

ENSINO MÉDIO
PRÉ-VESTIBULAR

BIO

BIOLOGIA

2



Poliedro
Sistema de Ensino

COLEÇÃO PV

Copyright © Editora Poliedro, 2022.

Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal, Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ISBN 978-65-5613-139-9

Presidente: Nicolau Arbex Sarkis

Autoria: Elias Avancini de Brito e Henrique Medeiros Pinheiro

Edição de conteúdo: Ana Carolina Suzuki Dias Cintra, Juliana Grassmann dos Santos, Maria Carolina Checchia da Inês e Mayra Sato

Edição de arte: Christine Getschko, Bruna H. Fava, Alexandre Bueno, Lourenzo Acunzo, Marina Ferreira e Nathalia Laia

Ilustrações: Diógenes Martins

Design: Adilson Casarotti

Licenciamento e multimídia: Leticia Palária de Castro Rocha, Danielle Navarro Fernandes e Jessica Clifton Riley

Revisão: Rosângela Carmo Muricy, Bianca da Silva Rocha, Eliana Marília G. Cesar, Ellen Barros de Souza, Paulo V. Coelho, Sara de Jesus Santos e Thiago Marques

Impressão e acabamento: PifferPrint

Crédito de capa: Stuart Hamilton/Shutterstock.com

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as imagens presentes nesta obra didática. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos, colocamo-nos à disposição para avaliação e consequentes correção e inserção nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos no Art. 28 da Lei 9.610/98.



Poliedro Sistema de Ensino

T. 12 3924 -1616

sistemapoliedro.com.br

Sumário

Frente 1

6 Proteínas..... 5

Proteínas, **6**
Revisando, **12**
Exercícios propostos, **13**
Texto complementar, **15**
Resumindo, **16**
Quer saber mais?, **16**
Exercícios complementares, **17**
BNCC em foco, **18**

7 Ácidos nucleicos e síntese de proteínas 19

Ácidos nucleicos, **20**
Código genético, **23**
Síntese de proteínas, **24**
Revisando, **27**
Exercícios propostos, **28**
Textos complementares, **33**
Resumindo, **35**
Quer saber mais?, **36**
Exercícios complementares, **36**
BNCC em foco, **42**

8 Bioenergética 43

A liberação de energia, **44**
Quimiossíntese e fotossíntese, **48**
Revisando, **52**
Exercícios propostos, **54**
Textos complementares, **62**
Resumindo, **64**
Quer saber mais?, **66**
Exercícios complementares, **66**
BNCC em foco, **74**

9 Origem dos primeiros seres vivos..... 75

Introdução, **76**
Hipótese da panspermia, **76**
Hipótese de Oparin, **76**
Revisando, **78**
Exercícios propostos, **79**
Texto complementar, **82**
Quer saber mais?, **83**
Resumindo, **83**
Exercícios complementares, **83**
BNCC em foco, **88**

10 Citoplasma e hipótese da endossimbiose..... 89

Os componentes citoplasmáticos, **90**
Revisando, **95**
Exercícios propostos, **96**
Texto complementar, **101**
Resumindo, **103**
Quer saber mais?, **103**
Exercícios complementares, **103**
BNCC em foco, **108**

11 Os envoltórios celulares..... 109

Os tipos de envoltório celular, **110**
Revisando, **111**
Exercícios propostos, **112**
Texto complementar, **114**
Resumindo, **114**
Quer saber mais?, **114**
Exercícios complementares, **114**
BNCC em foco, **116**

Frente 2

6 O ser humano e o ambiente..... 117

O ser humano, o ambiente e o desequilíbrio ambiental, **118**
Principais impactos ambientais, **119**
Avaliação de impactos ambientais, **127**
Tecnologias de redução do impacto ambiental, **127**
Recuperação de ecossistemas, **130**
Impactos ambientais e desenvolvimento sustentável, **130**
Revisando, **131**
Exercícios propostos, **135**
Textos complementares, **144**
Resumindo, **145**
Quer saber mais?, **147**
Exercícios complementares, **148**
BNCC em foco, **158**

7 Procariontes: bactérias e arqueas 159

Célula procariótica, **160**
Bactérias, **160**
Arqueas, **163**
Revisando, **163**
Exercícios propostos, **164**
Textos complementares, **166**
Resumindo, **168**
Quer saber mais?, **169**
Exercícios complementares, **169**
BNCC em foco, **176**

8	Vírus	177
	Características gerais dos vírus, 178	
	Bacteriófagos, 179	
	HIV, 180	
	H1N1, 181	
	SARS-CoV-2, 181	
	Arbovírus, 182	
	Revisando, 182	
	Exercícios propostos, 184	
	Texto complementar, 187	
	Resumindo, 188	
	Quer saber mais?, 189	
	Exercícios complementares, 189	
	BNCC em foco, 196	
9	Fungos e algas	197
	Reinos Fungi e Protocista, 198	
	Fungos, 198	
	Algas, 200	
	Revisando, 203	
	Exercícios propostos, 204	
	Texto complementar, 208	
	Resumindo, 209	
	Quer saber mais?, 210	
	Exercícios complementares, 210	
	BNCC em foco, 213	
10	Plantas e ciclos reprodutivos	215
	Classificação básica das plantas, 216	
	Ciclos reprodutivos, 216	
	Revisando, 217	
	Exercícios propostos, 218	
	Texto complementar, 219	
	Resumindo, 220	
	Quer saber mais?, 220	
	Exercícios complementares, 221	
	BNCC em foco, 222	
11	Briófitas e pteridófitas	223
	Classificação geral das plantas, 224	
	Briófitas, 225	
	Pteridófitas, 226	
	Revisando, 227	
	Exercícios propostos, 228	
	Textos complementares, 231	
	Resumindo, 232	
	Quer saber mais?, 232	
	Exercícios complementares, 233	
	BNCC em foco, 236	
12	Gimnospermas	237
	Características das gimnospermas, 238	
	Ciclo reprodutivo, 238	
	Revisando, 240	
	Exercícios propostos, 241	
	Texto complementar, 244	
	Resumindo, 244	
	Quer saber mais?, 244	
	Exercícios complementares, 244	
	BNCC em foco, 246	
Frente 3		
5	Zoologia dos invertebrados II	247
	Moluscos, 248	
	Anelídeos, 251	
	Artrópodes, 254	
	Equinodermos, 260	
	Cordados, 263	
	Revisando, 265	
	Exercícios propostos, 266	
	Texto complementar, 277	
	Resumindo, 278	
	Quer saber mais?, 280	
	Exercícios complementares, 281	
	BNCC em foco, 292	
6	Zoologia dos vertebrados	293
	Introdução, 294	
	Controle da temperatura corporal nos vertebrados, 294	
	Ágnatos, 294	
	Gnatostomados, 294	
	Anfíbios, 298	
	Amniotas, 301	
	Répteis, 302	
	Aves, 304	
	Mamíferos, 306	
	Revisando, 309	
	Exercícios propostos, 311	
	Textos complementares, 319	
	Resumindo, 321	
	Quer saber mais?, 323	
	Exercícios complementares, 323	
	BNCC em foco, 330	
7	Digestão e respiração	331
	Introdução à fisiologia, 332	
	Sistema digestório humano, 332	
	Sistema respiratório humano, 338	
	Revisando, 341	
	Exercícios propostos, 343	
	Textos complementares, 349	
	Resumindo, 352	
	Quer saber mais?, 355	
	Exercícios complementares, 355	
	BNCC em foco, 363	
Gabarito		365



Tatjana Baibakova/Shutterstock.com

Carne de frango, carne de peixe, ovos, soja e feijão são alguns exemplos de alimentos ricos em proteínas.

FRENTE 1

CAPÍTULO

6

Proteínas

Proteínas são nutrientes indispensáveis para as necessidades humanas. Grande parte das pessoas acredita que apenas os alimentos de origem animal, como carne, leite e ovos, apresentam proteínas, mas diversos alimentos de origem vegetal, como arroz, feijão, grão-de-bico, brócolis, espinafre, amêndoas, nozes e amendoim, contêm esses nutrientes. Para obter todos os aminoácidos essenciais ao corpo humano, é necessário diversificar a fonte de proteínas, sempre incluindo cereais e leguminosas na alimentação. Esses aminoácidos serão utilizados na síntese de novas proteínas, que desempenharão variadas funções no organismo.

Proteínas

Vimos no capítulo 5 que os componentes químicos dos seres vivos são divididos em dois grandes grupos: os **inorgânicos**, água e sais minerais, e os **orgânicos**, que incluem carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e ácidos nucleicos. O ser humano é heterótrofo, e seus componentes químicos são obtidos na dieta. Uma parte do metabolismo é responsável pela conversão de um tipo de nutriente em outro; por exemplo, se uma pessoa consumir grande quantidade de açúcar, acima das necessidades energéticas diárias, poderá converter açúcar em gordura. Neste capítulo, serão discutidas as proteínas; além disso, será feita uma introdução à nutrição.

Proteínas são **macromoléculas** formadas por um grande número de **aminoácidos**, de maneira análoga aos polissacarídeos, que são macromoléculas formadas por monossacarídeos. Os aminoácidos de uma proteína estão unidos por meio de **ligações peptídicas**, enquanto os monossacarídeos de um polissacarídeo estão unidos por **ligações glicosídicas**.

Papéis biológicos

As proteínas apresentam inúmeras funções no organismo, destacando-se os papéis estruturais, de transporte, de movimento, de função alimentar, de defesa, de coordenação e de ação catalítica. A tabela a seguir resume os principais tipos de proteínas de acordo com a função que exercem.

Classificação funcional da proteína	Exemplos	Localização/atução
Estruturais	Colágeno	Derme, tendões, ligamentos, ossos e córnea.
	Queratina	Epiderme e anexos (pelos e unhas).
Transporte	Hemoglobina	Presente em hemácias; transporta gás oxigênio nos vasos sanguíneos.
	Mioglobina	Presente nos músculos; armazena gás oxigênio.
Movimento	Actina e miosina	Músculos.
Alimento	Albumina	Clara de ovo.
	Caseína	Leite.
Defesa	Anticorpos	Sangue e tecidos.
Coordenação	Hormônio insulina	Controla a concentração de glicose no sangue.
	Hormônio do crescimento	Determina a elongação dos ossos.
Catalisadoras	Enzimas	Aceleram reações químicas. Estão presentes no sangue, no tubo digestório e no interior das células.

Classificação funcional das proteínas, exemplos e ocorrência no organismo.

Proteínas estruturais têm papel plástico, ou seja, na **construção** das diversas estruturas do organismo. Entre as proteínas estruturais destacam-se o colágeno e a queratina. O **colágeno** é a proteína mais abundante do organismo e propicia **resistência** à tração mecânica, contribuindo para a manutenção da estrutura de vários órgãos. O colágeno está presente na **derme**, nos **tendões** (unem músculos e ossos), nos **ligamentos** (unem ossos entre si) e também nos **ossos** (com fosfato de cálcio) e na **córnea**.

Queratina é uma proteína impermeável que recobre a epiderme, protegendo vertebrados terrestres contra a **desidratação**. A queratina é o principal componente de vários anexos da epiderme, como **pelos** e **unhas**. Deve-se tomar cuidado para não confundir a queratina com a quitina, que é um polissacarídeo nitrogenado presente no exoesqueleto de artrópodes e na parede celular de fungos.

Proteínas de transporte carregam algumas substâncias específicas. É o caso da **hemoglobina**, presente no interior de **glóbulos vermelhos** (hemácias) e que transporta gás oxigênio dos pulmões aos tecidos. Há cerca de 280 milhões de moléculas de hemoglobina no interior de uma hemácia. Nos **músculos**, há uma grande quantidade da proteína **mioglobina**, que armazena gás oxigênio.

Outro tipo são as **proteínas de movimento**, como a **actina** e a **miosina**, abundantes em todos os tipos de **músculos**. O deslizamento dessas proteínas é que permite a realização dos movimentos de contração e distensão muscular. Os músculos esqueléticos são popularmente designados como carne, que representa uma fonte de proteínas na alimentação de muitos animais. No entanto, há **proteínas de função alimentar**, como a **albumina da clara de ovo** (que nutre o embrião) e a **caseína do leite**, fundamental na nutrição de mamíferos jovens.

Proteínas de defesa incluem os **anticorpos**, que protegem o organismo contra agentes estranhos, como bactérias, vírus e toxinas. Os componentes estranhos ao corpo e que podem desencadear a produção de anticorpos são denominados **antígenos**. Há situações em que os anticorpos têm um efeito indesejado, pois atacam células do sangue ou de órgãos que foram introduzidos na tentativa de beneficiar o organismo receptor, nos casos de transfusões sanguíneas e de transplantes.

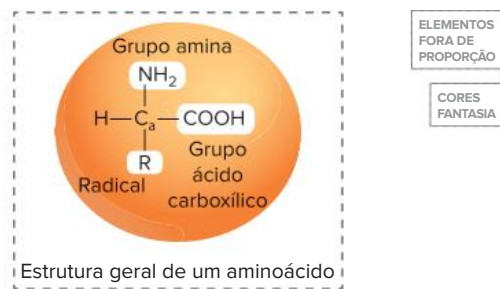
Proteínas de coordenação são os **hormônios**. Há hormônios esteroides (de natureza lipídica), como o estrógeno e a progesterona; no entanto, há vários hormônios de natureza proteica, como a **insulina** (que contribui para o controle da concentração de glicose no sangue) e o **hormônio do crescimento**, que determina a elongação dos ossos. Já as **proteínas de ação catalítica** são as **enzimas**, que aceleram as reações químicas do metabolismo.

Aminoácidos e peptídeos

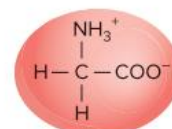
Em termos químicos, as proteínas são **polímeros** constituídos por **aminoácidos**. Polímero é um composto formado por unidades repetitivas encadeadas. Os seres vivos apresentam vinte tipos de aminoácidos; em todos eles, há um carbono central (**carbono alfa**), ao qual estão ligados: um

átomo de **hidrogênio**, um grupo **carboxila** ($-\text{COOH}$), um grupo **amina** ($-\text{NH}_2$) e um **radical (R)**, que é a porção variável da molécula e o que confere a identidade de cada um dos vinte aminoácidos. O radical do aminoácido glicina é um átomo de hidrogênio; no aminoácido alanina, o radical é um grupo $-\text{CH}_3$. Os aminoácidos apresentam átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. No entanto, dois aminoácidos, a metionina e a cisteína, também têm enxofre (S).

Nos ribossomos, ocorre a união dos aminoácidos para a formação das proteínas. Dois aminoácidos são agrupados em uma reação de síntese por desidratação, com a produção de um **dipeptídeo** e a formação de água. Essa reação envolve a função ácido carboxílico de um aminoácido e a função amina de outro; ocorre saída de água e estabelece-se uma ligação peptídica entre os dois aminoácidos. A ligação peptídica é do tipo covalente e une um átomo de carbono a um átomo de nitrogênio.



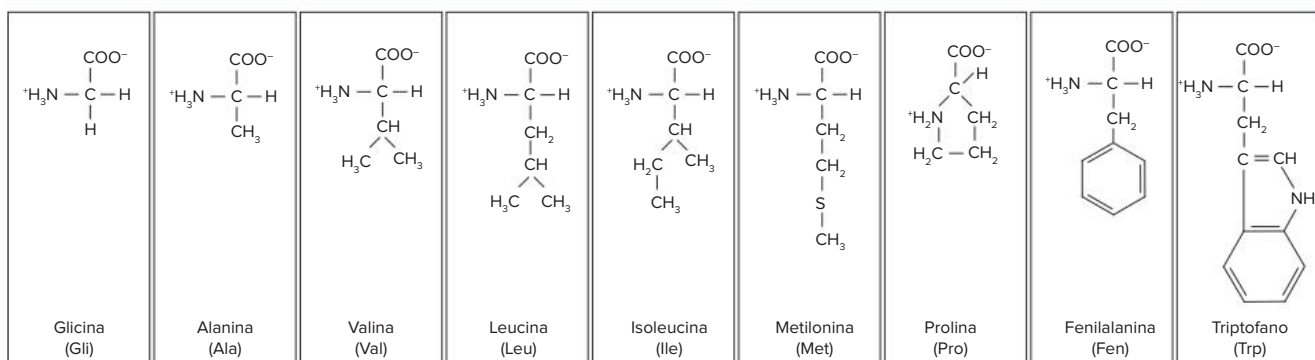
Alanina
(Ala)



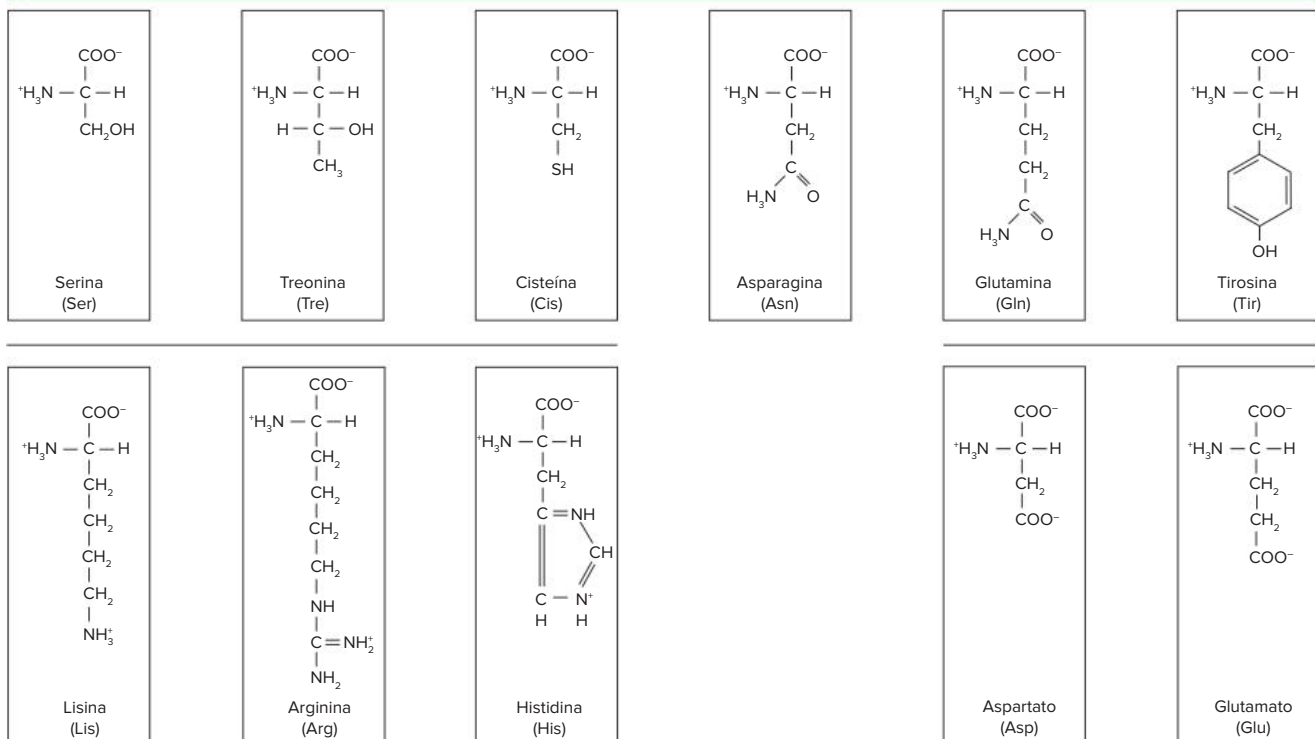
Glicina
(Gli)

Estrutura geral dos aminoácidos e fórmula de dois aminoácidos: alanina e glicina, que diferem apenas no grupo radical (H na glicina, e CH_3 na alanina).

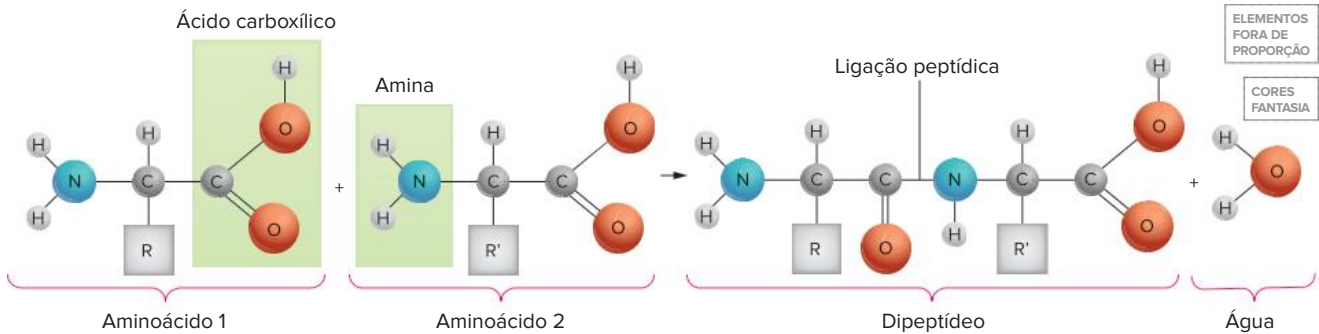
Hidrófobos



Hidrófilos



Representação dos vinte tipos de aminoácidos encontrados nos seres vivos. Abaixo de cada fórmula estão indicados o nome do aminoácido e sua abreviação entre parênteses.



Reação química entre dois aminoácidos e a formação de uma ligação peptídica.

Três aminoácidos agrupados por reações químicas constituem um **tripeptídeo**. Uma molécula constituída por um pequeno número de aminoácidos é um **oligopeptídeo**; uma molécula com grande número de peptídeos é um **polipeptídeo**. Uma proteína, geralmente, é um **polipeptídeo** com função biológica.

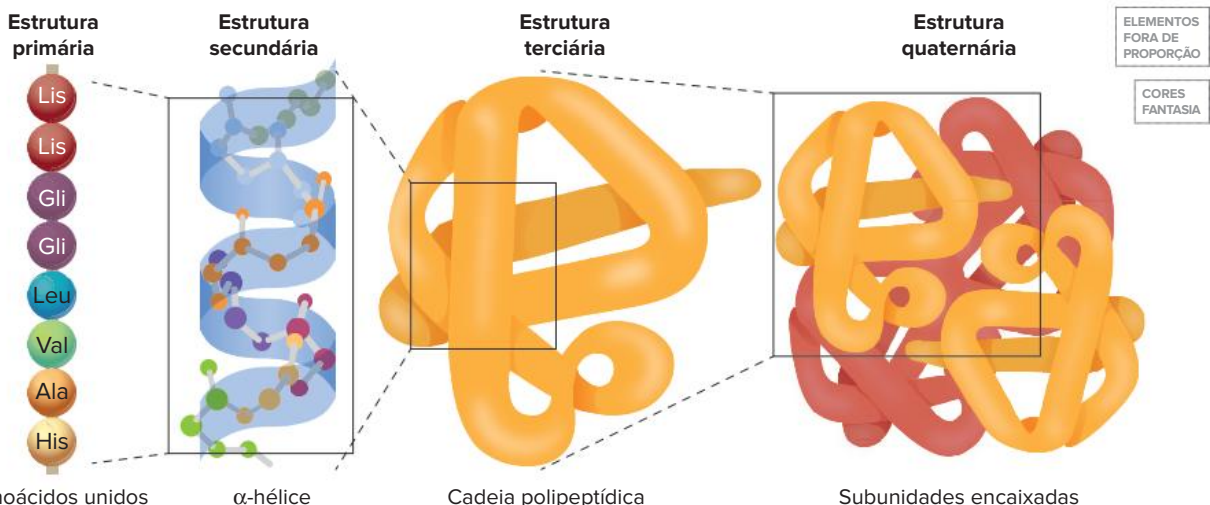
Em relação ao ser humano, há dois tipos de aminoácidos: os essenciais e os naturais (ou não essenciais). **Aminoácidos essenciais** são aqueles que não conseguimos produzir; devemos necessariamente obtê-los na dieta. São eles: fenilalanina, triptofano, treonina, leucina, isoleucina, metionina, valina e lisina. Nos recém-nascidos, a histidina também é um aminoácido essencial. **Aminoácidos naturais (não essenciais)** são aqueles que o ser humano consegue produzir a partir de substâncias orgânicas, como carboidratos ou outros aminoácidos. Há alimentos ricos em aminoácidos essenciais, como carne, leite e ovos. Vegetais podem fornecer esses aminoácidos quando são combinados em uma refeição um cereal (arroz, milho, trigo) e uma leguminosa (plantas cujo fruto é uma vagem), como feijão, soja e lentilha.

