera-se que o aluno tenha uma visão geral dos componentes celulares, que serão aprofundados posteriormente. As principais características comuns a todos os seres vivos foram apresentadas, assim como algumas adaptações e formas de vida.

Foi estudada também a reprodução, uma das principais características dos seres vivos. Os diferentes ciclos reprodutivos serão um dos temas do próximo bimestre desta frente.

É interessante aplicar exemplos comparativos para os alunos a fim de que compreendam melhor o conteúdo.

Estudamos a Citologia. As células procarióticas e eucarióticas foram apresentadas, comparando-se sua estrutura morfofisiológica.

Em virtude da maior complexidade apresentada, a célula eucariótica é analisada detalhadamente, investigando as organelas que a compõem. Neste tópico, este tipo celular é dividido nos dois principais tipos encontrados: a célula animal e a célula vegetal.

Por serem os tipos genéricos mais cobrados nos principais exames de vestibular, optou-se por limitar a abordagem didática a eles. No entanto, é recomendado que também se comente sobre as células de protozoários, fungos e algas. Estes tipos celulares, bem como as características destes seres vivos, serão detalhados na **Frente 2**.

Para ir além

Neste texto é discutido o motivo de os seres humanos não hibernarem. Esta matéria pode ser usada para discutir as adaptações que os mamíferos tiveram em relação aos ambientes. Disponível em:

http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/02/160211_vert_earth_hiberna_humano_fd
Acesso em: jun. 2018.

Apesar da classificação tradicional que exclui os mamíferos dos animais ectotérmicos, cientistas descobriram uma espécie de esquilo que consegue reduzir sua temperatura para abaixo de zero grau. Até o momento, animais com esta característica não se encaixavam totalmente na ectodermia ou na endotermia, sendo denominados heterotérmicos. Leia o artigo completo em:

<http://www.bbc.com/portuguese/vert-earth-36778045>
Acesso em: jun. 2018.

Confira o vídeo feito pela Khan Academy sobre as organelas celulares em uma perspectiva integradora.

Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=Lj5EA1wgKNY>
Acesso em: jun. 2018.

A Unicamp disponibiliza gratuitamente um *software* em que é possível acessar um laminário *on-line*. Utilize-o para elaborar aulas práticas ou mostrar fotomicrografias de diferentes tipos celulares. Disponível em:

<https://www2.ib.unicamp.br/lte/embriao2/visualizarMaterial.php?idMaterial=805>
Acesso em: jun. 2018.

Exercícios propostos

7. C

A relação entre o formato do bico e o alimento se deve à disponibilidade de recursos no ambiente, uma vez que a seleção natural favoreceu aqueles animais melhor adaptados ao ambiente em questão, possibilitando-lhes maiores chances de sobrevivência e reprodução, passando suas características para as próximas gerações. A alternativa D está incorreta, porque o animal já tinha condições de se alimentar de determinados alimentos, não necessariamente novos. A seleção apenas favoreceu mais os indivíduos que se alimentavam de determinado recurso.

8. B

A alternativa A está incorreta, porque o metabolismo varia em função da temperatura do ambiente. A alternativa C está incorreta, pois o esqueleto de quitina dos artrópodes tem como função a sustentação. A alternativa D está incorreta, porque ambos os processos ocorrem em função da variação da temperatura ambiental.

9. A

O complexo golgiense é responsável pela produção do acrossomo.

10. O animal A é homeotérmico porque mantém sua temperatura corporal em relação à temperatura ambiental. O animal B é heterotérmico ou pecilotérmico, porque aumenta sua temperatura corporal à medida que a temperatura do ambiente aumenta. Exemplos de animais homeotérmicos e pecilotérmicos são, respectivamente, mamíferos e répteis.

11. D

A estrutura locomotora favorece a adaptação aos ambientes nos quais esses organismos vivem.

12. E

Os lisossomos das células de defesa tem a função de digerir agentes patogênicos, desempenhando assim uma função de proteção.

13. D

O tecido adiposo e presença de penas auxiliam no isolamento térmico.

O tamanho dos animais influencia na adaptação de diversos tipos de ambientes. Animais pequenos apresentam a alta relação superfície/volume, o que acarreta em maior perda de calor para o ambiente frio.

14. As alternativas D e E estão corretas.

Os ribossomos sintetizam proteínas tanto livres no citoplasma como agregados ao ergastoplasma.

A mitocôndria realiza a respiração celular, e o complexo de golgi o empacotamento e secreção de substâncias.

15. $01 + 04 + 08 = 13$.

A alternativa 02 está incorreta, porque células vegetais não têm plasmídeos. A alternativa 16 está incorreta, pois não é possível que células procaríóticas contenham plasmídeo, mitocôndrias ou cloroplastos.

16. As células de fungos apresentam parede celular, característica não observada nas células animais. As células vegetais apresentam cloroplastos, as células fúngicas não.

17. Os seres vivos têm em comum: organização celular, presença de material genético, processo de evolução e capacidade de reprodução.

Estudo para o Enem

18. B

Em algum momento ao longo da evolução, o ancestral comum de todas as aves tinha um tipo específico de bico. Entretanto, à medida que as populações foram se subdividindo e aprenderam a se alimentar de outras maneiras, os genes referentes à forma dos bicos sofreram mutações que pos-

sibilitaram a esses animais se adaptar melhor ao ambiente em que viviam, deixando descendentes com essas características vantajosas para o meio.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes.

19. A

A organela responsável por secreção nas células é o complexo golgiense, e na linhagem I (alternativa A), há maior quantidade dessa organela do que nas outras linhagens.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. C

Pode-se dizer que *cozinha metabólica* se refere à respiração celular. Além disso, no texto é apontada a origem microbiana, o que evidencia ser a mitocôndria, de acordo com a teoria da endossimbiose.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

3 SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS E ORGÂNICAS DA CÉLULA: CARBOIDRATOS, LIPÍDIOS E VITAMINAS.

Comentários sobre o módulo

Os principais assuntos abordados neste capítulo são as substâncias químicas inorgânicas, que constituem as células e os seres vivos. Uma boa opção de abordagem inicial é explorar rótulos de alimentos que contenham tais substâncias, discutindo sua importância, além das consequências do excesso ou da falta desses elementos no organismo. Além disso, é interessante levar novas reportagens ou textos que abordem o tema e sejam instigantes para os alunos.

É dado um destaque às substâncias químicas que constituem as células e os seres vivos. Uma boa maneira de iniciar o assunto é pedindo aos alunos que tragam rótulos de alimentos para a sala de aula e, em grupos, discutam um pouco sobre as substâncias contidas nos rótulos com base nos conhecimentos prévios (o que são, para que elas servem, consequências do excesso ou da falta de determinada substância). Então, pode-se iniciar o conteúdo e, posteriormente, é interessante levar temas do cotidiano relacionados à matéria para serem discutidos entre os alunos, como o uso de anabolizantes, dieta *low carb*, diabetes, hipertensão, intolerância à lactose, galactosemia, obesidade etc. No tópico sobre lipídios, o assunto hormônio não foi tratado, pois este será profundamente detalhado no módulo sobre sistema endócrino. Neste mesmo tópico as vitaminas lipossolúveis são apresentadas junto às proteínas hidrossolúveis. Apesar de estas últimas não fazerem parte da classe dos lipídios, optou-se por mantê-las a fim de traçar um comparativo entre esses dois tipos de proteínas, opção tradicional entre os exames de vestibular.

Para ir além

Nesta matéria, uma nutricionista discute a importância da hidratação do organismo e como a água de coco pode ser uma aliada na reposição de água e sais minerais. Disponível em:

<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2016/01/aguade-coco-e-fonte-de-sais-minerais-e-alternativa-parahidratacao.html>

Acesso em: maio 2018.

Neste vídeo são discutidos os oito principais sais minerais mais cobrados em exames de vestibular. Disponível:

https://www.youtube.com/watch?v=gkD6nL_bT8U

Acesso em: maio 2018.

Neste estudo da Unicamp, pesquisadores traçam o ciclo da obesidade e desbancam a dieta *low carb*. Com base nele pode-se propor uma discussão sobre esses tipos de dietas restritivas. Disponível em:

<https://www.metropoles.com/brasil/saude-br/estudo-da-unicamp-traca-ciclo-da-obesidade-e-desbanca-dieta-low-carb>

Acesso em: maio 2018.

A matéria “Jovens brasileiros estão usando anabolizantes ilegalmente” mostra o quanto os anabolizantes continuam fazendo parte do cotidiano de muitos jovens. Também pode ser utilizada para provocar uma discussão sobre o tema. Disponível em:

<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2016/10/jovens-brasileiros-estao-usando-ilegalmente-anabolizantes.html>

Acesso em: maio 2018.

Exercícios propostos

7. D

A vitamina K é importante na coagulação sanguínea, portanto ela está em falta em virtude da hemorragia existente. A alternativa A está incorreta, porque a vitamina B12 atua no metabolismo dos ácidos nucleicos e na divisão celular. A alternativa B está incorreta, porque a vitamina B1 atua no metabolismo de carboidratos e de lipídios e na respiração celular. A alternativa C está incorreta, porque a vitamina E atua como antioxidante, prevenindo lesões na membrana celular.

8. B

Sem água não há metabolismo. A alternativa A está incorreta, porque a água é polar, com elétrons mais deslocados em direção ao oxigênio. Além disso, as reações de hidrólise só ocorrem quando essa substância age como substrato. A alternativa C está incorreta, porque a água só dissolverá moléculas hidrofílicas ou hidrossolúveis. A alternativa D está incorreta, porque a água tem alto calor específico. Se fosse baixo, ela ferveria ou esfriaria muito rapidamente.

9. D

A afirmativa II está incorreta, porque os triglicéridos não liberam pouca quantidade em relação aos carboidratos.

10. D

O erro se encontra nos exemplos de oligossacarídeos: sacarose, maltose e lactose. A galactose é um monossacarídeo que pode formar lactose ao se unir com uma molécula de glicose.

11. C

A galinha está aquecendo o embrião. Ao sair por um tempo, o ovo se mantém aquecido porque a água tem alto calor específico, ou seja, demora a perder o calor recebido da galinha para o meio.

12. E

Á água, o cloreto de sódio e o cloreto de magnésio estão entre os elementos mais abundantes presentes nos oceanos.

13. B

A água tem alto calor específico, o que faz com que ela consiga absorver ou ceder muita quantidade de calor sem alterar seu estado físico. Como consequência, a água é considerada termorreguladora, por conseguir manter a temperatura corporal dos seres vivos compatíveis às condições ambientais.

14. A secreção de insulina pelo pâncreas ocorre em resposta ao aumento da glicemia. Como a dieta não contém carboidratos, não ocorre elevação da glicemia, portanto, não há acúmulo de reservas lipídicas no tecido adiposo.

15. A

A alternativa B está incorreta, porque o bócio é o aumento anormal da glândula tireoide. A alternativa C está incorreta, porque os hormônios produzidos pela glândula tireoide são a tiroxina (T4) e a tri-iodotironina (T3). A alternativa D está incorreta, porque o iodo pode ser encontrado em alimentos de origem marinha.

16. $01 + 08 = 09$

A afirmativa 02 está incorreta, porque não conseguimos suprir todas as vitaminas por meio do consumo de comprimidos concentrados, afinal, elas se encontram em diversos alimentos. Além disso, há várias desvantagens como o alto custo e a falta de determinadas substâncias. A alternativa 04 está incorreta, porque as pessoas engordam ao se alimentar excessivamente de todas as substâncias, não somente dos lipídios. Além do mais, é possível gerar lipídios a partir de carboidratos e proteínas.

17. A insulina é responsável por estocar glicogênio nos músculos, no fígado e no tecido adiposo. Se não há produção de insulina suficiente, o glicogênio ficará solto na corrente sanguínea, o que pode promover aterosclerose, cegueira, pressão alta e até a morte.

Estudo para o Enem

18. D

Carboidratos e lipídios são as principais moléculas utilizadas para a obtenção de energia no metabolismo de vários animais.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. E

O cloro é o constituinte básico do suco gástrico. A alternativa A está incorreta, porque o magnésio atua na contração muscular e na constituição da clorofila. A alternativa B está incorreta, porque o potássio atua na contração muscular, pressão sanguínea, transmissão de impulsos nervos e participa do equilíbrio hídrico. A alternativa C está incorreta, porque o sódio atua no equilíbrio hídrico e no relaxamento muscular. A alternativa D está incorreta, porque o ferro participa da constituição da hemoglobina.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

20. B

Animais não conseguem armazenar grande quantidade de carboidratos – apenas células do fígado e dos músculos estocam quantidade moderada de glicogênio. A principal reserva energética dos animais está na forma de gordura, armazenada sob a pele. As plantas também estocam lipídios, na forma de óleos, em frutos e sementes. No entanto, a maior parte de sua reserva energética está na forma de amido, guardado em tecidos existentes no caule e nas raízes.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

4 SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS: PROTEÍNAS, ENZIMAS E ACELERAÇÃO DAS REAÇÕES DE METABOLISMO

Comentários sobre o módulo

As proteínas são o tema deste módulo, que apresenta a ideia central de que estas são constituídas por uma sequência de aminoácidos, os quais formam uma cadeia polipeptídica. Conforme os dobramentos dessas cadeias, as estruturas espaciais são formadas, resultando nas funções desempenhadas pelas proteínas.

Nesse momento é importante introduzir e retomar termos e conceitos relacionados à bioquímica, como os grupamentos químicos e as diferentes denominações que podem receber (como monômero/monopeptídeo; polímero/ polipeptídeo).

A fim de apresentar conceitos atualizados, foi adotada a atual classificação dos aminoácidos em três classes proposta por Nelson & Cox em *Princípios de Bioquímica de Lehninger* (2014). O boxe “Leitura complementar” trata da anemia falciforme, doença hereditária relacionada à estrutura errônea da hemoglobina.

Por fim, os agentes químicos e físicos do ambiente são tratados, demonstrando que também são fatores essenciais para a conformação espacial das proteínas e a realização de suas devidas funções, que podem ser perdidas durante a desnaturação.

Apesar de estar dentro do grande tópico das proteínas, optou-se por dedicar todo este módulo ao estudo das enzimas proteicas, sua importância como macromolécula catalisadora e os fatores que podem interferir em sua atividade. A fim de tornar mais clara a relação entre as enzimas e as proteínas, a abordagem restringiu-se às enzimas proteicas, enquanto as riboenzimas serão discutidas nos próximos módulos.

Para finalizar o módulo, apresentamos o príon, uma proteína modificada causadora de graves doenças neurodegenerativas, inclusive em humanos.

Para ir além

O artigo “Estrutura, metabolismo e funções fisiológicas da lipoproteína de alta densidade” traz uma discussão sobre a relação das lipoproteínas de alta densidade (também conhecidas como colesterol HDL) e as doenças cardiovasculares. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/%0D/jbpm/v42n3/a05v42n3.pdf>

Acesso em: jun. 2018.

Um estudo de pesquisadores brasileiros tem ajudado a compreender o papel de proteínas envolvidas no câncer. Leia a matéria sobre esse estudo em:

http://agencia.fapesp.br/estudo_ajuda_a_compreender_papel_de_proteinas_envolvidas_no_cancer_/26920/

Acesso em: jun. 2018.

Confira o artigo sobre a descoberta de uma enzima-chave para a obtenção do combustível etanol. Disponível em:

http://agencia.fapesp.br/descoberta_na_amazonia_enzimachave_para_obtencao_do_etanol_de_segunda_geracao/27778/

Acesso em: jun. 2018.

Assista à animação sobre conceitos de enzimas como os biocatalizadores. São apresentadas também aplicações práticas do uso das enzimas na fabricação de detergentes e na produção de queijos. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=tM8Fte3JBy8>

Acesso em: jun. 2018.

Exercícios propostos

7. C

A enzima celulase é importante para a digestão celular em moléculas de glicose. Ela é produzida por microrganismos (bactérias e protozoários) que vivem em associação de mutualismo com animais herbívoros.

8. C

As alternativas A, B, D e E estão incorretas porque os aminoácidos são componentes principais na constituição das proteínas, não de DNA, RNA, carboidratos ou triglicerídeos.

9. B

Ao entrar em contato com o cabelo, a chapinha, por ter alta temperatura, promove desnaturação da queratina ao quebrar as ligações dissulfeto, fazendo-a voltar a ter estrutura primária.

10. Não, pois as proteínas podem se diferir entre si nos tipos e na sequência dos aminoácidos que as compõem.

11. A

A alternativa III está incorreta, porque as enzimas não perdem aminoácidos durante a catalisação de uma reação química, mantendo-se inalteradas.

12. A

A questão aborda a influência da concentração do substrato sob a atividade enzimática. Após certo valor da concentração do substrato, a velocidade da reação fica constante. Isso significa que todas as enzimas encontram-se ligadas às moléculas de substrato, ou seja, ocorreu uma saturação enzimática.

13. D

O amido é digerido na boca, ou seja, em ambiente com o pH próximo a 7 e temperatura em torno de 40 °C. Já as proteínas são digeridas no estô-

magos, em que o pH é perto de 2, com temperatura de aproximadamente 40 °C.

14. As enzimas catalisam as reações químicas ao reduzir a energia de ativação necessária para que a reação aconteça, promovendo o aumento da velocidade da reação química.

15. D

As proteínas, quando hidrolisadas (quebradas), dão origem aos aminoácidos. Há 20 tipos diferentes de aminoácidos na natureza.

16. D

Todas as proteínas são formadas em um processo conhecido por tradução, em que os aminoácidos são unidos de acordo com a sequência determinada pelo RNAm. Esse RNA, por sua vez, é produto de um processo de transcrição, em que ele é formado com base em um molde de DNA.

17. A

À medida que a concentração do substrato aumenta, a velocidade da reação também aumenta. Se a concentração da enzima for constante, a velocidade da reação se reduzirá gradualmente, porque haverá saturação da enzima. Se a concentração da enzima for pequena, a velocidade da reação aumentará conforme sua concentração.

Estudo para o Enem

18. B

Trata-se de uma doença genética, que resulta na ausência de uma importante proteína que se liga ao molibdênio.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente

19. E

A alta concentração de CO₂ vai prejudicar a absorção de nitrato pelas plantas. O nitrogênio derivado no nitrato ajuda na constituição de proteínas, uma vez que sua fórmula é composta pelo grupo amina. Portanto, haverá redução de proteínas.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

20. D

A estrutura quaternária de proteínas é resultante da união de 2 ou mais cadeias polipeptídicas.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

5 SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS: ÁCIDOS NUCLEICOS – RNA

Comentários sobre o módulo

A natureza química e a estrutura dos ácidos nucleicos são apresentadas neste módulo. O texto de introdução traz uma abordagem histórica sobre o importante experimento de Frederick Griffith sobre os ácidos nucleicos, em especial o DNA, que, junto com sua duplicação, é melhor estudado ao final do módulo. Nos próximos módulos, o tema continuará sendo explorado, discutindo-se a molécula de RNA, suas classes e o processo de transcrição para, enfim, conhecer o processo de tradução.

Este módulo aprofunda os estudos sobre a molécula de RNA, sua conformação e suas características. Ao apresentar os conhecimentos sobre essa molécula, os alunos investigam as diferentes classes de RNA, bem como suas funções e localizações nas células, com destaque para a eucariótica. A molécula de DNA é retomada a fim de comparar as duas moléculas e suas características.

Para ir além

Para aula prática, monte um modelo de DNA com os alunos utilizando materiais recicláveis ou massinha de modelar. Confira a sugestão de como preparar essa aula. Disponível em:

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2013/anais/arquivos/RE_0757_0870_01.pdf

Acesso em: jun. 2018.

O texto apresentado nesse *link* comenta a engenharia genética, uma área relativamente nova e que trouxe grandes avanços para a Biologia e para a Medicina, bem como os aspectos bioéticos envolvidos. Disponível em:

<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/teo/article/viewFile/1694/1227>

Acesso em: jun. 2018.

Exercícios propostos

7. C

Existem dois tipos de pentose: a ribose (presente no RNA) e a desoxirribose (presente no DNA).

8. C

A alternativa A está incorreta porque não especifica qual tipo de pentose o DNA possui. A alternativa B está invertida, pois quem tem uracila é o RNA e quem tem timina é o DNA. A alternativa D está incorreta porque a uracila é encontrada apenas no RNA.

9. E

As bases pirimídicas características do RNA são a citosina e a uracila.

10. Os RNAs podem ser classificados em RNA mensageiro (mRNA), RNA transportador (tRNA) e RNA ribossômico (rRNA). As respectivas funções são participar como molde durante a síntese de proteínas, transportar aminoácidos e fazer parte da estrutura do ribossomo.

11. C

Pois apenas o DNA apresenta fita dupla e a base nitrogenada timina.

12. C

A replicação é semiconservativa, pois as duas fitas do DNA parental servem de molde para a formação de novas fitas, resultando em duas novas moléculas-filhas, ambas com uma fita nova e uma original.

13. Para que ocorra a replicação do DNA, inicialmente ocorre a separação das fitas em razão do rompimento das pontes de hidrogênio. Nucleotídeos livres iniciam então o emparelhamento e finalmente ocorre a união entre eles.

14. B

Erros nos processos de replicação, transcrição e tradução do DNA provocam alterações no metabolismo e na produção de proteínas. No entanto, os erros herdáveis são aqueles produzidos por uma falha da replicação (duplicação) da molécula de DNA.

15. D

Os códons do RNAm definem a sequência de aminoácidos na proteína.

16. A

A alternativa B está incorreta porque o DNA possui desoxirribose enquanto o RNA possui ribose. A alternativa C está incorreta porque ambas as fitas possuem nucleotídeos com presença de grupo fosfato. A alternativa D está incorreta porque não há relação descrita a respeito da quantidade de citosina e guanina entre as moléculas.

17. A helicase é uma enzima que rompe as ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas presentes no DNA, e o DNA polimerase produz um novo filamento complementar à molécula parental, com base na fita molde parental.

Estudo para o Enem

18. C

O número total de A + T é $20 + 25 = 45$. O número total de C + G é $30 + 25 = 55$ na fita simples.

Considerando a fita dupla, o total de A é igual a T, assim como C é igual a G. Ou seja, haverá 45 timinas, 45 adeninas, 55 guaninas e 55 citosinas.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

19. C

Os ribossomos possuem RNA ribossomal em sua constituição.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com

seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. A

O DNA é utilizado como molde na produção do RNA e esse processo denomina-se transcrição. Tradução é o nome do processo que sintetiza proteínas. Transdução é o nome do processo de transferência de DNA entre bactérias. Replicação é o nome do processo de duplicação do DNA, no qual uma molécula de DNA é utilizada como molde para produzir duas cópias perfeitas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOMESTICO

6 TRANSCRIÇÃO E TRADUÇÃO

Comentários sobre o módulo

Neste módulo foi abordado como são formadas as moléculas de RNA, suas etapas e a importância desse processo. Durante a introdução do tema, aproveite para retomar alguns conceitos com os alunos, a exemplo da função dos ribossomos, que é a síntese de proteínas e de enzimas. Comente que o processo realizado para que o código genético expresse uma proteína consiste na transcrição do DNA e na tradução do RNA transcrito.

Explique também que cada célula produz proteínas diferentes, em momentos diferentes e em resposta a estímulos diferentes. Apenas mencione sucintamente esses processos e conceitos que serão trabalhados adiante. Revise os conceitos básicos dos ácidos nucleicos e do capítulo anterior, retomando que o DNA herdado é responsável por todas as características, já que é essa molécula que determina a síntese de proteínas e de moléculas de RNA. Dessa forma, as proteínas são o vínculo entre o genótipo e o fenótipo.

Neste módulo foi abordada a tradução ou síntese de proteínas. Por ser frequentemente considerada um tópico difícil pelos alunos, é importante iniciar o conteúdo contextualizando esse processo.

O texto da introdução busca relacionar o conteúdo à realidade por meio de um exemplo prático, como a descrição da nova espécie de anta, no qual podemos tratar de características fenotípicas e fazer o aluno pensar como foi originado esse fenótipo.

Uma boa estratégia de abordagem é relacionar o conteúdo às características observadas em humanos, como a cor dos olhos e do cabelo, a capacidade de dobrar a língua, a presença ou ausência do bico de viúva na cabeça, lóbulo da orelha solto ou preso. Assim, eles se sentirão instigados, inclusive, a pesquisar quantos da turma têm esses fenótipos.

Com base na discussão, é fundamental comentar que as características (fenótipos) são derivadas de proteínas produzidas (traduzidas) a partir de moléculas de RNA (transcrição), o qual é formado com base no DNA.

Para ir além

No texto "Pesquisa básica em genética ajuda a entender doenças hereditárias", é discutido como os ribossomos são formados e as consequências para as proteínas caso haja algum erro. Pode ser usado para suscitar uma discussão sobre como é o processo realizado pela célula para que ocorra a transcrição. Disponível em:

<http://www5.usp.br/32275/estudo-de-estrutura-celular-ajuda-a-entender-papel-dos-genes/>

Acesso em: jun. 2018.