O **colágeno** é um componente da gelatina, muito usada como sobremesa e submetida a processos que lhe conferem cor e sabor e que não traz todos os aminoácidos essenciais para o ser humano. Porém, para muitos carnívoros, esta mesma proteína, que eles obtêm de ossos dos animais dos quais se alimentam, contém todos os aminoácidos essenciais.

Estrutura das proteínas

Uma proteína pode apresentar quatro níveis de organização: estrutura primária, estrutura secundária, estrutura terciária e, em alguns casos, estrutura quaternária. **Estrutura primária** corresponde à ordem dos aminoácidos ao longo da molécula. Interações entre os resíduos das terminações amino e ácido dos aminoácidos geram ligações de hidrogênio. Por exemplo, o grupo ácido do primeiro aminoácido de uma cadeia pode realizar ligação de hidrogênio com o grupo amino do quarto aminoácido. Assim, o filamento proteico enrola-se, determinando a **estrutura secundária** da proteína. A forma mais comum é um enovelamento em forma de hélice (α -hélice), mas existem outras modalidades de estrutura secundária, como a da forma de placas.

A **estrutura terciária** corresponde à forma final que a cadeia proteica assume, normalmente enrolando-se sobre si mesma. Esse enrolamento é determinado pelas interações entre os radicais dos aminoácidos componentes. O radical de um aminoácido da molécula proteica estabelece interações com o radical de outro aminoácido da mesma molécula de proteína, como **ligações de hidrogênio**, **ligações dissulfeto** (que ocorre entre átomos de enxofre dos radicais da cisteína) e **interações hidrofóbicas**. Essas interações são fundamentais na determinação da forma que a molécula proteica assume. A mioglobina tem aspecto enovelado; é uma proteína **globular**, solúvel em água. A queratina tem aspecto alongado e não sofre enovelamento; é uma proteína **fibrosa**, insolúvel em água.



Os quatro níveis de organização de uma proteína.

A **estrutura quaternária** é o resultado do agrupamento de cadeias peptídicas, formando um complexo molecular capaz de exercer um papel no organismo. A mioglobina é constituída por uma única cadeia peptídica e, com isso, consegue exercer seu papel de armazenar gás oxigênio nos músculos. Ela não apresenta estrutura quaternária. No entanto, a hemoglobina completa é constituída por quatro cadeias peptídicas; só com esse grupo de quatro cadeias é que a hemoglobina é capaz de transportar gás oxigênio no sangue. Assim, a hemoglobina apresenta estrutura quaternária.

Forma e função

A forma de uma ferramenta relaciona-se com sua utilidade. Uma chave de fenda, por exemplo, tem a forma adequada para apertar ou afrouxar parafusos, enquanto a chave de boca é empregada para apertar ou afrouxar porcas.

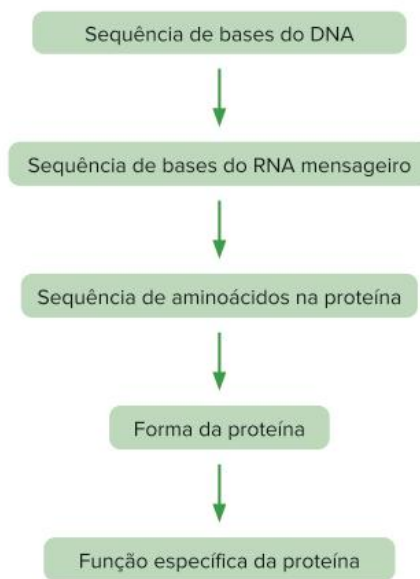


A forma de uma ferramenta está relacionada com a sua utilidade.

De maneira análoga, a forma de uma proteína determina sua função biológica específica. O anticorpo contra o veneno de cascavel é de natureza proteica e tem a forma adequada para sua função (inutilizar a toxina presente no veneno de jararaca. Ou seja, a forma de uma proteína determina o seu substrato (com quem ela irá se ligar) e a ação que ela terá sobre esse composto.

A forma de uma proteína é determinada pela sua estrutura primária, ou seja, pela sequência dos aminoácidos (devido a interações entre os radicais dos aminoácidos). Por outro lado, a sequência dos aminoácidos é construída nos ribossomos, durante a síntese de proteínas. Tivemos uma noção desse processo no Livro 1, onde vimos que o DNA serve de molde para a produção de RNA mensageiro, que nos ribossomos orienta a síntese de proteínas. O DNA e o RNA mensageiro apresentam sequências de bases nitrogenadas, e a sequência de bases do DNA determina a

sequência de bases do RNA mensageiro, que determina a sequência de aminoácidos na cadeia proteica. A sequência de aminoácidos determina a forma da proteína, que determina sua função biológica específica.

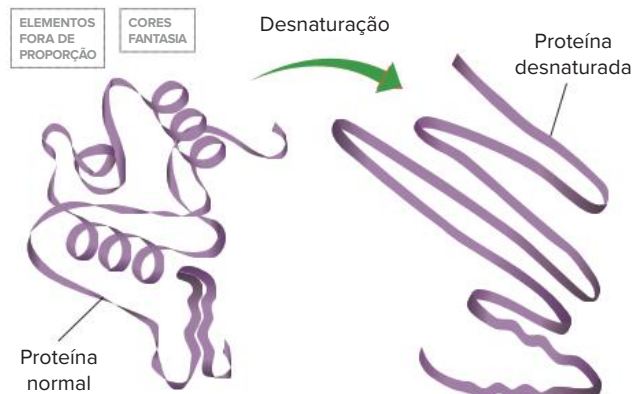


A forma de uma proteína determina sua função biológica e é determinada pela sequência das bases nitrogenadas do DNA.

Vimos que as mutações podem alterar a sequência de bases nitrogenadas do DNA; isso pode causar mudança na forma e na função da proteína produzida a partir do segmento de DNA afetado.

Desnaturação proteica

Desnaturação é a alteração da forma de uma proteína sem ocorrer modificação na sequência de seus aminoácidos componentes. A desnaturação pode ser provocada pela exposição à **radiação ultravioleta**, a **temperaturas muito altas ou baixas**, a **elevadas concentrações de sal** e à **variação de pH**. Esses fatores interferem de alguma forma nas interações entre os grupos radicais dos aminoácidos integrantes da cadeia proteica, resultando na modificação de sua forma. A radiação ultravioleta, por exemplo, é uma radiação com alto conteúdo energético e eleva a vibração dos átomos componentes da molécula proteica; o resultado pode ser sua desnaturação.



Representação do processo de desnaturação proteica, caracterizado pela alteração na forma dessa molécula.

Considerando o ser humano e muitos outros animais, em geral, suas proteínas sofrem mudanças irreversíveis quando são submetidas a temperaturas acima de 43 °C. Temperaturas mais baixas provocam mudanças menos intensas e normalmente são reversíveis. A albumina da clara de ovo, por exemplo, quando é aquecida, sofre desnaturação, e a clara fica endurecida e esbranquiçada. Isso não ocorre quando o ovo é mantido na geladeira).

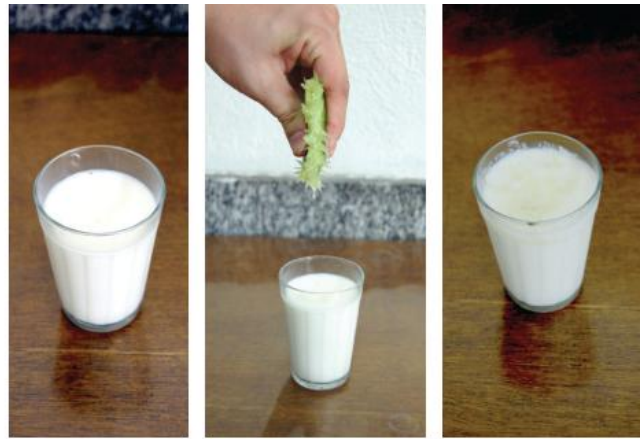


Representação do processo de desnaturação das proteínas do ovo quando aquecido.

Há seres que vivem em ambientes com temperatura muito alta, e suas proteínas estão adaptadas a essa condição; é o caso de **arqueas termoacidófilas**, presentes em fontes termais com cerca de 80 °C.

O pH é uma escala que identifica o nível de acidez de um meio (uma solução, por exemplo). O valor 7 de pH significa meio neutro; valores de 0 a 6 correspondem a meio ácido (quanto mais próximo do 0, mais ácido); e valores entre 8 e 14 indicam um meio básico ou alcalino (quanto mais próximo do 14, mais básico). A explicação detalhada desses valores é dada em Físico-Química.

Alterações de pH podem provocar desnaturação de proteínas. A caseína do leite, por exemplo, é desnaturada em meio ácido. Isso pode ser provocado pela fermentação de bactérias presentes no leite que liberam ácido láctico. A desnaturação da caseína dá ao leite um aspecto mais consistente; essa modificação é a base para a produção de certos derivados do leite, como iogurte e queijo. É possível também causar a desnaturação das proteínas do leite colocando nele suco de limão, rico em ácido cítrico.

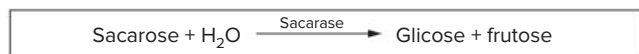


O ácido cítrico do suco de limão provoca a desnaturação das proteínas do leite.

Retiradas das condições desnaturantes, muitas proteínas podem reassumir sua conformação nativa, em um processo chamado **renaturação**. Entretanto, a velocidade e a eficiência da renaturação são muito menores que as do dobramento das proteínas até atingirem sua forma nativa. A renaturação demonstra que a estrutura terciária de uma proteína é consequência da sua estrutura primária.

As enzimas

A atividade metabólica dos seres vivos envolve inúmeras reações químicas controladas por enzimas, tanto no interior de células como no meio extracelular (no sangue ou no tubo digestório, por exemplo). Enzimas são **catalisadores proteicos** e aceleram reações químicas específicas. Uma reação química sem a presença da enzima específica ocorreria de maneira muito mais lenta e isso seria incompatível com a taxa de reação necessária aos processos vitais. Uma enzima, ao catalisar uma reação específica, envolverá sempre os mesmos reagentes (designados como o **substrato** da enzima) e será modificada, formando o complexo **enzima-substrato**. Ao final da reação, os produtos são liberados e a enzima é regenerada, ficando disponível para ser usada novamente pela célula. Cada enzima é específica para um tipo de substrato. Assim, a enzima sacarase realiza a hidrólise da sacarose, enquanto a enzima maltase hidrolisa a maltose.

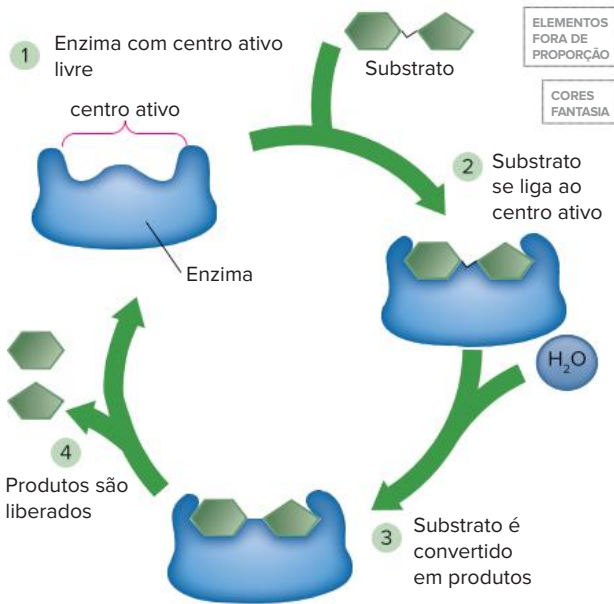


Reação química de hidrólise da sacarose, catalisada por uma enzima específica (sacarase).

No Livro 1, foi apresentada uma noção de material genético. Um exemplo citado foi o do gene (segmento de DNA) responsável pela determinação da pigmentação da pele, com a síntese de melanina. Esse gene determina a produção da enzima tirosinase, que atua sobre o aminoácido tirosina (o substrato), convertendo-o em melanina (produto da reação).

As enzimas apresentam um local conhecido como **centro ativo** (ou **sítio ativo**), uma espécie de “bolsa molecular” na qual as moléculas dos reagentes se encaixam. As interações entre a enzima e as moléculas do substrato facilitam a

reação química, gerando os produtos da reação. A enzima é recuperada no final do processo.



Modelo de reação química catalisada por enzima. O substrato e o centro ativo da enzima interagem no processo.

O encaixe entre enzima e substrato é fundamental para a eficácia da atividade enzimática. Com a forma adequada, a velocidade da reação controlada por uma enzima torna-se máxima. Alterações na forma da enzima (principalmente no seu centro ativo) reduzem a velocidade da reação. Ocorre que a forma das proteínas é afetada pela temperatura e pelo pH, entre outros fatores. Há uma **temperatura ótima** para a atividade de uma enzima; nessa temperatura a velocidade da reação enzimática é máxima. A temperatura do corpo humano é de cerca de 36 °C; a temperatura ótima fica um pouco acima disso. Assim, nosso metabolismo trabalha um pouco abaixo do ótimo. Estados de elevação de temperatura são designados como hipertermia; uma modalidade de hipertermia é a febre. Diante de uma infecção viral ou bacteriana, o organismo pode apresentar uma reação febril, elevando a atividade metabólica, o que contribui para combater o organismo invasor. No entanto, temperaturas corporais muito elevadas podem trazer danos, como convulsões, ou mesmo levar o indivíduo à morte.

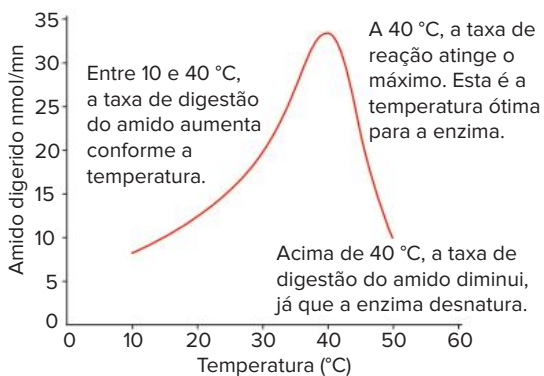


Gráfico representativo da atividade de uma amilase, enzima que hidrolisa amido. A temperatura do corpo humano é de cerca de 37 °C; a temperatura ótima dessa enzima fica um pouco acima disso.

Toda enzima tem um **pH ótimo** para sua atividade, no qual a velocidade da reação enzimática é máxima. A enzima pepsina, por exemplo, atua no estômago, com pH em torno de 2; já a enzima tripsina atua no duodeno, com pH em torno de 8. Cada enzima atua em um determinado pH, e variações bruscas nesse pH ótimo causam sua desnaturação.

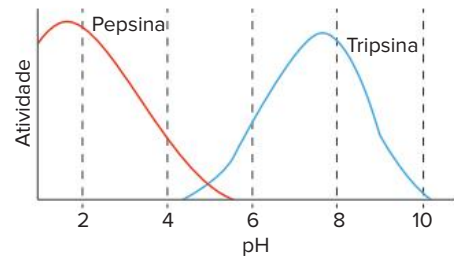


Gráfico representativo da atividade de enzimas pepsina e tripsina em diferentes valores de pH. A pepsina tem melhor desempenho em meio ácido, e a tripsina, em meio básico.

A velocidade de uma reação enzimática também depende da **concentração de substrato**. Pequenas concentrações de substrato determinam baixas velocidades de reação; já a elevação da concentração de substrato aumenta a velocidade da reação, pois aumenta o número de choques entre enzima e substrato. No entanto, a partir de certa concentração, a velocidade da reação não se altera, uma vez que as enzimas não têm capacidade de processar a quantidade excedente de moléculas de substrato.

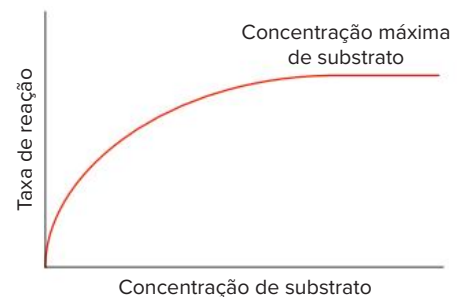
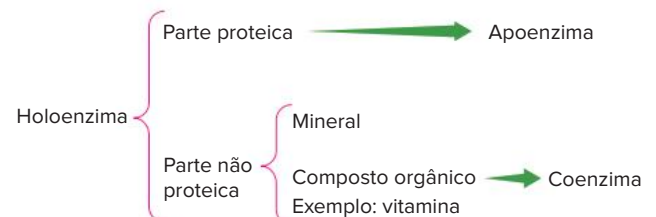


Gráfico representativo da velocidade de uma reação enzimática em função da concentração de substrato. A velocidade aumenta com a elevação da concentração do substrato até atingir o ponto de saturação, a partir do qual a velocidade permanece constante.

Algumas enzimas só apresentam atividade quando estão associadas a outra substância, denominada cofator, que pode ser um **mineral** ou uma **molécula orgânica** (não proteica), como certas vitaminas. A molécula completa da enzima, associada a um cofator, é denominada **holoenzima**. Sua parte proteica é chamada de **apoenzima**, e o cofator orgânico recebe o nome de **coenzima**.



Uma enzima integral (holoenzima) tem componentes proteicos e não proteicos.

Revisando

1. Explique, sob o ponto de vista químico, o que são proteínas.

2. Cite um exemplo de proteína para cada um dos seguintes papéis:

- estrutural: _____
- transporte: _____
- movimento: _____
- alimento (nutrição): _____
- defesa: _____
- coordenação: _____
- ação catalítica: _____

3. Qual o nome da reação que une dois aminoácidos por meio de uma ligação peptídica?

4. O que são aminoácidos essenciais?

5. Defina estrutura primária de uma proteína.

6. Uma molécula proteica dobra-se sobre si mesma por meio de interações entre os radicais dos aminoácidos. Essa descrição corresponde a qual estrutura proteica?

7. Preencha corretamente os espaços: A sequência de bases nitrogenadas do _____ determina a sequência de bases nitrogenadas do _____, que determina a sequência de _____ de uma proteína.

8. Preencha corretamente os espaços: A forma de uma proteína é determinada pela sequência de _____; por outro lado, a forma de uma proteína determina sua _____.

9. O que são enzimas?

10. O que é coenzima?

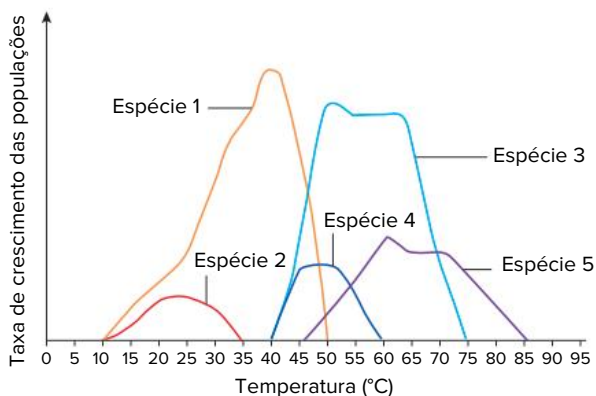
Exercícios propostos

1. **Fuvest-SP** Leia o texto a seguir, escrito por Jons Jacob Berzelius em 1828.

Existem razões para supor que, nos animais e nas plantas, ocorrem milhares de processos catalíticos nos líquidos do corpo e nos tecidos. Tudo indica que, no futuro, descobriremos que a capacidade de os organismos vivos produzirem os mais variados tipos de compostos químicos reside no poder catalítico de seus tecidos.

A previsão de Berzelius estava correta, e hoje sabemos que o “poder catalítico” mencionado no texto deve-se:

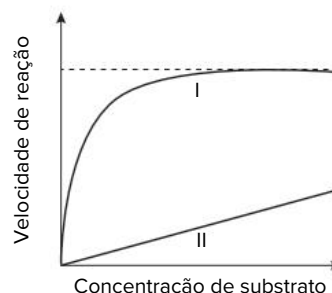
- a) aos ácidos nucleicos. d) às proteínas.
b) aos carboidratos. e) às vitaminas.
c) aos lipídeos.
2. **UEL-PR** Consideram-se aminoácidos essenciais para um determinado animal aqueles:
- a) de que ele necessita e sintetiza a partir de outras substâncias.
b) de que ele necessita mas não consegue sintetizar, tendo que recebê-los em sua dieta.
c) de que ele necessita apenas nas primeiras etapas de seu desenvolvimento.
d) obtidos diretamente a partir de vegetais, que são os únicos organismos a sintetizá-los.
e) resultantes da degradação de suas próprias proteínas.
3. **Fuvest-SP 2021** O gráfico a seguir mostra como é a taxa de crescimento das populações de 5 espécies diferentes de bactérias em relação a temperatura.



Com base no gráfico, responda:

- a) Considerando a temperatura média dos mamíferos como sendo semelhante a humana, qual(is) espécie(s) pode(m) ser simbiótica(s) com mamíferos?
b) Considerando intervalos de 5 graus Celsius (por exemplo, 0-5, 5-10, etc.) qual(is) o(s) intervalo(s) de temperatura apresenta(m) a maior diversidade de bactérias? Justifique sua resposta.
c) Qual(is) espécie(s) não sobreviveria(m) a temperatura ambiental de 65 graus Celsius? Cite um processo fisiológico-bioquímico que ocorre com macromoléculas e que impede a sobrevivência dessa(s) espécie(s)?

4. **PUC-Rio 2019** O gráfico a seguir representa a velocidade de uma reação hipotética em função da variação na concentração de seu substrato.



A partir da análise do gráfico, responda as questões a seguir:

- a) Qual das curvas (I ou II) representa a reação hipotética na presença de uma enzima? Explique.
b) Na curva I, é possível perceber que, a partir de uma determinada concentração de substrato, a velocidade da reação não é mais alterada. Explique por que isso acontece.
5. **UFJF/Pism-MG 2018** A febre, quando alcança 40 °C ou mais, é muito perigosa e pode provocar a morte do indivíduo. Um dos problemas do aumento da temperatura corporal é o seu efeito sobre proteínas do sistema nervoso central. Sobre o efeito deste aumento da temperatura corporal, é CORRETO afirmar que ele
- a) aumenta a atividade das proteínas.
b) desnatura as proteínas, inibindo a sua atividade.
c) provoca o acúmulo de proteínas no retículo endoplasmático.
d) induz a quebra das proteínas e, conseqüentemente, a sua inativação.
e) modifica a sequência de aminoácidos das proteínas e, conseqüentemente, o seu funcionamento.

6. **UFRGS** As proteínas alimentares ingeridas pelos animais não são absorvidas como tais. Eles as degradam por meio de enzimas, rearranjam-nas e assim produzem suas próprias proteínas. Os animais ingerem alimentos proteicos para suprir seu organismo de:

- a) ácidos carboxílicos. d) aminoácidos.
b) açúcares. e) glicogênio.
c) glicerídios.

7. **CPS-SP** Um estudo realizado na Unifesp revela que a má nutrição na infância é a maior causa de hipertensão e doenças cardíacas em adultos e adolescentes de baixa renda. Depois das mortes violentas, a hipertensão é apontada como maior causa de mortalidade entre a população de baixa renda.

Esse quadro coloca os brasileiros pobres com a mesma expectativa de vida encontrada em países como o Afeganistão, cuja média de vida é 47 anos.

A pesquisa indica que o maior problema na alimentação da população carente é, além da falta de alimentos, a ausência de aminoácidos. De acordo com a pesquisa, a inclusão, por exemplo, de carne e feijão seria suficiente para corrigir a falha.

O estudo revela, portanto, a falta principalmente de alimentos ricos em:

- a) carboidratos, considerados alimentos energéticos e presentes nos ovos e verduras.
- b) lipídios de grande importância para o metabolismo celular e presentes nas batatas e tubérculos.
- c) proteínas, consideradas nutrientes construtores e presentes no leite e nos peixes.
- d) vitaminas hidrossolúveis, que transportam os nutrientes para células e presentes nas frutas e legumes.
- e) sais minerais, que fornecem energia necessária para o organismo e presentes nos cereais e condimentos.

8. Cefet-MG 2020 As proteínas são macromoléculas formadas por um conjunto de aminoácidos unidos entre si pelas ligações peptídicas. A sequência desses aminoácidos determina o tipo de proteína que será sintetizada, bem como sua forma funcional, o que permite atuarem, especificadamente, em diferentes vias metabólicas.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-proteina.htm>. Acesso em: 17 de setembro de 2019.

Em um estado febril, a elevação da temperatura corpórea leva a uma perda das funções das proteínas por causar

- a) aceleração do metabolismo.
- b) quebra das ligações peptídicas.
- c) alteração da estrutura tridimensional.
- d) mudança no número de aminoácidos.

9. Udesc Os aminoácidos apresentam quimicamente um carbono central onde eles estão ligados. Em relação a isso, assinale a alternativa correta.

- a) 1 grupo amina (NH_2), 3 hidrogênio (H), 1 grupo carboxila (COOH), 4 Radical (R).
- b) 2 grupo amina (NH_2), 1 hidrogênio (H), 2 grupo carboxila (COOH), 1 Radical (R).
- c) 1 grupo amina (NH_2), 1 hidrogênio (H), 1 grupo carboxila (COOH), 1 Radical (R).
- d) 1 grupo amina (NH_2), 1 hidrogênio (H), 3 grupo carboxila (COOH), 2 Radical (R).
- e) 2 grupo amina (NH_2), 1 hidrogênio (H), 1 grupo carboxila (COOH), 3 Radical (R).

10. PUC-PR As enzimas estão presentes em pequenas quantidades no organismo. Elas são moléculas extremamente específicas, atuando somente sobre um determinado composto, e efetuam sempre o mesmo tipo de reação. Em relação às enzimas, foram feitas quatro afirmações:

- I. Enzimas são proteínas que atuam como catalisadoras de reações químicas.
- II. Cada reação química que ocorre em um ser vivo, geralmente, é catalisada por um tipo de enzima.

III. A velocidade de uma reação enzimática independe de fatores como a temperatura e o pH do meio.

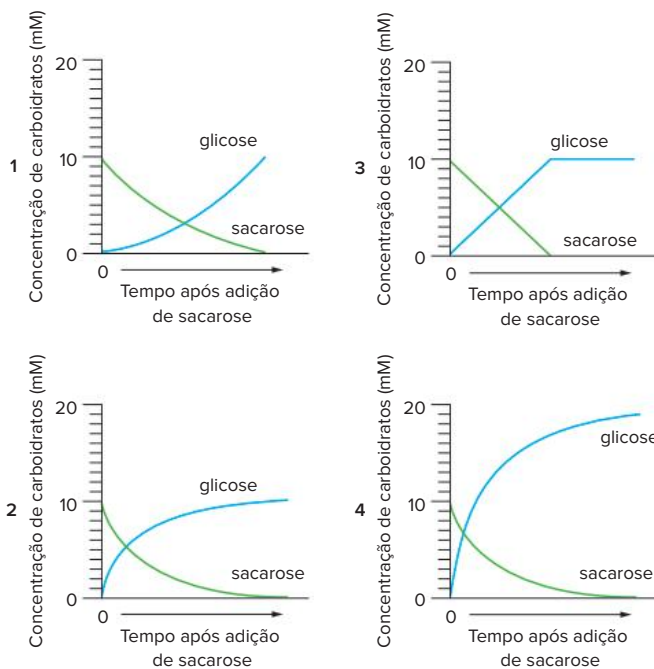
IV. As enzimas sofrem um processo de desgaste durante a reação química da qual participam.

São verdadeiras as afirmações:

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

- 11. IFPE 2017** 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 proporciona flexibilidade, resistência e elasticidade aos tecidos conjuntivos. É CORRETO dizer que a deficiência de colágeno, denominada "colagenose" acarreta
- a) inflamação nas juntas e má formação óssea.
 - b) regeneração e cicatrização dos tecidos.
 - c) combate à flacidez cutânea e muscular.
 - d) fortalecimento das unhas e crescimento capilar.
 - e) prevenção ao aparecimento da osteoporose.

12. Uerj A invertase é a enzima que hidrolisa a sacarose em glicose e frutose. Incubou-se, em condições adequadas, essa enzima com sacarose, de tal forma que a concentração inicial, em milimoles por litro, do dissacarídeo fosse de 10 mM. Observe os gráficos a seguir.



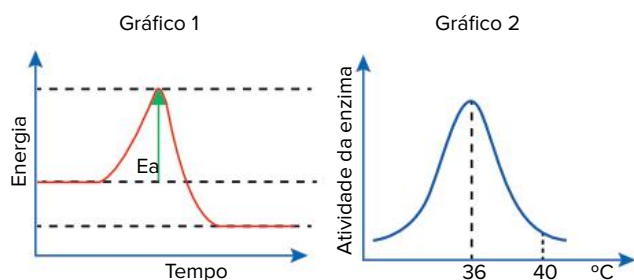
Aquele que melhor representa a variação das concentrações, em função do tempo de incubação, da sacarose e da glicose, é o de número:

- a) 4
- b) 3
- c) 2
- d) 1

13. Mackenzie-SP Quando aumentamos gradativamente a temperatura do meio em que se encontra uma enzima que está abaixo da temperatura ótima, sua atividade catalítica:

- a) aumenta, atinge um ponto máximo e depois diminui.
- b) diminui, atinge um ponto mínimo e depois aumenta.
- c) aumenta indefinidamente.
- d) diminui indefinidamente.
- e) permanece constante.

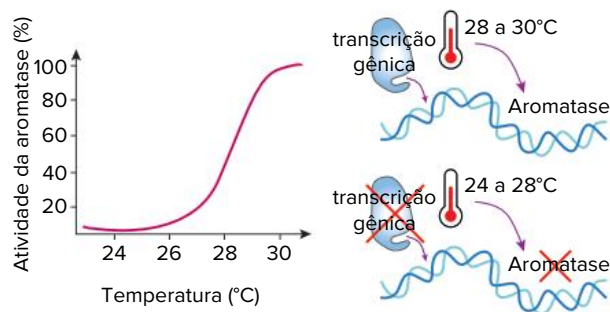
14. **Unesp 2018** No interior de uma célula mantida a 40 °C ocorreu uma reação bioquímica enzimática exotérmica. O gráfico 1 mostra a energia de ativação (E_a) envolvida no processo e o gráfico 2 mostra a atividade da enzima que participa dessa reação, em relação à variação da temperatura.



Se essa reação bioquímica ocorrer com a célula mantida a 36 °C, a energia de ativação (E_a) indicada no gráfico 1 e a velocidade da reação serão, respectivamente,

- a) a mesma e a mesma.
- b) maior e menor.
- c) menor e menor.
- d) menor e maior.
- e) maior e maior.

15. **Fuvest-SP 2021** A determinação do sexo em embriões de tartaruga-de-couro depende da temperatura a que o ovo foi exposto. Isso está relacionado a ação da enzima aromatase, que converte a testosterona em estradiol. A expressão gênica e a atividade dessa enzima nas gônadas são dependentes da temperatura, conforme indicado na figura.



Fonte: doi: 10.3389/fphys.2020.00035

Sobre a determinação do sexo em tartarugas-de-couro, é correto afirmar:

- a) A atividade máxima da aromatase determina diferenciação sexual masculina.
- b) O maior nível de transcrição do gene da aromatase coincide com a menor atividade da enzima.
- c) Em temperatura entre 28 e 30 °C, a maioria dos embriões diferencia-se em fêmeas.
- d) Há equilíbrio no nascimento de machos e fêmeas a 26 °C.
- e) A atividade da aromatase depende da quantidade de estradiol disponível.

Texto complementar

Nutrição

A dieta representa o conjunto de alimentos ingeridos pelo indivíduo. Esses alimentos fornecem os nutrientes necessários às atividades metabólicas e fisiológicas. Nutrição significa o processo de absorção dos nutrientes fornecidos pelo alimento.

Os alimentos são tradicionalmente classificados em três grupos: energéticos, plásticos e reguladores. Entre os **alimentos energéticos** estão os **carboidratos** e os **lipídeos**. A degradação final dos alimentos energéticos ocorre por processos oxidativos, principalmente respiração celular e, eventualmente, fermentação. Esses processos oxidativos liberam a energia necessária para a manutenção das atividades do organismo. Uma pessoa gasta diariamente em torno de 2.000 kcal (quilocalorias). Pessoas sedentárias gastam menos, enquanto pessoas que praticam atividade física gastam mais. A dieta deve suprir as necessidades calóricas. Caso a pessoa tenha uma ingestão maior de calorias do que emprega no metabolismo, passa a ocorrer acúmulo de gordura.

Os **alimentos plásticos** são empregados na construção das estruturas do organismo. As **proteínas** são os principais alimentos plásticos, mas os **lipídeos** são também necessários à construção de estruturas, como a formação de membranas. As proteínas podem ser utilizadas no fornecimento de energia para o organismo.

Alimentos reguladores contribuem para o controle das reações químicas do metabolismo, que são controladas por enzimas. Vitaminas e certos minerais são alimentos reguladores e, conforme vimos, atuam como cofatores enzimáticos.

Além dos nutrientes mencionados, o organismo deve receber água, permitindo a reposição da **água** perdida na urina, nas fezes, no suor e na respiração pulmonar. A água é fundamental para o **transporte de substâncias** pelo sangue e pelos canais do sistema urinário; a água também é o meio onde as **reações químicas** do metabolismo ocorrem. A dieta também deve incluir **fibras de celulose**, que estimulam o **peristaltismo**, diminuem a absorção de gorduras e facilitam a eliminação de fezes.

Diariamente, devemos receber na nutrição água e os diversos tipos de nutrientes, na quantidade correta; isso constitui uma dieta equilibrada. A má nutrição é a ingestão excessiva de um ou mais nutrientes ou o seu consumo em quantidade inferior à necessária (subnutrição).

Alguns nutrientes são íons ou moléculas de pequeno tamanho, sendo absorvidos sem a ocorrência de digestão. É o caso de sais minerais, vitaminas e monossacarídeos. Outros alimentos têm moléculas cujo tamanho não permite absorção; são submetidos à hidrólise enzimática. Dissacarídeos e o amido (polissacarídeo) são convertidos em monossacarídeos; proteínas são hidrolisadas em aminoácidos; gorduras e óleos são digeridos em glicerol e ácidos graxos. Os produtos da digestão são absorvidos e distribuídos aos tecidos pelo sangue.

Texto elaborado para fins didáticos.

Proteínas

Proteínas são macromoléculas formadas por um grande número de aminoácidos. Os aminoácidos de uma proteína estão unidos por ligações peptídicas.

Papéis biológicos

- Proteínas estruturais têm papel plástico, ou seja, na construção de estruturas do organismo. São exemplos o colágeno e a queratina.
- Proteínas de transporte carregam algumas substâncias específicas, como a hemoglobina, que transporta gás oxigênio. Nos músculos há uma grande quantidade da proteína mioglobina, que armazena gás oxigênio.
- Proteínas de movimento, como a actina e a miosina, presentes nos músculos, auxiliam na contração muscular.
- Proteínas de função alimentar, a albumina da clara de ovo e a caseína do leite, têm aspecto nutricional.
- Proteínas de defesa incluem os anticorpos. Os componentes estranhos ao corpo e que podem desencadear a produção de anticorpos são denominados antígenos.
- Proteínas de coordenação são os hormônios, como a insulina (que contribui para o controle da concentração de glicose no sangue) e o hormônio do crescimento, que determina a alongação dos ossos.
- Proteínas de ação catalítica são as enzimas, que aceleram as reações químicas do metabolismo.

Aminoácidos e peptídeos

Em termos químicos, as proteínas são polímeros constituídos de aminoácidos. Os seres vivos apresentam vinte tipos de aminoácidos. Nos ribossomos ocorre a reunião dos aminoácidos para a formação das proteínas. Dois aminoácidos são agrupados em uma reação de síntese por desidratação, com a produção de um dipeptídeo e a formação de água. Essa reação forma uma ligação peptídica entre os dois aminoácidos. Uma molécula com grande número de peptídeos é um polipeptídeo. Uma proteína geralmente é um polipeptídeo com função biológica.

Em relação ao ser humano, há dois tipos de aminoácidos. Aminoácidos essenciais são aqueles que não conseguimos produzir; devemos necessariamente obtê-los na dieta. Aminoácidos naturais (não essenciais) são aqueles que o ser humano consegue produzir a partir de substâncias orgânicas, como carboidratos ou outros aminoácidos.

Estrutura das proteínas

Uma proteína pode apresentar quatro níveis de estrutura. A estrutura primária corresponde à ordem dos aminoácidos ao longo da molécula. O filamento proteico enrola-se, determinando a estrutura secundária da proteína; a forma mais comum é um enrolamento em forma de hélice (α -hélice). A estrutura terciária corresponde à forma final que a cadeia proteica assume, normalmente enrolando-se sobre si mesma. A estrutura quaternária é o resultado do agrupamento de cadeias peptídicas, formando um complexo molecular.

Forma e função

A forma de uma proteína determina sua função biológica específica. A sequência de bases do DNA determina a sequência de bases do RNA mensageiro, que determina a sequência de aminoácidos na cadeia proteica. A sequência de aminoácidos determina a forma da proteína, que determina sua função biológica específica. Mutações podem alterar a sequência de bases nitrogenadas do DNA; isso pode causar mudança na forma e na função da proteína produzida a partir do segmento de DNA afetado.

Desnaturação proteica

Desnaturação é a alteração da forma de uma proteína sem ocorrer modificação na sequência de seus aminoácidos componentes. A desnaturação pode ser provocada pela exposição à radiação ultravioleta, a temperaturas muito altas ou baixas e à variação de pH. Em geral, as proteínas humanas sofrem mudanças irreversíveis quando são submetidas a temperaturas acima de 43 °C; temperaturas mais baixas provocam mudanças menos intensas e normalmente são reversíveis.

As enzimas

A atividade metabólica dos seres vivos envolve inúmeras reações químicas controladas por enzimas. Enzimas são catalisadores proteicos e aceleram reações químicas específicas. Ao final da reação, os produtos são liberados e a enzima é regenerada, podendo ser empregada inúmeras vezes para catalisar a mesma reação química. Cada enzima é específica para um tipo de substrato. As enzimas apresentam um local conhecido como centro ativo (ou sítio ativo), uma espécie de “bolsa molecular”, no qual as moléculas dos reagentes se encaixam. Há uma temperatura ótima para a atividade de uma enzima; nessa temperatura, a velocidade da reação enzimática é máxima. Toda enzima tem um pH ótimo para sua atividade; nesse pH a velocidade da reação enzimática é máxima. A velocidade de uma reação enzimática também depende da concentração de substrato. A elevação da concentração de substrato aumenta a velocidade da reação; no entanto, a partir de certa concentração, a velocidade da reação não se altera. Algumas enzimas só apresentam atividade quando estão associadas a outra substância, denominada cofator, que pode ser um mineral ou uma molécula orgânica (não proteica), como certas vitaminas (coenzima).

Quer saber mais?



Site

<https://www.ecycle.com.br/proteinas/>
(Acesso em: 13 nov. 2021)

O texto informativo apresenta algumas informações sobre a estrutura e a função de proteínas.

Exercícios complementares

1. **UFRGS 2017** A desnutrição infantil é um dos maiores problemas de saúde pública que atinge países cuja assistência social não é prioritária. A anemia é o principal resultado da desnutrição infantil. Considere as seguintes informações sobre a desnutrição infantil.

- I. A anemia proteica está relacionada ao baixo peso infantil e à falta de calorias necessárias ao desenvolvimento.
- II. A proteína animal, que provém de carne, peixes, ovos e leite, é fonte de todos os aminoácidos essenciais.
- III. A síntese de hemoglobina está diretamente relacionada à anemia e pode ser prejudicada, entre outros fatores, pela falta de ferro e de vitamina B12.

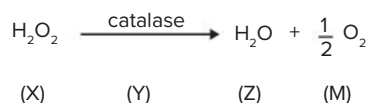
Quais estão corretas?

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

2. **Unicamp-SP 2016** Mecanismos de controle de pH são fundamentais para a vida. Um mecanismo bastante eficiente de controle de pH por organismos vivos envolve moléculas doadoras eceptoras de prótons, que são ácidos e bases que atuam em conjunto equilibrando alterações de pH às quais os organismos estão sujeitos.

- a) Alterações no pH intracelular afetam a estrutura de proteínas. Por que isso ocorre?
- b) Que consequências para o processo de respiração celular a alteração na estrutura de proteínas envolvidas com o ciclo de Krebs pode trazer?

3. Observe a seguinte reação:



Hipoteticamente, se uma substância (N), enzimaticamente competitiva com o substrato da reação apresentada, fosse colocada na reação, seria correto afirmar que:

- a) a substância (N), sendo molecularmente semelhante a Z, inibe a ação de Y.
 - b) a substância (N) é molecularmente semelhante a Y e, por isso, inibe a ação de Z.
 - c) a substância (N) compete com Y para se ligar a Z.
 - d) a substância (N) é molecularmente semelhante a X e, por isso, compete com este X para ligar-se a Y.
 - e) a substância (N) é molecularmente semelhante a Y e, por isso, inibe a ação de X.
4. **Uece 2017** Sobre proteínas que foram desnaturadas sob condições de elevadas temperaturas, é correto afirmar que
- a) tiveram sua estrutura primária rompida irreversivelmente.
 - b) apesar de modificadas, permaneceram com sua estrutura primária, composta pela sequência de aminoácidos ligados entre si.

- c) foram temporariamente modificadas, podendo assumir sua conformação espacial original em condições ideais de temperatura.
- d) se tornaram inadequadas para o consumo humano, já que foram estruturalmente alteradas.

5. **Unesp (Adapt.)** Os médicos de uma cidade do interior do Estado de São Paulo, ao avaliarem a situação da saúde de seus habitantes, detectaram altos índices de anemia, de bócio, de cárie dentária, de osteoporose e de hemorragias constantes através de sangramentos nasais. Verificaram a ocorrência de carência de alguns íons minerais e, para suprir tais deficiências, apresentaram as propostas seguintes.

Proposta I – distribuição de leite e derivados.

Proposta II – adicionar flúor à água que abastece a cidade.

Proposta III – adicionar iodo ao sal consumido na cidade, nos termos da legislação vigente.

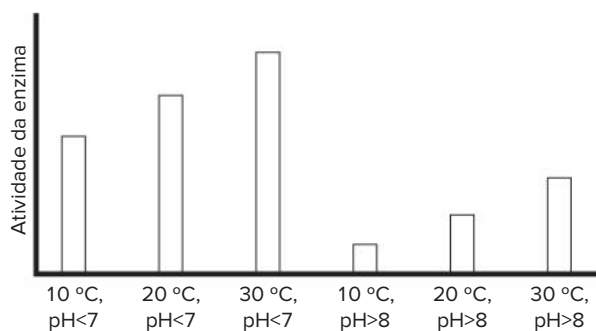
Proposta IV – incentivar os habitantes a utilizar panelas de ferro na preparação dos alimentos.

Proposta V – incrementar o consumo de frutas e verduras.

Diante destas propostas, responda:

Qual delas traria maior benefício à população, no combate à anemia? Justifique.

6. **Enem PPL 2017** Sabendo-se que as enzimas podem ter sua atividade regulada por diferentes condições de temperatura e pH, foi realizado um experimento para testar as condições ótimas para a atividade de uma determinada enzima. Os resultados estão apresentados no gráfico.



Em relação ao funcionamento da enzima, os resultados obtidos indicam que o(a)

- a) aumento do pH leva a uma atividade maior da enzima.
- b) temperatura baixa (10 °C) é o principal inibidor da enzima.
- c) ambiente básico reduz a quantidade de enzima necessária na reação.
- d) ambiente básico reduz a quantidade de substrato metabolizado pela enzima.
- e) temperatura ótima de funcionamento da enzima é 30 °C, independentemente do pH.

7. **UFRGS 2018** Nos seres vivos, as enzimas aumentam a velocidade das reações químicas. Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes às enzimas.

- As enzimas têm todas o mesmo pH ótimo.
- A temperatura não afeta a formação do complexo enzima-substrato.
- A desnaturação, em temperaturas elevadas, acima da ótima, pode reduzir a atividade enzimática.
- A concentração do substrato afeta a taxa de reação de uma enzima.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) V – V – F – F. c) V – F – F – V. e) F – F – V – V.
b) V – F – V – F. d) F – V – F – V.

BNCC em foco

EM13CNT306

1. Leia o texto a seguir.

Febre

A temperatura do corpo humano é controlada por uma área do cérebro chamada hipotálamo, que age como um termostato ajustado para manter os órgãos internos a 37° C. Esse objetivo é alcançado por meio do equilíbrio entre a perda de calor pelos órgãos periféricos (pele, vasos sanguíneos, glândulas sudoríparas etc.) em contato com o ambiente e a produção de calor pelo processo metabólico dos tecidos internos.