Este trecho do documentário da BBC ilustra de maneira dinâmica a síntese de proteínas. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=0dXA4PgZOac>

Acesso em: jul. 2018.

Retome a origem da reprodução na Terra lendo esta matéria do *site Superinteressante*, que compara a síntese de proteínas entre o DNA e o RNA. Disponível em:

<https://super.abril.com.br/ciencia/origem-da-vida-se-no-inicio-tudo-era-rna-como-ele-se-reproduzia/>

Acesso em: jul. 2018.

A matéria da revista *Galileu* investiga um novo tipo de RNA, o de transferência, que pode ter papel central na transmissão genética de características metabólicas irregulares que resultam em obesidade. Disponível em:

<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Saude/noticia/2016/01/filhos-podem-herdar-metabolismo-de-pais-acima-do-peso.html>

Acesso em: jun. 2018.

Exercícios propostos

7. C

Considerando que o primeiro códon já será traduzido, a sequência completa apresenta 11 trincas (códon), que codificarão 11 aminoácidos.

8. A

No DNA não há uracila, que é uma base exclusiva do RNA.

9. E

O RNA mensageiro que será utilizado para a tradução da informação em proteína.

10. A região codificante é denominada éxon e a região não codificante é denominada íntron. A região codificante será utilizada na formação do mRNA e este será importante na formação de proteínas, por ser o molde lido pelo ribossomo. Os íntrons serão removidos, mas provavelmente participam da expressão gênica.

11. B

Os medicamentos possuem ação antirretroviral. Os retrovírus possuem como característica principal a presença da enzima transcriptase reversa, que produz o DNA a partir de uma fita de RNA. Portanto, para que haja ação bloqueadora desse ser, a forma mais eficaz de tratar a Aids é bloqueando esse processo.

12. D

O códon AUG é um códon de início da tradução, ou seja, que sinaliza onde deve ser iniciada a leitura do RNA mensageiro.

13. Semelhanças: ambos os processos ocorrem no sentido 5' para 3', além de serem realizados no citoplasma das células procarióticas. Diferenças: a transcrição produz RNA utilizando o DNA como molde e ocorre no núcleo das células eucarióticas.

A enzima principal é a RNA polimerase. A tradução produz proteínas utilizando o mRNA como molde e ocorre no citoplasma e no retículo endoplasmático das células eucarióticas. A principal estrutura no processo é o ribossomo.

14. O processo de tradução tem como finalidade produzir proteínas. Para isso, são necessários o mRNA, o ribossomo e tRNAs. O mRNA é utilizado como molde para a produção da proteína. O ribossomo executa a leitura do mRNA em trincas (códon), e o tRNA transporta os aminoácidos correspondentes aos códon para a formação da cadeia polipeptídica.

15. B

A alternativa A está incorreta, porque um gene não é um segmento de RNA e não atua na produção de DNA. A alternativa C está incorreta, pois a trinca presente no tRNA é denominada anticódon. A alternativa D está incorreta, porque procariontes não têm núcleo, de modo que tudo acontece no citoplasma da célula. A alternativa E está incorreta, pois a trinca ACG produz o códon UGC, por se tratar de transcrição, isto é, síntese de RNA mensageiro.

16. C

O códon de parada não tem aminoácido correspondente, apenas sinaliza que a tradução finalizou, bloqueando o sítio A do ribossomo.

17. B

O RNA transportador carrega aminoácidos para a síntese de proteínas no ribossomo.

Estudo para o Enem

18. B

Os íntrons são regiões não codificantes presentes no RNA. A alternativa A se refere às regiões codificantes, a alternativa C se refere à molécula como um todo, a alternativa D se refere ao DNA, que também possui regiões não codificantes, mas não está sendo citado no texto, e a alternativa E se refere à molécula fundamental na síntese proteica.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

19. D

A alternativa A está incorreta, porque as mutações são ao acaso, aleatórias. A alternativa B está incorreta, pois o DNA mitocondrial é o mesmo em todas as células. A alternativa C está incorreta, porque os genes também são os mesmos em todas as células. A alternativa E está incorreta, pois o número de cromossomos é o mesmo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

20. E

A síntese proteica é um exemplo de por que todos os organismos existentes produzem proteína. Além disso, vale lembrar que o código utilizado para passagem da informação é universal.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

7 ESTRUTURA E FUNÇÃO DA MEMBRANA PLASMÁTICA – TRANSPORTES CELULARES

Comentários sobre o módulo

Neste módulo foram abordadas as estruturas constituintes da membrana plasmática, bem como suas funções e especializações.

Destaque aspectos da membrana plasmática, como organização molecular, estrutura e fisiologia. Aborde características que dão à célula a capacidade de controlar a entrada e a saída de substâncias, a fim de manter o equilíbrio do metabolismo e da fisiologia celular.

Para explicar as interdigitações entre as células, faça analogia com as mãos, em que os dedos são as interdigitações, que, ao se entrelaçarem, promovem certa adesão entre elas.

Neste módulo foram abordados os principais tipos de transporte de membrana, seja de forma passiva ou ativa, além dos principais exemplos relacionados a cada conceito. Trabalhe conceitos relacionados aos tipos de transporte passivo, demonstrando esquemas ilustrativos que representam experimentos sobre osmose e difusão. Relacione o conceito de transporte ativo com processos biológicos, como a formação do impulso nervoso, que ocorre por meio da bomba de sódio e potássio.

Para ir além

Para uma explicação dinâmica da estrutura, da composição química e do funcionamento da membrana plasmática, acesse o *link*:

<http://www.johnkyrk.com/cellmembrane.pt.html>

Acesso em: jul. 2018.

No vídeo "Peixe bebe água?" é apresentado o conceito de osmose e osmorregulação na ingestão de água pelos peixes. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=q7-4C2M7gos>

Acesso em: jul. 2018.

Confira a animação sobre o funcionamento da bomba de sódio e potássio. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=_QpYTAzi_cs

Acesso em: jul. 2018.

Exercícios propostos

7. D

Os plasmodesmos são os canais da membrana plasmática que atravessam a parede celular, possibilitando a conexão entre os citoplasmas de células vizinhas. Dessa forma, é possível o transporte de água e de fotoassimilados entre as células vegetais adjacentes.

8. C

O consumo excessivo de sódio irá proporcionar um meio extracelular mais concentrado, o que,

por sua vez, irá levar à perda de água das células para o meio externo. Dessa forma, há o aumento do volume de água no meio externo, já que há maior retenção do líquido. Assim, ocorre o aumento do volume de sangue circulando, como forma de compensar a falta de água nas células, levando água até os tecidos.

9. C

A difusão facilitada é um tipo de transporte passivo; nesse tipo de difusão, as substâncias migram de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado, isto é, a favor de um gradiente de concentração; as proteínas responsáveis por esse carregamento de moléculas estão dispersas na membrana plasmática.

10. D

Na bicamada os fosfolípidios têm sua porção hidrofóbica voltada para o interior dessa bicamada e sua porção hidrofílica voltada para o exterior.

11. C

Os plasmodesmos possibilitam a comunicação entre células vizinhas, atravessando a parede celular das células vegetais. Os desmossomos são porções espessas da membrana plasmática, que permitem a fixação de células adjacentes e de onde saem os filamentos intermediários, tais como filamentos de queratina. Cílios e flagelos são originados pelos centríolos e possibilitam a mobilidade das células. As microvilosidades são extensões semelhantes a dedos na membrana plasmática, cuja função é aumentar a área de contato para a absorção de substâncias. As interdigitações são dobras da membrana plasmática que possibilitam a adesão e o encaixe entre células adjacentes.

12. C

1) Englobamento de uma bactéria – fagocitose (ingestão de partículas); 2) Entrada de O_2 nas hemácias do sangue – difusão (movimentação de partículas de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado); 3) Absorção de água pelas raízes das plantas – osmose (difusão de moléculas de água do meio hipotônico para o meio hipertônico).

13. D

O salgamento da carne torna o meio extracelular, levando os microorganismos a morte por desidratação através da osmose.

14. Caso houvesse o consumo de água do mar, ocorreria uma grande desidratação das células, visto que um meio extracelular hipertônico provocaria, por osmose, a saída em excesso de água. Isso afetaria o metabolismo normal do organismo.

15. A

Como a água da irrigação está com alta concentração de sais, torna-se uma solução hipertônica. Assim, as células das raízes tendem a perder água por osmose para o meio, tornando-se plasmolisadas.

16. As microvilosidades são encontradas no epitélio intestinal e têm função de absorção. Os cílios estão presentes no epitélio da traqueia e têm função de remoção de resíduos. Os flagelos são encontrados nos espermatozoides e têm função de locomoção.

17. D

O transporte ativo nas células é mantido com gastos de energia vinda do ATP e ocorre do meio menos concentrado para o meio mais concentrado contra um gradiente de concentração.

Estudo para o Enem

18. B

A destruição do microambiente ocorrerá pela perda de água dos microrganismos para o ambiente através da osmose, visto que há maior concentração de partículas de sal no meio externo.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

19. E

As moléculas fosfolipídicas apresentam uma região que apresenta afinidade com a água e outra região sem essa característica. Essas regiões são chamadas de hidrofílicas e hidrofóbicas, respectivamente. Quando em meio aquoso, estas moléculas se dispõem naturalmente em duas camadas, em que uma parte hidrofóbica fica em contato com a outra parte hidrofóbica, e as partes hidrofílicas ficam dispostas em contato com a água.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. B

As microvilosidades aumentam a superfície de contato da membrana com o meio extracelular. Dessa forma, a área de absorção de substâncias será maior e, conseqüentemente, torna essas células mais eficazes na absorção de nutrientes provindos da digestão.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

8 COMPLEXO GOLGIENSE E DIGESTÃO CELULAR

Comentários sobre o módulo

O complexo golgiense e suas atividades secretoras são o tema do estudo deste módulo. Inicialmente é apresentado o contexto histórico dessa organela, que durante muito tempo teve sua importância para o metabolismo celular desconsiderada. Optou-se pela nomenclatura mais atualizada de complexo golgiense, no entanto, é possível que, durante o estudo ou mesmo em exames de vestibular, os alunos encontrem outras nomenclaturas, tais como aparelho ou aparato de Golgi ou golgiense.

Durante a explicação da formação de vesículas e secreção celular, optou-se por restringir ao exemplo do processo em proteínas. No entanto, lembre que, além de proteínas, são produzidos alguns polissacarídeos, como a hemicelulose, e carboidratos, que originarão as glicoproteínas.

Destaque que o complexo golgiense é mais desenvolvido em células secretoras, porém sua função não é produzir secreções proteicas, mas sim modificar e eliminar essas secreções.

Por fim, nas seções de atividades os alunos são desafiados a retomar as funções de outras organelas, principalmente do retículo endoplasmático, visto que nos exames de vestibular, em sua maioria, se apresentam essas organelas associadas e comparadas.

Neste módulo foram abordadas as principais funções dos lisossomos, sua importância e quais os mecanismos de digestão intracelular. Uma forma de se explorar o tema é comparar as doenças associadas aos lisossomos, como a silicose, a doença de Gaucher e a doença de Tay-Sachs (trabalhadas no texto do módulo), além da doença de Fabry, da mucopolissacaridose e da esfingolipidose. Peça aos alunos para que encontrem o que há em comum entre as doenças apresentadas. Espera-se que digam que são patologias associadas aos lisossomos. Essa contextualização possibilita aos alunos enxergar a importância dessa organela, além de suas funções básicas. Procure também destacar como o lisossomo trabalha em harmonia com outras organelas. Dessa maneira, os alunos conseguirão ter uma visão ampla e integrada das partes que compõem as células.

Para ir além

O texto da introdução deste módulo trata de doenças lisossomais, patologias relacionadas ao complexo golgiense. O *site* do Instituto de Biociências da USP traz uma descrição dos três grupos de DL e alguns casos clínicos. Disponível em:

<<http://lab-siviero.icb.usp.br/biocel/modulos/doencas-relacionadas-ao-armazenamento-lisossomico/>>.

Acesso em: jun. 2018.

Confira o vídeo do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão do Departamento de Biologia Celular da

Universidade Federal do Paraná (Nuepe) de imagens de macrófagos vivos, corados com laranja de acridina e observados ao microscópio confocal. Em uma sequência de animações são descritas a pinocitose, a digestão celular e a função lisossomal. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=QaeMVL3enXk>>

Acesso em: jul. 2018.

O Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão do Departamento de Biologia Celular da UFPR disponibiliza o vídeo “Síntese e secreção”, que traz imagens de microscopia eletrônica de um segmento de um megacariócito, seguidas de animações sobre a síntese de proteínas e a secreção celular. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=N7WutbMim1E>>.

Acesso em: jun. 2018.

Exercícios propostos

7. C

O complexo golgiense é responsável pela condução de proteínas em vesículas transportadoras e pela secreção. Além disso, contribui para a formação do acrossomo, na cabeça do espermatozoide. O peroxissomo é responsável por oxidar substâncias como ácidos graxos e desintoxicar os organismos, sendo capaz de degradar parte do etanol ingerido que se encontra no fígado.

8. C

O complexo golgiense envia as proteínas vindas do retículo endoplasmático por meio de vesículas. Também dá origem ao acrossomo nos espermatozoides. Além disso, está presente nas células vegetais. Lipídios e esteroides são sintetizados pelo retículo endoplasmático liso..

9. C

O complexo de golgi tem função de empacotar substâncias diversas na célula e formar o acrossomo de espermatozoides. Ele está presente nas células animais e vegetais.

10. D

A secreção celular é a produção e a exportação de substâncias que irão atuar fora das células. Ela participa o complexo golgiense, que também é responsável pela concentração ou pelo armazenamento de substâncias.

11. B

Os lisossomos têm a função de digestão intracelular, então a liberação de grande quantidade de enzimas digestivas levaria à morte celular pela digestão das estruturas celulares.

12. C

A ruptura dos lisossomos implica a liberação de enzimas, que poderiam digerir a macromolécula que se está tentando isolar.

13. B

I – Está ocorrendo o processo de fagocitose (englobamento de substância sólida vinda do exterior da célula); II – Lisossomo indo de encontro à partícula fagocitada para realizar a digestão; III – Complexo golgiense, em que haverá a formação das vesículas de secreção (lisossomos); IV – Vacúolo autofágico, englobando uma estrutura citoplasmática; V – corpo residual; VI – Clasmocitose, processo de exocitose (liberação dos produtos da digestão para fora da célula).

14. A

As mitocôndrias são abundantes no músculo que gasta muita energia. A atividade secretora do complexo golgiense é importante nas células pancreáticas.

15. B

Os lisossomos se fundem aos fagossomos resultantes da fagocitose, misturando as enzimas digestivas com a partícula de alimento. O alimento é digerido e seus nutrientes absorvidos e utilizados pela célula.

16. E

Estruturalmente, o complexo golgiense é constituído por sacos membranosos achatados empilhados e por vesículas de secreção.

17. a) Hidrolases ácidas.

b) As hidrolases ácidas funcionam apenas em meio com pH ácido. Assim, em contato com o citosol da célula, elas se tornariam inativas, impossibilitando a digestão. No entanto, o excesso de enzimas digestivas no citosol da célula poderia trazer prejuízos para o organismo.

Estudo para o Enem**18. C**

O complexo golgiense é a estrutura responsável pela produção de alguns carboidratos, como a hemicelulose presente na parede celular, e as pectinas, presentes na lamela média.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. D

Por ser uma doença autossômica recessiva, necessita de dois alelos mutantes para manifestar os sintomas decorrentes do mal funcionamento dos lisossomos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. D

As vesículas de secreção do complexo golgiense irão se acumular na região central do citoplasma para que se forme uma lâmina fina rica em pectina, denominada lamela média. O complexo golgiense não sintetiza enzimas (a), a formação dos poros não é realizada por enzimas (b) e não há evidências de que há restos celulares no final do processo de divisão celular nem que as vesículas as fagocitem (c).

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

9 RESPIRAÇÃO AERÓBIA E ANAERÓBIA

Comentários sobre o módulo

Para funcionar, a célula deve regenerar o ATP que usa. A quebra de combustíveis orgânicos, como a glicose, é sempre exergônica e usa oxigênio. A respiração celular produz H_2O , CO_2 e energia na forma de ATP e calor.

Para melhor compreensão, a teoria apresenta a respiração aeróbia em três etapas principais e uma intermediária, porém alguns vestibulares consideram apenas as três principais etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. Tradicionalmente os valores do rendimento energético total da respiração aeróbia são de 36 ou 38 ATP para cada molécula de glicose degradada. No entanto, estudos recentes indicam que eles podem não ser definitivos. Há estudos que demonstram que na oxidação são necessários 2 NADH para formar 5 ATP e 2 $FADH_2$ para formar 3 ATP. Na cadeia respiratória, o que dá apenas 2,5 ATP por NADH e 1,5 ATP por $FADH_2$. Nesse caso, o saldo energético poderá ser de 32 ou 30 ATP.

O conceito de respiração anaeróbia foi abordado com ênfase nos processos bioenergéticos que o constituem, como a fermentação alcoólica e lática. Além disso, foram mencionadas as situações em que tais processos ocorrem e os organismos capazes de realizá-los. Ainda, discorreu-se acerca da relevância dos processos bioenergéticos para a manutenção do metabolismo dos organismos, bem como da importância industrial na produção de diversos alimentos, bebidas e demais produtos utilizados. Vale lembrar que fermentação acética é pouco cobrada nos vestibulares. No entanto, é ideal que o professor explique que, embora seja um processo de fermentação, não se trata de um processo anaeróbio, em virtude do fato de a molécula de álcool etílico ser oxidada parcialmente por molécula de oxigênio, dando origem ao ácido acético.

Para ir além

Nesse estudo, pesquisadores brasileiros consideraram o consumo de oxigênio durante a respiração de um roedor para entender melhor a ação dos ritmos circadianos. Disponível em:

<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/11/24/um-relogio-que-funciona-no-escuro/>

Acesso em: set. 2018.

Podcast da rádio USP aborda o tema oxidação celular relacionada à respiração celular. Disponível em:

<https://jornal.usp.br/radio-usp/cientistas-localizam-enzima-que-evita-oxidacao-celular/>

Acesso em: set. 2018.

Texto do *site* da Embrapa que explica o processo de obtenção do ácido acético (fermentação acética).

Disponível em:

<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinagre/SistemaProducaoVinagre/fermentacao.htm>

Acesso em: out. 2018.

O vídeo da Univesp explica a fermentação por meio de um experimento na produção de pão. Disponível em:

<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=1811>

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. C

A energia gerada pela transferência de elétrons entre os citocromos é capturada por moléculas de ADP, formando assim o ATP (fosforilação oxidativa) e o aceptor final de elétrons é o oxigênio.

8. B

A alternativa A está incorreta porque a fermentação não acontece apenas nas células musculares. A alternativa C está incorreta porque a fermentação lática ocorre nos músculos apenas quando não há oxigênio suficiente disponibilizado para estas células. A alternativa D está incorreta porque, entre as células do nosso corpo, a fermentação lática acontece apenas nas musculares, na falta de oxigênio suficiente. A alternativa E está incorreta porque esse processo ocorre apenas nas células musculares, na falta de oxigênio.

9. D

A afirmativa III está incorreta porque essas moléculas são oxidadas, não reduzidas, uma vez que doam elétrons ao liberar H_2 .

10. A etapa 3 é denominada cadeia respiratória. Nela, as moléculas de $NADH_2$ e $FADH_2$ dispensam os hidrogênios dentro das cristas mitocondriais, que liberam elétrons excitados. Estes são transferidos através dos citocromos, produzindo energia para a síntese de ATP.

11. A

As células musculares, quando se encontram em atividade intensa e não têm suprimento suficiente de oxigênio, transformam a glicose em ácido lático por meio da fermentação lática.

12. D

A estufa é importante no processo de fabricação do pão porque é necessário que o ambiente esteja fechado, sem oxigênio, para que ocorra a fermentação.

tação alcoólica e a liberação de moléculas de gás carbônico. Essas moléculas serão responsáveis pelo crescimento da massa do pão.

13. D

A dor característica que aparece após um exercício físico prolongado decorre do acúmulo de ácido lático nos músculos.

14. A dor característica que aparece após um exercício físico prolongado decorre do acúmulo de ácido lático nos músculos. I – 2 ATPs; II – 3 ATPs; III – 2 vezes; IV – 4 ATPs; V – 38 ATPs.

15. A

O cianeto é capaz de combinar-se com os citocromos da cadeia respiratória, inutilizando-os para o transporte de elétrons, interrompendo o fluxo de elétrons, não havendo assim liberação de energia, o que leva à morte da célula.

16. C

A alternativa A está incorreta porque o transporte de Q não está em equilíbrio em baixas concentrações de ATP. A alternativa B está incorreta porque a inibição mitocondrial apresenta efeito em alto fluxo de Q também. A alternativa D está incorreta porque é inversamente proporcional. A alternativa E está incorreta porque Q não corresponde à glicose.

17. B

A alternativa A está incorreta porque foi realizada a fermentação. A alternativa C está incorreta porque não houve secreção de amilases e lipases, em virtude de a concentração de amidos e proteínas não ter se alterado ao longo do tempo; caso tivesse sido secretada, as concentrações cairiam. A alternativa D está incorreta porque houve secreção de lipases, uma vez que a concentração de lipídios foi reduzida.

Estudo para o Enem

18. E

O metabolismo aeróbico, por possuir maior rendimento energético do que o fermentativo (anaeróbico),

permite menor consumo de glicose para a geração de uma mesma quantidade de ATP.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. A

A alternativa B está incorreta porque a fermentação alcoólica produz apenas etanol. A alternativa C está incorreta porque os organismos presentes na fermentação alcoólica são as leveduras. A alternativa D está incorreta porque a produção de cerveja se dá por meio da quebra da glicose. A alternativa E está incorreta porque a fermentação alcoólica é um processo anaeróbico.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. C

A glicólise ocorre no citosol celular. Já formação do Acetil-CoA, o ciclo do ácido cítrico, e a cadeia respiratória ocorrem na mitocôndria.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

10 FOTOSSÍNTESE, QUIMIOSSÍNTESE E FATORES LIMITANTES DA FOTOSSÍNTESE

Comentários sobre o módulo

A fotossíntese é o tema de estudo deste módulo, que enfatiza sua importância para a manutenção da vida na Terra. Em eucariotos autótrofos, a fotossíntese ocorre nos cloroplastos, em que a água é dividida em hidrogênio e oxigênio, incorporando os elétrons do hidrogênio em moléculas de açúcar. As reações luminosas nos grana dos tilacoides liberam o oxigênio, produzem ATP e formam NADPH. O ciclo de Calvin no estroma forma açúcar a partir do CO_2 , utilizando ATP como energia e NADPH como redutor.

Foram abordados os principais fatores que podem limitar a fotossíntese (internos e externos). Além disso, discutiu-se sobre ponto de compensação fótico (PCF), tema de grande relevância nos vestibulares. Também foi explicado o processo de quimiossíntese e sua importância, incluindo a relação dos principais organismos capazes de realizá-lo.

Para ir além

Vídeo do programa Fotossíntese, produzido pelo projeto Embrião da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=ayM1LHeLABs>

Acesso em: out. 2018.

Artigo Agência Fapesp – Estudo ajuda a entender o funcionamento da enzima antioxidante. Disponível em:

<http://agencia.fapesp.br/estudo-ajuda-a-entender-funcionamento-de-enzima-antioxidante/26800/>

Acesso em: out. 2018.

Artigo sobre fotossíntese e aquecimento global. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/387686/1/OrientalDoc234.pdf>

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. B

O oxigênio é originado durante a fotólise da água, que ocorre na etapa fotoquímica ou fase clara, e é liberado no ambiente.

8. B

As bactérias em questão são quimiossintetizantes e heterotróficas, por utilizarem matéria inorgânica de animais mortos.

9. E

As afirmativas I e III referem-se às plantas C4, visto que são as únicas em que ocorre a formação

de malato por meio da enzima PEPcarboxilase. O milho e a cana-de-açúcar são exemplos.

As afirmativas II e IV referem-se às plantas CAM, típicas de ambientes áridos como os cactos e o abacaxi, que apresentam adaptações como a abertura dos estômatos somente à noite para evitar a perda de água.

10. C

A planta da espécie Y apresenta a mesma taxa respiratória que a planta da espécie X a 25 °C, mas tem uma taxa fotossintética menor que a de X.

11. B

A corresponde ao granum, isto é, uma pilha de tilacoides, e **B** corresponde aos tilacoides. **C** corresponde ao estroma, matriz amorfa, rica em enzimas solúveis, incluindo as enzimas responsáveis pelas reações da fase bioquímica da fotossíntese.

12. B

A alternativa A está incorreta porque o CO_2 é consumido na fotossíntese, o que justifica também o fato de a alternativa E estar incorreta. A alternativa C está incorreta porque, na fotossíntese, o CO_2 e a água são consumidos, produzindo glicose e oxigênio. A alternativa D está incorreta porque plantas até podem produzir toxinas, mas não é o suficiente para intoxicar seres humanos.

13. C

Esse evento apenas acontece no momento em que se atinge o ponto de compensação fótico, quando a intensidade luminosa é máxima.