Quando o organismo é agredido por um agente externo ou por uma doença dos órgãos internos, o termostato pode elevar a temperatura dois ou três graus acima dos valores habituais, o que caracteriza a febre.

[...]

Drauzio Varella, [s.d.]. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/febre/>. Acesso em: 19 out. 2021.

Em geral, considera-se febre quando a temperatura corporal ultrapassa 37,8 °C – por exemplo, no caso de uma infecção por bactérias. A febre parece ser uma forma de combate à infecção, pois a elevação da temperatura do corpo aumenta a velocidade do metabolismo, contribuindo para o combate mais eficiente aos organismos invasores. Entretanto, quando a temperatura ultrapassa demais esse limite, atingindo, por exemplo, 39 °C ou 40 °C, é aconselhável procurar um médico. Por quê? Em sua resposta, considere o que aprendeu sobre a atuação enzimática no organismo humano.

EM13CNT306

2. Leia o texto a seguir.

O escorbuto

De todas as calamidades físicas que se abatiam sobre os marujos dos séculos XVI e XVII, nenhuma era mais devastadora e repulsiva do que o escorbuto. Doença provocada pela carência de vitamina C, o escorbuto provoca hemorragias e causa o rompimento dos vasos sanguíneos. Os primeiros marinheiros ocidentais afetados por essa terrível enfermidade foram os homens da esquadra de Vasco da Gama, em 1497. [...] O efeito mais conhecido da doença é o inchaço das gengivas, que apodreciam, ficavam muitíssimo malcheirosas e tinham que ser cortadas a navalha. As vítimas do escorbuto em geral morriam após dois meses de grandes sofrimentos. No século XVIII, o capitão James Cook concluiu que o consumo de limões e laranjas (ricos em vitamina C) evitava a doença.

BUENO, E. A viagem do descobrimento. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.

Hoje se sabe que, sem vitamina C, o organismo não produz colágeno, proteína estrutural do tecido conjuntivo, que constitui diferentes órgãos do corpo, como os vasos sanguíneos e a derme.

Sabendo disso, explique a relação entre os problemas apresentados pelos marujos – cortes que não cicatrizavam, hemorragias causadas por rompimento de vasos sanguíneos – e a falta de colágeno no organismo.

EM13CNT207

3. Embora a prática regular de exercícios físicos seja benéfica ao corpo, o excesso de exercícios pode gerar algumas disfunções orgânicas. Por exemplo, mulheres que praticam atividades físicas intensas e com muita frequência, como as atletas, podem apresentar uma interrupção do ciclo menstrual, também conhecida como amenorreia.

O ciclo menstrual é regulado por diferentes fatores, entre eles alguns hormônios, como a leptina, que é produzida pelo tecido adiposo e que, entre outras funções, modula o funcionamento hormonal que envolve o hipotálamo e a hipófise, responsáveis, por sua vez, pelo controle do ciclo menstrual.

Qual é a relação entre a deficiência energética, relacionada à grande redução de tecido adiposo no organismo e a falta de menstruação? Explique.



CI Photos/Shutterstock.com

FRENTE 1

CAPÍTULO

7

Ácidos nucleicos e síntese de proteínas

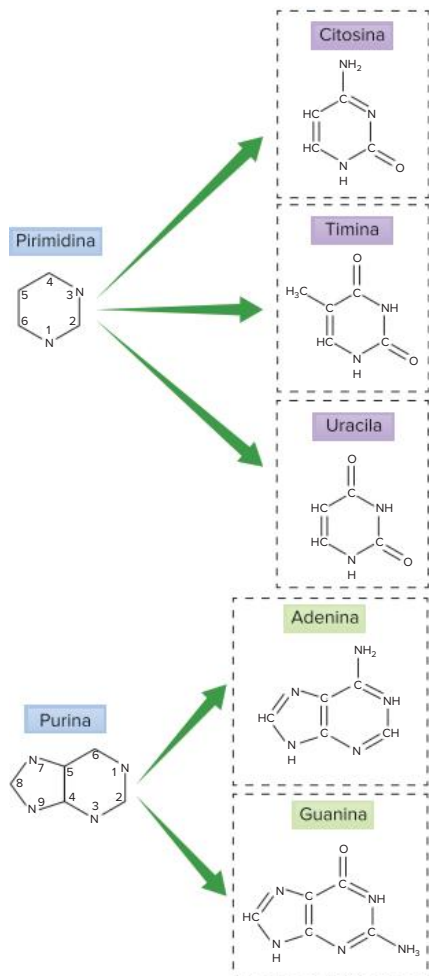
No capítulo anterior, vimos que proteínas são nutrientes essenciais aos seres vivos, já que desempenham diversas funções em um organismo.

A síntese dessas proteínas pelo corpo está diretamente ligada à atividade dos ácidos nucleicos, isto é, o DNA e o RNA. São essas moléculas que carregam a “receita” para a produção de cada proteína que existe. Essa “receita” é um dos aspectos que unifica todos os seres vivos do mundo, já que ela é a mesma, seja para as proteínas de uma bactéria, seja para as proteínas do seu corpo.

Ácidos nucleicos

Ácidos nucleicos são **macromoléculas** constituídas por unidades conhecidas como **nucleotídeos**; são, portanto, polímeros de nucleotídeos. Há dois tipos de ácido nucleico: o **DNA** (ácido desoxirribonucleico) e o **RNA** (ácido ribonucleico). Em língua portuguesa, a sigla de cada um deles é denominada, respectivamente, ADN e ARN.

Um nucleotídeo consta de três componentes: um fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada. Uma **pentose** é um açúcar com cinco átomos de carbono; dois tipos podem estar presentes nos ácidos nucleicos: a **ribose**, que entra na composição do RNA, e a **desoxirribose**, que entra na composição do DNA. As **bases nitrogenadas** são compostos orgânicos com esqueleto em anel contendo nitrogênio. Elas podem ser do tipo **púrica** (cuja molécula apresenta dois anéis) ou **pirimídica** (que tem um anel). As bases púricas são a **adenina (A)** e a **guanina (G)**; e as bases pirimídicas são a **citiosina (C)**, a **timina (T)** e a **uracila (U)**. A timina é uma base presente apenas no DNA, enquanto a uracila só ocorre no RNA. As demais bases estão presentes nos dois tipos de ácido nucleico. Já o **fosfato**, que é um grupo formado por um átomo de fósforo ligado a quatro átomos de oxigênio, confere carga negativa ao nucleotídeo, que pode ter mais de um fosfato.



Estrutura das bases nitrogenadas (pirimídicas e púricas). Essas substâncias são componentes dos ácidos nucleicos, os quais também apresentam fosfato e pentose.

Assim, já é possível constatar diferenças entre o DNA e o RNA em relação à pentose e à base nitrogenada exclusiva.

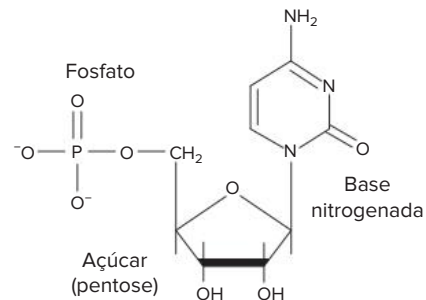
Ácido nucleico	Pentose	Base nitrogenada exclusiva
DNA	Desoxirribose	Timina
RNA	Ribose	Uracila

Diferenças básicas entre DNA e RNA, os quais se distinguem em relação a uma base nitrogenada e sua pentose componente.

Nucleosídeo é o composto constituído por uma pentose e uma base nitrogenada. Considerando os nucleosídeos de DNA, temos:

- Adenina + desoxirribose = adenosina
- Guanina + desoxirribose = guanosina
- Citiosina + desoxirribose = citidina
- Timina + desoxirribose = timidina

Quando um ou mais fosfatos são ligados à pentose do nucleosídeo, tem-se a molécula de um **nucleotídeo**. Já tivemos contato com nucleotídeos relacionados ao metabolismo energético, como o ADP (adenosina difosfato) e o ATP (adenosina trifosfato).



Estrutura química de um nucleotídeo.

Os ácidos nucleicos estão relacionados com a hereditariedade (a herança biológica) e com o controle das atividades metabólicas. Nucleotídeos como o ATP relacionam-se com o metabolismo energético.

DNA

Estudaremos três aspectos fundamentais do DNA: localização nas células, estrutura e papéis biológicos.

Localização nas células

Nas células **eucarióticas**, grande parte do DNA encontra-se no núcleo, como componente dos filamentos de **chromatina**, que têm extremidades livres, e seu DNA está associado a proteínas básicas, conhecidas como **histonas**. O DNA também está presente em **mitocôndrias** e **cloroplastos**. Nessas organelas, ele é circular e não tem histonas associadas.

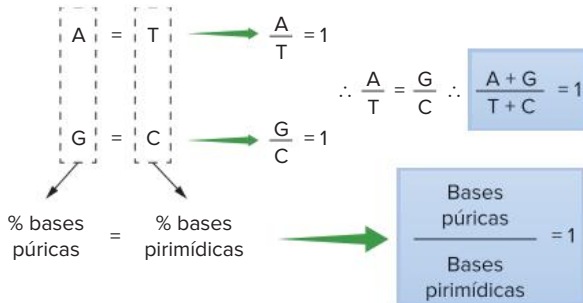
Nas células **procaríóticas**, há DNA no **nucleoide**, na forma de um cromossomo circular e sem histonas associadas. Essas células também apresentam **plasmídeos**, que são moléculas circulares menores de DNA.

Estrutura do DNA

As primeiras informações sobre o DNA foram obtidas em 1869 por Johann Miescher, mas sua função como material genético só foi elucidada no século XX. A descoberta da estrutura do DNA foi feita em 1953 pelos cientistas James Watson e Francis Crick, que basearam parte do seu trabalho

em dados obtidos por outros cientistas, como imagens da molécula de DNA por difração de raio X e análises químicas dessa substância.

O DNA tem quantidades iguais de adenina e timina (uma base púrica e outra pirimídica). Guanina (púrica) e citosina (pirimídica) também apresentam quantidades iguais. Isso pode ser expresso das seguintes maneiras, considerando as quantidades das bases nitrogenadas:



Correspondência entre os tipos de base nitrogenada.

Empregando esses e outros dados, Watson e Crick concluíram que a molécula de DNA é constituída por **duas cadeias**, ou fitas de polinucleotídeos, e que há uma correspondência de bases nitrogenadas. Assim, se em um ponto de uma cadeia houver adenina, no ponto correspondente da outra cadeia haverá timina. Isso também vale para guanina e citosina.

Cada cadeia é um polinucleotídeo. As bases se orientam para o lado interno da cadeia e se associam às bases correspondentes da cadeia complementar, que ficam unidas por **ligações de hidrogênio**. Adenina e timina se unem por duas ligações de hidrogênio, enquanto guanina e citosina se unem com três ligações de hidrogênio. O DNA de bactérias **termófilas**, que vivem em ambientes com temperaturas entre 80 °C e 120 °C, possui maior proporção de G e C do que de A e T, o que gera maior estabilidade na estrutura do DNA, permitindo que essas bactérias sobrevivam em ambientes com características extremas.

O aspecto do DNA é comparável ao de uma escada de cordas: os corrimãos, constituídos por fosfato e desoxirribose alternadamente, e os degraus, formados por um par de bases nitrogenadas (A com T e C com G). Cada base nitrogenada é ligada a uma desoxirribose, que está unida a um fosfato. Os nucleotídeos se unem por meio de ligações entre o fosfato e a pentose.

No modelo de Watson e Crick, a “escada” é torcida, e cada cadeia tem formato helicoidal, razão pela qual a estrutura do DNA é descrita como uma **dupla-hélice**.

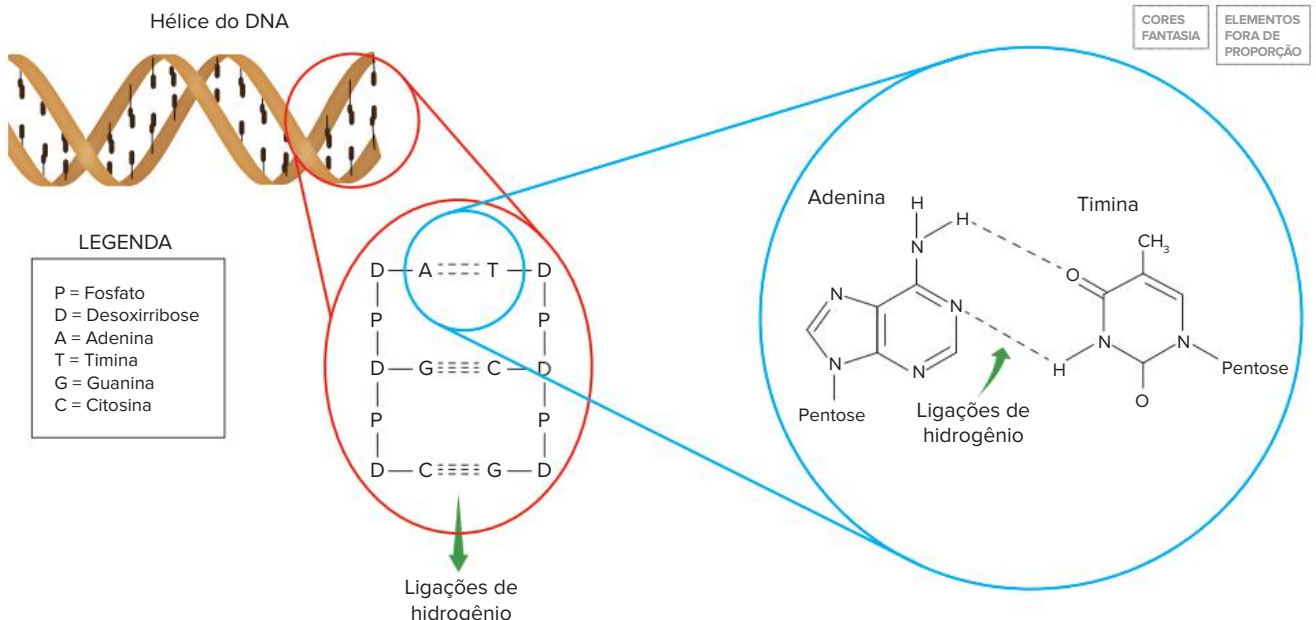
Papéis do DNA

O DNA é o material hereditário dos seres vivos, sendo responsável pelo controle do metabolismo. A hereditariedade, ou herança biológica, deve-se ao fato de o DNA ser a principal molécula transmitida entre as gerações, ou seja, é ele que transmite as informações genéticas da geração parental aos descendentes, o que determina a semelhança entre as gerações. Essas informações são transmitidas aos descendentes por meio da reprodução. Um passo fundamental na transmissão das informações genéticas é a **replicação (duplicação)** do material genético. Nos eucariontes, isso ocorre antes de a célula se dividir, no período S da interfase.

O controle do metabolismo é realizado por meio de **enzimas**, cuja produção é controlada pelo DNA. O DNA serve de molde para a produção de **RNA mensageiro (RNAm)** por um processo conhecido como **transcrição**, que orienta, nos ribossomos, a síntese de proteínas, em um processo denominado **tradução**. Algumas proteínas são enzimas que controlam reações químicas.



O DNA serve de molde para formar novas moléculas de DNA (replicação) e de RNA mensageiro (transcrição). Nos ribossomos, o RNA mensageiro orienta a síntese de proteínas.

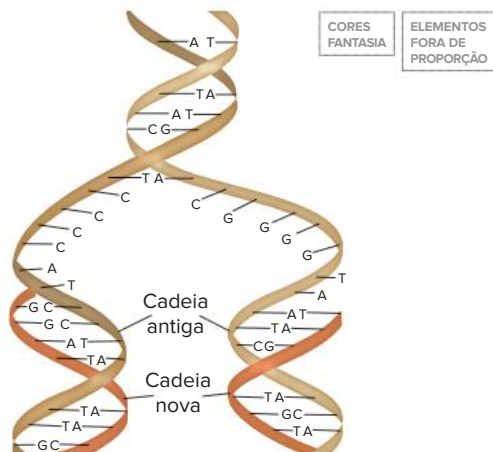


Hélice de DNA formada por duas cadeias polinucleotídicas emparelhadas. As duas fitas são unidas por ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas. No destaque em azul, está representado o pareamento entre adenina e timina.

Replicação

A molécula de DNA tem sua duplicação intermediada pela enzima **DNA polimerase** (mais detalhes serão apresentados adiante). As duas fitas são afastadas, e nucleotídeos de DNA, dissolvidos no núcleo celular, vão sendo encaixados pela atividade enzimática. Completada a construção das fitas complementares, as moléculas em dupla-hélice separam-se.

A duplicação do DNA é do tipo **semiconservativa**, pois as duas moléculas produzidas no processo têm uma cadeia antiga e uma cadeia nova, recém-gerada; isso significa que o DNA conserva uma metade antiga e acrescenta uma metade nova.



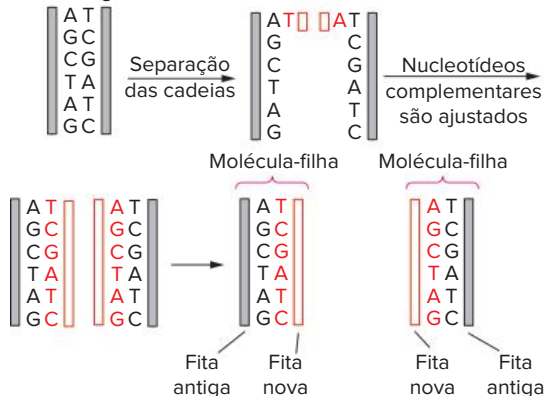
As duas cadeias da hélice parental se separam, e cada uma delas especifica a síntese de uma cadeia complementar de acordo com as regras de emparelhamento de bases.

Esse processo, evidentemente, envolve o pareamento com a seguinte correspondência de bases:

A	_____	T
C	_____	G
T	_____	A
G	_____	C

Cada nova cadeia de DNA produzida é complementar à cadeia antiga que serviu de molde para a replicação. A enzima DNA polimerase age adicionando um nucleotídeo por vez à cadeia polinucleotídica em formação, fazendo a ligação entre o fosfato e a pentose.

Molécula original de DNA



Detalhe do processo de replicação semiconservativa, apresentando o pareamento de bases nitrogenadas complementares.

Cada uma das moléculas produzidas é idêntica à molécula original de DNA. Esse processo garante a preservação da identidade do material genético, que pode ser transmitido às células-filhas sem alterações.

Eventualmente, pode haver uma alteração na ordem das bases nitrogenadas do DNA, caracterizando uma mutação. A taxa de emparelhamento de nucleotídeos errados é alta, da ordem de 1 em cada 10 mil nucleotídeos incorporados. Porém, a DNA polimerase somente incorpora um nucleotídeo corretamente emparelhado à nova cadeia, o que diminui a taxa de erro para 1 em cada 10 milhões de nucleotídeos incorporados. Essa é uma das menores taxas de erro conhecidas para enzimas. Assim, a DNA polimerase constitui um dos mecanismos de reparo de mutações no DNA.

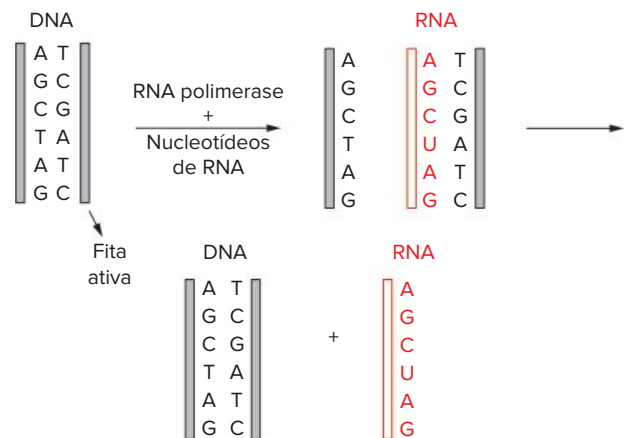
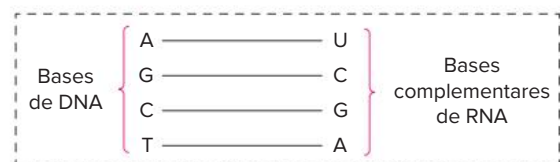
Transcrição

É o processo de produção de RNA a partir de um molde constituído por DNA. A transcrição do DNA nuclear depende da enzima RNA polimerase e da presença de nucleotídeos de RNA dispersos no núcleo.

Com a intervenção da RNA polimerase, certo trecho da molécula de DNA tem suas cadeias afastadas. Uma das cadeias é ativa, isso quer dizer que só uma das cadeias serve de molde para a produção de RNA, ou seja, o RNA terá apenas uma cadeia, sendo caracterizado como **simples fita**. Nucleotídeos complementares de RNA são ajustados à cadeia molde de DNA, com a seguinte correspondência de bases:

Bases de DNA	Bases complementares de RNA
A	_____ U
G	_____ C
C	_____ G
T	_____ A

Vale lembrar que o RNA não possui timina (T) e, em seu lugar, apresenta a base uracila (U). O processo de transcrição está representado na figura a seguir.



Processo geral de transcrição, a formação de RNA a partir de DNA.

Com isso, é possível estabelecer uma comparação entre DNA e RNA. Enquanto o DNA apresenta duas cadeias polinucleotídicas (dupla fita), o RNA apresenta apenas uma (simples fita). Ambos apresentam três bases nitrogenadas em comum (A, G e C) e uma exclusiva, sendo a uracila exclusiva do RNA e a timina exclusiva do DNA. Também há uma diferença quanto ao tipo de pentose: o RNA possui ribose, e o DNA, desoxirribose, que, como o nome indica, apresenta um oxigênio a menos. Outra diferença é o aparato enzimático utilizado na síntese. O DNA utiliza um conjunto de enzimas, dentre elas a DNA polimerase, enquanto o RNA utiliza outro conjunto, tendo como enzima principal a RNA polimerase.

	DNA	RNA
Bases nitrogenadas	AGCT	AGCU
Número de cadeias	2	1
Pentose	Desoxirribose	Ribose
Enzimas envolvidas em sua síntese	DNA – polimerase e outras	RNA – polimerase

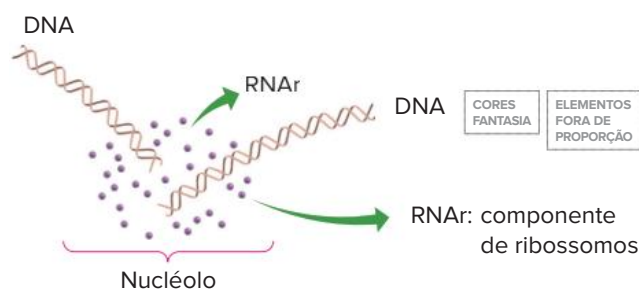
Comparação entre DNA e RNA. Esses ácidos nucleicos diferem em sua estrutura química; além disso, sua produção envolve diferentes enzimas.