14. Ao longo dos quatro meses seguintes, os períodos com luz se tornaram progressivamente mais curtos, o que contribuiu para a perda de eficiência fotossintética, gerando menor produção de matéria orgânica.

15. A

A luz verde (500 nm a 550 nm) é pouco absorvida pela planta, sendo verificada a sua reflexão. A luz laranja-avermelhada (650 nm a 700 nm) é absorvida pela planta, aumentando sua taxa fotossintética e, portanto, não sendo visível aos olhos do observador presente no quarto.

16. D

A afirmativa I está incorreta porque o oxigênio produzido na fotossíntese é, em parte, consumido na respiração; o restante é liberado para o ambiente. A afirmativa IV está incorreta, pois a luz não influencia na fase escura, mas sim na

fase fotoquímica da fotossíntese. Assim, o aumento da temperatura vai parar todo o processo, uma vez que promove desnaturação das enzimas participantes.

17. C

Plantas CAM separam a produção de malato e o ciclo de Calvin temporalmente, de forma que à noite há formação do malato; durante o dia, ocorre fotossíntese. Assim, a respiração acontece constantemente e a fotossíntese, apenas no período do dia.

Estudo para o Enem**18. C**

O escurecimento da água impede a passagem dos raios solares. Com isso, as plantas não conseguem fazer fotossíntese, ou pelo menos não de maneira ideal, uma vez que a iluminação solar é fundamental para o processo.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

19. B

A energia luminosa, na forma de fóton, é absorvida pelo átomo, excitando o elétron da camada mais

externa. Quando o elétron volta ao seu estado normal, emite energia, um fóton, que será usada pela célula. Os cloroplastos usam essa energia luminosa para gerar energia na célula justamente em razão desse mecanismo da absorção de fótons.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

20. B

Para a geração de matéria orgânica por meio da fotossíntese, é necessária a presença de gás carbônico e água.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO BOGUS

11 NÚCLEO CELULAR E CROMOSSOMOS

Comentários sobre o módulo

Foram discutidas a composição estrutural do núcleo celular e suas funções, incluindo a descrição de cada compartimento dessa organela. Além disso, foi abordada a importância do núcleo nos principais processos que dependem dele, direta ou indiretamente. Esse conteúdo pode ser utilizado para retomar os conceitos de citologia e de tradução e síntese de proteínas estudados na unidade 1.

Foram discutidas a definição de cromossomo bem como sua composição, estrutura e importância. De forma clara e sucinta, foram abordados o conceito de ploidia e o conceito de cariótipo, além de ter sido enfatizada sua relevância para o reconhecimento de anomalias cromossômicas. Também foi apresentada a relação do telômero com o envelhecimento e a obesidade, evidenciada com base em pesquisas científicas recentes.

Para ir além

Uma conexão direta do núcleo com o microambiente da célula pode levar a novos entendimentos sobre as influências do meio externo no comportamento celular. Pesquisadores desenvolveram um ambiente tridimensional que ajuda a observar estruturas desconhecidas do núcleo. Disponível em:

<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/04/19/os-jardins-suspensos-das-celulas/>

Acesso em: out. 2018.

Um estudo brasileiro divulgado recentemente na revista *Molecular Neuropsychiatry* sugere que o maquinário celular de processamento do RNA mensageiro presente no núcleo pode estar alterado em pacientes com esquizofrenia. Disponível em:

<http://agencia.fapesp.br/estudo-associa-esquizofrenia-a-defeito-no-processamento-do-rna-mensageiro-na-celula/25832/>

Acesso em: out. 2018.

O vídeo do *site* Casa da Ciência, especializado em conteúdos científicos, apresenta informações sobre os cromossomos, onde estão localizados, o condensamento da molécula de DNA e diferentes quantidades de cromossomos entre as espécies. Disponível em:

<https://www.casadasciencias.org/cc/redindex.php?idart=303&gid=3747565>

Acesso em: out. 2018.

O texto “Por que não vivemos para sempre?” refere-se aos mecanismos biológicos e evolutivos relacionados à morte, incluindo brevemente a importância dos telômeros nesse processo. Disponível em:

http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/por_que_nao_vivemos_para_sempre_.html

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. D

A afirmativa IV está incorreta porque o envoltório nuclear protege o material genético contra moléculas nocivas e choques mecânicos. Ao mesmo tempo, essa estrutura é responsável por controlar o intercâmbio de moléculas ou substâncias que podem chegar ao DNA e vice-versa.

8. C

O envoltório nuclear é composto de duas camadas lipoproteicas. Assim como a membrana celular, é fluido. A cromatina presente no núcleo está imersa no nucleoplasma. O retículo está presente nas células eucarióticas associadas à parte externa do envoltório nuclear. A presença de núcleo é uma característica dos organismos eucarióticos, de modo que bactérias são organismos procariotos e não apresentam estrutura responsável por envolver e proteger o material genético.

9. A

A transcrição ocorre no núcleo e a tradução, no citoplasma. A membrana nuclear protege o DNA de choques mecânicos, com o nucleoplasma, por ser composto de um gel de íons, proteínas, nucleosídeos e nucleotídeos. Além disso, há controle da troca entre as substâncias por meio dos poros presentes na membrana nuclear.

10. A

Como os gametas são haploides, os espermatozoides e os ovócitos apresentam apenas 23 cromossomos. Já as células epidérmicas são somáticas e, conseqüentemente, diploides, com 46 cromossomos.

11. C

As células germinativas são representadas pelos gametas e transmitem as características dos pais para a prole por meio da fecundação, originando o feto. Essas células são haploides e possuem apenas um cromossomo de cada tipo dentro de seu núcleo.

12. B

As células reprodutivas são haploides, isto é, terão apenas metade do material encontrado nas células somáticas. Levando em conta que o nú-

mero de cromossomos dos seres humanos é 46, então serão encontrados 23 cromossomos em cada célula germinativa.

13. B

Se o DNA não pode ser desenrolado, automaticamente as proteínas responsáveis por ativar a expressão de determinado gene não conseguem acessá-lo. As histonas são responsáveis por manter o DNA compactado durante a divisão celular.

14. a) O cariótipo é de um indivíduo do sexo masculino normal, pois todos os pares estão em número de dois e há cromossomo Y.

b) Os cromossomos 5 são submetacêntricos pelo fato de o centrômero estar um pouco deslocado para uma das extremidades.

15. A

Todas as afirmativas estão corretas. Como o núcleo da célula 5 foi transplantado para o fragmento do citoplasma sem núcleo, a célula 4 formada terá exatamente as mesmas características. É comum o uso de células musculares para a extração de DNA, visto que apresentam a característica de serem multinucleadas. É graças ao núcleo que as características são transmitidas ao longo das gerações.

16. B

Durante a divisão celular, os cromossomos encontram-se bastante compactados. Nessa fase, a cromatina é denominada heterocromatina. O processo de divisão celular é essencial para a transmissão das características para as próximas gerações.

17. As células somáticas da nova planta terão 33 cromossomos. Na planta híbrida, nem todos os cromossomos serão homólogos. Portanto, haverá dificuldade no pareamento, fenômeno característico da meiose, que será prejudicada. Não serão formados nem micrósporos, nem megásporos, e, consequentemente, não serão formados grãos de pólen nem óvulos. Dessa forma, não ocorrerá a produção de sementes. Mesmo assim, os ovários desenvolvem-se, graças à ação de hormônios, originando frutos de tamanho menor.

Estudo para o Enem

18. A

As células eucariontes tiveram invaginações na membrana plasmática que possibilitaram a formação de organelas membranosas, como o núcleo e os retículos endoplasmáticos. Para compensar

a não compartimentalização, a célula procarionte apresenta tamanho menor. A relação nucleoplasmática diminui conforme há aumento celular. Procariontes não têm nucléolo. À medida que as dimensões celulares crescem, as superfícies externas aumentam menos que o volume da célula.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. C

Com base na produção na contagem e identificação dos cromossomos é possível obter o ideograma, no qual pode-se verificar o número correto de cromossomos, bem como suas formas.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. E

A alternativa A está incorreta porque as cromátides-irmãs são representadas pelas pernas e pelos braços. A alternativa B está incorreta porque o telômero pode ser representado pelos pés e pelas mãos. As alternativas C e D estão incorretas porque a região abdominal, por ser central e representar o centrômero, faz com que as pessoas representem cromossomos metacêntricos.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

12 DIVISÃO CELULAR: MITOSE E MEIOSE

Comentários sobre o módulo

Foram estudados o processo de divisão celular, incluindo os estágios de interfase e mitose, a importância desses processos para os seres vivos, além das diferenças cromossômicas ao longo de todas as etapas. Na reprodução assexuada, um único progenitor produz geneticamente uma prole de conteúdo genético idêntico ao seu por mitose.

O conceito de meiose foi discutido, bem como suas etapas, respectivas características e importância para a manutenção dos seres vivos. Células somáticas humanas normais são diploides e têm 46 cromossomos, formados por dois conjuntos de 23 – cada um deles de um dos pais. Nas células diploides humanas, existem 22 pares homólogos autossômicos, cada um com um homólogo materno e um paterno. O 23º par, os cromossomos sexuais, determina se o indivíduo é do sexo feminino (XX) ou masculino (XY). As duas divisões da meiose produzem quatro células-filhas haploides. O número de conjuntos de cromossomos é reduzido de dois (diploide) para um (haploide) durante a meiose I, que é reducional.

Para ir além

O texto da revista *Superinteressante* indicado no *link* a seguir explica como a quimioterapia age nas fases de divisão celular. Disponível em:

<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-a-quimioterapia/>

Acesso em: out. 2018.

A revista *Pesquisa Fapesp* publicou uma matéria que trata da relação entre células-mães e células-filhas e mostra como isso influencia a continuidade das espécies. Disponível em:

<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/03/11/pesquisadores-revelam-a-relacao-entre-celulas-maes-e-filhas/>.

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. D

Durante a mitose, os cromossomos encontram-se alinhados em um plano único, formando a placa equatorial.

8. C

A carioteca (envoltório nuclear) é desintegrada durante a mitose. Cromossomos homólogos são aqueles que têm as mesmas informações genéticas.

9. B

A multiplicação celular para a reparação de tecidos acontece por mitose (divisão equacional).

Nesse processo, não ocorre emparelhamento dos cromossomos homólogos nem permutação entre eles.

10. A

Todas as afirmativas estão corretas.

11. A

No paquíteno, ocorre pareamento dos homólogos para que ocorra o *crossing-over*. Na diacinese, as cromátides encontram-se soltas no citoplasma, a carioteca (envoltório nuclear) desfaz-se e inicia-se a formação do fuso. A prófase I é uma fase longa em que há *crossing-over*, entre outros eventos. No leptoteno, ocorre o início da condensação dos cromossomos. As sinapses acontecem no zigoteno.

12. A

O ciclo celular é formado pela interfase, que tem as fases G1, S e G2. Ao passar por essas subfases, o ciclo celular entra em sua segunda fase, denominada mitose (M), ou divisão celular.

13. C

M refere-se ao processo de mitose e ocorre de forma rápida. A duplicação do DNA ocorre na fase S. Em S, os cromossomos estão condensados. Em G1 ocorrem diversos processos bioquímicos, além da produção de proteínas, que atuam na replicação do DNA.

14. E

Todas as afirmativas estão corretas.

15. D

Considerando que N seja de uma célula haploide, então a quantidade de cromossomos na figura 1 corresponde a uma célula diploide no início da fase de divisão celular; logo, nessa fase encontramos uma quantidade de 2N. Na segunda etapa, o DNA da célula duplica-se; logo, a quantidade será de 4N. Na figura 3, apesar de ele já estar separado, o núcleo ainda não está; com isso, o núcleo apresenta ainda uma quantidade de 4N. Na figura 4, o núcleo já se separou; logo, volta a ter a quantidade inicial de 2N.

16. B

Por se tratar da metáfase da mitose, os cromossomos não se encontram pareados, como se encontram na meiose. Portanto, as alternativas C, D e E são incorretas. Na metáfase da mitose, em célula $n = 8$, os cromossomos estarão distintos, sendo cada um com duas cromátides, pois é

o resultado da duplicação do DNA na interfase. Portanto, a alternativa b) é correta, já que a alternativa a) não leva em conta a duplicação do DNA.

17. E

Todas as afirmativas estão corretas.

Estudo para o Enem

18. C

A metáfase é a fase do ciclo com a condensação máxima dos cromossomos; assim, a melhor a ser estudada é a de número 3.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. A

O fármaco em questão interfere na função dos microtúbulos. Estes têm a função de formar o citoesqueleto e fazer o transporte intracelular. Além disso, atuam principalmente no desloca-

mento de cromossomos no processo de divisão celular. Com a função inibida, a divisão celular será afetada.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. C

O *crossing-over*, também conhecido como permutação gênica, é um tipo de recombinação que aumenta a variabilidade genética.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO

13 REPRODUÇÃO ASSEXUADA, SEXUADA, E CICLOS HAPLOBIONTE, DIPLOBIONTE E OUTROS PADRÕES REPRODUTIVOS

Comentários sobre o módulo

As formas de reprodução dos organismos discutidas são divididas em assexuada e sexuada. Com relação à reprodução assexuada, foram discutidos os processos denominados divisão binária, esporulação e brotamento, identificando os principais organismos capazes de realizá-los. No que se refere à reprodução sexuada, foram apresentados os ciclos haplobiontes haplonte e diplonte e as diferenças entre eles, quais organismos são capazes de fazê-los e as principais vantagens evolutivas do processo sexuada em relação à reprodução assexuada.

É comum que haja confusão entre os termos diplonte e diplobionte, por isso recomenda-se que eles sejam frisados e diferenciados sempre que possível. Embora seja mais comum em algas pluricelulares e nos vegetais, o ciclo diplobionte também ocorre em alguns fungos e em alguns animais, a exemplo dos poríferos e cnidários. Esse é um importante recurso para a variabilidade genética. As diferentes estratégias reprodutivas são abordadas e explicadas, tendo como foco as adaptações evolutivas que possibilitaram a manutenção das diferentes espécies de seres vivos.

Para ir além

O texto *Os reais motivos pelos quais fazemos sexo* aborda as principais vantagens e desvantagens evolutivas dos modos de reprodução. Disponível em:

<www.bbc.com/portuguese/vert-earth-37173711>.

Acesso em: out. 2018.

Artigo sobre o uso da estaquia no replantio de espécies nativas. Disponível em:

<www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/992489/1/v.11n.170001.pdf>.

Acesso em: out. 2018.

Semelhante ao comportamento sexual observado nas lagartas *Aspidoscelis*, as lagartas brasileiras dos gêneros *Leposoma* e *Cnemidophorus*, que habitam a Caatinga, também realizam a partenogênese, sem depender de lagartos machos. Sobre esse tema, acesse o material a seguir. Disponível em:

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/07/16/a-flexibilidade-sexual-das-femeas/>>.

Acesso em: nov. 2018.

O texto da BBC Brasil presente no *link* a seguir aborda as falhas da reprodução assexuada, pois os indivíduos, ao se reproduzirem dessa forma, podem desaparecer porque seu genoma acumulará mutações

mortais ao longo do tempo. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-43062040>>.

Acesso em: nov. 2018.

Exercícios propostos

7. A

A meiose produzirá gametas nos animais e esporos nas plantas, ambos haploides.

8. B

Bactérias dessa espécie são capazes de produzir esporos quando o ambiente está desfavorável. Assim, elas se tornam altamente resistentes, pois, em razão dessa característica, quando o ambiente volta a ser favorável, elas voltam a se reproduzir normalmente.

9. D

Como se trata de uma espécie animal, o ciclo reprodutivo é diplonte. Dessa forma, o organismo adulto é diploide ($2n$) e gera gametas haploides (n) por meiose. Estes, por sua vez, fecundam e geram uma célula zigótica diploide ($2n$) e, por sucessões mitóticas, desenvolvem-se em um organismo adulto também diploide ($2n$), reiniciando o ciclo.

10. O processo em questão é denominado poliembrião, no qual indivíduos adultos copulam e geram um embrião que vai originar novos embriões com base em suas células. Pode ser exemplificado pela formação de gêmeos monozigóticos ou idênticos em nossa espécie.

11. C

A afirmativa IV está incorreta porque o ficomiceto apresenta reprodução sexuada.

12. A

A fecundação cruzada envolve cruzamento gênico que resulta em *crossing-over* de materiais genéticos diferentes para gerar um novo indivíduo. Esse processo aumenta a chance de ocorrerem combinações gênicas que resultem em adaptações que favoreçam a sobrevivência da população.

13. B

A reprodução assexuada não garante a variabilidade genética, por isso, as indústrias e os produtores usam isso para manter as características econômicas que lhes interessam, como o plantio de cana-de-açúcar com alta produtividade.

14. E

A forma infectante são as cercárias, que saem do caracol e entram na pele humana. Elas são formadas por meio da pedogênese. A afirmativa A está incorreta, porque as cercárias se reproduzem de forma assexuada. A afirmativa B está incorreta, pois as cercárias são larvas produzidas por pedogênese. A afirmativa C está incorreta, porque o platelminto em questão se reproduz de forma sexuada. A afirmativa D está incorreta, pois não há alternância de gerações: ocorre reprodução sexuada; a fêmea produz ovos que eclodem e se transformam em miracídeos. Eles penetram no caramujo e se transformam em cercárias, que são as formas infectantes.

15. D

$$08 + 04 = 12$$

A afirmativa 01 está incorreta, porque os zangões são haploides. A afirmativa 02 está incorreta, pois quem se alimenta da geleia real é a abelha-rainha enquanto larva.

16. E

A enxertia é uma técnica de reprodução assexuada que leva apenas a alterações fenotípicas da planta enxertada quando esta adquire a seiva proveniente do porta-enxerto. Portanto, os frutos produzidos por essa técnica serão de pepinos cujas sementes darão origem a exemplares de *Cucumis sativus* (pepino).

17. I. Eférias

II. Medusa

III. Larva plânula

IV. Pólipo

V. Estróbilo

Estudo para o Enem

18. B

O plantio por estacas é feito ao se plantar partes de um vegetal já adulto, como caule, raiz ou folhas, para gerar novos indivíduos. Esse processo pode ser considerado um tipo de clonagem, já que os novos indivíduos formados têm o mesmo material genético do vegetal que teve suas estacas retiradas.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

19. C

A alternativa C é a única em que o organismo adulto é (2n), gera gametas (n) por meiose e sofre fecundação de dois gametas (n), originando um zigoto diploide (2n), o qual sofre sucessivas mitoses e dá origem a um indivíduo adulto (2n). A alternativa A está incorreta porque o ser humano não gera esporos. A alternativa B está incorreta porque os gametas (n), quando fecundados, não originam zigoto (n), mas sim um zigoto (2n). A alternativa D está incorreta porque o ser humano gera gametas (n) por meiose, e não por mitose, e o zigoto (2n) sofre mitose, e não meiose. A alternativa E está incorreta porque a fecundação de dois gametas (n) gera um zigoto (2n) e não um zigoto (n).

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. C

A afirmativa II está incorreta, porque população que faz partenogênese continua realizando esse processo.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

14 FUNDAMENTOS DA GENÉTICA: GENÓTIPO, FENÓTIPO E LINHAGENS

Comentários sobre o módulo

Os estudos sobre o DNA e suas características geram muitas elucidações às pesquisas na área da Genética. Os conceitos fundamentais de Genética também foram abordados, como genoma, gene, alelos, cromossomos homólogos, locus, loci e formas de fecundação dos organismos.

Foram abordados os conceitos de genótipo, fenótipo e linhagem de forma bastante detalhada, incluindo alguns exemplos de fenocópia. Tanto nas leituras complementares quanto em parte dos exercícios, foram abordadas pesquisas científicas recentes relacionadas ao conteúdo para que o aluno compreenda a importância dos conceitos estudados, além de serem estimulados diretamente a se interessar pelas mais diversas pesquisas relacionadas ao tema central.

Para ir além

Artigo sobre a produção de cafés sem cafeína por meio de mutações realizadas propositalmente no genoma da planta. Esse é um excelente exemplo de engenharia genética no Brasil. Disponível em:

<<https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/brasil-desenvolve-metodo-de-producao-para-pes-de-cafe-desprovidos-de-cafeina-2983882>>.

Acesso em: nov. 2018.

Texto sobre o Projeto Genoma Humano, contendo seus principais objetivos e possíveis resultados com base no sequenciamento completo do material genético de nossa espécie. Disponível em:

<<http://www.genoma.ib.usp.br/sites/default/files/projeto-genoma-humano.pdf>>.

Acesso em: nov. 2018.

Texto da *Revista Fapesp* sobre a história de diversificação da linhagem dos quelônios tracajás, espécie que vive na Amazônia, com base em estudos filogenéticos comparativos. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/historia-de-diversificacao-da-linhagem-dos-tracajas-e-desvendada/28137/>>.

Acesso em: nov. 2018.

Artigo do Instituto de Ciências Biológicas que demonstra as variações genéticas e sua influência na eficácia de determinados fármacos. Esse texto possibilita abordar a importância de conhecer a frequência dos genótipos e fenótipos presentes nas populações. Disponível em:

<<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/variacoes-geneticas-interferem-na-eficacia-de-medicamentos>>.

Acesso em: nov. 2018.

Exercícios propostos

7. D

Há três classes fenotípicas (preta, chocolate e amarela) e nove classes genotípicas (BBEE, BbEE, BBee, BbEe, bbEE, bbEe, BBee, Bbee, bbee).

8. D

Ervilhas amarelas apresentam duas cópias do alelo A1, o que gera tal característica nelas.

9. A

A alternativa B está incorreta, porque ocorre no mesmo gene e em cromossomos homólogos. A alternativa C está incorreta, pois acontece em cromossomos homólogos. As alternativas D e E estão incorretas, porque ocorre no mesmo gene, não no genoma completo. Além disso, acontece em cromossomos homólogos.

10. A afirmativa está correta porque o ambiente pode influenciar a expressão do genótipo e alterar o fenótipo. Além disso, o próprio enunciado traz a informação de que a cor da pele é definida por diversos genes.

11. A

A alternativa B está incorreta porque ambos os genótipos são homocigotos recessivos. A alternativa C está incorreta porque o genótipo é heterocigoto apenas para o sistema ABO (ab), pelo fato de o Rh ser negativo e obrigatoriamente ter genótipo rr. A alternativa D está incorreta porque o Rh é positivo, isto é, pode ter genótipo RR ou Rr. A alternativa E está incorreta porque, para ter sangue tipo O, o genótipo obrigatoriamente precisa ser ii (homocigoto recessivo); além disso, para ser Rh positivo, o genótipo pode ser RR ou Rr.

12. A

As alternativas B e C estão incorretas porque as vagens infladas da geração produzida podem ser homocigotas ou heterocigotas. A alternativa D está incorreta porque a geração apresenta o fenótipo oposto, indicando que vagens achatadas são um fenótipo recessivo e, portanto, expresso por um gene recessivo.

13. B

A alternativa A está incorreta porque, como o macho é albino (aa) e a fêmea 1 é normal, com 100% da prole normal, significa que ela tem genótipo AA. Portanto, os filhotes terão genótipo Aa, sendo heterocigotos. A alternativa C está

incorreta porque o macho albino tem genótipo aa, e metade dos filhotes nasceu com a mesma característica. Portanto, a fêmea 2 tem genótipo heterozigoto. A alternativa D está incorreta porque, para ser albino, obrigatoriamente o genótipo precisa ser aa. Sim, porque estão vinculados ao mesmo locus gênico, no mesmo par de cromossomos homólogos.

14. Sim, porque estão vinculados ao mesmo locus gênico, no mesmo par de cromossomos homólogos.

15. a) Simas representa uma linhagem híbrida, por ser filho de uma bruxa e de um trouxa. Draco representa uma linhagem pura, pelo fato de todos os seus parentes serem bruxos.

b) Harry é tão bruxo quanto todos os outros citados, porque, embora sua mãe seja filha de trouxas (tem genótipo heterozigoto), ele tem o alelo responsável pela característica.

16. C

A sequência correta é I.-B, II.-C e III.-A. O genótipo (I) é o conjunto total de genes de um organismo, enquanto o fenótipo (II) são as características geradas pelos genes que sofrem influência ambiental. Por fim, o gene é o segmento de DNA capaz de codificar proteínas.

17. E

A identidade de um tecido depende de mecanismos intrínsecos coordenados por genes, os quais codificam proteínas específicas que caracterizam um tipo celular. Existem características únicas com funções distintas, que resultam em células com função e característica muscular, por exemplo, e outras com função e característica nervosa.