RNA

Nos eucariontes, o RNA forma-se a partir do DNA, presente no núcleo, nas mitocôndrias e nos cloroplastos. Vamos considerar o RNA oriundo do núcleo. Há três modalidades de RNA: **mensageiro** (RNAm), **ribossômico** (RNAr) e **transportador** (RNAt). Cada um desses tipos é formado a partir de diferentes trechos de moléculas de DNA.

RNA ribossômico

Está relacionado a um segmento de algumas moléculas de DNA, junto das quais se forma o **nucléolo**. Estudamos no Livro 1 que o nucléolo é rico em moléculas de RNAr. Os **ribossomos** são organoides constituídos por duas subunidades de tamanhos diferentes, compostas de proteínas e de grande quantidade de RNAr, que corresponde a mais da metade da massa desse organelo. Assim, o RNAr é um componente da estrutura dos ribossomos.



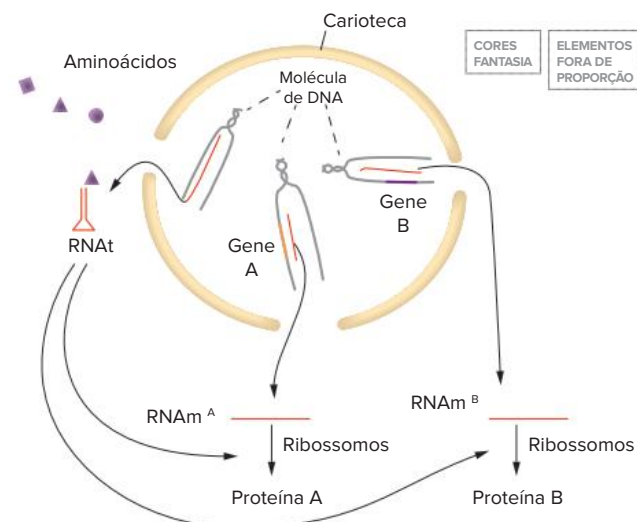
Moléculas de RNA ribossômico são produzidas a partir de alguns segmentos de moléculas de DNA. Nos eucariontes, isso ocorre na região correspondente ao nucléolo.

RNA mensageiro

É o que transmite informações do DNA aos ribossomos, orientando a síntese de determinada proteína. Assim, o segmento de DNA que serve de molde para a produção de certo RNAm corresponde a um gene.

RNA transportador

É também denominado **RNA solúvel**. Sua função é carregar um aminoácido específico, que está dissolvido no citosol, até os ribossomos, nos quais se realiza a síntese de proteínas.



A origem e o papel do RNAt e do RNAm.

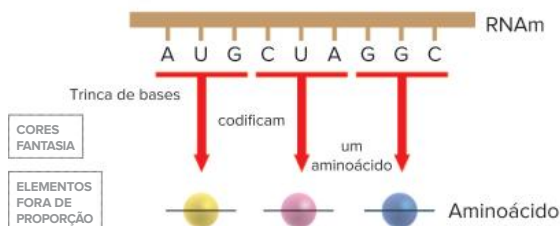
Outros ácidos nucleicos

Além dos RNAs citados, existem diversos outros tipos de RNA com funções distintas. Há, por exemplo, moléculas de RNA que atuam como catalisadores e recebem denominação de **ribozimas**.

Os ácidos nucleicos **virais** podem ter muitas variações em relação ao padrão que foi descrito. Assim, há vírus que têm DNA com uma cadeia, RNA com duas cadeias e RNA com capacidade de replicação. Alguns desses aspectos serão estudados na Frente 2.

Código genético

Uma molécula de RNA mensageiro liga-se a ribossomos e orienta a síntese de determinada proteína. O RNAm tem uma sequência de nucleotídeos, cuja parte variável é a das bases nitrogenadas. Assim, pode-se dizer que o RNAm apresenta uma sequência de bases nitrogenadas. A proteína, por sua vez, apresenta uma sequência de aminoácidos. Qual é a conexão entre essas duas sequências: bases do RNAm e aminoácidos da proteína? Os cientistas Khorana e Nirenberg estabeleceram experimentalmente a seguinte relação: três bases nitrogenadas de uma molécula de RNA mensageiro correspondem a um aminoácido que integra uma cadeia proteica; é uma relação de 3 para 1 (3 bases para 1 aminoácido).



Três bases nitrogenadas do RNA mensageiro correspondem a um aminoácido.

Um trio ou uma trinca de bases do RNAm corresponde a um **códon**, que, normalmente, corresponde a um aminoácido. A primeira correspondência descoberta foi do trio de bases UUU, que corresponde ao aminoácido fenilalanina. A correspondência entre códons e os aminoácidos específicos é o **código genético**. Com o tempo, foram descobertas as demais correspondências do código genético. A tabela a seguir mostra alguns exemplos.

Trinca de bases do DNA	Trinca de bases do RNAm (códon)	Aminoácido
AAA	UUU	Fenilalanina
AAT	UUA	Leucina
CAA	GUU	Valina

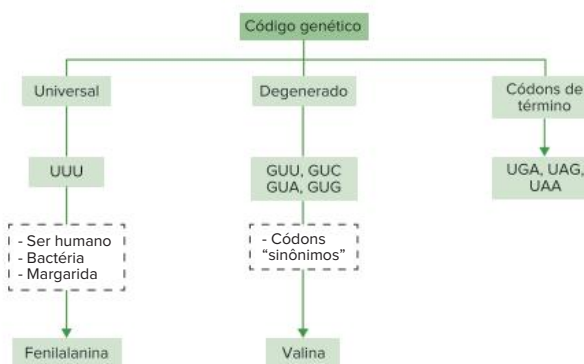
Alguns exemplos de correspondência entre os códons e os aminoácidos.

O código genético é **universal**, ou seja, é o mesmo para praticamente todos os seres vivos. Assim, UUU corresponde ao aminoácido fenilalanina no ser humano, em uma baleia, em uma margarida ou em uma bactéria. A universalidade do código genético é o que possibilita inserir material genético humano em uma bactéria de modo que ela possa sintetizar uma proteína humana, como a insulina. Apenas em alguns casos as trincas de RNAm correspondem a diferentes aminoácidos; isso ocorre, por exemplo, em certos protozoários e certas leveduras. A universalidade do código genético é uma das principais evidências da origem comum de todos os seres vivos.

No total, são 64 trincas possíveis. No entanto, os seres vivos têm 20 tipos de aminoácido. Assim, há mais códons que aminoácidos para serem identificados. O que ocorre é que códons diferentes podem identificar um mesmo aminoácido. Esses códons funcionariam como "sinônimos",

pois se expressam no mesmo aminoácido, ou seja, diferentes códons codificariam o mesmo aminoácido. Por causa disso, dizemos que o código genético é **degenerado**. Por exemplo, UUU corresponde a fenilalanina, mas o códon UUC também corresponde a esse mesmo aminoácido.

Há códons que não correspondem a nenhum aminoácido. Eles apresentam grande importância no controle da síntese de proteína. Existem códons para parar o processo de síntese, isto é, eles sinalizam que não será acrescentado mais nenhum aminoácido, encerrando a síntese daquela determinada proteína. É o caso dos códons UGA, UAG, UAA. Também há um códon que identifica o início do processo. Toda proteína começa a ser sintetizada com a introdução do aminoácido metionina, cujo códon é AUG. Posteriormente, a metionina do início é removida da molécula proteica formada. A figura ao final desta página apresenta os 64 códons de RNAm e sua correspondência.



Esquema que resume os principais aspectos do código genético. São apresentados exemplos de códons de término e de código degenerado.

Síntese de proteínas

Todo o processo de síntese proteica envolve, além do RNAm, outros componentes citoplasmáticos, como enzimas, ATP, aminoácidos, RNA transportador e ribossomos. Alguns detalhes serão adicionados às explicações sobre o RNAt e ribossomos.

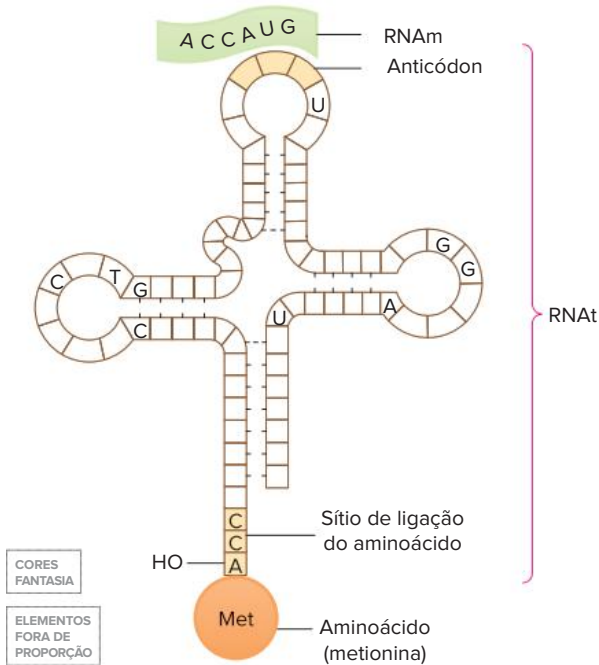
RNA transportador

É constituído por uma cadeia de nucleotídeos, e, em alguns segmentos, ocorre o emparelhamento de bases complementares. Uma extremidade da molécula sempre termina com a sequência de bases CCA; é nessa

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

Os 64 códons de RNAm e sua correspondência constituem o código genético. Notam-se códons de parada ("Stop") e o códon de iniciação (metionina).

extremidade que a molécula de RNAt liga-se a determinado aminoácido e o conduz ao RNAm associado a ribossomos. Outra parte da molécula apresenta uma trinca de bases que identifica o tipo de RNAt; trata-se do **anticódon**, que realiza o emparelhamento com bases complementares do RNAm, o que resulta no emparelhamento anticódon-códon.

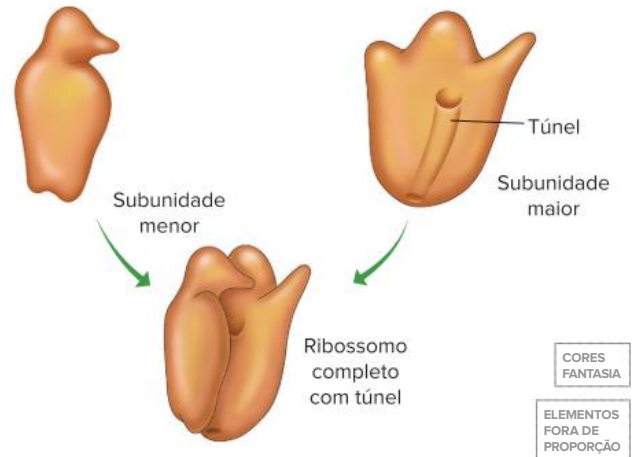


Estrutura da molécula de RNAt ligada às bases complementares de um RNAm e ao aminoácido correspondente.

Ribossomos

Ribossomos são organelas que não apresentam envoltório membranoso, sendo constituídos, quimicamente, por proteínas e por RNA ribossômico. Cada ribossomo completo tem duas subunidades, uma grande e uma pequena, que só se unem durante a síntese de proteínas e, depois disso, separam-se. A subunidade grande tem um canal pelo qual passa a cadeia proteica que vai sendo construída. A subunidade menor tem três locais ou sítios

de ligação, onde se prendem duas moléculas de RNAt e uma molécula de RNAm.



Um ribossomo tem duas subunidades que se unem durante a síntese de proteínas.

Etapas da síntese proteica

A síntese proteica tem três etapas: iniciação, alongação e terminação, todas no citoplasma.

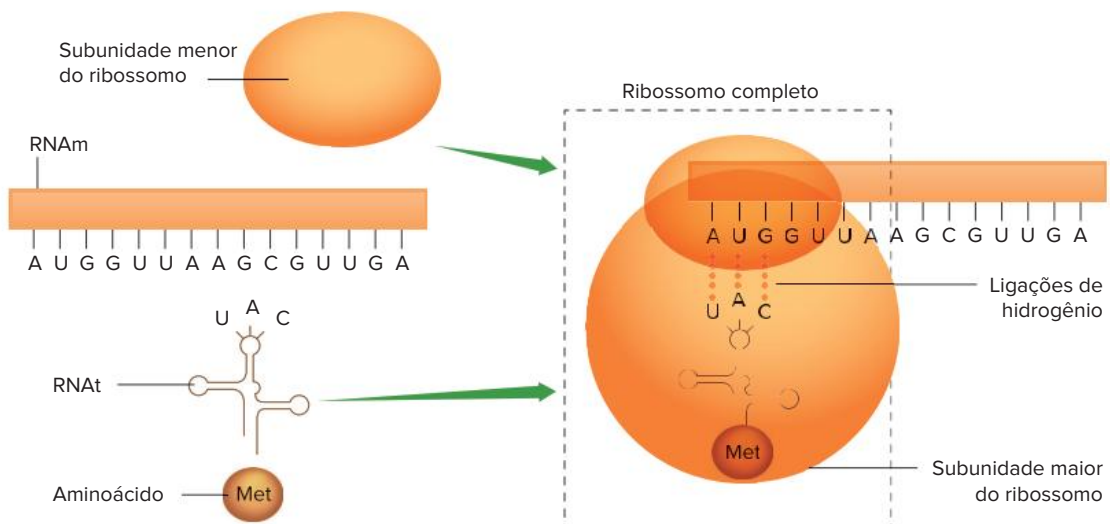
Iniciação

No citosol, a molécula de RNAm, proveniente do núcleo, une-se a uma subunidade pequena de um ribossomo. Vamos considerar a seguinte sequência hipotética de bases do RNAm: AUGGGUUA...UGA.

O aminoácido metionina une-se a um RNAt, dotado de anticódon UAC; trata-se de uma reação química controlada por uma enzima específica. O RNAt com metionina une-se por ligações de hidrogênio ao códon AUG do RNAm. A subunidade grande se junta a todo esse conjunto, e o ribossomo está completo.

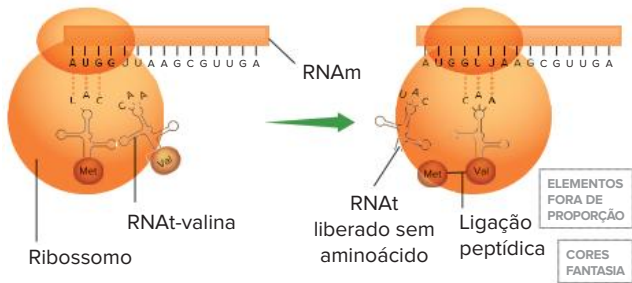
Elongação

O RNAt com anticódon CAA une-se a um aminoácido valina e ao códon GUU do RNAm. O aminoácido metionina do primeiro RNAt reage com o aminoácido valina do



Representação da etapa de iniciação da síntese de proteínas.

segundo RNAt, estabelecendo-se uma ligação peptídica, e então o primeiro RNAt (com UAC) é liberado do ribossomo. Todos os RNAt liberados podem se associar novamente ao aminoácido específico e voltar a participar do processo de síntese proteica.



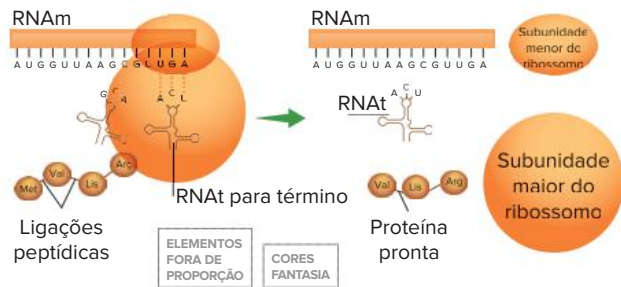
Representação da etapa de alongação da síntese de proteínas.

O ribossomo desloca-se ao longo da cadeia de RNAm e fica sobre o próximo códon (AAG). Um RNAt com anticódon UUC une-se ao aminoácido lisina e liga-se ao códon AAG do RNAm. Lisina e valina (último aminoácido acrescentado à cadeia) reagem entre si e estabelecem outra ligação peptídica. O RNAt ao qual a valina estava ligada desprende-se. O ribossomo move-se para o códon seguinte. Esse processo vai se repetindo até a última etapa, a terminação.

Terminação

É quando o ribossomo chega ao códon correspondente a término, como UGA. Um RNAt com anticódon ACU não tem correspondência com nenhum aminoácido. Esse RNAt liga-se ao códon de término do RNAm, e não

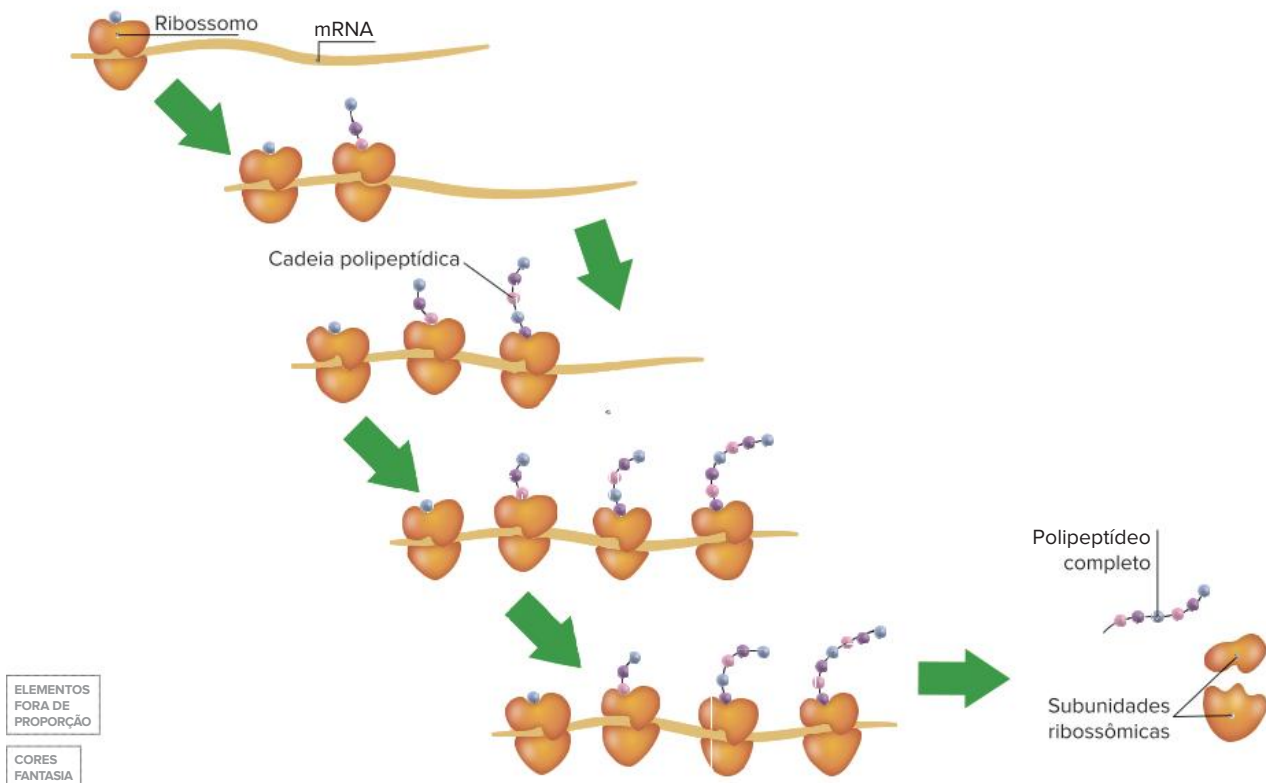
é adicionado outro aminoácido à cadeia proteica. Dessa cadeia é removido o primeiro aminoácido, a metionina, e a molécula proteica está pronta para exercer seu papel no metabolismo. Ocorre a separação do RNAt, do RNAm e das subunidades dos ribossomos.



Representação da etapa de terminação da síntese de proteínas.

Polirribossomos

Um ribossomo percorre toda a molécula de RNAm e, no final, é produzida uma cadeia polipeptídica, ou seja, uma proteína. No entanto, a mesma molécula de RNAm é percorrida por vários ribossomos, constituindo o que se chama de polirribossomos ou polissomos. Alguns ribossomos estão no início da molécula de RNAm e apresentam uma cadeia peptídica ainda curta; outros ribossomos estão em um trecho mais adiantado da molécula de RNAm e têm associada uma cadeia peptídica mais longa, indicando que cada um está em uma parte do processo de tradução. Todos os ribossomos completarão o processo, gerando muitas moléculas proteicas do mesmo tipo a partir de uma única cópia do RNAm.



Representação da formação de polirribossomos e a produção de várias moléculas de um mesmo tipo de polipeptídeo.

Revisando

1. O que são ácidos nucleicos? Quais são os dois tipos de ácido nucleico?

2. Cite os dois tipos de pentose e indique o ácido nucleico a que pertencem.

3. Em que estruturas celulares o DNA está presente?

4. Descreva as características do DNA presentes nos filamentos de cromatina de um eucarionte.

5. Cite os dois principais papéis biológicos do DNA.

6. O que é tradução?

7. Cite os três tipos de RNA presentes nos seres vivos. Indique a função de cada um deles.

8. O que é código genético?

9. O que significa dizer que o código genético é universal?

10. Por que o código genético é degenerado?

Exercícios propostos

1. **UFRGS 2018** Em relação às macromoléculas que constituem a maioria dos seres vivos, é correto afirmar que
- os lipídeos e os peptídeoglicanos compõem a membrana plasmática de todos os eucariotos.
 - os ácidos nucleicos, DNA e RNA, são formados por várias unidades chamadas de nucleotídeos.
 - o glicogênio e o amido são polissacarídeos produzidos pelas células vegetais.
 - os triglicerídeos e polissacarídeos são carboidratos.
 - as enzimas e os esteroides são proteínas.

2. **Unesp 2017**

A espectroscopia de emissão com plasma induzido por laser (Lips, na sigla em inglês) é a tecnologia usada pelo robô Curiosity, da Nasa, em Marte, para verificação de elementos como ferro, carbono e alumínio nas rochas marcianas. Um equipamento semelhante foi desenvolvido na Embrapa Instrumentação, localizada em São Carlos, no interior paulista.

No robô, um laser pulsado incide em amostras de folhas ou do solo e um conjunto de lentes instaladas no equipamento e focadas em um espectrômetro possibilita identificar os elementos químicos que compõem o material.

(Pesquisa Fapesp, janeiro de 2014. Adaptado.)

Incidindo-se o laser pulsado em amostras de folhas, certamente será identificado, por meio do espectrômetro, o elemento químico fósforo, que compõe as moléculas de

- lipídios.
 - proteínas.
 - aminoácidos.
 - glicídios.
 - nucleotídeos.
3. **Udesc 2016** Analise as proposições, em relação aos ácidos nucleicos, e assinale (V) para verdadeira e (F) para falsa.
- Os ácidos nucleicos são moléculas gigantes formadas por unidades chamadas de nucleotídeos.
 - O RNA transportador é formado a partir de regiões específicas do DNA.
 - O RNA ribossômico associado com proteínas forma os ribossomos.
 - O DNA apresenta-se altamente condensado nas células procarióticas.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

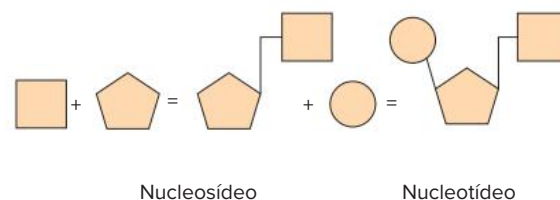
- F – V – V – F
- F – F – V – V
- V – V – V – F
- V – F – V – V
- V – F – F – V

4. **Enem 2016** 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 purinas (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?

- Adenina: 20; Timina: 25; Guanina: 25; Citosina: 30.
- Adenina: 25; Timina: 20; Guanina: 45; Citosina: 45.
- Adenina: 45; Timina: 45; Guanina: 55; Citosina: 55.
- Adenina: 50; Timina: 50; Guanina: 50; Citosina: 50.
- Adenina: 55; Timina: 55; Guanina: 45; Citosina: 45.

5. **PUC-RS** Responda com base na representação gráfica da formação do nucleotídeo e nas informações a seguir.

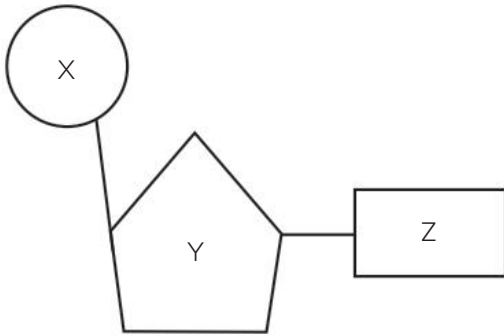


Os ácidos nucleicos (DNA e RNA) são compostos de monômeros chamados nucleotídeos, os quais são formados por subunidades representadas por um retângulo, um pentágono e um círculo.

As formas geométricas citadas no texto anterior representam, respectivamente, base _____, _____ e grupo _____.

- pirimídica – ribose – fosfato
 - nitrogenada – desoxirribose – nitrato
 - púrica – ribose – fosfato
 - pirimídica – desoxirribose – nitrato
 - nitrogenada – pentose – fosfato
6. **PUC-Rio 2020** O material genético de todas as células é constituído por moléculas de DNA bifilar helicoidal (dupla hélice). Suponha que uma dessas moléculas de DNA tenha 20% de timina. Qual será o percentual de guanina na mesma molécula?
- 10%
 - 20%
 - 30%
 - 40%
 - 60%

7. **UFJF/Pism-MG 2017** O diagrama a seguir representa um nucleotídeo de DNA com as subunidades X, Y e Z.



Assinale a alternativa CORRETA que identifica o nucleotídeo acima como sendo um monômero do DNA:

- a) X é uma ribose.
 - b) Y é um fosfato.
 - c) Z é uma timina.
 - d) X é uma uracila.
 - e) Z é um nucleosídeo.
8. **Uece 2018** Bases nitrogenadas são elementos constituintes das moléculas de DNA e de RNA presentes nas células dos seres vivos. Sobre essas bases, é correto afirmar que
- a) adenina e citosina são bases púricas componentes da molécula de RNA.
 - b) adenina e citosina são bases pirimídicas, pois possuem um duplo anel de átomos de carbono e derivam de uma substância chamada pirimidina.
 - c) timina e uracila são bases pirimídicas, sendo a timina exclusiva da composição do RNA.
 - d) entre os cinco tipos principais de bases nitrogenadas, a adenina e a guanina derivam da purina; por isso, são denominadas bases púricas.
9. **Fatec-SP** Em 1993, Kary Mullis, um geneticista ao serviço da Cetus, uma empresa de Biotecnologia da Califórnia, recebeu o prêmio Nobel da Química pelo desenvolvimento de um método que permite sintetizar, em poucas horas e *in vitro*, uma grande quantidade de um determinado fragmento de DNA. Esta técnica é parte integrante da moderna biotecnologia molecular, tendo trazido um enorme progresso para várias áreas, como o diagnóstico de doenças e medicina forense.



Disponível em: <http://images.google.com.br/images?ndsp=208um=1&hl=pt-BR&q=dna&start=1008sa=N>. Acesso em: 6 out. 2008.

Com base em seus conhecimentos sobre a molécula de DNA e sua duplicação, assinale a alternativa correta.

- a) O processo de duplicação do DNA é conhecido como semiconservativo, pois a “molécula-mãe” do DNA, que serve de modelo, origina uma molécula de DNA, com duas novas cadeias de nucleotídeos.
 - b) As cadeias do DNA são separadas pelo rompimento das pontes de hidrogênio que fazem a ligação entre as bases, num processo catalisado por enzimas.
 - c) As pontes de hidrogênio que unem ambas as fitas do DNA se formam entre as bases nitrogenadas, representadas pelas letras A, C, G e U.
 - d) Quando as pontes de hidrogênio em uma molécula de DNA são quebradas obtêm-se riboses livres.
 - e) A polimerase do DNA é uma enzima que atua na produção de nucleotídeos.
10. **Uece 2015** A molécula de DNA armazena informação genômica que é transcrita e traduzida por mecanismos elegantes como os de transcrição e tradução. Entretanto, entre os distintos indivíduos biológicos construídos por mensagem contida no DNA, há uma singularidade biológica que se repete, mas se diferencia pelo modo como esta é organizada. Essa descrição corresponde à(s)
- a) molécula de RNAr.
 - b) moléculas de RNAt.
 - c) bases nitrogenadas.
 - d) molécula de RNAm.
11. **UFSC** O DNA é a molécula biológica responsável pela codificação da informação genética nos seres vivos. Sobre esse assunto, é correto afirmar que:
- 01 a molécula de DNA é formada por duas cadeias caracterizadas por sequências de bases nitrogenadas.
 - 02 na molécula de DNA podem existir oito diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.
 - 04 a quantidade de adenina presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de timina da cadeia complementar.
 - 08 na molécula de DNA podem existir cinco diferentes tipos de bases nitrogenadas.
 - 16 no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a quatro moléculas de DNA exatamente iguais.

Soma:

12. **Uece 2016** Um professor de biologia desafiou seus alunos a transcrever o segmento de DNA abaixo apresentado.

ACT GGC ACG AAA TGA

O transcrito correto é

- a) TGA CCG UGC UUU ACU.
- b) TGA CCG AGC TTT ACU.
- c) UGA CCC UGC UUU ACU.
- d) UGA CCG UGC UUU ACU.

13. UEL-PR 2020



Figura 2: Museu do amanhã – Exposição principal: Terra “... associado à pergunta “Quem somos?”. Somos matéria, vida e pensamento.” – museudoamanha.org.br

A frase “Vida é código e combinação”, destacada em uma das exposições no Museu do Amanhã no Rio de Janeiro, resume muito bem a “vida” do ponto de vista científico. Durante a evolução química, compostos simples se combinaram em face de suas reatividades químicas e das condições adequadas para formar moléculas mais complexas e polímeros, levando à formação dos primeiros micro-organismos.

Com base nas combinações de substâncias químicas e seus efeitos na manutenção da vida, considere as afirmativas a seguir.

- I. A síntese de proteínas ocorre por meio de reação de adição entre aminoácidos que possuem grupo funcional amina, formando ligação peptídica.
- II. A estrutura do RNA, quando comparada à do DNA, é formada por duas cadeias de proteínas, desoxirriboses e por moléculas de uracila em vez de timina.
- III. A hemoglobina é um complexo metálico que contém cátion ferro coordenado com átomos de nitrogênio. Nesse caso, os átomos de nitrogênio são considerados base de Lewis, e o cátion ferro, ácido de Lewis.
- IV. A sequência de nucleotídeos do DNA, em linhas gerais, determina a sequência de nucleotídeos do RNA que, por sua vez, especifica a ordem dos aminoácidos

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas

14. UFSM-RS Analise as afirmativas.

- I. As proteínas e os ácidos nucleicos são formados por aminoácidos.
- II. DNA e RNA são os ácidos nucleicos encontrados tanto em células eucariontes como procariontes.
- III. A informação contida no DNA pode ser copiada em uma fita de RNA, através do processo denominado transcrição.

IV. A informação presente no RNA pode ser transformada em uma sequência de aminoácidos, através do processo denominado tradução.

Está(ão) correta(s):

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

15. Acafe-SC 2016 Cientistas identificam nova mutação genética relacionada à obesidade.

Um estudo realizado por pesquisadores do departamento de medicina da Imperial College London, na Inglaterra, revelou a existência de uma mutação genética que pode estar associada à obesidade e ao diabetes. Para chegar à descoberta, os cientistas sequenciaram o genoma de uma mulher com diabetes tipo 2 e considerada extremamente obesa – o mesmo processo foi realizado com alguns de seus familiares. A análise do DNA encontrou duas cópias de uma mutação genética que impediam que seu organismo produzisse a proteína carboxypeptidase (CPE) – importante no processo de regular o apetite e os níveis de insulina no sangue.

Fonte: Veja, 06/07/2015

Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/saude>

Acerca do tema é correto afirmar, **exceto**:

- a) A obesidade pode ser conceituada como o acúmulo de gordura no corpo, sendo essa um termo genérico para uma classe de lipídios. Dentre os lipídios, podemos destacar os fosfolipídios, os glicerídeos, os esteroides e os cerídeos. Como exemplo de esteroide pode-se citar a testosterona.
- b) O termo fenótipo é empregado para designar as características apresentadas por um indivíduo, sejam elas morfológicas, fisiológicas e comportamentais. O fenótipo resulta da interação do genótipo com o ambiente. Assim, pode-se dizer que a obesidade é resultado da interação entre o patrimônio genético do indivíduo e do seu ambiente socioeconômico, cultural e educativo.
- c) Pacientes obesos apresentam riscos para várias doenças e distúrbios, o que faz com que possam ter uma diminuição da sua expectativa de vida, principalmente quando são portadores de obesidade mórbida. Entre as doenças em que a obesidade é fator de risco, pode-se citar: hipertensão arterial, doenças cardiovasculares, câncer e osteoartrite.
- d) O DNA é a sigla do termo ácido desoxirribonucleico, sendo formado a partir da união de compostos químicos chamados de nucleotídeos. As bases nitrogenadas que compõem os nucleotídeos estão unidas entre si por ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio). Entre as bases adenina (A) e timina (T) encontram-se três pontes de hidrogênio e entre as bases guanina (G) e citosina (C) encontram-se duas pontes de hidrogênio.

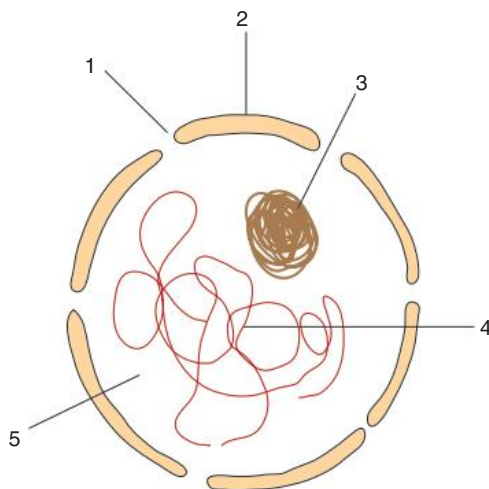
- 16. UPF-RS 2021** "...Apenas dois dias após o primeiro caso de COVID-19 ser confirmado em um paciente brasileiro vindo da Itália, pesquisadores brasileiros conseguiram sequenciar o genoma do vírus responsável pela doença... O sequenciamento revelou que o vírus que chegou aqui tem três mutações que o diferem do vírus de Wuhan,... acompanhar as mutações do vírus é importante para estudar possíveis vacinas ou métodos de diagnóstico..."

Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/>
Acesso em: 12 de abril de 2020. (adaptado).

No caso do sequenciamento do genoma do novo coronavírus, o que os pesquisadores identificaram foi:

- a sequência das bases nitrogenadas A, T, C, G do material genético do vírus
- a sequência das bases nitrogenadas A, U, C, G do material genético do vírus.
- a sequência dos aminoácidos que compõem as proteínas do vírus.
- a sequência de anticódons do RNA do vírus.
- o fenótipo do vírus.

17. UFPI



Analisando o desenho esquemático que representa o núcleo de uma célula animal qualquer, podemos identificar que o componente responsável pela síntese de RNA que forma o ribossomo é assinalado pelo número:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

18. UFSM-RS Numere a 2ª coluna de acordo com a 1ª.

Coluna 1

- DNA
- RNA

Coluna 2

- dupla-hélice
- ribose
- fita única ou simples

- desoxirribose
- bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina, timina
- bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina, uracila

A sequência correta é:

- 1 – 2 – 1 – 2 – 2 – 1.
- 2 – 1 – 1 – 2 – 2 – 2.
- 1 – 2 – 2 – 1 – 1 – 2.
- 2 – 1 – 2 – 1 – 1 – 2.
- 1 – 1 – 2 – 2 – 2 – 1.

- 19. FMP-RJ 2018** Considere que a base nitrogenada púrica do terceiro códon do RNAm descrito abaixo tenha sido substituída por uma guanina:

RNAm = AUG UCU AUC GGG UUG

O quadro a seguir mostra alguns códons do RNA mensageiro e os aminoácidos codificados por cada um deles.

Códon do RNAm	Aminoácido
AGG	arginina
AGC	serina
AUC	isoleucina
AUG	metionina
GUC	valina
GGC	glicina

O novo aminoácido codificado a partir dessa alteração é

- arginina
- metionina
- valina
- serina
- glicina

- 20. PUC-Rio 2021** Muitas vacinas de DNA estão em desenvolvimento para várias doenças e são tidas como uma estratégia de imunização muito promissora. Essas vacinas consistem na inoculação de um plasmídeo, produzido por engenharia genética, contendo uma pequena parte do material genético do patógeno, com informação para a célula produzir uma ou mais proteínas do patógeno (antígenos).

Um dos requisitos para que essa vacina funcione é que, após a inoculação, o plasmídeo

- chegue ao núcleo, onde será traduzido pelos ribossomos.
- chegue ao citoplasma, onde será traduzido pelos ribossomos
- chegue ao núcleo, onde será transcrito em RNA mensageiro
- chegue ao citoplasma, onde será transcrito em RNA mensageiro

21. Fatec-SP O metabolismo celular depende de uma série de reações químicas controladas por enzimas, isto é, proteínas que atuam como catalisadores e que podem sofrer mutações genéticas sendo modificadas ou eliminadas.

Assinale a alternativa correta, levando em conta os ácidos nucleicos, a ocorrência de mutações e as conseqüentes mudanças do ciclo de vida da célula.

- a) O DNA é constituído por códons, que determinam a seqüência de bases do RNA mensageiro, necessária à formação dos anticódons, responsáveis pela produção das proteínas.
- b) No caso de uma mutação acarretar a transformação de um códon em outro relacionado ao mesmo aminoácido, não haverá alteração na molécula proteica formada nem no metabolismo celular.
- c) A mutação altera a seqüência de aminoácidos do DNA, acarretando alterações na seqüência de bases do RNA mensageiro e, conseqüentemente, na produção das proteínas.
- d) As mutações atuam diretamente sobre as proteínas, provocando a desnaturação dessas moléculas e, conseqüentemente, a inativação delas.
- e) Quando algumas proteínas são alteradas por mutações, suas funções no metabolismo celular passam a ser realizadas pelos aminoácidos.

22. Unifesp Em abril de 2003, a finalização do Projeto Genoma Humano foi noticiada por vários meios de comunicação como sendo a “decifração do código genético humano”. A informação, da maneira como foi veiculada, está:

- a) correta, porque agora se sabe toda a seqüência de nucleotídeos dos cromossomos humanos.
- b) correta, porque agora se sabe toda a seqüência de genes dos cromossomos humanos.
- c) errada, porque o código genético diz respeito à correspondência entre os códons do DNA e os aminoácidos nas proteínas.
- d) errada, porque o Projeto decifrou os genes dos cromossomos humanos, não as proteínas que eles codificam.
- e) errada, porque não é possível decifrar todo o código genético; existem regiões cromossômicas com alta taxa de mutação.

23. Fatec-SP Os códons são modelos propostos pelos bioquímicos para representar o código genético. São constituídos por três bases nitrogenadas no RNA, e cada uma delas é representada por uma letra.

A = adenina

U = uracila

C = citosina

G = guanina

O modelo para o códon:

- a) poderia ter duas letras, uma vez que o número de aminoácidos é igual a oito.
- b) é universal, porque mais de uma trinca de bases pode codificar um mesmo aminoácido.

- c) é degenerado, porque mais de um códon pode codificar um mesmo aminoácido.
- d) é específico, porque vários aminoácidos podem ser codificados pelo mesmo códon.
- e) é variável, uma vez que aminoácidos diferentes são codificados pelo mesmo códon.

24. Fuvest-SP O código genético é o conjunto de todas as trincas possíveis de bases nitrogenadas (códon). A seqüência de códons do RNA mensageiro determina a seqüência de aminoácidos da proteína.

É correto afirmar que o código genético:

- a) varia entre os tecidos do corpo de um indivíduo.
- b) é o mesmo em todas as células de um indivíduo, mas varia de indivíduo para indivíduo.
- c) é o mesmo nos indivíduos de uma mesma espécie, mas varia de espécie para espécie.
- d) permite distinguir procariotos de eucariotos.
- e) é praticamente o mesmo em todas as formas de vida.

25. UEL-PR Considere as afirmativas a seguir sobre as propriedades do código genético.

- I. Existem vinte e quatro tipos de aminoácidos que, agrupados em diversas seqüências, formam todos os tipos de proteínas que entram na composição de qualquer ser vivo.
- II. O código genético é universal, pois vários aminoácidos têm mais de um códon que os codifica.
- III. A perda ou a substituição de uma única base nitrogenada na molécula de DNA pode alterar um aminoácido na proteína.
- IV. Nos organismos, a relação entre o número de nucleotídeos (a) de um mRNA e o número de aminoácidos da proteína formada (b) mostrou que $a / b = 3$.

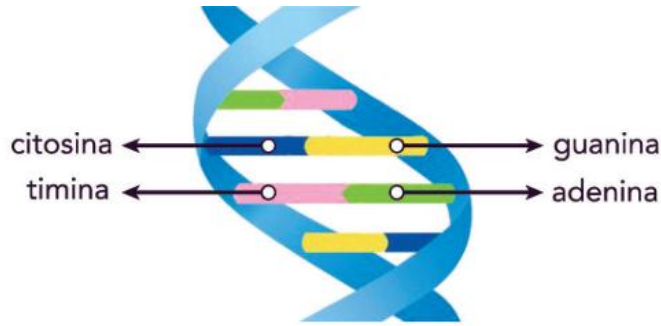
Assinale a alternativa correta.

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

26. FGV-SP 2021 Pesquisadores cultivaram um calo vegetal em meio contendo uracila marcada radioativamente. Após alguns dias, as células do calo foram analisadas ao microscópio para identificação de estruturas celulares que continham polímeros com uracila radioativa. Os polímeros marcados foram encontrados em estruturas celulares como

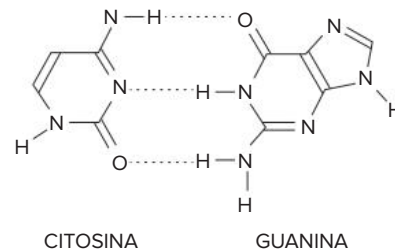
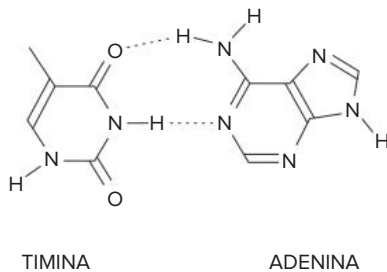
- a) núcleo, vacúolo, cloroplastos e lisossomos
- b) núcleo, vacúolo e retículo endoplasmático agranular.
- c) núcleo, complexo golgiense e retículo endoplasmático agranular
- d) nucléolo, mitocôndrias, cloroplastos e retículo endoplasmático granular.
- e) nucléolo, mitocôndrias, complexo golgiense e retículo endoplasmático granular

27. Uerj 2020 As duas cadeias carbônicas que formam a molécula de DNA são unidas por meio de ligações de hidrogênio entre bases nitrogenadas. Há quatro tipos de bases nitrogenadas: adenina, citosina, guanina e timina.



Adaptado de mundoeducação.bol.uol.com.br

Nas estruturas a seguir, estão representadas, em pontilhado, as ligações de hidrogênio existentes nos pareamentos entre as bases timina e adenina, e citosina e guanina, na formação da molécula de DNA.



Considere que uma molécula de DNA com todas as citosinas marcadas radioativamente foi transferida para uma célula sem qualquer substância radioativa. Após esse procedimento, a célula sofreu duas divisões mitóticas, originando quatro células-filhas.

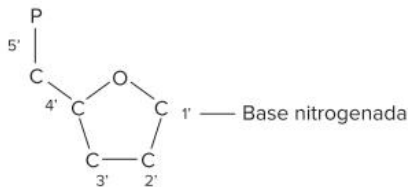
Ao final das divisões mitóticas, a quantidade de células-filhas com radioatividade é:

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

Textos complementares

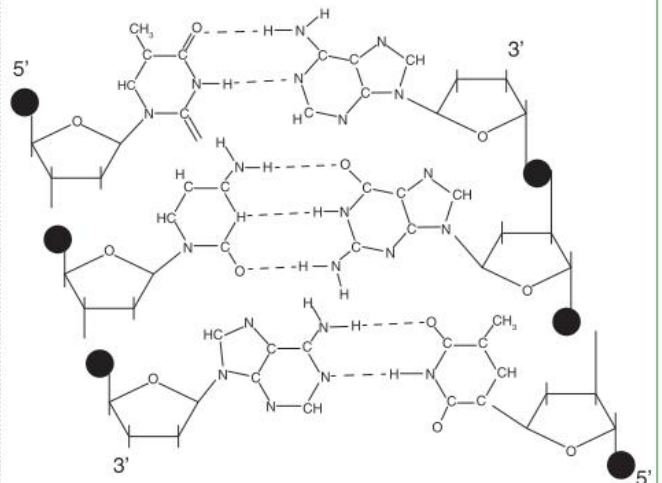
O complexo helicase-polimerase

Agora vamos considerar a molécula de DNA, apresentando alguns detalhes químicos. A desoxirribose pode ser representada em uma forma cíclica, com o aspecto de um pentágono. Em um dos vértices do pentágono, encontra-se um átomo de oxigênio e nos demais vértices estão átomos de carbono. O quinto átomo de carbono fica fora do pentágono. Os carbonos são numerados de 1 a 5. Costuma-se designar os carbonos como 1', 2', 3', 4' e 5'. Ao carbono 1' liga-se à base nitrogenada, e o fosfato se associa ao carbono 5'.



Estrutura de uma pentose e suas ligações.

Vamos analisar um “degrau” da molécula de DNA. A desoxirribose de uma cadeia tem o carbono 5' voltado para um lado (“para cima”), enquanto a desoxirribose da cadeia complementar tem o carbono 5' voltado para o lado oposto (“para baixo”). Diz-se então que as duas cadeias componentes do DNA são antiparalelas. Assim, podemos concluir que, em uma molécula de DNA, uma cadeia tem uma extremidade com o fosfato do carbono 5' livre e a outra extremidade com o carbono 3' livre. Já a fita complementar tem esses pontos extremos com 3' e 5', respectivamente.