Estudo para o Enem

18. C

A alternativa A está incorreta, porque apenas 2% do genoma produzem proteínas. A alternativa B está incorreta, pois, para produzir proteínas, é necessário ter um gene como referência. A alternativa D está incorreta, porque o tamanho do genoma não está relacionado à complexidade do organismo. A alternativa E está incorreta, pois to-

dos os organismos da tabela apresentam genoma com milhares de pares de bases.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. C

A exposição a raios X pode causar mutações celulares. Caso essas mutações ocorram em um gameta e este seja fecundado, as características mutantes serão passadas aos descendentes. No caso da questão, a filha da funcionária nasceu da fecundação de um ovócito que havia sofrido mutação.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. A

Não foi especificado no experimento a origem dessas plantas. Assim sendo, elas podem ter diferentes genótipos, e o diferentes fenótipos. Além disso, foram expostas em diferentes condições ambientais, o que altera ainda mais o fenótipo

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

15 MUTAÇÕES GENÉTICAS E MUTAÇÕES CROMOSSÔMICAS

Comentários sobre o módulo

As mutações gênicas e seus principais mecanismos, bem como sua importância evolutiva e médica, foram trabalhados. É interessante apresentar novas descobertas de mutações aos alunos, fazendo-os compreender que as mutações gênicas não promovem apenas doenças. Além disso, é válido estimular discussões em sala de aula sobre os tipos de mutação que os próprios alunos apresentam.

Foram abordadas as principais formas de mutações cromossômicas, tanto estruturais quanto numéricas. Além disso, foram citadas e explicadas as principais síndromes relacionadas a cada um dos processos de mutação, bem como sua importância médica, entre elas: síndromes de Prader-Willi e de Williams (como exemplos de mutações estruturais) e as síndromes de Turner, Klinefelter, Down, Triplo X, supermacho, Patau e Edwards. Ainda foi apresentado um exemplo de poliploidia, relacionando-o à evolução das espécies vegetais.

Para ir além

A descoberta da mutação responsável por uma doença rara que promove malformações na laringe e na mandíbula é apresentada em uma reportagem da *Agência Fapesp*. Disponível em:

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2014/02/12/uma-mutacao-varios-defeitos/>>.

Acesso em: nov. 2018.

O texto “A genética por trás dos X-Men” estabelece uma relação entre as mutações gênicas e suas consequências por meio de uma analogia aos super-heróis dos X-Men. Disponível em:

<<http://profissaobiotech.com.br/genetica-por-tras-dos-x-men/>>.

Acesso em: nov. 2018.

No artigo “Poliploidia e seu impacto na origem e evolução das plantas silvestres e cultivadas”, as mutações nas espécies botânicas são abordadas de forma aprofundada. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/904/876>>.

Acesso em: nov. 2018.

O link a seguir é de um artigo da *Agência Fapesp* sobre variação cromossômica numérica em linhagens de célula-tronco e seus desafios para o uso em terapias. Disponível em:

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/08/27/n%C3%BAmero-de-cromossomos-varia-em-linhagens-de-c%C3%A9lulas-tronco/>>.

Acesso em: nov. 2018.

Exercícios propostos

7. D

Há trissomia no cromossomo 13 por falta de disjunção na meiose.

8. B

Mutações silenciosas não alteram proteínas pelo fato de o código genético ser degenerado, isto é, haver mais de um códon correspondente ao mesmo aminoácido.

9. B

Mutações geram características variáveis, vantajosas ou não.

10. C

É o cariótipo de uma pessoa com síndrome de Klinefelter, caracterizada pela ocorrência de dois cromossomos X e um Y..

11. E

A translocação ocorre quando um trecho de um cromossomo se une a outro cromossomo.

12. C

Por conter uracila, trata-se de um RNAm. Após encontrar o códon de iniciação (AUG), basta contar quantas trincas (códon) há entre ele e o nucleotídeo mutante, resultando em oito trincas, sem contar a trinca iniciadora.

13. C

As células cerebrais são menos expostas à radiação por serem mielinizadas. Entretanto, o tempo de exposição à radiação deve ser levado em consideração para se avaliar a possibilidade de uma mutação, pois, se a região ficar exposta por um longo período, podem ocorrer alterações genéticas.

14. O tipo de mutação em questão refere-se a uma inversão cromossômica.

15. E

O códon codificava originalmente uma histidina. Com a mutação, esse códon passa codificar uma leucina. Dessa maneira, o número original de aminoácidos na cadeia peptídica e o número de códon no RNAm se mantêm. Não se trata de uma mutação silenciosa.

16. B

Alterações de um único nucleotídeo (mutações pontuais) podem alterar a sequência de aminoácidos. É possível que as síndromes genéticas aconteçam por meio de mutações pontuais e cro-

mossômicas. Os genes não necessariamente se expressam na pessoa, principalmente se forem genes recessivos.

17. Síndrome de Turner. Essa anomalia tem como origem a perda parcial ou total de um cromossomo X.

Estudo para o Enem

18. E

Os brotos correspondem a clones de uma mesma planta. Portanto, o surgimento de características repentinas e distintas é explicado, atualmente, por mutações genéticas aleatórias e espontâneas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

19. E

As síndromes mencionadas nessa alternativa são trissomias, portanto, o procedimento pode ser útil para elas. Down tem cariótipo 47, XY+ 21 ou 47, XX +21, sendo uma trissomia. O experimento não pode ser útil para monossomias, porque há

ausência de um dos cromossomos e, se desativá-lo, podem ocorrer sérios danos ao indivíduo. O mesmo motivo se aplica à síndrome de Turner.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. E

Trata-se de uma criança com a trissomia do cromossomo 18, ou seja, síndrome de Edwards.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO

16 PRIMEIRA LEI DE MENDEL, NOÇÕES DE PROBABILIDADE, HEREDOGRAMAS E GEMELARIDADE

Comentários sobre o módulo

A primeira lei de Mendel foi abordada detalhadamente, com enfoque no método científico, apresentando-se as dificuldades encontradas por Mendel (com base em suas hipóteses) e destacando-se sua relevância para a Genética. Os conceitos cruzamento-teste e retrocruzamento também foram abordados, bem como sua importância para as pesquisas atuais. Por fim, foram apresentadas algumas noções de probabilidade para que o aluno tenha maior facilidade na resolução de exercícios que envolvam o conteúdo como um todo.

Foi discutida a importância da compreensão dos herodogramas no entendimento das heranças de determinados fenótipos e doenças genéticas. Além disso, foram apresentadas as formas de identificar as heranças autossômicas dominantes e as recessivas nas genealogias. Ademais, também foram abordados os processos capazes de produzir gêmeos monozigóticos e dizigóticos, bem como suas diferenças genotípicas e fenotípicas. Por fim, foi citado o conceito de epigenética, que se refere às interações gênicas com o ambiente que são capazes de alterar o fenótipo do indivíduo sem gerar mutações na molécula de DNA.

Para ir além

No *site* Ponto Ciência está disponível o jogo Bingo mendeliano, que trabalha diversos conceitos de genética. Disponível em:

<<http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/padrao-heranca-mendeliana/1190>>.

Acesso em: nov. 2018.

A reportagem da *BBC Brasil* aborda a probabilidade de uma mãe ter gêmeos mais de uma vez. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/06/130609_gemeos_chances_pai>.

Acesso em: nov. 2018.

O texto trata sobre as vantagens e desvantagens do aconselhamento genético na identificação de doenças genéticas. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/05/milhares-de-doencas-podem-ser-identificadas-por-exames-de-dna.html>>.

Acesso em: nov. 2018.

Exercícios propostos

7. D

Sendo os pais Bb, o cruzamento para gerar F2 se dará por: Bb × Bb, originando 1/4 BB, 2/4 Bb e 1/4 bb.

8. E

Todos os filhos e filhas terão o alelo, uma vez que o paciente terá o genótipo aa, por exemplo, e a doença é autossômica recessiva.

9. D

Um homem heterozigoto terá os alelos A e a, sendo que metade deles produzirá espermatozoides A e metade será a.

10. A fibrose cística é uma doença autossômica recessiva. Portanto, os indivíduos III-2 e III-3 são obrigatoriamente heterozigotos. Assim, o indivíduo IV-2 pode ser AA, Aa ou Aa, sendo em duas dessas três possibilidades portador do alelo recessivo (Aa), que é responsável pela doença. Dessa forma, a probabilidade é 2/3.

11. B

A característica não pula gerações, e a maioria dos indivíduos é afetada. Portanto, trata-se de uma herança dominante.

12. B

Os genótipos são os mesmos, por se tratar de gêmeos univitelinos ou monozigóticos. Entretanto, a exposição ao sol é diferente entre eles e faz a produção da melanina se alterar em quantidade.

13. A

Porque p (menino) = 1/2, p (afetado para fibrose cística) = 1/4 e p (afetado para fenilcetonúria) = 1/4. Basta multiplicar: $1/2 \times 1/4 \times 1/4 = 1/32$. A alternativa B está incorreta porque a filha pode ser homocigota dominante ou heterocigota para cada uma das doenças. A alternativa C está incorreta porque p (menina) = 1/2, p (afetado para fibrose cística) = 1/4 e p (afetado para fenilcetonúria) = 1/4. Basta multiplicar: $1/2 \times 1/4 \times 1/4 = 1/32$. A alternativa D está incorreta porque a mãe precisa ser heterocigota para ambas, já que tem um filho afetado para ambas as doenças. A alternativa E está incorreta porque a probabilidade de ser duplo dominante (CC e FF) é de $1/4 \times 1/4 = 1/16$.

14. A mulher está incorreta, porque a forma grave da doença é caracterizada pelo genótipo SS. Ela apresenta genótipo AS e seu marido, genótipo AA. Portanto, as possibilidades de filhos são: 50% normais (genótipo AA) e 50% com traço falciforme (genótipo AS), ou seja, 0% afetados gravemente, por não haver a possibilidade de combinação genotípica SS.

15. D

A mãe é canhota, e o pai é destro, filho de mãe canhota. Portanto, seus genótipos são cc e Cc, respectivamente. Desse cruzamento, 50% dos descendentes serão canhotos e 50%, destros heterozigotos (Cc.) A mãe tem visão normal, filha de daltônico, e o pai é daltônico. Os genótipos respectivos serão Dd e dd, o que resultará em 50% dos descendentes daltônicos (dd) e 50% normais heterozigotos (Dd). A probabilidade de a criança ser uma menina é $\frac{1}{2}$. Portanto, para a criança ser menina e heterozigota para os dois genes, basta multiplicar: $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$.

16. B

Os genótipos da mulher para polidactilia e visão são, respectivamente, Pp e Mm, e os genótipos do homem são, respectivamente, pp e mm. Portanto, os cruzamentos, tanto para polidactilia quanto para miopia, resultarão em $\frac{1}{2}$ normais para cada uma dessas anomalias. Portanto, o filho terá $\frac{1}{4}$ ou 25% de probabilidade de ser normal em relação a ambas as características. Basta multiplicar os valores: $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$.

17. A herança é do tipo autossômica recessiva, porque os filhos na família Alfa não apresentam essa característica. A probabilidade de a menina 1 da família Alfa ter um filho de cabelos azuis com o filho da família Beta é de 50%, pois obrigatoriamente a menina 1 é heterozigota pelo fato de sua mãe apresentar característica recessiva, inclusive o menino da família Beta. Assim, o cruzamento é realizado da seguinte forma: $Aa \times aa = 50\% Aa$ e $50\% aa$.

Estudo para o Enem

18. C

Como a mulher é portadora, significa que ela tem genótipo Aa, assim como seu marido. Portanto, o cruzamento será: $Aa \times Aa$ e resultará em $\frac{1}{4} AA$, $\frac{1}{2} Aa$ e $\frac{1}{4} aa$. Para apresentar a doença, por ser autossômica recessiva, ela necessita ter genótipo aa, sendo, portanto, 25%.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação

usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. B

Herodograma: É a montagem de um grupo familiar com o uso de símbolos, também conhecido como genealogia, mapa familiar ou *pedigree*.

Gene: Cada segmento de DNA capaz de transcrever sua mensagem em uma molécula de RNA.

Genótipo: É a constituição genética de um organismo, ou seja, o conjunto de alelos que ele herdou dos genitores.

Fenótipo: São as características internas ou externas de um ser vivo, que são geneticamente determinadas.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. D

O herodograma se refere a uma doença autossômica recessiva, por pular gerações e apresentar poucos afetados. O casal 7 e 8 são heterozigotos, pelo fato de haver um afetado (indivíduo 11) entre os quatro filhos. Portanto, o indivíduo 10 possui o genótipo dominante e, para ele ser portador do gene recessivo, isto é, ser heterozigoto, a probabilidade é de $\frac{2}{3}$. ($Aa \times Aa = \frac{1}{4} AA$, $\frac{2}{4} Aa$ e $\frac{1}{4} aa$. Como sabemos que, das possibilidades, ele já tem o A, então ele pode ser: AA, Aa ou Aa, sendo das 3 possibilidades, 2 para carregar o alelo recessivo. Assim, a resposta é $\frac{2}{3}$ ou 67%.)

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

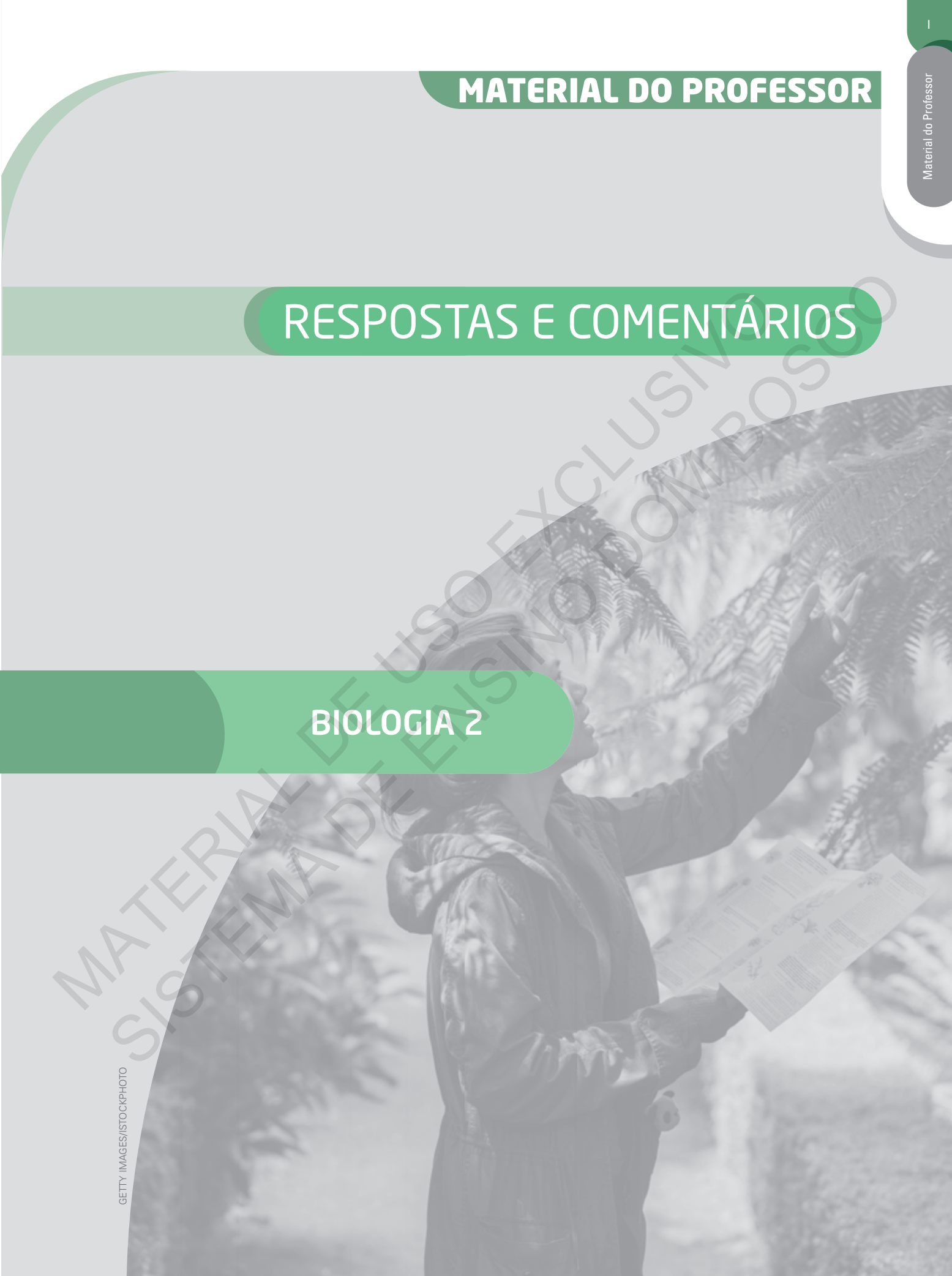
Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

BIOLOGIA 2

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



1 CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS, DOMÍNIOS DA NATUREZA E VÍRUS

Comentários sobre o módulo

Neste módulo, os temas centrais são a classificação biológica e a filogenia, assim como a nomenclatura binomial. Inicialmente é apresentado um breve histórico da organização e classificação dos seres vivos de Aristóteles a Lineu, com desfecho nas atuais árvores filogenéticas atuais. Introduza as informações dos grandes domínios e filos e da sistemática filogenética. As atividades das relações filogenéticas ganham força no meio científico e no meio acadêmico, uma vez que facilitam a compreensão da grande diversidade e das relações de parentesco. Neste livro, para a classificação dos seres vivos, são seguidas as propostas de Sandra L. Baldauf, de 2008.

Muitas divisões e agrupamentos dos seres vivos vêm sendo propostos ao longo dos anos. A sistemática é uma área de constantes modificações, especialmente nos dias atuais, com o advento e aperfeiçoamento das tecnologias de análise moleculares. Após os estudos baseados em análises do RNA ribossômico, a proposta de Woese dos três domínios tem sido bem aceita e adotada. Na ideia do cientista, os procariontes estão distribuídos em dois grandes domínios, o Archaea e Bacteria. Archaea é considerado grupo-irmão dos Eukarya, em virtude da presença de proteínas semelhantes às histonas associadas ao DNA, além de várias proteínas e de vias metabólicas. Os Eucariontes agrupam os demais filos. Os Eukarya não formam um grupo monofilético, o que torna o trabalho dos sistemas muito mais difícil.

Os vírus são apresentados com embasamento teórico que trata de estrutura e fisiologia, além de esquemas de identificação de ciclos replicativos. O estudo dos vírus é ampliado com uma síntese das principais viroses conhecidas. Destacam-se as infecções virais, em especial a Aids.

Para ir além

O *site* Khan Academy, da Fundação Lemann, disponibiliza vídeos variados sobre temas da Biologia. Disponível em:

<http://www.fundacaolemann.org.br/khanportugues/#videos>

Acesso em: abr. 2018.

Indique aos alunos o simulador “Taxonomia”, que apresenta a classificação e o nome científico, de forma comparativa, de plantas e insetos. Disponível em:

<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br>

Acesso em: abr. 2018.

Acesse informações sobre a evolução das vacinas anti-HIV nos *links*:

<http://www.giv.org.br/Publica%20A7%20B5es/Vacinas-e-Novas-Tecnologias-de-Preven%20A7%20A3o-do-HIV-AIDS.pdf>;

http://giv.org.br/boletimvacinas/Boletim_Vacinas_GIV_Edicao_31.pdf>.

Acessos em: abr. 2018.

Alguns conceitos sobre sistemática filogenética podem ser lidos no trabalho de Luiz Augusto Mazzarolo chamado *Conceitos básicos de sistemática filogenética – Material de curso*. Disponível em:

http://www.mzufba.ufba.br/WEB/Ensino_Arquivos/Mazzarolo_Apostila.pdf

Acesso em: abr. 2018.

Exercícios propostos

7. C

A terminologia *idae* indica que o termo se trata de uma família de animais. Para plantas, a terminologia para família é *aceae*.

8. B

O conceito biológico de espécie considera que espécies diferentes não produzem descendentes férteis, o que não está acontecendo entre as duas espécies de lobo citadas no enunciado, pois elas continuam se acasalando e produzindo descendentes férteis. Portanto, podem ser consideradas da mesma espécie, uma vez que existe um fluxo gênico entre as espécies citadas condizente com o conceito biológico de espécie.

9. B

Os indivíduos pertencem ao mesmo gênero pois apresentam a mesma palavra na primeira parte do nome científico.

10. A

O Zika vírus é um vírus de RNA, porém, sem a transcriptase reversa (logo, não se trata de um retrovírus). Integrante da família Flaviviridae, é transmitido ao ser humano pela picada do mosquito *Aedes aegypti* (fêmea). Dentre os sintomas, uma leve coceira e uma discreta dor articular são bastante comuns, além da ocorrência de manchas vermelhas a partir do quinto dia. Eventualmente podem ocorrer complicações neurológicas (inclusive há relação com síndrome de Guillàn-Barré), sem que ocorram quadros de microcefalia.

11. B

De acordo com as regras de nomenclatura, a nomenclatura é binominal, na qual o primeiro nome indica o gênero e o segundo, um adjetivo, é o epíteto específico (e não pode aparecer sozinho). O gênero deve ter inicial maiúscula, e o nome específico deve ter inicial minúscula. Ambos devem ser destacados do texto (grifados; itálico; negrito).

12. C

O vírus da dengue é transmitido pela picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti*. Suas fases jovens desenvolvem-se na água limpa e há redução em sua taxa reprodutiva em temperaturas abaixo de 17 °C.

13. C

Por ser análogo ao nucleosídeo do vírus HIV, ele substitui o nucleosídeo e impede a correta síntese do DNA.

14. a) Os vírus são constituídos, basicamente, por um capsídeo de proteínas que envolve o material genético, geralmente DNA ou RNA. São exemplos de zoonoses virais: dengue e febre amarela (transmitidas por fêmeas infectadas do mosquito *Aedes aegypti*) e raiva (virose transmitida por morcegos, cães, gatos e outros animais infectados).

b) O vírus ebola é transmitido de pessoa para pessoa por meio de secreções do portador, tais como suor, sangue, urina, lágrima, sêmen etc. O vírus da gripe é transmitido diretamente de pessoa para pessoa por gotículas de saliva contendo o vírus, secreções nasais ou contato com o portador ou com objetos contaminados.

15. $15 = 01 + 02 + 04 + 08$

Esta é a resposta, se tomarmos a classificação de Whittaker, o qual emprega o termo *Monera* para representar os procariontes, que não apresentam membrana nuclear. Líquens e briófitas não pertencem ao filo Fungi.

16. a) Não. O nome específico de *Khruschewia ridicula* deveria estar escrito em maiúscula: *Khruschewia ridicula*. Os nomes estão grafados em itálico ou em negrito. Apenas um destaque seria necessário para seguir adequadamente as normas de nomenclatura.

b) Apenas I e II estão corretas. Todos os citados são hiponeuros e deuterostômios. Hiponeuros são animais em que o cordão nervoso é ventral, abaixo do tubo digestivo. Sendo assim, classificam-se como epineuros os animais em que o cordão nervoso é dorsal, acima do tubo digestivo. Dentro da classificação deuterostômio (em grego, *deuteros* = posterior e *stoma* = boca) estão compreendidos vários filos que compartilham de diversos aspectos embrionários semelhantes, como a forma da clivagem, a forma de suas larvas, o desenvolvimento do celoma e pelas aberturas embrionárias que originarão a boca e o ânus.

17. A mortandade natural de primatas indica a presença do vírus da febre amarela na região. Explicação: regiões tropicais são quentes e úmidas, favorecendo a proliferação do mosquito que transmite a doença.

Estudo para o Enem

18. A

As alternativas B, C, D e E estão incorretas. Edward Jenner foi responsável pela elaboração da primeira vacina. O desenvolvimento deste método de imunização é responsável pela prevenção de inúmeras doenças infectocontagiosas ao redor do mundo.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

19. B

A obtenção da vacina depende principalmente da pouca variabilidade do vírus, ou seja, quanto mais variabilidades esse vírus tiver, mais difícil será para conseguir uma vacina efetiva contra ele.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. B

Antes dessa descoberta, a característica pena era a novidade evolutiva que a separava dos demais grupos. Com a descoberta desse fóssil com penas, acredita-se, pela hipótese filogenética, que aves e répteis tiveram um ancestral comum.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

2 PROCARIOTOS E A SOCIEDADE

Comentários sobre o módulo

O estudo dos seres procarióticos é o tema central deste capítulo e foi tratado de forma conjunta em diversos tópicos, apresentando-se de forma oportuna as diferenças entre representantes dos domínios Archaea e Bacteria. As arqueias e as eubactérias (bactérias e cianobactérias) são apresentadas de forma distinta, com o objetivo de facilitar a compreensão sobre elas. Embora ainda persistam algumas classificações que incluem as cianobactérias junto às algas, optamos por seguir a classificação mais atualizada, que assume estes organismos como pertencentes ao domínio Bacteria. No entanto, é possível que alguns exames de vestibular utilizem a classificação antiga, por isso é importante que todas as abordagens sejam apresentadas para o aluno.

Procure desenvolver os conceitos básicos referentes a estruturas e hábito de vida, nutrição, reprodução das arqueias e bactérias, de modo comparativo. Uma forma interessante de abordagem é relacionar o estudo de cada grupo e suas estruturas ao seu hábito de vida. Ressalte a importância desses seres para o ambiente e a economia do país, assim como questões relacionadas à saúde humana e à dos animais. É importante a fixação do conhecimento dos diferentes tipos de nutrição e de respiração dos procariotos, para isso procure demonstrá-lo por meio de esquemas e outros meios recursos.

Atualmente, as bactérias já não são mais consideradas apenas como vilãs causadoras de doenças, já que sua importância ambiental e econômica é bem conhecida. Em contrapartida muitos comportamentos humanos levaram à formação das superbactérias causando inúmeras mortes. Esse tem sido um tema recorrente nos exames de vestibular, devendo, portanto, ser bem trabalhado.

Ressalte a importância dos procariotos tanto para o ambiente como para a economia (agricultura e indústria), assim como para a saúde humana, dos animais e das plantas. O conhecimento dos meios de transmissão é a melhor forma de prevenção de contaminação por doenças bacterianas. Por isso, reforce a importância de se conhecer como cada bacteriose é adquirida. A conscientização sobre os riscos envolvidos na falta de higiene adequada, do não uso de preservativos, da aplicação de vacinas, entre outros, é uma forma de combater a doenças bacterianas.

Para ir além

Comente a importância das cianobactérias como produtoras de O_2 e indique a leitura do artigo “Bolhas de oxigênio são descobertas em estromatólitos com 1,6 bilhão de anos”. Disponível em:

<https://ciberia.com.br/bolhas-oxigenio-estromatolitos-34672>

Acesso em: jul. 2018.

Leia o artigo da revista *Scientific American Brasil* sobre a criação de bactérias com genes sintetizados, baseada em informações digitais e informatizadas. Disponível em:

http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/fabricada_a_primeira_bacteria_sintetica.html

Acesso em: jun. 2018.

Ainda sobre as cianobactérias, o Ministério da Saúde disponibiliza para leitura *Cianobactérias/cianotoxinas: procedimentos de coleta, preservação e análise*, em que discorre sobre as espécies, suas toxinas e consequências para a saúde. Disponível em:

<<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/19/cianobacterias-cianotoxinas-2...pdf>>

Acesso em: jun. 2018.

No artigo do Instituto de Botânica (UBt) sobre fungos liquenizados, é discutida a relação ecológica entre fungos e cianobactérias e a importância dos líquens como bioindicadores. Disponível em:

<http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Fungos_Liquenizados_Spielmann_&_Marcelli.pdf>

Acesso em: jun. 2018.

Exercícios propostos

7. C

A resistência a antibióticos em bactérias pode ocorrer de maneira natural ou adquirida. As altas taxas de mutação e recombinação genética, características intrínsecas das bactérias, conferem resistência a esses microrganismos. Ainda, a utilização de antibióticos de forma incorreta e indiscriminada acaba selecionando as bactérias mais resistentes, que se multiplicam rapidamente transmitindo essa característica, tornando o antibiótico utilizado ineficiente ao tratamento.

8. E

Uma vez que a bactéria *Rhizobium* vive internamente nas raízes de leguminosas, elas são anaeróbicas.

9. C

São as nitrobactérias ou nitrificantes, que fazem parte do ciclo do nitrogênio e o utilizam como fonte de energia.

10. E

As bactérias decompositoras utilizadas no tratamento dos efluentes contendo esgoto doméstico realizam a respiração aeróbia, porque utilizam o gás oxigênio para transformar a matéria orgânica em matéria inorgânica.

11. Comumente encontrada no estômago humano, a *Helicobacter* é uma bactéria acidófila, sendo sua presença associada ao surgimento de úlceras e gastrite. A bactéria *Enterococcus* sobrevive em ambientes com pH próximo a 4, como ocorre no duodeno, quando o alimento acidificado proveniente do estômago recebe secreções que tendem a alcalinizá-lo. A *Escherichia* está comumente associada ao intestino grosso, local de pH aproximadamente neutro, e faz parte do bolo fecal.
12. C
O *Aedes* é um mosquito que sua fase larvar desenvolve em água preferencialmente limpa e acima de 18 graus Celsius.
13. a) A puromicina tem ação antibiótica, pois interrompe a síntese proteica bacteriana, comprometendo o metabolismo e ocasionando a morte desses organismos. A massa molecular média de uma dada proteína será menor na presença do antibiótico, porque o medicamento impede a adição de novos aminoácidos e, conseqüentemente, a formação das proteínas bacterianas.
b) A taxa de sobrevivência das células que receberam esses genes será maior, porque o produto do transgene destrói a puromicina que abrevia o tempo de vida das células que não receberam o gene.
14. E
A doença de Chagas, giardíase e leishmaniose são doenças causadas por protozoários (protistas). A dengue, o sarampo e a herpes são moléstias provocadas por vírus. Ancilostomíase (amarelão) e ascaridíase são verminoses. As micoses são causadas por fungos microscópicos.
15. A
Algumas bactérias são capazes de produzir álcool a partir da fermentação de moléculas orgânicas, presentes no soro do leite, e no bagaço da cana.
16. C
Os antibióticos selecionam os tipos resistentes e eliminam as bactérias sensíveis à sua ação.
17. A ausência de acetilcolina bloqueia, temporariamente, a transmissão neuromuscular do impulso nervoso nos músculos da face, relaxando-os. Nas condições de baixa concentração de oxigênio encontradas no interior das latas de alimentos em conserva, é favorável ao crescimento da bactéria, aumentando a produção de CO₂ por fermentação, estufando as latas.

Estudo para o Enem

18. E
Antibióticos são medicamentos que agem exclusivamente contra bactérias. Eles atuam inibindo a síntese de proteínas específicas de bactérias (por exemplo ribossomos) ou a produção de sua parede celular.
- Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
- Habilidade:** Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.
19. E
Se a doença já está atacando o rebanho, os veterinários não podem aplicar uma medida preventiva como é o caso das vacinas. Uma vez que o agente causador é um ser unicelular e procaríoto, ou seja, uma bactéria, o medicamento utilizado só pode ser um antibiótico.
- Competência:** Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.
- Habilidade:** Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.
20. E
As sacolas biodegradáveis são fabricadas com materiais renováveis, que se decompõem com mais facilidade através da ação de microrganismos, como bactérias; enquanto as sacolas comuns, que são derivadas do petróleo, levam anos para se decompor.
- Competência:** Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicas.
- Habilidade:** Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

3 PROTISTAS: PROTOZOÁRIOS E ALGAS

Comentários sobre o módulo

A classificação dos protistas é objeto de grande divergência na Biologia, sofrendo por isso modificações com muita frequência.

Inicialmente é apresentada a classificação mais recente dos protistas, que leva em consideração os processos evolutivos com base nos eventos de endossimbiose. Nesse momento, espera-se que o aluno já tenha compreensão desse processo, que foi estudado em detalhes na Frente 1. Nesse contexto, são apresentadas as relações entre os grupos, a fim de organizar o estudo.

A partir desse ponto, a sequência didática adotada divide tais seres em protozoários, tema deste módulo, e algas, que serão abordadas no próximo módulo.

As características dos protozoários são apresentadas de maneira genérica. A classificação tradicional é apresentada por ainda ser adotada em alguns exames de vestibular. Em seguida, a classificação mais recente (tratada na introdução) é retomada, e os filos dos protozoários são estudados de maneira independente.

As doenças causadas por protozoários são discutidas por meio de quadros-síntese, com informações sobre os transmissores, meios de transmissão e sintomas. Os ciclos de vida das principais protozooses cobradas em exames de vestibular são descritos e apresentados em infográficos.

Continuando o estudo dos protistas, neste módulo as algas são apresentadas, descrevendo características básicas que permitem sua identificação e distinção dos demais organismos protistas. Retome a classificação dos protistas como grupo sem valor taxonômico e a filogenia já estudada. Neste momento, torna-se necessária a compreensão de que se trata de um grupo polifilético, o qual se encontra em constantes mudanças taxonômicas, à medida que se concluem novas pesquisas.

São apresentadas argumentações clássicas sobre a classificação das algas com base nos tipos de pigmentos, justificada pelas contínuas mudanças sistêmicas publicadas nos últimos anos. Apenas os principais filos são estudados mais detalhadamente.

Embora seja indispensável o entendimento dos ciclos haplonte, diplonte e diplobionte de vida das algas, esses ciclos de vida serão mais bem detalhados na próxima unidade, na qual haverá um módulo dedicado somente à análise de seu desenvolvimento na frente 1.

Para ir além

Confira as principais doenças causadas por protozoários. Disponível em:

https://midia.atp.usp.br/plc/plc0501/impressos/plc0501_06.pdf

Acesso em: jul. 2018.

Confira o artigo “Água com protozoários em São Paulo” sobre os principais grupos de protozoários em 16 bacias e sub-bacias do estado de São Paulo. Disponível em:

<http://revistapesquisa.fapesp.br/2004/10/01/agua-com-protozoarios-em-sao-paulo/>

Acesso em: jul. 2018.

Neste estudo, pesquisadores de diversas instituições e países uniram-se para investigar as causas, as origens e os possíveis impactos da aparição inédita de um imenso tapete de algas flutuantes na costa brasileira entre 2014 e início de 2015. Desde então, o gênero *Saragassum* tem sido comumente observado em praias brasileiras. Disponível em:

<http://agencia.fapesp.br/estudo-discute-origem-de-algas-flutuantes-que-invadiram-a-costa-brasileira-/25270/>

Acesso em: jul. 2018.

Pesquisas têm sido realizadas para analisar a eficácia de certas algas no tratamento de diversas doenças. Informações seguras podem ser obtidas no livro *Introdução à Botânica*, de Murray W. Nabors, Editora Roca, 2012.

Exercícios propostos

7. 12 (04 + 08)

A esporulação é um tipo de reprodução assexuada. Transdução é a transferência indireta e horizontal de genes de uma bactéria a outra por intermédio de um vírus, o bacteriófago.

As algas podem apresentar três tipos de ciclos de vida: haplonte, diplonte e diplobionte (haplonte-diplonte). No ciclo diplobionte, ocorre alternância de gerações; indivíduos diploides (esporófitos) formam células haploides que se diferenciam em esporos, os quais originam indivíduos haploides (gametófitos). Todas as plantas apresentam ciclo de vida diplobionte, ou seja, com alternância de gerações, em que a fase esporófitica é sempre diploide, e a fase gametófitica é haploide.

8. D

A tripanossomíase americana é causada pelo protozoário (protoctista) *Trypanosoma cruzi*. Esse microrganismo flagelado é transmitido ao humano pelo contato com as fezes contaminadas de insetos hemípteros (percevejos) denominados popularmente como “barbeiros” ou “chupanças”. A entrada pode se dar pela abertura da picada ou por via oral.

9. D

As algas que surgiram apenas por endossimbiose primária foram as algas vermelhas e as algas verdes, assim como as plantas terrestres. Os demais

organismos clorofilados surgiram por endossimbiose secundária com algas verdes ou vermelhas unicelulares. Acredita-se que protistas mitocôndriados que fagocitaram algas verdes ou vermelhas incorporaram os cloroplastos e, por isso, estes apresentam três ou quatro membranas.

10. O diatomito, também chamado de terra de diatomáceas, é uma rocha sedimentar que se forma pela deposição dos restos microscópicos das carapaças de algas diatomáceas em mares, lagoas e pântanos. As carapaças são o esqueleto silicoso que forma as valvas. A deposição origina, em milhares de anos, depósitos estratificados ou maciços.

11. B

As algas dinoflageladas vivem dentro dos tecidos dos corais, em uma relação de simbiose e, portanto, são organismos endossimbiontes.

12. D

Os organismos mais comuns causadores das marés vermelhas pertencem ao grupo Dinophyta, chamados dinoflagelados. Esses organismos sintetizam toxinas letais para o sistema nervoso dos animais. As cianobactérias e mais raramente algumas algas pirrófitas (gêneros *Peridinium* e *Gonyaulax*) podem causar o fenômeno da maré vermelha.

13. 15 (01 + 02 + 04 + 08)

01. e 02. O *Trypanosoma cruzi* é um protozoário causador da doença de Chagas e tem como vetor o percevejo conhecido como barbeiro (*Triatoma brasiliensis*).

04. O inseto conhecido por mosquito-palha, um flebotomíneo, é o vetor responsável pela transmissão da leishmaniose.

08. A leishmaniose visceral é causada pelo protozoário *L. chagasi*, que apresenta multiplicação constante no interior de macrófagos do sistema retículo endotelial, incluindo o baço, o fígado e a medula óssea. Como consequência, ocorre febre, aumento do fígado e baço (hiperplasia), perda de peso, fraqueza, redução da força muscular, anemia etc.

14. a) Plasmodium.

b) Esporozoítos.

c) Merozoítos.

d) De multiplicação que ocorre nas hemácias e quando há liberação de novos merozoítos e suas toxinas.

e) O mosquito suga plasmódios na forma de gametócitos.

f) No interior do mosquito, os gametócitos se transformam em gametas e só então ocorre a for-

mação de um zigoto. O zigoto fixa-se na parede do estômago e forma o oocisto, no interior do qual se originam vários esporozoítos. Esses migram para as glândulas salivares do inseto e são transmitidos a pessoas saudáveis, fechando o ciclo biológico.

15. D

Nem todas as algas verdes são unicelulares. Existem espécies lamentosas, como a *Codium magnum*, por exemplo, que atinge um comprimento superior a 8 metros e largura de até 25 cm.

16. A

Os vacúolos contráteis, também chamados de pulsáteis, regulam a quantidade de água no corpo do protozoário, bombeando para fora o excesso.

17. A transmissão pode ocorrer pela ingestão de alimentos contaminados, como carne malcozida e água contaminada; pelo contato com as fezes de gatos infectados, ao limpar a caixa de areia, por exemplo; pela transmissão vertical de mãe para filho; e pela transfusão sanguínea.

Estudo para o Enem

18. B

As algas são os principais produtores do ambiente aquático e, portanto, a base fundamental da cadeia alimentar citada.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial nos brasileiros.

19. C

A doença de Chagas está relacionada à presença do percevejo triatomídeo, conhecido como barbeiro. Ele se instala em habitações de pau a pique ou em frestas. Por isso é importante melhorar as condições da habitação e, principalmente, usar tela nas janelas e mosquiteiro nas camas.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

20. E

A destruição do hábitat do barbeiro e o desaparecimento de seus hospedeiros silvestres promovem a migração desse animal para o meio antrópico, onde passará a se abrigar em residências e a se alimentar de humanos, aumentando assim o contágio da doença.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas

relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

4 FUNGOS E A SOCIEDADE

Comentários sobre o módulo

Os fungos compreendem um grupo abrangente, com grande diversidade morfológica e estrutural. Sua classificação é complexa, com muitas atualizações sendo introduzidas ao longo da evolução dos estudos de sistemática, baseada principalmente na análise filogenética do DNA. Apenas quatro filos foram tratados, mas já existem outras divisões como subfilos e outras classes, sobre as quais não é conveniente tratar no momento.

As imagens e a tipificação conceitual facilitam a compreensão de sua classificação biológica. O grupo dos fungos imperfeitos, antigamente denominados deuteromicetos, não é mais considerado com caráter taxonômico. As espécies nele contidas já estão redistribuídas nos filos atuais.

Os Chytridiomycota ou quitrídios são predominantemente aquáticos, mas podem ser encontrados no deserto e até no trato digestório de ruminantes, onde são anaeróbios obrigatórios. A sistemática do grupo baseia-se na morfologia de estruturas somáticas e reprodutivas. O ciclo de vida difere de todos os demais filos por apresentar meiose esporica e alternância de gerações. Tanto gameta quanto esporos são flagelados, únicas células móveis encontradas no reino Fungi. Tal característica evidencia que este seja o filo mais basal do reino, considerando sua ocorrência nos ancestrais desse grupo – protozoários relacionados com o grupo dos coanoflagelados. Como o grupo não está na classificação tradicional, julgamos válido um relativo aprofundamento nesse ponto.

Neste módulo o estudo dos fungos é aprofundado em relação ao seu uso na alimentação e na indústria farmacêutica, bem como sua importância médica e econômica. Foram abordados também casos em que os fungos aparecem em associações simbióticas, como os líquens e as micorrizas, e até em associações com outros organismos.

Para ir além

Neste estudo, cientistas brasileiros e norte-americanos investigaram a bioluminescência em cogumelos e descobriram uma importante relação com o relógio biológico. Disponível em:

<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/03/cientistas-descobrem-que-fungo-que-brilha-no-escuro-tem-relogio-biologico.html>

Acesso em: jul. 2018.

Com base no conhecimento de que alguns fungos produzem compostos chamados de hidrocarbonetos para se protegerem de bactérias, pesquisadores das universidades Estadual de Washington, nos Estados Unidos, e Aalborg, em Copenhague, na Dinamarca, desenvolveram um método para que uma linhagem do fungo *Aspergillus carbonarius* produza combustível de

aviação, um tipo de hidrocarboneto, usando biomassa lignocelulósica. Confira o estudo completo em:

<http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/06/16/combustivel-dos-fungos/>

Acesso em: jul. 2018.

Neste vídeo, a bióloga Dr. Daniela Crepaldi discute sobre a ação dos fungos nos alimentos:

https://www.youtube.com/watch?v=g5JLI8D2f_4

Acesso em: ago. 2018.

Este vídeo apresenta a classificação dos fungos e suas principais características:

<https://www.youtube.com/watch?v=6ZTeL4nyCg8>

Acesso em: ago. 2018.

Exercícios propostos

7. E

Fungos são organismos heterótrofos, ou seja, não produzem o próprio alimento, mas se alimentam de outros organismos. Desse alimento, produzem proteínas e carboidratos para obter energia e matéria para crescer.

8. B

Os líquens são associações de fungos com algas (considerados protistas) ou cianobactérias, organismos procariontes, estabelecendo relação simbiótica em que os dois indivíduos são beneficiados.

9. D

Uma das importantes associações dos fungos com as plantas é a simbiose das micorrizas. Os fungos se prendem às raízes, degradam materiais do solo, absorvem os nutrientes e os transferem à planta, propiciando-lhe um crescimento sadio. A planta cede ao fungo parte dos açúcares e aminoácidos sintetizados por ela.

10. D

Para atender à solicitação, as uvas devem ser colhidas mais maduras (com maior teor de açúcar), e a fermentação deve ser mais demorada. Assim, ocorre redução do teor de açúcar e produção de maior quantidade de álcool.

11. B

Os fungos unicelulares, especialmente as leveduras, têm reprodução por processo assexuado de brotamento. No entanto, em certas situações, podem formar esporos por mitose ou por fusão de células. Analisando as demais alternativas, somente os quitrídios apresentam esporos flagelados; o fermento do pão é composto de leveduras unicelulares; cogumelos e parasitas *Candida albicans* pertencem a filos diferentes.

12. 62 (02 + 04 + 08 + 16 + 32)

Todos os fungos são heterotróficos. Podem ser de mutualistas, parasitas ou saprobiontes. Muitos são empregados na alimentação, apesar de alguns serem tóxicos. Apresentam reprodução assexuada, mas alguns filós têm também a reprodução sexuada.

13. B

O corpo de frutificação forma a estrutura conhecida como cogumelos.

14. B

O item I é falso, uma vez que os fungos são aclofilados, ou seja, não possuem clorofila para realizar fotossíntese. O item IV é falso, pois os microrganismos empregados na fabricação de iogurtes são as bactérias, e não os fungos.

15. B

Alguns fungos produzem substâncias que inibem o crescimento de bactérias, como é o caso da penicilina.

16. C

Ao contrário da afirmativa, o micélio é formado por um conjunto de hifas. Os fungos não são autotróficos, e sim heterotróficos por absorção.

17. a) Eles são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica nos ecossistemas.

b) Porque as toxinas permanecem nas sementes mesmo após os fungos serem eliminados delas.

c) Assemelham-se com os animais por serem heterótrofos e assemelham-se com as plantas por possuírem parede celular.

Estudo para o Enem

18. D

Os fungos são heterótrofos que se desenvolvem com facilidade em ambientes quentes, úmidos, e com matéria orgânica.

Competência: Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Habilidade: Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

19. A

A fabricação de pães ocorre por fermentação alcoólica, que é um evento anaeróbico em que há a produção de álcool (etanol) e gás carbônico, sendo este responsável pelo crescimento da massa.

Competência: Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

Habilidade: Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

20. A

Líquens são associações entre cianobactérias que realizam a fotossíntese e fungos com grande capacidade de absorção de água e sais minerais. Embora haja divergência sobre o tipo de relação ecológica que ocorre, tradicionalmente se considera que ocorre uma relação simbiótica.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

5 BRIÓFITAS: PLANTAS AVASCULARES - PTERIDÓFITAS: PLANTAS VASCULARES

Comentários sobre o módulo

Considera-se que uma linhagem ancestral de algas verdes, similar às carófitas atuais, evoluiu e deu origem às plantas terrestres. Estas compreendem cerca de 290 000 espécies viventes, e seus primeiros representantes começaram a ocupar o ambiente terrestre entre 470 e 450 milhões de anos atrás. As plantas terrestres também são chamadas de embriófitas e têm ciclo de vida denominado alternância de gerações (ou metagênese), processo no qual se alternam duas gerações de organismos multicelulares distintos (gametófito e esporófito). Nas briófitas, a geração mais duradoura ou persistente é a gametofítica (haploide). É importante diferenciar a nomenclatura adotada para os gametas nos diferentes grupos de plantas. Em briófitas e pteridófitas, o gameta feminino é chamado de oosfera e o masculino de anterozoide. O termo óvulo é usado, em botânica, apenas para os gametas femininos de gimnospermas e angiospermas, grupos em que o gameta masculino é o pólen.

Nas traqueófitas, surgiram os esporófilos, folhas modificadas que portam os esporângios – estruturas produtoras de esporos. Nas samambaias, os conjuntos de esporângios estão contidos em estruturas chamadas soros. A maioria das pteridófitas são isosporadas, ou seja, produzem esporos de um único tipo. Porém, em algumas pteridófitas (espécies dos gêneros *Selaginella* e *Isoetes*) e em todas as plantas com sementes, dois tipos de esporos são produzidos, sendo denominadas plantas heterosporadas.

Assim como nas briófitas, o anterídio (gametângio masculino) e o arquegônio (gametângio feminino) produzem, por mitose, os gametas masculinos (anterozoides) e femininos (oosfera), respectivamente. No interior dos esporângios, os esporócitos sofrem meiose e originam os esporos (haploides).

Para ir além

Indique aos alunos o artigo publicado no *site* da BBC Brasil sobre a origem dos musgos no noroeste da América do Norte. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/ciencia/2011/01/110113_musgo_mv>

Acesso em: out. 2018.

Outro artigo referente aos musgos, também publicado no *site* da BBC Brasil, pode despertar o interesse dos alunos. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/03/140318_musgo_ressurge_pesquisa_fn>

Acesso em: out. 2018.

O artigo do *link* a seguir apresenta e compara a composição florística de pteridófitas em três ambientes da bacia dos rios Guamá, Belém e Pará. Além disso, propõe estratégias de conservação para as espécies consideradas vulneráveis. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672004000100005>

Acesso em: out. 2018.

No texto presente no *link* abaixo, discorre-se até que ponto samambaias e licófitas podem ser afetadas pelas mudanças climáticas. Disponível em:

<<http://revistas.jardimbotanico.ibict.br/index.php/heringeriana/article/view/15/20>>

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. B

Os musgos são briófitas, plantas com ciclo de vida haplodiplobionte. A fase haploide (n) é o gametófito e corresponde ao vegetal verde, duradouro e persistente. O esporófito, fase diploide (2n), depende do gametófito para sua nutrição. Não são conhecidas espécies marinhas de briófitas. As briófitas não possuem tecidos especializados, como vasos condutores (xilema e floema) e tecido de preenchimento.

8. B

Briófitas e pteridófitas são plantas dependentes da água para a reprodução sexuada, porque produzem gametas biflagelados (anterozoides) que “nadam” até a oosfera. As espermatófitas compreendem as plantas com sementes (gimnospermas e angiospermas); as fanerógamas (plantas com estruturas reprodutoras evidentes) também compreendem as gimnospermas e as angiospermas. Gimnospermas e angiospermas não dependem de água para a reprodução em razão do surgimento de uma novidade evolutiva: o tubo polínico (gametófito masculino).

9. B

Nas pteridófitas, o esporófito (diploide) representa o vegetal desenvolvido, verde e perene. Os embriões multicelulares de plantas não têm cavidades internas. As plantas do reino Plantae (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas) que se reproduzem sexuadamente apresentam alternância de ploidia, com uma geração haploide (n), representada pelo gametófito, seguida por uma geração diploide (2n), representada pelo esporófito.

10. B

No ciclo de vida das pteridófitas, após a fecundação do gameta feminino, forma-se o esporófito, correspondente ao vegetal dominante (diploide), autótrofo, que produz esporos (n) por meiose. A germinação dos esporos produz o protalo (gametófito), planta transitória, haploide e autótrofa, que forma gametas por mitose em gametângios microscópicos.