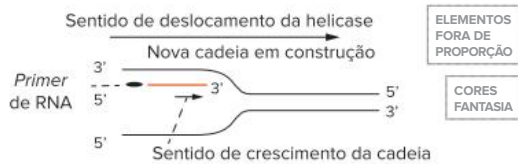
Detalhe da hélice de DNA no plano.

A replicação do DNA envolve três enzimas principais: helicase, DNA polimerase e ligase. A helicase promove a abertura da dupla-hélice, separando as duas cadeias. Isso permite a exposição de suas bases componentes ao contato com os nucleotídeos de DNA e com as demais enzimas envolvidas (DNA polimerase e ligase). O sentido de deslocamento da helicase determina em qual sentido as cadeias parentais serão replicadas.

A DNA polimerase é responsável pelo acoplamento de nucleotídeos à cadeia que serve como molde para a construção de uma nova cadeia. Assim, a DNA polimerase participa da síntese direta da nova cadeia polinucleotídica. O início da síntese de DNA é feito a partir de um pequeno segmento de RNA (denominado *primer*), ao qual é acrescentado o restante da nova molécula de DNA. Posteriormente, o *primer* é removido.

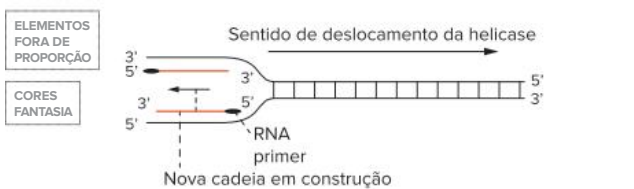
A DNA polimerase só é capaz de acrescentar um nucleotídeo de DNA no carbono 3' de um nucleotídeo já instalado. Assim, a cadeia alonga-se no sentido 5'→3'. Pode-se imaginar a molécula original de DNA abrindo-se como um zíper, formando uma bifurcação cada vez maior. Cada uma das cadeias serve de molde para a síntese de uma cadeia nova. Vamos analisar o que ocorre com a cadeia 3'→5' e a cadeia 5'→3'.

Considerando a cadeia molde 3'→5', a nova cadeia gerada é construída de maneira contínua, pois ela tem crescimento no sentido 5'→3', que é como normalmente atua a DNA polimerase.



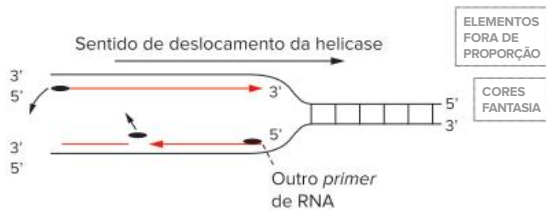
Crescimento contínuo da cadeia (5' → 3').

Já a cadeia molde 5'→3' gera uma nova cadeia, que é construída de maneira descontínua, sempre no sentido 3'→5'. Esse crescimento descontínuo se deve ao antiparalelismo da cadeia de DNA e da atividade da DNA polimerase e só ocorre na terminação 3'. O crescimento descontínuo é feito pela formação de um pequeno bloco; em seguida, é gerado outro bloco, e assim sucessivamente.



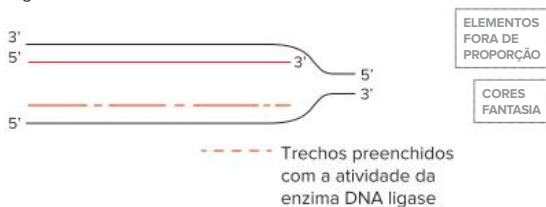
Crescimento descontínuo da cadeia (3' → 5')

Em um próximo trecho, a bifurcação da molécula de DNA avança ainda mais. A nova cadeia, que usa como molde a fita 3'→5', alonga-se mais no mesmo sentido, enquanto a fita que usa como molde a cadeia 5'→3' tem o acréscimo de *primers* de RNA e de fragmentos de cadeia de DNA, formando vários blocos. Depois, os blocos são reunidos em uma fita única. Cada bloco tem início com um segmento de RNA *primer*.



A cadeia descontínua tem crescimento em blocos.

Quando o processo for concluído, os *primers* de RNA serão removidos. A nova cadeia descontínua de DNA apresentará espaços, que serão preenchidos com a síntese de pequenos segmentos de DNA, com a intervenção da enzima ligase.



Processo final da replicação do DNA.

Texto elaborado para fins didáticos.

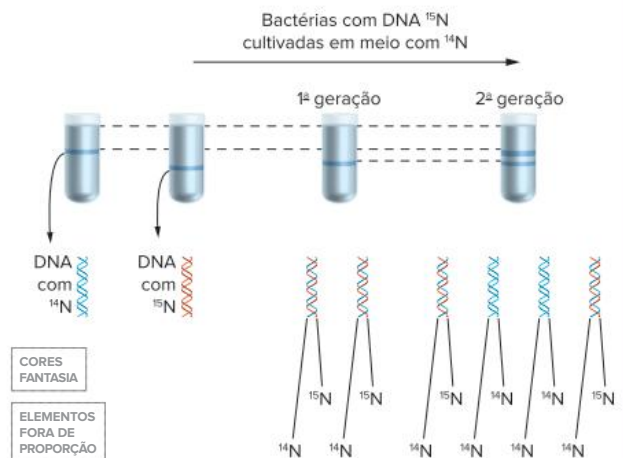
Um teste do modelo de Watson e Crick

Em 1958, os cientistas Meselson e Stahl realizaram um experimento que testou o mecanismo de replicação semiconservativa do DNA, proposto por Watson e Crick. O nitrogênio é componente das bases nitrogenadas do DNA; seu isótopo mais abundante na natureza é o ^{14}N . Assim, a maior parte do DNA dos seres vivos tem esse isótopo.

Meselson e Stahl extraíram DNA de bactérias cultivadas em laboratório. Esse DNA foi colocado em uma solução, posteriormente submetida a um processo de centrifugação, cujo resultado foi a formação de uma faixa contendo inúmeras moléculas de DNA.

Os dois cientistas então cultivaram bactérias em meio contendo apenas ^{15}N , um isótopo mais "pesado" do ^{14}N . As bactérias se multiplicaram por 20 gerações, resultando na incorporação de ^{15}N ao DNA das descendentes. Após 20 replicações, a quantidade de ^{14}N passou a ser desprezível. O DNA das descendentes foi extraído e submetido a um processo de centrifugação. O resultado foi a obtenção de uma faixa em posição mais baixa em relação à faixa obtida com DNA de bactérias com ^{14}N .

As bactérias dotadas de DNA contendo ^{15}N foram transferidas para um meio de cultura que apresentava apenas ^{14}N . Essas bactérias absorveram os nutrientes contendo ^{14}N e os empregaram na síntese de DNA, gerando novos descendentes; logo, o DNA de cada bactéria sofreu replicação. O DNA das bactérias da primeira geração foi extraído e submetido à centrifugação. O resultado foi a formação de uma faixa de DNA numa posição intermediária, entre a superior (DNA com ^{14}N) e a inferior (DNA com ^{15}N). Isso confirma o mecanismo de replicação semiconservativa, pois uma fita antiga (com ^{14}N) serviu de molde para a formação de uma fita nova (com ^{15}N), gerando uma molécula de DNA híbrida: ^{14}N - ^{15}N . Na segunda geração cultivada em meio contendo ^{14}N , o DNA das bactérias apresentou dois tipos de molécula: ^{15}N - ^{14}N e ^{14}N - ^{14}N , localizados em duas faixas (uma superior e outra intermediária).



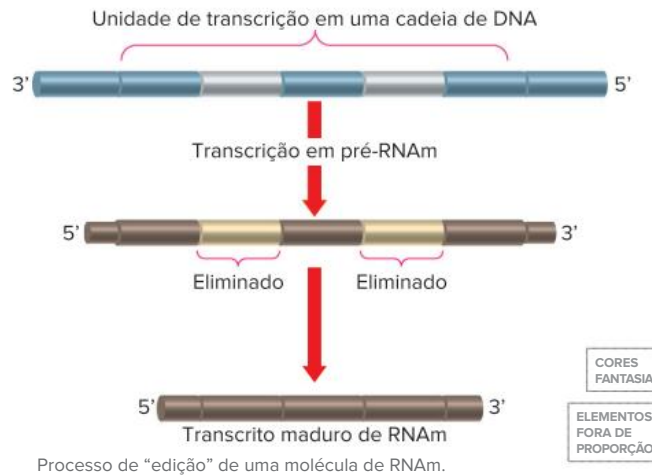
Experimento do mecanismo de replicação semiconservativa do DNA.

Texto elaborado para fins didáticos.

Uma edição do RNAm

Nos eucariontes, o RNA mensageiro não é enviado diretamente aos ribossomos para participação imediata na síntese de proteínas. Antes disso, a molécula de RNAm é submetida a um processo de "edição". São efetuados cortes em certos trechos da molécula, com a participação de enzimas que removem fragmentos denominados **introns**. Os fragmentos não removidos são denominados **exons**, os quais são unidos na versão final da molécula de RNAm que vai efetivamente se ligar aos ribossomos e orientar a síntese de proteínas. O nome desse processo de corte do RNAm é *splicing*.

Assim, a sequência de bases nitrogenadas do DNA não corresponde totalmente à sequência de bases nitrogenadas do RNA mensageiro que comanda a síntese proteica. Isso não ocorre nos procariontes. Neles, o mesmo RNAm resultante da transcrição liga-se aos ribossomos e orienta a síntese proteica.



Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Ácidos nucleicos

Conceito

Ácidos nucleicos são macromoléculas constituídas por nucleotídeos. Há dois tipos de ácido nucleico: o DNA (ácido desoxirribonucleico) e o RNA (ácido ribonucleico). Um nucleotídeo consta de três componentes: um fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada. As pentoses são ribose (no RNA) e desoxirribose (no DNA). As bases nitrogenadas são de dois tipos: púricas (adenina e a guanina) e pirimídicas (citosina, timina e uracila). A timina é uma base presente apenas no DNA, enquanto a uracila só ocorre no RNA. Os ácidos nucleicos estão relacionados com a hereditariedade e com o controle das atividades metabólicas; nucleotídeos como o ATP relacionam-se com o metabolismo energético.

DNA

Localização nas células

Nas células eucarióticas há DNA no núcleo, como componente dos filamentos de cromatina; essas estruturas têm extremidades livres, e seu DNA está associado a proteínas (histonas). O DNA também está presente em mitocôndrias e cloroplastos; o DNA dessas organelas é circular e não tem histonas associadas. Nas células procarióticas há DNA no nucleóide, na forma de um cromossomo circular e sem histonas associadas; essas células também apresentam plasmídeos.

Estrutura do DNA

A estrutura do DNA foi esclarecida em 1953 pelos cientistas James Watson e Francis Crick. O DNA tem quantidades iguais de adenina e de timina; guanina e citosina também apresentam quantidades iguais. A molécula de DNA é constituída por duas cadeias ou fitas de polinucleotídeos; e há uma correspondência de bases nitrogenadas: adenina com timina e guanina com citosina. As bases correspondentes ficam unidas por ligações de hidrogênio. O aspecto do DNA seria comparável ao de uma escada de cordas: os corrimãos constituídos por fosfato e desoxirribose alternados, os degraus formados por um par de bases nitrogenadas (A com T e C com G). Cada base nitrogenada é ligada a uma desoxirribose, que está unida a um fosfato.

Papéis do DNA

O DNA é o material hereditário dos seres vivos, sendo responsável pelo controle do metabolismo. Um passo fundamental na transmissão das informações genéticas é a replicação (duplicação) do material genético. Nos eucariontes isso ocorre antes de a célula se dividir, no período S da interfase.

O controle do metabolismo é realizado por enzimas cuja produção é controlada pelo DNA. O DNA serve de molde para a produção de RNA mensageiro (por meio da transcrição), que orienta, nos ribossomos, a síntese de proteínas, em um processo denominado tradução. Algumas proteínas são enzimas que controlam reações químicas.

Replicação

A duplicação do DNA depende da enzima DNA polimerase. A duplicação do DNA é do tipo semiconservativa, pois as duas moléculas produzidas no processo têm uma cadeia antiga e uma cadeia nova, recém-gerada. Cada uma das moléculas produzidas é idêntica à molécula original de DNA. Esse processo garante a preservação da identidade do material genético, que pode ser transmitido às células-filhas sem alterações. Eventualmente, pode haver uma alteração na ordem das bases nitrogenadas do DNA, caracterizando uma mutação.

Transcrição

É o processo de produção de RNA utilizando-se um molde constituído por DNA. A transcrição do DNA nuclear depende da enzima RNA polimerase; só uma das cadeias é ativa, ou seja, só uma das cadeias serve de molde para a produção de RNA. Nucleotídeos complementares de RNA são ajustados à cadeia molde de DNA. O RNA não possui timina; em seu lugar apresenta-se a base uracila.

RNA

RNA ribossômico

Está relacionado a um segmento de algumas moléculas de DNA, junto às quais se forma o nucléolo, que é rico em RNAr. Os ribossomos são organóides constituídos por duas subunidades de tamanhos diferentes, compostas de proteínas e de grande quantidade de RNAr.

RNA mensageiro

É o que transmite informações do DNA aos ribossomos, orientando a síntese de determinada proteína. O segmento de DNA, que serve de molde para a produção de certo RNAm, corresponde a um gene.

RNA transportador

Sua função é carregar um aminoácido específico até os ribossomos, onde se realiza a síntese de proteínas.

Outros ácidos nucleicos

Além dos RNAs citados, existem diversos outros tipos de RNA com funções distintas. Há, por exemplo, moléculas de RNA que atuam como catalisadores e recebem denominação de ribozimas. Há vírus que têm DNA com uma cadeia, RNA com duas cadeias e RNA com capacidade de replicação.

Código genético

Nos seres vivos há a relação: três bases nitrogenadas de uma molécula de RNA mensageiro que correspondem a um aminoácido que integra uma cadeia proteica (3 bases para 1 aminoácido). Essa correspondência é o código genético. Um trio ou uma trinca de bases do RNAm corresponde a um códon, que, normalmente, corresponde a um aminoácido. O código genético é universal, ou seja, é o mesmo para praticamente todos os seres vivos. O código genético é degenerado: códons diferentes podem identificar um mesmo aminoácido; esses códons funcionariam como “sinônimos”. Existem códons para parar o processo de síntese. Também há um códon para iniciar, que identifica o início do processo; toda proteína começa a ser sintetizada com a introdução do aminoácido metionina, cujo códon é AUG.

Síntese de proteínas

RNA transportador

Uma parte da molécula de RNAt liga-se a um aminoácido. Outra parte da molécula apresenta uma trinca de bases, conhecida como anticódon, que realiza o emparelhamento com bases complementares do RNAm, realizando o emparelhamento anticódon-códon.

Ribossomos

São constituídos por proteínas e RNA ribossômico. Cada ribossomo completo tem duas subunidades: uma grande e uma pequena. As subunidades só se unem durante a síntese de proteínas; depois disso, separam-se.

Etapas da síntese proteica

Iniciação

No citosol, a molécula de RNAm, proveniente do núcleo, une-se a uma subunidade pequena de um ribossomo. O aminoácido metionina une-se a um RNAt. O RNAt, com metionina, une-se por ligações de hidrogênio ao códon do RNAm. A subunidade grande se junta a todo esse conjunto, e o ribossomo está completo.

Elongação

Um outro RNAt une-se ao RNAm. O aminoácido metionina do primeiro RNAt reage com o segundo aminoácido, estabelecendo-se uma ligação peptídica; e então o primeiro RNAt é liberado do ribossomo.

O ribossomo desloca-se ao longo da cadeia de RNAm e fica sobre o próximo códon. Um RNAt une-se a outro aminoácido e liga-se ao códon do RNAm. Os aminoácidos reagem entre si e estabelecem outra ligação peptídica. Um RNAt desprende-se, e o ribossomo move-se para o códon seguinte. Esse processo vai se repetindo até a última etapa, a terminação.

Terminação

É quando o ribossomo chega ao códon correspondente a término, como o UGA. Um RNAt com anticódon ACU não tem correspondência com nenhum aminoácido. Esse RNAt liga-se ao códon de término do RNAm e não é adicionado outro aminoácido à cadeia proteica.

Polirribossomos

Um ribossomo percorre toda a molécula de RNAm, e, no final, é produzida uma proteína. No entanto, a mesma molécula de RNAm é percorrida por vários ribossomos, constituindo o que se chama de polirribossomos ou polissomos.

Quer saber mais?



Sites

<https://canaltech.com.br/internet/mulheres-historicas-rosalind-franklin-a-injusticada-mae-do-dna-78101/>

(Acesso em: 20 out. 2021)

O texto traz informações sobre a contribuição não reconhecida da cientista Rosalind Franklin à descoberta da estrutura do DNA.

<https://revistapesquisa.fapesp.br/a-tesoura-dos-genes/>

(Acesso em: 20 out. 2021)

O artigo explica os princípios da Crispr, uma das técnicas mais recentes de edição do DNA, considerada revolucionária e de utilidade médica.



Vídeo

Rosalind Franklin: a heroína injustiçada do DNA

O vídeo conta a história de vida de Rosalind Franklin, e relata como seu trabalho contribuiu para a descoberta da estrutura do DNA.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BIP0IYrdirl&t=32s> (acesso em: 2 dez. 2021).

Exercícios complementares

1. UEL-PR 2020 Leia o texto a seguir.

O DNA, que determina cada característica de um ser vivo, é formado por 4 moléculas denominadas de bases nitrogenadas (A, T, G e C). Com essas 4 letras, representa-se o mecanismo das instruções de organismos tão diversos quanto uma bactéria ou uma pessoa. Um grupo de cientistas dos Estados Unidos foi capaz de dobrar o número de bases nitrogenadas que existem no DNA, criando pela

primeira vez um código com 8 letras. Além das tradicionais, o novo tipo conta também com outras 4 bases sintéticas, batizadas P, B, Z e S. Eles batizaram a estrutura resultante de hachimoji, que significa “oito letras”, em japonês, e a descrevem no número 6429 da revista *Science* de fevereiro de 2019. Assim como Adenina se liga com Timina e Citosina com Guanina, em um formato de dupla hélice, S se liga com B e P com Z. De acordo com os pesquisadores, o

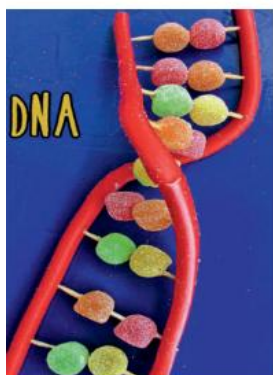
modelo satisfaz a maioria dos requisitos essenciais para o funcionamento do código genético. Entre esses requisitos está a habilidade de armazenar informação e passá-la à frente, convertendo DNA em RNA. A criação de uma forma alternativa e funcional de DNA é importante por questionar o modelo atual de material genético. Se for possível formar outra química da vida diferente da existente na Terra, é provável que em outro lugar do universo, alguma outra forma de vida obedeça a lógica parecida. A questão agora é verificar se ampliar o código poderia tornar o DNA ainda melhor. Um alfabeto de 4 letras oferece 64 códons possíveis, ter mais informações permite que moléculas totalmente novas surjam, e qualquer uma delas poderia ser útil para desenvolver novas funções nos organismos e desenvolver estudos para diagnosticar doenças e novos medicamentos.

Adaptado de: canaltech.com.br

Com base nas informações contidas no texto e nos conhecimentos sobre genética, responda aos itens a seguir.

- Apresente duas justificativas científicas para o desenvolvimento de pesquisas que modificam a estrutura do DNA.
- Qual o número total de códons possíveis do DNA hachimoji que possui 8 bases? A partir do filamento molde de DNA hachimoji_GACZGPASCBTZ, determine: 1) a sequência de bases da fita complementar de DNA, 2) a sequência de bases do RNA e 3) quantos códons são formados.

2. UPE/SSA 2016



Cynthia é mãe e bióloga; liberou alguns doces de festas de aniversário para apresentar às crianças, de uma forma bem simples, o conceito de molécula. Vejamos:

— Usamos tubinhos gelatinosos para demonstrar a pentose e o fosfato. No meio, as jujubas retratam as bases nitrogenadas. O pareamento entre adenina-timina e citosina-guanina foi feito sempre com as mesmas cores. O palito de dente foi utilizado para as pontes de hidrogênio. Claro que as representações foram rudimentares, porque elas vão aprender na escola, quando for o momento.

Disponível em: <http://www.falamae.com/2015/03/moleculas-com-doces.html>

O que deve ser feito para adequar melhor o pareamento?

- Colocar dois pedaços de palito de dente para representar a ligação de pontes de hidrogênio entre guanina e citosina.
- Colocar três pedaços de palito de dente para representar a ligação de pontes de hidrogênio entre adenina e timina.

- Juntar duas jujubas laranjas para representar uma timina com dois anéis e uma vermelha para representar uma adenina com um anel.
- Juntar duas jujubas verdes para representar uma guanina com dois anéis e uma amarela para representar uma citosina com um anel.
- Usar, respectivamente, uma e duas jujubas de cores iguais para representar as bases púricas e pirimídicas e seus anéis.

3. **UFJF/Pism-MG** O anticódon é uma região específica de nucleotídeos encontrada:

- na molécula de DNA.
- no ribossomo.
- no RNA mensageiro.
- no RNA transportador.
- no RNA ribossômico.

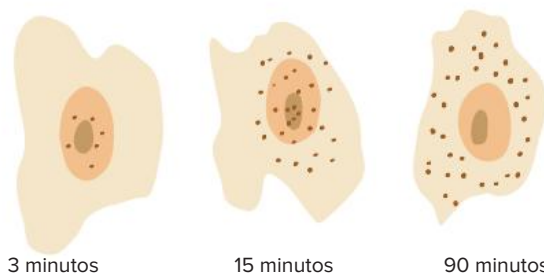
4. **UFSC** Neste ano de 2003, são comemorados os 50 anos da “descoberta” da estrutura tridimensional do DNA.

Com relação às características dessa molécula, ao papel que ela desempenha nos seres vivos e aos processos em que se encontra envolvida, é correto afirmar que:

- é formada por duas fileiras de nucleotídeos torcidas juntas em forma de hélice.
- em sua composição é possível encontrar quatro bases nitrogenadas diferentes: a adenina, a citosina, o aminoácido e a proteína.
- ela tem a capacidade de se autoduplicar.
- nela está contida a informação genética necessária para a formação de um organismo.
- a mensagem nela contida pode ser transcrita para uma outra molécula denominada RNA.
- nos organismos procariontes, ela fica estocada dentro do núcleo das células.
- em alguns organismos primitivos, ela apresenta apenas uma fileira de nucleotídeos.

Soma:

5. **Uerj** Em células eucariotas mantidas em cultura, adicionou-se o nucleosídeo uridina marcado radioativamente com H^* ao meio de cultura. Após algum tempo, as células foram transferidas para um novo meio que não continha o isótopo. Amostras destas células foram retiradas 3, 15 e 90 minutos após a transferência, sendo, então, colocadas em lâmina de vidro, fixadas e submetidas a autorradiografia. Esse processo marca a posição aproximada do isótopo dentro da célula, como representado no esquema a seguir.