11. E

No ciclo de vida das briófitas, após a fecundação do gameta feminino pelo anterozoide (gameta masculino), forma-se o esporófito, que se desenvolve sobre o gametófito feminino. O esporófito (diploide) corresponde à fase do ciclo de vida das briófitas de curta duração, que é dependente do gametófito (haploide) para sua nutrição. O esporófito produz esporos (n) por meiose. A germinação dos esporos produz o protonema (gametófito), que cresce e origina a planta adulta, autótrofa e fotossintetizante, a qual representa a fase duradoura do ciclo de vida das briófitas. Completando o ciclo de vida, o gametófito forma gametas por mitose em gametângios microscópicos.

12. D

(I) Correta. O grupo mais antigo de plantas é o grupo das briófitas, no qual o gametófito haploide é a fase desenvolvida e duradoura, enquanto o esporófito é a fase menos duradoura.

(II) Correta. Samambaias (pteridófitas), pinheiros (gimnospermas) e plantas com flores (angiospermas) são traqueófitas e apresentam esporófito diploide duradouro, além de possuírem raízes, caules e folhas verdadeiras.

(III) Incorreta. O grupo que apresenta raízes, caules e folhas não verdadeiras são as briófitas. Os grupos que apresentam gametófito e esporófito com igual duração são as algas (organismos protistas).

13. $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$

14. (I) Correta. Em todos os grupos vegetais, o esporófito é diploide (2n), enquanto o gametófito é haploide (n).

(II) Correta. Nas briófitas o gametófito (n) é mais desenvolvido que o esporófito (2n). Nos demais grupos de plantas, é o inverso, ou seja, o esporófito é mais desenvolvido que o gametófito.

(III) Correta. Uma das características das briófitas é a falta de tecidos condutores, motivo pelo qual essas plantas apresentam tamanho reduzido.

(IV) Incorreta. Em todos os grupos vegetais (briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas), a meiose é esporica.

15. C

Os fungos são organismos exclusivamente heterotróficos por absorção e armazenamento de glicogênio como fonte de reserva. Essas características (heterotrofia e armazenamento de energia na forma de glicogênio) fornecem evidência de maior proximidade filogenética entre os fungos e os animais. Já as plantas são seres autotróficos fotossintetizantes, e sua reserva de energia é o amido.

16. B

A germinação dos esporos (n) – que precede a formação do gametófito (chamado de protalo) –

ocorre por divisões mitóticas sucessivas. A planta em questão é uma samambaia (pteridófito) e portanto, tem sistema vascular (xilema e floema). O esporófito (diploide) é a fase dominante. Os esporos são formados por meiose, divisão celular em que há a separação dos cromossomos homólogos.

17. Em todos os grupos, ocorre a alternância de gerações, também chamada de metagênese. Ela consiste em uma fase gametofítica haploide (n) seguida por uma fase esporofítica diploide (2n).

Estudo para o Enem

18. E

As pteridófitas não apresentam flores, frutos, pólen. Portanto não dependem de seres polinizadores.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. A

Na evolução das plantas terrestres, primeiro surgiu o sistema vascular em pteridófitas. Posteriormente, apareceu a semente nas gimnospermas. Por fim, ocorreu o surgimento da flor nas angiospermas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

20. C

Os musgos são plantas avasculares, isto é, desprovidas de tecidos condutores de seivas. Dessa forma, por conta da condução célula a célula, por difusão, há uma restrição no tamanho que essas plantas podem alcançar, sendo caracterizadas pelo pequeno porte. Alguns musgos têm condução de seiva através de células modificadas, mas não apresentam tecidos especializados (xilema e floema) encontrados nos demais grupos de plantas terrestres.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

6 GIMNOSPERMAS: PLANTAS COM SEMENTES - ANGIOSPERMAS: PLANTAS COM FLORES E FRUTOS

Comentários sobre o módulo

As gimnospermas são traqueófitas, fanerógamas e espermatófitas. Compreendem as plantas com as chamadas sementes nuas. Não formam flores nem frutos. São plantas predominantemente de regiões temperadas, onde o clima, em geral, é mais frio. Esse grupo está entre as primeiras plantas a apresentar sementes e grãos de pólen (com tubos polínicos), novidades evolutivas que possibilitaram a colonização de ambientes mais secos, tornando as gimnospermas o grupo de plantas dominante no ambiente terrestre durante a Era Mesozoica (250-65 milhões de anos atrás). Por esse motivo, o gameta feminino de plantas com sementes é denominado *óvulo* e o gameta masculino *pólen*. Algumas espécies de cicas conhecidas como saguizeiros, especialmente das espécies *Metroxylon sagu* e *Cycas revoluta*, apresentam amido (fécula) na medula do tronco, que é utilizado na fabricação do sagu, alimento bastante consumido no Extremo Oriente. Resinas de coníferas, conhecidas por âmbar, são importantes reservatórios de insetos e de outros animais fossilizados. Das gnetófitas do gênero *Ephedra* é extraído um composto ativo, a efedrina, que é utilizada como descongestionante nasal.

Todas as angiospermas são classificadas em um único grupo, o filo Anthophyta (antófitas). Os representantes vivos das angiospermas são classificados em três linhagens pequenas, que incluem: as plantas mais antigas do grupo das angiospermas, informalmente chamadas de angiospermas basais (cerca de 100 espécies); o grupo das magnóideas, que inclui as magnólias e o louro (cerca de 8 000 espécies); e dois grandes grupos: as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas. As monocotiledôneas podem ser distinguidas por terem um cotilédone, raízes em cabeleira ou fasciculadas, folhas paralelinérveas e flores trímeras. São cerca de 70 000 espécies e incluem as gramíneas (arroz, milho e trigo). Já as eudicotiledôneas podem ser distinguidas por apresentarem dois cotilédones, raiz axial ou pivotante, folhas reticulínérveas e flores pentâmeras (ou tetrâmeras). São cerca de 140 000 espécies e incluem os grupos das asteráceas (margaridas e girassóis) e leguminosas (feijão, ervilha, jatrofá e pau-brasil).

Para ir além

Reportagem da Agência Fapesp sobre pesquisas multidisciplinares a respeito dos remanescentes da floresta de araucárias ameaçada de extinção no estado de São Paulo. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/pesquisas-com-araucarias-em-sao-paulo-sao-reunidas-em-livro/22021/>>

Acesso em: out. 2018.

Texto da revista *Galileu* sobre o perigo da extinção de algumas espécies vegetais típicas da mata de Araucárias e a respeito de como isso pode significar perda no cardápio de comidas típicas, como o pinhão. Disponível em:

<<https://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2015/02/pratos-tipicos-brasileiros-estao-em-risco-de-extincao.html>>

Acesso em: out. 2018.

Roteiro básico e interativo do Jardim Botânico do Rio de Janeiro que apresenta os nomes científico e popular das espécies de plantas existentes no local. Disponível em:

<https://aplicacoes.jbrj.gov.br/publica/livros_pdf/conhecendo_nosso_jardim_3.pdf>

Acesso em: out. 2018.

Texto sobre a importância dos polinizadores para a produção de alimentos. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/servicos-de-polinizacao-representam-10-do-valor-da-producao-agricola-mundial/18807/>>

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. 08

As angiospermas eudicotiledôneas apresentam sementes com dois cotilédones e folhas com nervação reticulada. Alface, café e feijão são eudicotiledôneas. O milho e o arroz são monocotiledôneas e têm sementes com um cotilédone e folhas com nervuras paralelas. Na questão são citadas cinco espécies, pertencentes a cinco gêneros.

8. B

A novidade evolutiva compartilhada por gimnospermas e angiospermas (caráter I) é a semente. A característica II, que é uma novidade evolutiva exclusiva das angiospermas, é a flor, mas também poderia ser o fruto.

9. 01 + 02 + 04 + 16 = 23

(08) Incorreta. Nas angiospermas, o esporófito é a planta propriamente dita, ou seja, a fase duradoura. Assim, as angiospermas monocotiledôneas apresentam esporófito duradouro e, em seu ciclo reprodutivo, ocorre a dupla fecundação, assim como em todas as angiospermas.

10. a) 01 + 04 + 16 = 21

b) (02) Incorreta. O endosperma da semente tem a função de fornecer nutrientes para o embrião em germinação. Somente depois de formar as

primeiras folhas é que o processo fotossintético pode ser iniciado.

(08) Incorreta. As angiospermas são classificadas em monocotiledôneas (quando o embrião apresenta, entre outras características, somente um cotilédone, raízes fasciculadas e folhas paralelinérveas) e eudicotiledôneas (quando tem, entre outras características, dois cotilédones, raiz axial e folhas reticuladas). Existem ainda o grupo das angiospermas basais e o grupo das magnólídeas (magnólias e louros). O cotilédone é uma folha modificada do embrião cuja função é absorver os nutrientes do endosperma e transferi-los para o embrião em desenvolvimento.

11. B

A polinização na maioria das gimnospermas é anemófila, ou seja, é realizada pelo vento. Nas araucárias, o pólen é transportado dos estróbilos masculinos de uma árvore até os estróbilos femininos de outra árvore. Contudo, nos pinheiros e na maioria das gimnospermas, estróbilos masculinos e femininos são formados na mesma planta (monoicas).

12. D

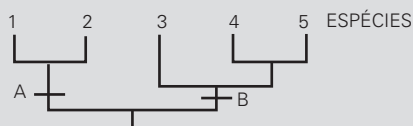
Flores cuja polinização é do tipo anemófila, isto é, realizada pelo vento, geralmente são desprovidas de pétalas coloridas, não têm nectários e produzem grande quantidade de grãos de pólen, os quais são pequenos e leves.

13. D

As sementes das gimnospermas, ao germinarem, originam uma nova planta (sem flores ou frutos), a qual formará novas sementes. Gimnospermas e angiospermas são heterosporadas, ou seja, produzem dois tipos de esporo.

14. O arroz é uma angiosperma monocotiledônea, e o endosperma (ou albume) das angiospermas é triploide ($3n$). Desse modo, as células do albume do arroz têm 36 cromossomos (3 conjuntos de cromossomos). As angiospermas têm dupla fecundação, na qual um gameta masculino (núcleo espermático) fecunda a oosfera (gameta feminino) e origina o embrião diploide (24 cromossomos, no caso do arroz) e o outro núcleo espermático fecunda a célula central, que são os dois núcleos polares (ambos haploides). Forma-se, assim, o endosperma, que é um tecido triploide.

15. A



Com base no parentesco das espécies, o cladograma da alternativa A é o que representa corretamente as relações filogenéticas. Na figura, (A) representa o ancestral hipotético da família A que deu origem aos gêneros das espécies 1 e 2; (B) representa o ancestral hipotético da família B que gerou o gênero da espécie 3 e o gênero das espécies 4 e 5.

16. E

As angiospermas monocotiledôneas (como trigo, milho e cevada) apresentam sementes com um cotilédone, folhas com nervuras paralelas, flores com peças florais organizadas em número de três ou seus múltiplos (flores trímeras) e raízes fasciculadas.

17. I. O endosperma é a reserva nutritiva encontrada nas sementes das espermatófitas (gimnospermas e angiospermas).

II. O gametófito das samambaias é chamado de prótalo.

III. A maioria das gimnospermas tem estruturas reprodutoras chamadas estróbilos.

IV. O grão de pólen origina os gametas masculinos (núcleos gaméticos ou espermáticos) das espermatófitas.

Estudo para o Enem

18. E

O combate aos insetos reduz a polinização de angiospermas, pois estas apresentam flores atraentes, que se desenvolvem em frutos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. E

(I) Incorreta. As angiospermas eudicotiledôneas apresentam folhas com nervuras reticuladas, enquanto as monocotiledôneas têm nervuras paralelas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

20.C

Das estruturas adaptativas representadas no esquema, os grãos de pólen, ao garantirem a polinização cruzada, propiciam maior diversidade genética.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

7 HISTOLOGIA VEGETAL E ORGANOLOGIA VEGETAL

Comentários sobre o módulo

A histologia vegetal estuda os tecidos que formam as diferentes estruturas e órgãos das plantas. Os meristemas são tecidos formados por células indiferenciadas com grande capacidade de divisão celular. Suas células são responsáveis pela formação dos demais tecidos e dividem-se em meristemas primários e secundários.

Os meristemas primários são responsáveis pelo crescimento em comprimento da planta. Briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas apresentam meristemas primários. Os meristemas secundários são responsáveis pelo crescimento em espessura de caules e raízes das gimnospermas, da maioria das angiospermas eudicotiledôneas e de algumas monocotiledôneas.

Os tecidos permanentes são formados por células especializadas e diferenciadas e originam-se dos tecidos meristemáticos. Desempenham atividades vitais para as plantas: revestimento (epiderme e estruturas anexas; súber); sustentação (colênquima, esclerênquima e xilema); condução de seiva (xilema e floema); e preenchimento, reserva e fotossíntese (parênquimas).

A raiz é organizada em colo, zona de ramificação, zona pilífera, zona lisa e coifa. Tem funções de absorção, fixação da planta, condução de seiva, armazenamento de nutrientes; classificadas em aérea, subterrânea e aquática.

O caule é organizado em nó, entrenó e gema ou broto; possui as funções de condução de seiva, sustentação de folhas, flores, frutos e armazenamento de nutrientes e água. É classificado igual à raiz.

As folhas são organizadas em límbo, pecíolo, estípula e bainha. Têm as funções de fotossíntese, respiração, transpiração e gutação.

Para ir além

Confira o texto da British Broadcasting Corporation (BBC) sobre os anéis de crescimento e a idade das plantas mais antigas conhecidas. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/geral-40258768>>

Acesso em: out. 2018.

Confira o texto sobre como o estudo dos anéis de crescimento contam a história das mudanças climáticas. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/04/130422_temperaturas_estudo_cc>

Acesso em: out. 2018.

Confira o texto sobre como os anéis de crescimento podem auxiliar no estudo da evolução da poluição ambiental em regiões urbanas. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/rvores-revelam-evolucao-da-poluicao-ambiental-em-sao-paulo/28464/>>

Acesso em: out. 2018.

Texto da Universidade do Porto, Portugal, sobre o uso comercial da cortiça. Disponível em:

<<https://jpn.up.pt/2011/06/08/cortica-a-joia-da-economia-portuguesa/>>

Acesso em: out. 2018.

Confira matéria da British Broadcasting Corporation (BBC) sobre por que apenas 0,06% das espécies de plantas comestíveis são efetivamente consumidas. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/08/150811_plantas_consumo_fn>

Acesso em: out. 2018.

Confira matéria da Agência Fapesp sobre estudos recentes que sugerem que a mandioca consumida atualmente foi domesticada há cerca de 9 mil, em uma região onde hoje é o estado de Rondônia. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/forma-mais-popular-da-mandioca-e-consumida-ha-9-mil-anos/27608/>>

Acesso em: out. 2018.

Confira matéria da British Broadcasting Corporation (BBC) sobre os perigos de certas plantas ornamentais que possuem toxinas que podem ser letais para animais de estimação. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/geral-42654098>>

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. D

Cenoura é uma raiz, e não um caule, como apresenta a afirmativa I.

8. E

Tricomas, estômatos e acúleos são células epidérmicas especializadas; são estruturas anexas da epiderme.

9. D

Os parênquimas são os tecidos mais abundantes nos vegetais e realizam a maioria das funções metabólicas da planta. Entre as funções que desempenham estão: preenchimento de espaços (parênquima cortical); reserva de ar (parênquima aerífero); reserva de água (parênquima aquífero); reserva de amido (parênquima amilífero); fotossíntese (parênquima clorofiliano).

10. Os tecidos responsáveis pela sustentação mecânica das plantas são o xilema (lenho), o esclerênquima e o colênquima. A flexibilidade dos ramos

é fornecida pelo colênquima, que é um tecido formado por células vivas, cujas paredes celulares apresentam grandes reforços de celulose, principalmente para as partes jovens da parte aérea. O esclerênquima é um tecido formado por células mortas, cujas paredes são impregnadas por lignina. Está presente nas partes mais velhas da planta, que pararam de crescer em comprimento; fornecem alta resistência e menor flexibilidade. Já o xilema é um tecido condutor, formado por vários tipos de células. As células condutoras (elementos de vaso e traqueídeos) são células mortas impregnadas por lignina e têm formato tubular (tubos ocos). Têm como funções o transporte de seiva bruta e a sustentação mecânica das traqueófitas. O xilema secundário constitui o cerne e o alburno das plantas com crescimento secundário.

11. B

As raízes respiratórias, ou pneumatóforos, são raízes aéreas adaptadas à realização das trocas gasosas, as quais ocorrem através de poros denominados pneumatódios. São raízes comuns em plantas de mangue.

12. E

A folha observada na ilustração é típica das angiospermas do grupo das eudicotiledôneas, que apresentam folhas com nervuras ramificadas, ou seja, reticulínervas. Nas folhas são encontrados tecidos de sustentação, preenchimento, revestimento e de condução. Os estômatos proporcionam a absorção de CO_2 para a realização da fotossíntese e a liberação de O_2 .

13. D

O xilopódio é um caule subterrâneo do tipo tuberoso, capaz de armazenar água e substâncias de reserva. O xilopódio é encontrado tipicamente em plantas que habitam as regiões áridas e quentes como o bioma da Caatinga; também são encontradas em plantas do Cerrado.

14. a) $02 + 04 + 16 = 22$

b) (01) Incorreta. Os primeiros tecidos a passarem pelo processo de diferenciação celular são os meristemas primários, também chamados de meristemas apicais, por estarem localizados nas extremidades de caules e raízes. Os tecidos meristemáticos primários são: protoderme, câmbio, meristema fundamental e caliptrogênio.

(08) Incorreta. As angiospermas que não crescem em espessura não possuem os meristemas secundários câmbio e felogênio; por isso não apresentam um arranjo de tecidos conhecido como

estrutura secundária.

15.04

A epiderme geralmente é constituída por uma única camada de células.

(01) Incorreta. As células parenquimáticas não possuem lignina; apresentam a parede celular fina, não impermeabilizada.

(02) Incorreta. Os tecidos de sustentação derivados dos tecidos fundamentais são o colênquima e o esclerênquima.

(08) Incorreta. O esclerênquima é um tecido de sustentação mecânica formado por células mortas, cujas paredes celulares são impregnadas por lignina.

(16) Incorreta. Os elementos de vaso e as traqueídes são as células condutoras que constituem os vasos lenhosos, o xilema secundário; são formados por células mortas.

16. A

I - Raiz subterrânea do tipo tuberosa (mandioca, cenoura, batata-doce, nabo); II - raiz pivotante ou axial, encontrada nas gimnospermas e em muitas angiospermas eudicotiledôneas; III - raiz aérea que pode matar a planta que usa de suporte, mas não são plantas parasitas (cipó-mata-pau); IV - raiz aérea, tipicamente encontrada em figueiras.

17. a) $01 + 02 = 03$

b) (04) Incorreta. O caule do tipo volúvel é aéreo, delgado, crescendo helicoidalmente em torno de um suporte.

(08) Incorreta. O rizóforo é um tipo de caule ramificado na base. Os ramos crescem auxiliando a sustentação da planta em solos encharcados, como nos mangues.

(16) Incorreta. O rizoma é um caule subterrâneo que se desenvolve paralelamente à superfície do solo, podendo emitir ramos aéreos. É típico de samambaias, bananeiras e espadas-de-são-jorge.

Estudo para o Enem

18. C

O número 3 identifica um estômato, estrutura epidérmica formada pelo ostíolo (fenda) e por duas células-guarda ou estomáticas. É uma estrutura que permite a transpiração e as trocas gasosas. A abertura do estômato é regulada pela quantidade de água nas células-guarda; quando

as células estão túrgidas, os ostíolos se abrem; quando estão murchas, os ostíolos se fecham. Os demais números identificam as seguintes estruturas: 1 (vasos condutores, xilema e floema); 2 (face inferior ou abaxial da epiderme); 4 (mesófilo foliar, formado pelos parênquimas paliçádico, acima, e lacunoso, abaixo); e 5 (face superior ou adaxial da epiderme).

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

19. D

A – Caule do tipo colmo (por exemplo, bambu e cana-de-açúcar); B – rizoma (por exemplo, samambaia, bananeira e espada-de-são-jorge); C – tubérculo (batata comum, *Solanum tuberosum*); D – caule do tipo volúvel.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. E

As plantas dos manguezais apresentam adaptações que permitem que sobrevivam em solo encharcado de água salobra e pobre em oxigênio, tais como: raízes respiratórias (pneumatóforos), as quais afloram do solo e absorvem o oxigênio diretamente do ar; e raízes escora ou suporte, que auxiliam a fixação da planta no solo alagado.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

MATERIAL DE USO PROVISÓRIO
SISTEMA DE ENSINO

8 TRANSPIRAÇÃO VEGETAL, CONDUÇÃO DE SEIVAS E HORMÔNIOS VEGETAIS

Comentários sobre o módulo

Abordamos os diferentes mecanismos responsáveis pelo transporte de substâncias por distâncias curtas (potencial hídrico) ou longas (fluxo de massa) nas plantas, assim como a permeabilidade seletiva da membrana plasmática, que controla o movimento de substâncias para dentro e para fora das células; os mecanismos de transporte ativo e passivo; os dois compartimentos principais: o apoplasto (externo às membranas plasmáticas das células) e o simplasto (o citosol e os plasmodesmos); os processos fisiológicos que permitem a sobrevivência e a adaptação das plantas aos diferentes ambientes e a manutenção do equilíbrio interno.

Neste módulo foram abordados os conteúdos sobre hormônios vegetais, que controlam e regulam vários processos do metabolismo, agindo especificamente sobre células ou órgãos-alvos, bem como a natureza química bem diversificada e de efeitos variados, de acordo com o local de ação e com a sua concentração. Além disso, foram discutidas em que situações tais processos ocorrem e como são realizados pelas plantas. É importante que o professor explique detalhadamente cada etapa, por ser considerado um tema difícil. Foi também trabalhado em detalhes o movimento das plantas em resposta à ação de hormônios ou de fatores ambientais, como substâncias químicas, luz solar ou choques mecânicos.

Para ir além

Texto sobre a relação entre a vegetação e a qualidade da água. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/desmatamento-eleva-em-100-vezes-o-custo-do-tratamento-da-agua/19036/>>.

Acesso em: out. 2018.

Texto sobre a relação entre desmatamento e mudanças climáticas. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/equilibrio-indesejavel/9763/>>.

Acesso em: out. 2018.

Texto sobre pesquisa chinesa com hormônios de amadurecimento de frutos e defesa contra patógenos vegetais. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/hormonio-do-crescimento-de-plantas-e-alvo-de-pesquisa-chinesa/18980/>>.

Acesso em: nov. 2018.

Estudo sobre como os hormônios vegetais aumentam o acúmulo de açúcar na cana. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/estudo-desvenda-como-hormonio-aumenta-o-acumulo-de-acucar-na-cana/25072/>>.

Acesso em: nov. 2018.

Tecidos tumorais em plantas causados por diversos organismos. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/coluna/cancer-em-plantas/>>.

Acesso em: nov. 2018

Exercícios propostos

7. 01 + 02 + 04 + 16 = 23

(08). Incorreta. Os tricomas, estruturalmente similares a pelos, são células especializadas da epiderme que geralmente ocorrem na superfície das folhas. Podem desempenhar diferentes funções, como proteção contra predadores, reflexão da luz solar (diminuindo a transpiração) e secreção de substâncias.

8. D

A mudança da cor das pétalas é análoga à condução da seiva bruta (água e sais minerais). A evapotranspiração da parte aérea do vegetal cria uma pressão hidrostática negativa no interior dos vasos lenhosos do xilema, o que ocasiona a subida da solução líquida com corante através do xilema até as pétalas das flores.

9. (01) e (02)

(01). Incorreta. Nas plantas de grande porte, a seiva bruta é transportada pelos vasos lenhosos desde a raiz até as folhas, principalmente em virtude da "força de sucção" gerada pela transpiração foliar da copa.

(02). Incorreta. A transpiração estomática é o principal mecanismo de eliminação de água pelas plantas, representando cerca de 90% da água perdida pela planta.

10. A espécie B foi mantida no ambiente quente e úmido. Isso é evidenciado pela porcentagem de abertura máxima dos estômatos mostrada no gráfico, que é maior em uma planta mantida sob condições em que não há restrição hídrica.

11. C

A auxina é produzida no ápice do caule, na gema apical, sendo responsável pela dominância apical (inibição do desenvolvimento das gemas laterais). Também é produzida nos coleótilos das sementes, folhas jovens, frutos e sementes. Entre seus principais efeitos, estão: crescimento por distensão (alongamento) das células e a formação de raízes laterais e adventícias.

12. B

O etileno é um hormônio gasoso que acelera o amadurecimento dos frutos. O amadurecimento

dos frutos pode ser retardado mantendo-se os frutos em locais com temperaturas mais baixas, o que inibe a síntese do etileno.

13. C

O movimento de crescimento e curvatura do caule da planta (1) em direção à luz é chamado de fototropismo positivo. O crescimento e a curvatura dos caules contra a ação da gravidade (planta 2) é chamado de geotropismo (ou gravitropismo) negativo.

14. a) A ação das auxinas está indicada pela seta 2, que ilustra o crescimento celular que ocorre pelo alongamento da célula.

b) A auxina nos ramos (gemas) apicais inibe o crescimento das gemas laterais (dominância apical). Quando as gemas apicais são retiradas, o crescimento das gemas laterais é estimulado por meio da produção de auxina e citocinina pelas gemas laterais. Desse modo, os ramos laterais se desenvolvem em virtude da ação desses dois hormônios.

15. A

O anel de Malpighi corresponde à retirada da periderme (súber, felogênio e feloderme/parênquima) e do floema, que estão localizados na casca do caule de gimnospermas e eudicotiledôneas (que têm crescimento secundário). O xilema é mais interno e não é atingido pela prática. No entanto, as raízes e as demais partes da planta abaixo do corte deixam de receber a seiva orgânica (seiva elaborada), o que levará à morte da planta em virtude da falta de nutrição de suas raízes.

16. E

Na condição 2, planta irrigada, os estômatos das folhas permanecem abertos. Quando não há restrição hídrica, eles permanecem assim em razão da entrada de água por osmose nas células-guarda, tornando-as túrgidas. A entrada de água por osmose nas células-guarda é consequência do bombeamento de íons K^+ para o interior das células-guarda, o que as torna hipertônicas, fazendo com que absorvam água.

17. a) O movimento é o nastismo, mais especificamente o fotonastismo, que é uma resposta das flores à luz. Há flores que se abrem durante o dia (presença de luz), fechando-se à noite (por exemplo, a planta onze-horas); e flores que se abrem durante a noite, como a planta dama-da-noite.

b) Coloração clara e a presença de glândulas odoríferas bem desenvolvidas.

Estudo para o Enem

18. A

A imagem mostra dois estômatos, podendo ser identificados o ostíolo (fenda) e as duas células-guarda ou estomáticas de cada um deles. Os estômatos são células epidérmicas modificadas, encontradas principalmente nas folhas das plantas. São responsáveis pelos processos de transpiração (por meio da eliminação de vapor-d'água) e de trocas gasosas (gás carbônico e oxigênio).

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

19. B

A concentração de auxina (ou AIA) é maior no lado I, que é o lado sombreado. Nesse local (lado I), a auxina acelera o crescimento celular, o que resulta na curvatura do caule em direção à luz.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. A

A poda periódica das extremidades das plantas remove as gemas apicais, o que quebra a dominância apical, possibilitando a produção de auxinas e citocininas pelas gemas laterais. Desse modo, os ramos laterais podem se desenvolver e crescer em virtude da ação desses dois hormônios: multiplicação celular (citocininas) e alongamento celular (auxinas).

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

BIOLOGIA 3

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



1 HISTOLOGIA: TECIDO EPITELIAL E CONECTIVOS

Comentários sobre o módulo

No módulo foi abordada a histologia geral e os principais tecidos que compõem um organismo animal. O tema central do módulo foram os tecidos epiteliais. Os epitélios de revestimento e de secreção, suas classificações e funções, foram detalhados e ilustrados. Cada órgão tem a localização e a identificação de seus nomes atualizados de acordo com a Comissão Federativa da Terminologia Anatômica (CFTA), aprovada e traduzida pela Comissão de Terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia. Além disso, o conteúdo aborda as funções específicas atribuídas a cada órgão/estrutura.

O tecido conectivo, sua anatomia e fisiologia são o tema desse módulo. As características do tecido conectivo propriamente dito frouxo, denso modelado e denso não modelado são estudadas e aprofundadas. A participação do tecido conectivo no processo de cicatrização da pele e envelhecimento também foi abordada detalhadamente.

Para ir além

A Universidade Estadual de Londrina (UEL) disponibiliza um atlas digital de histologia básica, disponível em:

<http://www.uel.br/ccb/histologia/portal/pages/arquivos/Atlas%20Digital%20de%20Histologia%20Basica.pdf>

Acesso em: maio 2018.

Para complementar o conteúdo indicamos os artigos abaixo: sobre o albinismo, condição genética que impede a produção de melanina nas células epiteliais, abordando o conceito biológico a questão da inclusão social de pessoas albinas:

http://castroweb.com.br/castrodigital/Arquivos2014/CastroDigital_artigo_cientifico_as_pessoas_com_albinismo_e_o_novo_conceito_de_deficiencia_sob_enfoque_do_principio_da_igualdade_a_luz_do_direito_deficiencia.pdf

Acesso em: maio 2018.

Sobre melanina e pele, o tema preconceito de cor e racismo no Brasil:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77012004000100001

Acesso em: maio 2018.

A Universidade Estadual de Londrina (UEL) disponibiliza gratuitamente um atlas de histologia básica, em que é possível obter e visualizar micrografias dos tecidos animais. Disponível em:

<http://www.uel.br/ccb/histologia/portal/pages/arquivos/Atlas%20Digital%20de%20Histologia%20Basica.pdf>

Acesso em: ago. 2018.

Exercícios propostos

- A única verdadeira é a 01; 02 é falsa, os tecidos epiteliais podem ser uni ou multiestratificados; 04 é falsa, as microvilosidades ocorrem no epitélio intestinal e têm por função aumentar a superfície de absorção alimentar; 08 é falsa, a pele é o maior órgão do corpo humano; 16 é falsa, a epiderme das folhas é aclorofilada. A fotossíntese ocorre no parênquima clorofiliano paliádico e lacunoso; 32 é falsa, as células epiteliais são justapostas com pouca ou nenhuma substância intercelular e apresentam junções de membrana que determinam a adesão celular; e 64 é falsa porque os epitélios podem ter origem embrionária ectodérmica (epiderme), mesodérmica (endotélio) ou endotérmica (alvéolos pulmonares).
- E
O tecido conectivo denso não modelado pode ser encontrado na derme, e outros órgãos no corpo humano apresentam as fibras colágenas dispersas, células com núcleo oval e muita substância, caracterizando esse tipo de tecido.
- C
Os processos alérgicos são iniciados quando as substâncias alergênicas se ligam aos mastócitos. Uma vez ativados, esses leucócitos liberam histamina e essa glicoproteína desencadeia a reação alérgica.
- Os dois principais tecidos da pele humana são o tecido epitelial e o conectivo. As células do tecido epitelial são justapostas e com pouca matriz extracelular, enquanto as células do tecido conectivo têm abundante matriz extracelular.
- B
A tinta das tatuagens é aplicada na derme, se fosse aplicada na epiderme, ela seria eliminada pela contínua descamação das células superficiais mortas e queratinizadas.
- C
A alternativa III está incorreta, pois o colágeno faz parte apenas dos tecidos conectivo propriamente dito frouxo e propriamente dito denso modelado.
- A
O colágeno é uma proteína presente em muitas partes do corpo humano, entre elas, no tecido

ósseo e cartilaginoso; assim, a deficiência de colágeno pode causar problemas articulares e ósseos.

14. Os outros dois tipos de tecido epitelial são os de revestimento e o glandular.

15. D

A camada mais externa da pele é a epiderme, e sua principal função é proteção. Atua como uma barreira física para os agentes externos.

16. $01 + 02 = 03$

Os tecidos epiteliais são avasculares. Além disso, o epitélio do intestino tem origem endodérmica.

17. O suor é produzido nas glândulas exócrinas, também chamadas de glândulas de secreção externa.

Estudo para o Enem

18. E

O quadro mostra que pessoas com olhos e cabelos claros devem utilizar o filtro solar FPS > 20.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. B

As microvilosidades permitem que ocorra um aumento de superfície de contato para a absorção dos nutrientes resultantes da digestão dos alimentos pelas paredes internas do intestino.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

20. D

Após a secagem, a amostra de tecido passou de 200 mg para 80 mg, revelando que o teor hídrico do tecido analisado era de 120 mg. Percebe-se que 120 mg correspondem a 60% de água, logo, a amostra é de tecido conectivo.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE ESTUDO
SISTEMA DE ENSINO

2 TECIDOS CONECTIVOS E SISTEMA ENDÓCRINO

Comentários sobre o módulo

Foi complementada e aprofundada a abordagem sobre os tecidos conectivos especiais: adiposo, cartilaginoso, ósseo, hematopoiético e linfático. Cada um desses tecidos é formado por vários tipos celulares e, além disso, geralmente combinações específicas de células e matriz extracelular. São essas combinações que facilitam o reconhecimento e a identificação histológica dos tecidos.

Nesse sentido, a composição anatômica e funcionalidades foram abordadas detalhadamente, bem como os tipos celulares foram apresentados em micrografias ou esquemas didáticos.

Foram abordadas as principais características e a anatomia e fisiologia do sistema endócrino, a importância de suas atividades para a homeostase, as principais glândulas endócrinas e suas regulações, os principais hormônios humanos e as manifestações clínicas quando em excesso ou falta.

Para ir além

Esta matéria aborda como os refrigerantes à base de cola retêm o cálcio ósseo e prejudicam o tecido ósseo.

Disponível em:

<http://www.bbc.com/portuguese/ciencia/story/2006/10/061006_ossoscoca_is.shtml>.

Acesso em: jul. 2018.

No Brasil, muitos bancos de sangue precisam fazer campanhas de doação frequentemente para repor seus estoques. No entanto, pessoas homossexuais precisam cumprir medidas restritivas para doar seu sangue, já que ainda são considerados um grupo de risco. Ao trabalhar o tecido hematopoiético, esse texto pode ser usado para provocar um debate sobre ética e o desperdício de sangue.

Disponível em:

<<https://super.abril.com.br/saude/brasil-desperdica-18-milhoes-de-litros-de-sangue-ao-ano-por-preconceito/>>.

Acesso em: jul. 2018.

Neste artigo, são discutidas a importância do consumo moderado de sal iodado e as consequências de seu excesso para o organismo. Disponível em:

<http://www.blog.saude.gov.br/index.php/promocao-da-saude/52989-consumo-moderado-de-sal-iodado-e-importante-para-saude>

Acesso em: jul. 2018.

A diabetes gestacional é uma disfunção que atinge muitas mulheres. Saiba mais em:

<http://www.diabetes.org.br/profissionais/images/pdf/diabetes-gestacional-relatorio.pdf>

Acesso em: jul. 2018.

Exercícios propostos

7. A

Os osteoblastos são células do tecido ósseo. Os astrócitos e gliócitos estão relacionados ao tecido nervoso. Os fibroblastos são células do tecido conectivo. Os condrócitos são células do tecido cartilaginoso.

8. B

A alternativa I está incorreta porque glândulas endócrinas são formadas a partir do tecido epitelial. Já a III está incorreta porque o sistema nervoso não produz hormônios, sendo responsável apenas pela propagação de estímulos.

9. 01 + 02 + 08 + 16 = 27

Os osteoblastos são células do tecido ósseo responsáveis pela regeneração das superfícies ósseas lesadas ou envelhecidas.

10. a) As hemácias são produzidas na medula óssea vermelha, pelo tecido conectivo hematopoiético mieloide. Elas são destruídas no baço e no fígado.

b) As globulinas fazem parte do sistema imunológico (anticorpos), enquanto as albuminas estão relacionadas à pressão osmótica do sangue.

11. A

As plaquetas são fundamentais no processo de coagulação sanguínea. A baixa quantidade de plaquetas pode levar a hemorragias.

12. B

Os eritrócitos, também chamados de hemácias, são anucleados e vivem em torno de 120 dias na circulação sanguínea.

13. B

O sangue é um tipo de tecido conectivo porque apresenta células mergulhadas em uma matriz líquida, o plasma. Os elementos figurados são originados a partir da divisão e da diferenciação de células-tronco multipotentes de origem embrionária mesoblástica.

14. a) Os componentes químicos responsáveis pela dureza dos ossos são o cálcio e o fósforo, uma vez que a matriz óssea mineralizada é constituída por fosfato de cálcio (hidroxiapatita).

b) A flexibilidade óssea é conferida pela presença de colágeno na matriz.

c) Osteoclastos são macrófagos modificados especializados em promover reabsorção óssea

por meio da secreção de enzimas digestivas que degradam a matriz óssea.

- d) O paratormônio secretado pelas glândulas paratireoideas promove a manutenção da relação cálcio/fosfato no sangue. O excesso desse hormônio causa estimulação da atividade de osteoclasto com remoção de cálcio dos ossos. A descalcificação deixa os ossos frágeis, sujeitos a fraturas e deformações.
- e) A vitamina D (calciferol), estimulada pela radiação ultravioleta do Sol, auxilia a absorção de cálcio no intestino, bem como sua fixação nos ossos e dentes.

15. B

O plasma, composto basicamente de água e proteínas, é o local onde estão mergulhados os elementos figurados do sangue (hemácias, leucócitos e plaquetas).

16. A

O hormônio aldosterona, secretado pelo córtex das glândulas suprarrenais, é responsável pela reabsorção de sódio e exceção do potássio nos túbulos renais. No hipoadrenalismo, a exceção de sais (cloreto de sódio) fica aumentada.

17. O hormônio responsável pela redução da glicemia durante o GTT é a insulina secretada pelas células B das ilhotas pancreáticas. O indivíduo que apresentou a maior liberação desse hormônio foi o que deteve rápida absorção intestinal de carboidratos. A insulina permite a absorção celular de glicose. O mecanismo de glicogênese hepática foi afetado no indivíduo doente.

Estudo para o Enem

18. D

A automedicação é perigosa em qualquer circunstância em razão dos efeitos colaterais que os fármacos podem causar. Os esteroides anabolizantes provocam efeitos colaterais perigosos tanto em homens como em mulheres.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. A

A dor de cabeça é uma condição associada à dilatação dos vasos sanguíneos cerebrais. A cafeína presente nos medicamentos que combatem as dores de cabeça provoca vasoconstrição dos vasos cerebrais, diminuindo os sintomas desse tipo de algesia (dor).

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. A

As plaquetas são os elementos figurados do sangue responsáveis pela coagulação sanguínea. A deficiência desses elementos pode causar episódios hemorrágicos acompanhados de sintomas como cansaço e dificuldade respiratória.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

3 SISTEMAS GENITAIS

Comentários sobre o módulo

A anatomia e a fisiologia do sistema genital masculino são o tema desse módulo. Esquemas das estruturas anatômicas são detalhadamente ilustradas. Cada órgão tem a localização e a identificação atualizadas conforme previsto pela Comissão Federativa da Terminologia Anatômica (CFTA), aprovada e traduzida pela Comissão de Terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia. Além disso, o conteúdo aborda as funções específicas atribuídas a cada órgão/estrutura. As etapas da espermatogênese, bem como a atuação hormonal, são descritas de forma didática. Por fim, foram retomados os conceitos de divisão celular (mitose e meiose).

Foi abordada a anatomia do sistema genital feminino bem como seu aparato fisiológico responsável pela ovulação e gestação. Cada órgão tem a localização e a identificação atualizadas de acordo com a Comissão Federativa da Terminologia Anatômica (CFTA), aprovada e traduzida pela Comissão de Terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia. Além disso, o conteúdo aborda as funções específicas atribuídas a cada órgão/estrutura. As etapas da ovulogênese e do ciclo menstrual foram abordadas detalhadamente. O capítulo é encerrado com a explicação da ovulação e da detecção do período fértil feminino humano.

Para ir além

Nesse vídeo, dois cientistas de Harvard criaram uma animação hiper-realista sobre o esperma com base no filme *Star Wars*. Disponível em:

<https://super.abril.com.br/ciencia/o-que-star-wars-nos-ensinou-sobre-o-esperma/>
Acesso em: ago. 2018.

Assista às animações em 3D do processo de ovulação, a fim de ilustrar mais detalhadamente tal processo e do ciclo menstrual. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=ilqSjfqpg8E>>

<<https://www.youtube.com/watch?v=bkdtz-Ps4hg>>

Acesso em: ago. 2018.

Exercícios Propostos

7. C

Quando o nível de estrógeno e progesterona é reduzido, ocorre o descolamento da camada superficial do endométrio (menstruação) e deixa de inibir a hipófise, que volta a produzir FSH. Por ação desse hormônio, outro folículo começa a maturar e esses folículos passam a secretar o estrógeno, e não a progesterona como descrito no item III.

8. a) 20 cromossomos. No processo da espermatogênese, os espermatócitos primários são células diploides e passam por meiose, formando os espermatozoides, que são células haploides, e têm, portanto, metade do número de cromossomos.

b) 75000 espermatogônias. No processo da espermatogênese, cada espermatogônia origina, por meiose, quatro espermatozoides, portanto, $75000 \text{ espermatogônias} \times 4 = 300000 \text{ espermatozoides}$.

9. C

O que se afirma em I está incorreto porque os hormônios sexuais masculinos, conhecidos como andrógenos, são produzidos, principalmente, pelas células intersticiais (Leydig) dos testículos.

10. a) Como a mulher ovulou no dia 15, caso ela tenha tido relações sexuais até três dias anteriores (72 horas), há a possibilidade de o espermatozoide fecundar o gameta feminino. Por outro lado, o ovócito tem viabilidade de um dia (24 horas), ou seja, ele ficará viável até o dia posterior à ovulação, que é dia 16. Dessa forma, o período fértil será do dia 12 até 16.

b) Os hormônios que atingem o valor mais alto no período fértil da mulher são: folículo-estimulante (FSH) e luteinizante (LH).

11. E

O LH estimula a ovulação e a ocitocina estimula a lactação. Portanto, o aumento do nível plasmático do hormônio luteinizante (LH) indica que Márcia está em seu período fértil e Juliana está no final de seu ciclo menstrual. Ana Cristina está amamentando, pois o nível de ocitocina em sua corrente sanguínea está elevado.

12. C

As células representadas são os espermatócitos II, células haploides, contendo em cada cromossomo duas cromátides.

13. a) Ovogônia: $2N = 46$ cromossomos; óvulo:

$N = 23$ cromossomos; segundo corpúsculo polar: $N = 23$ cromossomos.

b) Ovócito primário: $2X$ de DNA; ovócito secundário: X de DNA; primeiro glóbulo polar: X de DNA; segundo glóbulo polar: $X/2$ de DNA.

c) Uma ovogônia forma 1 ovócito secundário (gameta) e 3 glóbulos polares.

14. A

As células de Sertoli localizam-se dentro dos testículos; representadas na figura pelo III.

15. C

Durante a gravidez, o trofoblasto (camada de células que contribuirá para a formação da placenta) produz o hormônio gonadotrofina coriônica (hCG), responsável pela manutenção do corpo-lúteo funcional (produzindo progesterona).

16. C

O hormônio testosterona é sintetizado a partir do colesterol. O colesterol é produzido no fígado humano e também é obtido na alimentação de origem animal.

17. A testosterona é produzida nos testículos. Na puberdade, a testosterona aumenta o tamanho do pênis, do saco escrotal e dos testículos, além de promover o crescimento de pelo; o alargamento da laringe, engrossando a voz; o aumento de glândulas sebáceas e o desenvolvimento de musculatura e ossos.

Estudo para o Enem

18. A

As ovogônias, durante o período de crescimento, formam os ovócitos primários e estes, após a primeira divisão da meiose, originam os ovócitos secundários. O ovócito secundário representa o gameta feminino e, portanto, é uma célula haploide. A primeira divisão da meiose origina células muito diferentes: o ovócito secundário, que recebe quase todo o citoplasma, e um corpúsculo polar bastante reduzido. O ovócito secundário, ao final da segunda divisão meiótica, origina o óvulo e um corpúsculo polar reduzido.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas

relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. A

A próstata é a glândula responsável pela secreção de um fluido leitoso, que compõe cerca de 25% do sêmen.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais do organismo, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. D

O corpo-lúteo faz parte do sistema endócrino. Uma de suas funções é a produção do hormônio progesterona. Esse hormônio garante a manutenção da gestação por estimular a espessura do endométrio para abrigar adequadamente o feto.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

4 ANTICONCEPÇÃO E EMBRIOLOGIA

Comentários sobre o módulo

Os principais métodos contraceptivos foram tratados e divididos em tópicos (naturais, químicos e mecânicos, farmacológicos e cirúrgicos); as principais DSTs, dando enfoque às causas – bacterianas, virais e por outros organismos como os protozoários e os fungos; embriologia e as principais etapas do desenvolvimento embrionário (ilustrados e descritos detalhadamente). O enfoque desse módulo está nas fases da segmentação e em seus tipos.

No próximo módulo, esse tópico será retomado e aprofundado, analisando detalhadamente como ocorre a implantação e a formação dos anexos embrionários.

Os assuntos referentes ao estudo da embriologia foram concluídos, abrangendo a formação dos anexos embrionários (discutida com base em sua origem e função), células-tronco, desenvolvimento fetal humano e gravidez gemelar. É importante relacionar a aula às questões atuais de saúde pública, como os casos de microcefalia causada pelo vírus Chikungunya, transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti*. Na epidemiologia dessa doença, o vírus passa pela placenta, principalmente nas fases iniciais da gestação, e afeta o desenvolvimento das células nervosas, formadoras do encéfalo.

Para ir além

Para complementar e aprofundar o conteúdo sobre os temas estudados, indicamos o material com as recomendações da OMS sobre os cuidados pré-natais. Disponível em:

<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250800/WHO-RHR-16.12%20por.pdf;jsessionid=13034D5E7774DF4A21B59B3183AF8B9B?sequence=2>

Acesso em: ago. 2018.

Acesse também o manual de bolso sobre doenças sexualmente transmissíveis do Ministério da Saúde Brasileiro, disponível em:

http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/controlado_enfermarias_sexualmente_transmissiveis.pdf

Acesso em: ago. 2018.

Para mais informações sobre as consequências do vírus Chikungunya no desenvolvimento embrionário, acesse o site do Ministério da Saúde, disponível em:

<http://portalms.saude.gov.br/saude-de-a-z/chikungunya>

Acesso em: ago. 2018.

Exercícios propostos

7. D

As pílulas anticoncepcionais contêm análogos sintéticos de hormônios ovarianos que, bloqueando a secreção dos hormônios hipofisários FSH e LH, impedem a maturação dos folículos ovarianos e a ovulação. A laqueadura separa, cirurgicamente, as extremidades das tubas uterinas impedindo a fecundação do ovócito. Os preservativos (camisinhãs) impedem a gravidez indesejada e previnem as doenças sexualmente transmissíveis (DSTs).

8. B

Os gêmeos monozigóticos são formados de um mesmo zigoto, após o processo de fertilização, tendo a mesma carga genética, desenvolvidos ou não na mesma placenta. Porém, a porcentagem é baixa em relação aos outros tipos de gestações múltiplas. Já os gêmeos fraternos (dizigóticos) são originados de dois ovócitos e espermatozoides diferentes, com placentas distintas, e nem sempre são do mesmo sexo.

9. B

O desenvolvimento do âmnio, anexo que contém o líquido amniótico, possibilita o desenvolvimento do embrião no interior do ovo com casca coriácea ou calcário. O âmnio protege o embrião contra a desidratação e injúrias mecânicas.

10. a) Os equinodermos são deuterostômios porque que formam, embrionariamente, primeiro o ânus e, posteriormente, a boca. Também são deuterostômios os animais pertencentes ao filo cordados.

b) Não. A simetria radial dos equinodermos adultos é secundária, porque suas larvas são bilateralmente simétricas.

11. C

Os gêmeos univitelinos são formados de uma única fecundação, um óvulo (ovócito) fecundado por um espermatozoide, resultando em gêmeos idênticos. Caso a divisão do disco não seja completa, podem permanecer unidos em determinadas regiões do corpo, formando os chamados gêmeos siameses.

12. C

Questão sobre a fisiologia placentária. O enunciado indica que a nicotina causa constrição nos vasos sanguíneos uterinos, com a consequente redução no aporte de oxigênio para o feto.

13. $02 + 08 = 10$

O cório tem função protetora e respiratória, e o saco vitelínico responde pela nutrição dos embriões de répteis e aves.

14. E

O procedimento citado no texto provoca a obstrução das tubas uterinas e, conseqüentemente, impede a união do espermatozoide com o ovócito.

15. Os dois métodos contraceptivos mencionados apresentam mecanismos diferentes de ação. Enquanto a pílula anticoncepcional impede a ovulação, o gel obstrui os vasos deferentes no homem, impedindo a presença de espermatozoides no sêmen. Em casos normais de gravidez, os embriões implantam-se no útero, no qual encontram as melhores condições para sua fixação em função da textura do endométrio e da nutrição e respiração iniciais proporcionadas pela vascularização intensa. Além disso, a posterior eliminação do bebê também é assegurada pela musculatura bem desenvolvida do órgão.

16. C

A alternativa C apresenta a correspondência correta entre o anexo embrionário e sua função.

17. B

Sanguessugas pertencem ao filo Annelida e moscas ao filo Arthropoda. Ambos são animais celomados, pois apresentam celoma, uma cavidade totalmente revestida por mesoderma, são protostômios, onde o blastóporo dá origem à boca, e segmentados, com o corpo dividido em metâmeros.

Estudo para o Enem

18. B

Um dos mecanismos que leva à formação de gêmeos monozigóticos (idênticos ou univitelinos) decorre da divisão precoce do embrião durante as primeiras clivagens (quando se encontra entre quatro e oito células), em dois blastocistos independentes, que se fixam na parede uterina. Cada um deles terá sua placenta e suas membranas

extraembrionárias, mas pode haver fusão secundária dos córios e das placentas. Esses gêmeos são produtos da fertilização de um único óvulo e têm o mesmo patrimônio genético; portanto, são do mesmo sexo. Os gêmeos monozigóticos são considerados clones naturais e compartilham o mesmo genoma, embora tenham inúmeras variações fenotípicas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

19. C

O desenvolvimento de novos medicamentos e terapias para a diminuição do número de óbitos causados pelo HIV.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

20. A

A sífilis é transmitida através de contato de mucosas com as feridas, e é causada pela bactéria *Treponema pallidum*.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

5 TECIDO MUSCULAR: ORGANIZAÇÃO DA FIBRA MUSCULAR E CONTRAÇÃO

Comentários sobre o módulo

O estudo sobre o tecido muscular foi iniciado neste momento com a caracterização e a classificação de seus três tipos com base na morfologia das fibras musculares que o compõem. Esse tema pode ser aprofundado relacionando-o com o tecido ósseo, anteriormente estudado, a fim de apresentar ao aluno uma visão integrada da relação estrutura-função, em que os músculos puxam os ossos e as articulações para produzir movimento. A contratilidade dos três tecidos também foi abordada.

São apresentados a organização da fibra muscular e o processo de contração muscular. Para a melhor compreensão dos alunos, indicamos abordar os tipos de fibra muscular encontrados na carne de frango, tornando mais fácil visualizar as fibras brancas e vermelhas, assunto cobrado com frequência nos exames de vestibular mais recentes.

Para ir além

A produção de mioblastos sintéticos já é possível graças às técnicas de biotecnologia desenvolvidas por cientistas da Universidade Touro, de Nova York. Disponível em:

<<https://super.abril.com.br/ciencia/carne-de-proveta/>>

Acesso em: set. 2018.

Uma pesquisa com fibras-tronco pode recuperar um tecido muscular danificado em um acidente. Disponível em:

<<http://celulastroncors.org.br/pesquisadores-desenvolvem-matriz-molecular-que-leva-celulas-tronco-ao-tecido-lesionado/>>

Acesso em: set. 2018.

Confira a reportagem da *British Broadcasting Corporation* (BBC) sobre como o remédio contra fadiga muscular pode ajudar cardíacos. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/reporterbbc/story/2008/02/080212_exerciciofadigadrogas_ba.shtml>

Acesso em: out. 2018.

Conheça o tratamento de distrofias musculares com células-tronco. Disponível em:

<<http://tudosobrecelulastronco.com.br/tudo-sobre-celulas-tronco-e-distrofia-muscular/>>

Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7.01 + 08 + 16 = 25

Durante o repouso muscular, a concentração dos íons de Ca^{2+} no interior do retículo sarcoplasmático é maior que a concentração no sarcoplasmático.

8. D

As fibras musculares cardíacas apresentam intenso consumo de oxigênio recebido pelo tecido conectivo.

9. A

O maratonista apresenta maior número de fibras do tipo I ou ST, porque as fibras musculares são menores, contêm muitos sarcossomas para a oxidação da glicose em presença de oxigênio, com concentrações maiores de mioglobina e uma irrigação sanguínea mais abundante, adaptadas para uma contração lenta em longo tempo, gerando maior resistência à fadiga.

10. Carlos compete na maratona, porque em sua musculatura há predomínio de fibras musculares do tipo I. Essas fibras apresentam contrações lentas, rítmicas e sustentáveis. Por serem ricas em mioglobina, com numerosos sarcossomas e bem irrigadas, seu metabolismo energético é predominantemente aeróbico.

11. a) Nos músculos do velocista, haverá maior quantidade de fibras do tipo II; nos do maratonista, fibras do tipo I.

b) O maior número de sarcossomas deverá ser encontrado nas fibras tipo I, já que estas obtêm a maior parte de sua energia por meio da respiração aeróbia – processo que depende de enzimas oxidativas em altas concentrações.

12. C

O ácido láctico é tóxico para as fibras musculares, não sendo convertido em aminoácidos.

13. D

O miômero é a unidade contrátil de um músculo esquelético. Cada um deles é feito de filamentos sobrepostos de actina e miosina. Com a contração dos músculos, os miômeros se encurtam. A contração de uma fibra esquelética é desencadeada pela terminação nervosa de cada fibra muscular. O estímulo nervoso propaga-se para o interior da fibra muscular. O estímulo nervoso propaga-se para o interior da fibra muscular estriada através dos tubos T e atinge o retículo sarcoplasmático, provocando a liberação de íons de cálcio armazenados no interior de suas bolsas. Os íons de cálcio espalham-se pelo sarcoplasma e entram em contato direto com as miofibrilas, provocando sua contração. Na presença de íons de cálcio, moléculas de ATP, geradas pelos sarcossomas, reagem com as “cabeças” das moléculas de miosina, transferindo-lhes sua energia. Com isso, as extremidades dilatadas de miosina ligam-se

às moléculas de actina adjacentes e dobram-se com força e rapidez, deslocando os filamentos de actina em direção ao centro do miômero.

14. a) Os tendões são os elementos que unem os músculos aos ossos. São constituídos por tecido conectivo denso e modulado.

b) O tecido muscular estriado esquelético apresenta contração rápida e voluntária, coordenada pelo sistema nervoso central.

15. $01 + 08 + 16 = 25$

02) Incorreta. A velocidade máxima do guepardo é maior que a velocidade do avestruz.

04) Incorreta. O espaço percorrido pelo guepardo é maior que o espaço percorrido pelo avestruz, na mesma unidade de tempo.

16. a) A imagem representa o músculo estriado, com contração voluntária, controlada pelo sistema nervoso por meio de impulsos conduzidos por nervos motores.

b) A mioglobina é uma proteína responsável pelo transporte e armazenamento de oxigênio nos músculos.

17. $04 + 08 + 16 = 28$

A principal causa da fadiga muscular, resultante de um esforço muscular intenso, é o acúmulo de ácido láctico, produzido durante a respiração celular anaeróbia dos miócitos estriados esqueléticos. Para a regulação térmica do corpo, as células das glândulas sudoríparas secretam água e íons para o ducto glandular e dele para a superfície da pele. O transporte é passivo e ocorre por toda a área das membranas das células glandulares.

Estudo para o Enem

18. B

A toxina botulínica, além de causar botulismo, é utilizada em tratamentos estéticos (conhecidos como Botox®), ou no tratamento de problemas como o blefaroespasmio. O mecanismo de ação da toxina impede a passagem de neurotransmissores musculares na placa motora, causando uma paralisia muscular. Nos tratamentos estéticos, a musculatura rígida mantém a pele firme, reduzindo marcas

de expressão típicas de envelhecimento, e no tratamento de espasmos de contrações involuntárias.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. C

O gene da DMD está localizado no braço curto do cromossomo X, numa região denominada Xp21. Como na mulher existem dois cromossomos X, se um deles tiver o gene defeituoso, o outro garantirá o bom funcionamento dos músculos. Assim, a mulher pode ser portadora do gene da DMD e não ter a doença. Portanto, a DMD afeta apenas o sexo masculino, porque nesses indivíduos só há um cromossomo X.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. C

Em um músculo em repouso, não há a interação entre a actina e a miosina.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

6 TECIDO NERVOSO E SISTEMA NERVOSO

Comentários sobre o módulo

O tecido nervoso teve uma abordagem anatômica, focando no neurônio e nos processos de propagação do impulso. A informação é por ele processada em três estágios: estímulo sensorial, integração e saída motora em células eferentes. A maioria dos neurônios tem dendritos muito ramificados, que recebem sinais de outros neurônios. Geralmente eles apresentam um único axônio, que transmite sinais para outras células durante a sinapse.

Comparamos os diferentes sistemas nervosos animais, com enfoque voltado ao caráter evolutivo das respostas aos estímulos ambientais. Foram apresentadas tanto a anatomia como a fisiologia do sistema de maneira detalhada. Sugerimos que o educador dê atenção aos diferentes graus de complexidade de resposta a estímulos entre os animais, quanto ao funcionamento do sistema nervoso humano e ao impacto do uso de drogas e álcool no SNC.

Para ir além

Com o texto “Mistérios da mente”, da revista *Carta Educação*, é possível entender melhor a história das sinapses e aumentar os conhecimentos e curiosidades sobre o cérebro humano. Disponível em:

<<http://www.cartaeducacao.com.br/disciplinas/os-misterios-da-mente/>>
Acesso em: out. 2018.

No texto “Como o sistema nervoso controla o comportamento alimentar”, é estudado como o cérebro reconhece os nutrientes e como isso estimula o consumo do alimento. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/como-o-sistema-nervoso-controla-o-comportamento-alimentar/26388/>>
Acesso em: out. 2018.

Exercícios propostos

7. F – F – V – V – F

“Os neurotransmissores são mensageiros químicos lançados na circulação sanguínea para transmitir informações a outras células.” Está errada, pois os neurotransmissores são lançados nas sinapses, e não na circulação sanguínea.

“A mielina é uma característica essencial para o funcionamento de todos os neurônios.” Está errada, pois há neurônios que funcionam sem mielina.

“Apresentar microvilosidades é uma característica das células do sistema nervoso.” Está errada, pois é uma característica do epitélio de revestimento do intestino.

8. C

O influxo de íons de sódio para o interior da célula provoca a despolarização da membrana plasmáti-

ca e, conseqüentemente, desencadeia o impulso nervoso em um neurônio.

9. D

O axônio é o prolongamento do corpo celular do neurônio responsável pela condução do impulso nervoso para outros neurônios e para os órgãos do corpo. Os corpos celulares dos neurônios estão situados no encéfalo, na medula espinhal (raquidiana) e nos gânglios nervosos do sistema nervoso periférico.

10. a) O sentido de propagação é de Y para X.

b) A transmissão é feita por neurotransmissores.

c) Os neurotransmissores são secretados pelas terminações dos axônios.

11. D

A acetilcolina é um neurotransmissor liberado no sistema nervoso autônomo parassimpático, estimulando principalmente atividades relaxantes, como a redução do ritmo cardíaco e da pressão arterial.

12. C

A coordenação motora é realizada pelo cerebelo. A interpretação das informações visuais é executada pelo córtex cerebral. A bainha de mielina aumenta a velocidade de condução dos impulsos nervosos ao longo dos axônios dos neurônios.

13. D

O líquido cefalorraquidiano é encontrado no interior das meninges, da medula espinhal e dos ventrículos do cérebro.

14. a) X corresponde ao período

em que o neurônio está em repouso. Y é a fase de despolarização, gerando o potencial de ação do impulso nervoso.

W é o período de repolarização da membrana e Z corresponde à ação das bombas de sódio.

b) A desmielinização dos axônios dos neurônios pode ocasionar a interrupção da passagem dos impulsos nervosos ou a redução significativa da velocidade de propagação do potencial de ação.

15. E

No neurônio sensorial, o estímulo se propaga na direção do dendrito para o corpo celular e deste para o axônio, do mesmo modo que no neurônio motor.

16. D

A medula espinhal é um cordão cilíndrico dotado de um canal interno preenchido pelo líquido cefalor-

raquidiano. É revestida pelas membranas denominadas meninges: pia-máter, a mais interna; aracnoide, a mediana; e dura-máter, a mais externa.

17. a) O cerebelo é o órgão responsável pela função de movimento, equilíbrio e postura, recebendo estímulos de articulações, músculos, tendões, orelha interna, entre outros. O hipotálamo é o órgão responsável pela regulação da temperatura corporal, integrando impulsos térmicos dos tecidos.

b) O CO_2 no sangue é importante para regular o equilíbrio ácido-base do sangue. Quando há excesso de gás carbônico, o sangue fica ácido pelo aumento de H^+ , que ativa quimiorreceptores do bulbo. Assim, aumenta a amplitude e os movimentos respiratórios, eliminando maior quantidade de CO_2 e equilibrando o pH sanguíneo.

Estudo para o Enem

18. E

A diferenciação das células-tronco em neurônios é estimulada em um meio de cultura que imita o cérebro, além de conter vitaminas e sais minerais.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. E

O estímulo de um neurônio obedece à lei do tudo ou nada. Isso significa que, ou o estímulo é sufi-

ciente para excitar o neurônio, desencadeando o potencial de ação, ou nada acontece. Não existe potencial de ação mais forte ou mais fraco, é sempre igual, independentemente do estímulo. O menor estímulo capaz de gerar o potencial de ação é chamado de limiar de excitação.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. E

Os receptores sensoriais presentes nas mãos do homem captam o estímulo e o convertem em impulso nervoso; o impulso segue pelo neurônio sensorial até a substância cinzenta da medula espinal, na qual ocorrem sinapses com neurônios associativos e, em seguida, com os motores; os neurônios motores levam o impulso nervoso ao órgão efetor, neste caso, a musculatura flexora do antebraço.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

MATERIAL DE ENSINO
SISTEMA DE ENSINO

7 SISTEMAS SENSORIAL E TEGUMENTAR HUMANO

Comentários sobre o módulo

Com base em estudos equivocados do século XIX, acreditava-se que cada gosto era sentido por uma região específica da língua. O fato ainda é pauta de pesquisas e é recorrente em questões de vestibulares, por isso é importante destacar que qualquer região da língua humana apresenta papilas gustatórias que detectam todos os 5 tipos diferentes de gosto. O mecanismo básico da audição e como a orelha interna interfere no equilíbrio, além de como são formadas as imagens no olho humano, também têm sido temas recorrentes nos vestibulares.

Foram abordados em detalhes os principais constituintes do sistema tegumentar, incluindo sua anatomia, sua fisiologia e os principais anexos da pele. Este é um conteúdo de grande relevância para os vestibulares em virtude de sua recorrência nos últimos exames, pois envolve anatomia, enfermidades e principais funções da pele humana. É importante que o professor aborde com cautela, sem qualquer tipo de julgamento ou preconceito, temas contemporâneos como tatuagem, uso de protetor solar e procedimentos usuais contra o envelhecimento.

Para ir além

Como problemas de visão são diagnosticados em bebês. Disponível em:

<<https://super.abril.com.br/blog/oraculo/como-problemas-de-visao-sao-diagnosticados-em-bebes/>>.

Acesso em: out. 2018.

O texto presente no *link* a seguir aborda por que nosso corpo cria rugas conforme envelhecemos. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/07/150712_rugas_tg>.

Acesso em: nov. 2018.

Por meio do conteúdo a seguir, saiba como os desodorantes atuam sobre o cheiro do suor. Disponível em:

<<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funcionam-os-desodorantes/>>.

Acesso em: nov. 2018.

Exercícios propostos

7. B

Os cães detectam moléculas odoríferas através de quimiorreceptores olfatórios. Os cães possuem menos cones do que bastonetes na retina. Nos mamíferos, os mecanorreceptores são células ciliadas responsáveis pela transformação da energia sonora em impulsos nervosos; eles se localizam no órgão de Corti e seus cílios

encontram-se na membrana tectória; o sistema vestibular do ouvido interno é o responsável pelo equilíbrio. Nos mamíferos, os sons entram pelo ouvido externo e são canalizados até o tímpano, que vibra e movimenta os ossículos do ouvido médio (martelo, bigorna e estribo), transmitindo esses sons aos fluidos da cóclea, onde estão os mecanorreceptores; os corpúsculos de Pacini são receptores de pressão vibratória.

8. C

A retina é formada por dois tipos de células fotorreceptoras: os bastonetes sensíveis à luz e os cones, os quais percebem as cores.

9. a) UV A. Como as células produtoras de melanina, denominadas melanócitos, estão localizadas na parte mais profunda da epiderme, elas serão mais estimuladas pela radiação UV A, que apresenta maior penetração.

b) Células adiposas ou adipócitos. O maior desenvolvimento dessa camada em animais de clima frio resulta em melhor isolamento térmico e maior acúmulo de reservas energéticas.

10. a) Os raios luminosos emitidos por um corpo atravessam, sucessivamente, a córnea, at pupila da íris, a lente do olho (cristalino) e o humor vítreo; eles formam uma imagem invertida na retina. A luz estimula a formação de impulsos nervosos, que são enviados para a área visual do cérebro, local onde serão interpretados como imagens.

b) Os abalos na cabeça e a enxaqueca com aura causam distúrbios visuais por alterarem a transmissão e a interpretação dos estímulos nervosos que chegam à área visual do cérebro.

11. B

A cóclea é o componente da orelha interna relacionado à audição. Trata-se de uma estrutura enrolada helicoidalmente. A cóclea capta os sons que se propagam por seu interior e os transforma em impulsos nervosos a ser conduzidos até a área encefálica, onde os sons são interpretados.

12. a) Contra. Os gráficos apontam que os neurônios 1 e 2 são sensíveis a todas as substâncias, dependendo apenas da concentração delas no alimento degustado.

b) Os neurônios 1 e 2 são igualmente sensíveis às substâncias amargas e azedas. Eles entram em atividade quando esses componentes alimentares estão presentes em pequenas concentrações.

c) A informação sensorial gustativa atinge o cérebro através de impulsos nervosos conduzidos pelos axônios dos neurônios sensitivos presentes em nervos cranianos mistos.

13. A

As glândulas sebáceas são exócrinas e se localizam junto aos folículos pilosos, nos quais lançam uma secreção oleosa cuja função é lubrificar a pele e os pelos, para evitar seu ressecamento. Quando ocorre a inflamação de uma glândula sebácea, surge uma acne.

14. E

O olho do jovem J1 forma imagem antes da retina, uma vez que o formato do globo ocular é mais alongado, característico da visão míope. Sendo assim, para corrigir essa anomalia, é necessário usar lentes divergentes. O olho do jovem J2 forma imagem depois da retina, uma vez que o formato do globo ocular é mais curto, característico da visão hipermetrope. Assim, é preciso usar lentes convergentes. Além disso, as células da retina que correspondem ao estímulo luminoso são os bastonetes.

15. V – V – F – V – V

O sistema imunológico humano reconhece as tintas utilizadas nas tatuagens como corpos estranhos. Com o passar do tempo, os pigmentos são eliminados por fagócitos e pela renovação natural dos componentes do tecido conectivo, formados pela derme.

16. A endotermia humana é mantida por meios fisiológicos, entre os quais a vasodilatação periférica, que dissipa o excesso de calor em ambientes quentes. Em ambientes frios, ocorre a vasoconstrição, que ajuda a conservar o calor nas regiões mais internas do corpo humano.

17. . As agulhas utilizadas em tatuagem atingem a camada dérmica da pele e provocam o sangramento durante o procedimento. Essas agulhas podem conter agentes contaminantes, como vírus, bactérias, protozoários e outros agentes patogênicos causadores de doenças humanas.

Estudo para o Enem

18. D

As glândulas sudoríferas e o suor não têm função na hidratação da epiderme, na nutrição das células epiteliais, na eliminação de água em complementação às funções dos rins, no favorecimento de acúmulo das secreções das glândulas sebáceas e no comprometimento da respiração celular.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

19. A

O polegar, palma das mãos e dos pés são regiões bastante sensíveis ao toque, pois apresentam maior número de mecanocorreptores.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólicas.

20. B

A queratina é uma proteína impermeável a água. Quanto maior a quantidade de queratina no tegumento do animal, menos perda de água.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

8 SISTEMA DIGESTÓRIO E FISIOLOGIA DA DIGESTÃO

Comentários sobre o módulo

O sistema digestório foi abordado comparativamente, com enfoque na definição dos nutrientes envolvidos no processo de digestão. Nos últimos vestibulares, comentou-se a importância evolutiva da presença do ânus, o que tornou possível o desenvolvimento de órgãos e estruturas que deixaram o processo de absorção dos nutrientes mais eficiente. Ressaltamos a importância de aproximar o conteúdo cobrado nas provas com assuntos contemporâneos, como o tratamento cirúrgico em alguns casos de obesidade, o que altera a anatomia e a fisiologia do trato gastrointestinal.

O processo digestório desempenha papel-chave no balanço de massa no corpo. A maioria do material que entra no sistema, pela boca ou por secreção, é absorvida antes de alcançar o final do trato gastrointestinal. O controle da atividade digestiva é feito pela atuação conjunta do sistema nervoso e endócrino, que atua na motilidade muscular e na liberação de hormônios e sucos digestivos.

Os processos digestórios diferem nos mamíferos, que podem ser carnívoros, herbívoros monogástricos e ruminantes.

Para ir além

No texto “Cirurgia da obesidade – redução do estômago”, é possível explorar como as alterações feitas por esse método atuam no sistema digestório. Disponível em:

<<https://drauziovarella.uol.com.br/entrevistas-2/cirurgia-da-obesidade-2/>>.

Acesso em: nov. 2018.

A intolerância à lactose, também conhecida como deficiência de lactase, é a incapacidade do corpo de digerir lactose. Pesquisadores da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) constataram que pediatras e nutricionistas erram com frequência o diagnóstico dessa doença em crianças menores de dois anos. Veja no *link* a seguir um texto sobre o assunto. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/erros-conceituais/8670/>>.

Acesso em: nov. 2018.

No endereço a seguir há um texto que explica como o controle da fome auxilia nos processos de emagrecimento. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/02/160219_como_controlar_fome_rb_tg>.

Acesso em: nov. 2018.

Exercícios propostos

7. B

Sem a vesícula biliar, haverá menor liberação de bile no intestino. A bile emulsifica as gorduras,

elevando a superfície de contato para as lipases pancreáticas. Portanto, uma pessoa sem vesícula biliar deve evitar alimentos com excesso de gorduras e óleos.

8. C

O órgão 3, denominado pâncreas, é uma glândula mista (anfícrina), por apresentar funções exócrina (pois secreta o suco pancreático com muitas enzimas no duodeno) e endócrina (porque secreta os hormônios insulina e glucagon na corrente sanguínea).

9. D

Formam o sistema digestório: cavidade oral, língua, faringe, esôfago, estômago, duodeno, intestino delgado, intestino grosso, reto, ânus e glândulas anexas (glândulas salivares, fígado e pâncreas).

10. a) No intestino, a ação das enzimas na digestão dos nutrientes só ocorre em meio alcalino, proporcionado pela produção de bicarbonato de sódio no pâncreas.

b) O hormônio que estimula a secreção de enzimas digestivas, assim como a secretina, é a pancreozimina ou colecistoquinina.

c) O tripsinogênio é produzido nas células pancreáticas, em sua forma inativa. É ativado pela enzima enteroquinase, produzida pelo intestino delgado, transformando-se em tripsina (forma ativa).

11. $02 + 04 + 08 = 14$

No jejuno e íleo, segmento do intestino delgado, ocorrerá a maior parte da absorção dos nutrientes pelos capilares sanguíneos. Os ácidos graxos são absorvidos pelos capilares linfáticos. A transformação química que ocorre no estômago se denomina quimificação. Nessa fase, o bolo alimentar é transformado em outra massa, o quimo, que será conduzido ao duodeno, o primeiro segmento do intestino delgado.

12. C

A digestão do amido tem início por meio da ação da amilase salivar, secretada na boca. No duodeno, porção proximal do intestino delgado, o alimento sofre ação da bile, responsável por emulsificar as gorduras do bolo alimentar. No jejuno-íleo, o bolo alimentar sofre ação de enzimas (quimotripsina e tripsina) presentes no suco pancreático responsáveis pela digestão de proteínas. No intestino grosso é onde acontecem a absorção de água e a formação das fezes

13. C

O canal alimentar humano é formado, sequencialmente, por boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e ânus.

14. a) O pâncreas secreta o suco digestório pancreático nesse órgão. O fígado produz e secreta bile no intestino delgado, a qual tem função de emulsificar as gorduras da dieta, o que facilita a ação das enzimas lipases pancreáticas e entéricas.

b) As vilosidades intestinais presentes no intestino delgado humano aumentam a superfície de absorção alimentar.

15. D

No intestino delgado, o quimo sofre a ação do suco pancreático (produzido no pâncreas), do suco entérico (fabricado no próprio intestino) e da bile (que é produzida pelo fígado).

16. A

Em ruminantes, o processo digestório acontece em quatro câmaras, nas quais a digestão química ocorre no omaso. A absorção dos produtos dessa digestão acontece no intestino delgado, que tem vilosidades que possibilitam a absorção dos nutrientes.

17. a) A bile contém sais que funcionam como um “detergente” natural, emulsificando as gorduras. Os sais biliares (taurocolato e glicolato de sódio) quebram a tensão superficial das gotas de gordura, transformando-as em gotículas microscópicas. A bile é produzida pelo fígado e secretada no duodeno.

b) As células do fígado produzem e armazenam o glicogênio após as refeições. O glicogênio hepático constitui-se em importante reserva energética durante os períodos de jejum.

Estudo para o Enem

18. B

O aumento das vilosidades intestinais amplia a área de contato com o conteúdo intestinal. Isso facilita a absorção de nutrientes.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

19. E

As vitaminas A, D, E e K são lipossolúveis, isto é, ocorrem dissolvidas em lipídios e somente podem ser absorvidas pela mucosa do trato digestório com eles.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. D

A redução na produção de insulina ou a resistência das células à sua ação provoca a hiperglicemia, típica das doenças conhecida como *diabetes melitus*.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



Pearson

PRÉ-VESTIBULAR
SEMIEXTENSIVO

1