3 minutos

15 minutos

90 minutos

- a) Cite o tipo de molécula ao qual a uridina se incorporou. Justifique sua resposta.
- b) Nomeie o compartimento celular que seria marcado se o nucleosídeo radioativo usado fosse a timidina e justifique sua resposta.

6. Enem 2020 Considere um banco de dados (Quadro 1) que apresenta sequências hipotéticas de DNA de duas áreas de extrativismo permitido (A1 e A2) e duas áreas de conservação (B1 e B2). Um órgão de fiscalização ambiental recebeu uma denúncia anônima de que cinco lojas moveleiras (1, 2, 3, 4 e 5) estariam comercializando produtos fabricados com madeira oriunda de áreas onde a extração é proibida. As sequências de DNA das amostras dos lotes apreendidos nas lojas moveleiras foram determinadas (Quadro 2).

Quadro 1

Áreas	Sequências de DNA
A1 – Extrativismo	TCC TAA TTG AAA
	TCC TAA CTG AGA
A2 – Extrativismo	TCC TAA TGT CAC
	TCC AAA TTG CAC
B1 – Conservação	TTC AAA TTT CAC
	TCC TAA TGT CAC
B2 – Conservação	TCC TAA CTG AGA
	TCC AAA TTT CAC

Quadro 2

Amostras	Sequências de DNA
1	TCC TAA CTG AGA
2	TCC TAA TTG AAA
3	TCC TAA TGT CAC
4	TCC AAA TTG CAC
5	TCC AAA TTT CAC

Qual loja moveleira comercializa madeira exclusivamente de forma ilegal?

- a) 1 c) 3 e) 5
 b) 2 d) 4

7. Fepar-PR 2017 (Adapt.)

A síndrome de Lesch-Nyhan (SLN) caracteriza-se por hiperprodução de ácido úrico, disfunção neurológica e cognitiva, e alterações de comportamento, incluindo automutilação. Pessoas com esse mal tendem a morder os lábios e a mastigar suas línguas e dedos. Esse comportamento recebeu o apelido de “síndrome da autocanibalização”.

Além da automutilação, outros sintomas possíveis dessa síndrome são cálculos renais, retardo mental, comportamento agressivo e artrite gotosa. A síndrome de Lesch-Nyhan é uma condição muito rara, causada por um único gene defeituoso no cromossomo X. Afeta aproximadamente um em cada 380.000 nascidos vivos. O gene HPRT1 (Xq26) mutado leva a uma deficiência da enzima (HGPRT), causando uma disfunção do metabolismo das

purinas. Tal como acontece com a hemofilia, mulheres podem ser portadoras assintomáticas do gene.

Disponível em: <https://pt.wikipedia.org>. Acesso em: 20 jul. 2016.

Tendo por base as informações do texto e conhecimentos de Biologia, avalie as afirmativas.

- Cada gene de seres eucariontes deve apresentar éxons, regiões que codificam aminoácidos, e íntrons, regiões inativas nessa codificação.
- O gene HPRT1 (Xq26) mutado impede que a citosina e a timina sejam degradadas, fornecendo nitrogênio em forma de amônia, ornitina e ácido úrico, que são excretados na urina.
- Em altas concentrações, o ácido úrico pode formar cristais que se depositam em articulações, causando a artrite gotosa, ou gota.
- Uma mulher normal, mas portadora do gene para a SLN, poderá transmiti-lo apenas para a metade de seus filhos homens.
- A síndrome de Lesch-Nyhan é provavelmente um caso de herança dominante ligada à região não homóloga do cromossomo X.

8. UEG-GO O esquema a seguir é uma representação do código genético.

		Segunda posição na trinca				
		A	G	T	C	
A	AAA AAG	AGA AGG	ATA ATG	ACA ACG	AGT C	
	Fenilalanina			Serina		Tirosina
G	AAT AAC	AGT AGC	ATT ATC	ACT	AGT C	
	Leucina			Serina		Parada
T	GAA GAG	GGA GGG	GTA GTG	GCA GCG	AGT C	
	Leucina			Prolina		Histidina
C	GAT GAC	GGT GGC	GTT GTC	GCT GCC	AGT C	
	Leucina			Prolina		Glutamina
T	TAA TAG TAT	TGA TGG	TTA TTG	TCA TCG	AGT C	
	Isoleucina			Treonina		Asparagina
C	TAC	TGT TGC	TTT TTC	TCT TCC	AGT C	
	Metionina			Treonina		Lisina
C	CAA CAG	CGA CGG	CTA CTG	CCA CCG	AGT C	
	Valina			Alanina		Ácido aspártico ou aspartato
C	CAT CAC	CGT CGC	CTT CTC	CCT CCC	AGT C	
	Valina			Alanina		Ácido glutâmico ou glutamato

↑ Primeira posição na trinca Terceira posição na trinca

De acordo com o esquema apresentado, responda ao que se pede.

- O que é o código genético?
- Explique por que se diz que ele é degenerado.

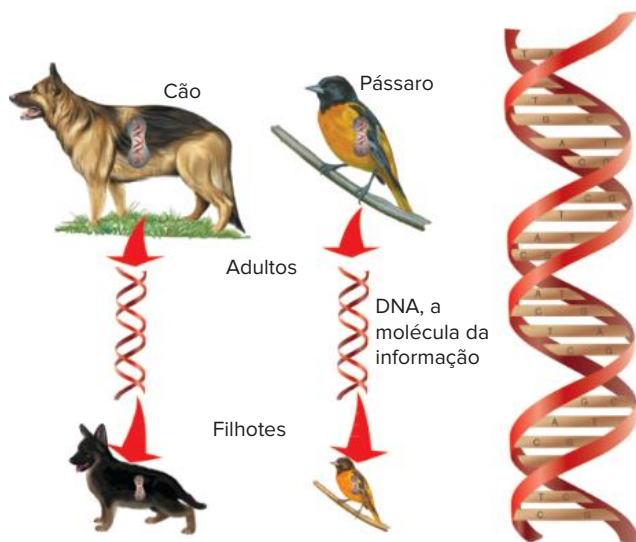
9. UFRJ Usando a tabela do código genético, é possível deduzir a sequência de aminoácidos de uma proteína a partir da sequência de nucleotídeos do RNA mensageiro que a codifica.

Indique se é possível, dada a sequência de aminoácidos de uma proteína de um eucarioto, deduzir a sequência de seu gene. Justifique sua resposta.

10. Unesp Os biólogos moleculares decifraram o código genético no começo dos anos 1960, do século XX. No modelo proposto, códons constituídos por três bases nitrogenadas no RNA, cada base representada por uma letra, codificam os vinte aminoácidos. Considerando as quatro bases nitrogenadas presentes no RNA (A, U, C e G), responda:

- Por que foram propostos no modelo códons de três letras, ao invés de códons de duas letras?
- Um dado aminoácido pode ser codificado por mais de um códon? Um único códon pode especificar mais de um aminoácido?

11. UEG-GO A figura a seguir refere-se à hereditariedade.



Fonte: César Silva Junior; Sezar Sasson. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 1999. p.12.

- Qual a característica do DNA, enquanto molécula mandatória da informação genética, que permite a transmissão dessa informação do organismo para seus descendentes?
- A ocorrência de mutações é importante para a evolução da espécie? Justifique sua resposta.

12. Unesp A Histona H4 é uma proteína presente nas células dos eucariotos. Esta proteína participa da compactação do DNA em cromossomos, quando da divisão celular. Em termos evolutivos, são bastante conservadas, ou seja, nos mais diferentes organismos

a Histona H4 tem praticamente a mesma composição e sequência de aminoácidos. As Histonas H4 do boi e da ervilha, por exemplo, diferem em apenas dois de seus 102 aminoácidos.

A partir do exposto, e considerando que o código genético é degenerado (mais de uma trinca de bases pode codificar para o mesmo aminoácido), é correto afirmar que, no boi e na ervilha, os segmentos de DNA que codificam a Histona H4:

- diferem entre si em apenas duas trincas de pares de bases.
- diferem entre si em dois genes.
- diferem entre si por duas mutações que modificaram a composição de pares de bases em dois pontos ao longo do gene.
- podem diferir entre si em vários pontos ao longo do gene.
- transcrevem RNAm que diferem entre si em duas de suas bases.

13. UFG-GO (Adapt.) As globinas constituem um bom exemplo da importância da informação genética na estrutura primária e na função das proteínas.

Considere o segmento de DNA cuja sequência de nucleotídeos é:

5' - GTG - CAC - CTG - ACT - CCT - GAG - GAG - AAG - 3'

Utilizando-se da tabela do código genético apresentada a seguir, forneça o produto da síntese proteica (polipeptídeo parte da cadeia beta prevista para a globina humana).

Primeira base	Segunda base								Terceira base
	U	C	A	G	U	C	A	G	
U	UUU	phe	UCU	ser	UAU	tyr	UGU	cys	U
	UUC	phe	UCC	ser	UAC	tyr	UGC	cys	C
	UUA	leu	UCA	ser	UAA	pare	UGA	pare	A
	UUG	leu	UCG	ser	UAG	pare	UGG	trp	G
C	CUU	leu	CCU	pro	CAU	his	CGU	arg	U
	CUC	leu	CCC	pro	CAC	his	CGC	arg	C
	CUA	leu	CCA	pro	CAA	gln	CGA	arg	A
	CUG	leu	CCG	pro	CAG	gln	CGG	arg	G
A	AUU	ile	ACU	thr	AAU	asn	AGU	ser	U
	AUC	ile	ACC	thr	AAC	asn	AGC	ser	C
	AUA	ile	ACA	thr	AAA	lys	AGA	arg	A
	AUG	met	ACG	thr	AAG	lys	AGG	arg	G
G	GUU	val	GCU	ala	GAU	asp	GGU	gly	U
	GUC	val	GCC	ala	GAC	asp	GGC	gly	C
	GUA	val	GCA	ala	GAA	glu	GGA	gly	A
	GUG	val	GCG	ala	GAG	glu	GGG	gly	G

14. UEM-PR Sobre a atividade e a expressão dos genes, assinale o que for correto.

- 01** Durante a transcrição de um gene normal e funcional, as fitas opostas servem de molde para a síntese de RNA mensageiros com sequências diferentes, mas complementares.
- 02** O código genético é degenerado porque o mesmo códon especifica aminoácidos diferentes em organismos procariotos e eucariotos.
- 04** Tanto em animais quanto em vegetais, uma cadeia polipeptídica de 100 aminoácidos pode ser traduzida a partir de um RNA mensageiro com mais de 100 códons.
- 08** Nas células vegetais, a síntese de proteínas ocorre na matriz citoplasmática, no ergastoplasma, nas mitocôndrias e nos cloroplastos.
- 16** Nas células animais, a síntese de proteínas ocorre na matriz citoplasmática, no ergastoplasma, nas mitocôndrias e no nucleoplasma.
- 32** Sempre que a sequência de códons do gene é alterada por substituição de um par de bases também ocorre modificação na sequência de aminoácidos da cadeia polipeptídica codificada.

Soma:

15. UFV-MG A tabela adiante representa uma versão fictícia do código genético. Entretanto, esse código segue o padrão do código genético universal, no qual três bases codificam um aminoácido.

Trinca de bases	Aminoácido	Trinca de bases	Aminoácido
AAC	N	CUA	R
AAU	O	GAA	K
AGG	C	GCA	T
AUA	O	GCC	N
AUC	S	GCU	T
AUG	iniciação	GGC	W
CAU	O	GGG	S
CCU	S	UAA	terminação
CGA	W	UAC	A
CGC	I	UAU	E
		UCG	A

Molécula de RNA

5' AUAUGCGAUCGGCUAUCCAUGCCUAUAGGCUACGCAGG-3'
GAAUAAACUAA

- Analise a tabela e faça o que se pede.
- a)** Cite o nome da enzima que catalisa a síntese de RNA mensageiro.
 - b)** Cite a sequência do anticódon correspondente ao códon de iniciação.

- c)** Qual a sequência de aminoácidos que resultará da tradução da molécula de RNA mensageiro? Ver figura anterior.
- d)** Qual a sequência de aminoácidos que resultará da tradução da mesma molécula de mRNA, após uma deleção do terceiro nucleotídeo?

16. Udesc 2015 Dezenas de milhões de átomos de elementos químicos unem-se e formam os diferentes compostos orgânicos que constituem os seres vivos. Proteínas, glicídios e ácidos nucleicos são exemplos destes compostos orgânicos.

Em relação a estes compostos, analise as proposições.

- I.** Proteínas são compostos orgânicos constituídos por carbono, hidrogênio e oxigênio.
- II.** O nitrogênio é um elemento comum tanto às proteínas quanto aos ácidos nucleicos.
- III.** Um elemento fundamental na composição de glicídios, como a glicose e a frutose, é o nitrogênio.
- IV.** Algumas proteínas podem apresentar em sua composição metais, a exemplo, o ferro ou o magnésio.

Assinale a alternativa correta.

- a)** Somente as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.
- b)** Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- c)** Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d)** Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- e)** Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.

17. UFSC Todas as formas de vida do nosso planeta têm suas informações genéticas codificadas nas sequências de bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos. Assinale a(s) proposição(ões) correta(s), considerando as informações a seguir.

Sequência 1:

AAAGATCCCGAATCGGTCGGCGATTATCG

Sequência 2:

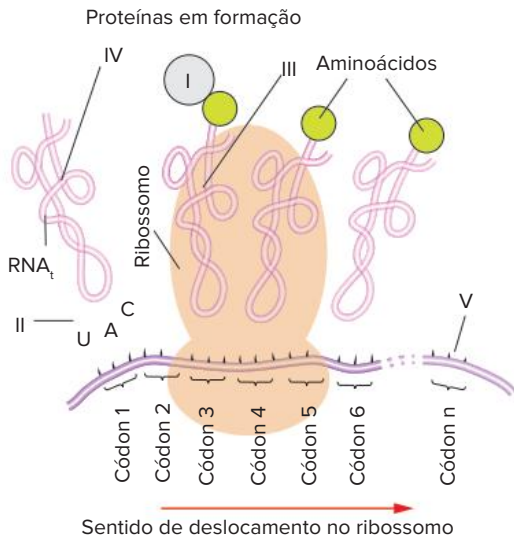
TTTCTAGGGCTTAGCCAGCCGCTAAATAGC

- 01** As sequências 1 e 2 são complementares no DNA e, juntas, representam um segmento de molécula de DNA.
- 02** Se considerarmos 1 a sequência molde, o RNAm formado por esta sequência conterá as mesmas bases nitrogenadas da sequência 2, trocando-se a timina pela uracila.
- 04** Na sequência 1 estão representados 30 códons e 10 nucleotídeos.
- 08** A sequência 1 pode ser a representação de um DNA ou de um RNA, dependendo de como for lida.
- 16** O código genético é exclusivo de cada espécie. Prova disso é que determinados aminoácidos, como, por exemplo, a fenilalanina, são encontrados apenas na espécie humana.
- 32** Adenina, timina, citosina e guanina são aminoácidos essenciais, presentes em todos os seres vivos.

64 Com o sequenciamento do genoma humano, foi possível determinar a sequência de aminoácidos de todas as proteínas humanas.

Soma:

18. **UFPE** A molécula de RNAm é sintetizada no núcleo, transcrevendo a sequência de bases de uma cadeia de DNA. O RNAm no citoplasma se liga ao ribossomo, onde se dá a produção de cadeias peptídicas. Considerando esse tema, analise a figura e as proposições a seguir.



- O aminoácido metionina (I) é trazido ao ribossomo pelo RNAt cujo anticódon é UAC (II), complementar ao códon AUG do RNAm.
- Na etapa seguinte da tradução, um segundo RNAt (III), cujo anticódon é complementar ao segundo códon do RNAm, geralmente onde há uma trinca UAA, UAG ou UGA, encaixa-se no sítio destinado à entrada de aminoácidos na cadeia peptídica.
- Quando se estabelece uma ligação peptídica entre os dois primeiros aminoácidos, o RNAt do primeiro aminoácido é liberado (IV) no citoplasma.
- O final da tradução ocorre quando, na leitura da mensagem genética, se chega a um códon de parada (V), a saber, UUG, UUA ou GUA, para os quais não há aminoácido correspondente.
- 61 códons correspondem aos aminoácidos que compõem as proteínas. Sabendo-se que os códons 5 e 6 trazem a informação para um mesmo aminoácido, para o qual existe apenas uma trinca de codificação, podemos afirmar que os códons 5 e 6 codificam, ou para a metionina ou para o triptofano.

19. **UPF-RS 2018** Os ácidos nucleicos são assim denominados devido ao seu caráter ácido e em razão de terem sido originalmente descobertos no núcleo das células. Sobre essas moléculas, podemos afirmar **corretamente** que

a) as duas cadeias polinucleotídicas de DNA se orientam de forma antiparalela e mantêm-se unidas por ligações fosfodiéster.

- b) uma das diferenças entre os dois tipos de ácidos nucleicos é a sua localização dentro das células, o DNA somente no núcleo e o RNA somente no citoplasma.
- c) na cadeia polinucleotídica de RNA, os nucleotídeos se ligam uns aos outros por meio de ligações de hidrogênio.
- d) na composição dos nucleotídeos dessas moléculas, são encontradas uma hexose, um fosfato e uma base nitrogenada.
- e) se no DNA de uma célula forem encontrados 18% de nucleotídeos com a base nitrogenada timina (T), serão encontrados, também, 32% de nucleotídeos com a base nitrogenada citosina (C).

20. **UFRJ** As sequências de RNA mensageiro a seguir codificam peptídeos com atividades biológicas específicas. Suponha que mutações no DNA tenham causado as seguintes mudanças nas duas moléculas de mRNA (1 e 2).

A tabela resumida do código genético mostra alguns códons e seus aminoácidos correspondentes.

Molécula 1:			
UGU	GUU	AUU	UAU UCU
UCU	GUU	AUU	UAU UCU

Molécula 2:			
GCU	CAU	AGA	GAU GGU
GCU	CAU	AGU	GAU GGU

Códon	Aminoácido	Códon	Aminoácido
GUU	valina	AGU	serina
GUC	valina	AGC	serina
GUA	valina	AGA	arginina
GUG	valina	AGG	arginina

Em qual das mudanças (1 ou 2) há risco de perda ou de diminuição da atividade biológica? Justifique sua resposta.

21. **Unicamp-SP 2017** A figura a seguir ilustra fragmentos de um gene presente em 4 espécies identificadas com os números de 1 a 4 entre parênteses.

CACTTGTA AAAACCAGTATAGACCCTAG(1)
 CACTTGTA AAAACCAGGATAGACGCTAG(2)
 CACTTGTA AAAACCAGTATAGACGCTAG(3)
 CATT TTTAACACCAGGATAGACGCTAT(4)

Assinale a alternativa correta.

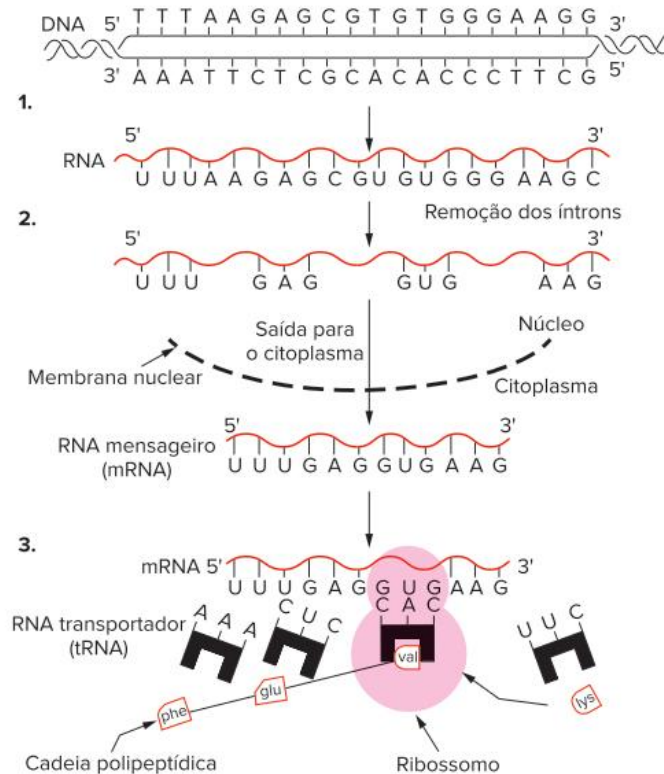
- a) As espécies 1 e 4 são mais próximas entre si do que as espécies 1 e 3.
- b) As espécies 2 e 3 são mais próximas entre si do que as espécies 1 e 3.
- c) As espécies 1 e 3 são mais próximas entre si do que as espécies 3 e 4.
- d) As espécies 2 e 4 são mais próximas entre si do que as espécies 1 e 2.

EM13CNT301

1. Assinale a única afirmação correta e explique por que cada uma das outras está incorreta.
 - a) Ácidos nucleicos são polímeros estruturais formados pelo encadeamento de hexoses.
 - b) A única diferença entre o DNA e RNA é a localização na célula, o DNA está no núcleo e o RNA no citoplasma.
 - c) Um nucleotídeo de DNA ou de RNA é formado por um fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada.
 - d) No DNA há um único tipo de açúcar, a glicose, que é uma hexose.
 - e) A base nitrogenada timina existe apenas no RNA e a base uracila só existe no DNA.

EM13CNT301

2. Veja o esquema a seguir, que representa um processo de ocorrência comum em nossas células.



Farah, S. B. *DNA: segredos e mistérios*. São Paulo: Sarvier, 1997. p. 23.

- a) Como se chama o processo representado?
- b) Nomeie as três etapas principais desse processo, conforme a numeração à esquerda (1, 2 e 3).

EM13CNT301

3. A anemia falciforme é uma doença genética que se caracteriza por uma alteração nas hemácias, que perdem a forma normal, de disco achatado, adquirindo a forma de uma foice. Essa alteração é causada por mutação genética no gene que codifica a cadeia β da molécula, o que resulta na síntese de uma hemoglobina alterada, a **hemoglobina S** (do inglês *sickle* = foice), diferente da hemoglobina normal, denominada **hemoglobina A**. Veja a seguir a sequência de nucleotídeos de um trecho do gene (DNA) que codifica as duas hemoglobinas.

Hemoglobina A	Hemoglobina S
CCT-GAG-GAG	CCT-GTG-GAG

- a) Qual é o erro na sequência de nucleotídeos?
- b) Qual é o RNAm codificado por essas sequências de nucleotídeos, o RNAt em cada caso e a sequência de aminoácidos na proteína codificada nos dois casos?



FRENTE 1

CAPÍTULO

8

Bioenergética

O preparo de massas (pão, *pizza*, entre outros) envolve o acréscimo de fermento biológico, constituído por fungos microscópicos. Os fungos realizam fermentação, processo que lhes permite obter energia dos carboidratos da farinha e que libera gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa. Já a farinha de trigo usada na produção da massa teve sua origem na fotossíntese realizada pelos pés de trigo de onde a farinha foi obtida. O ser humano, ao alimentar-se do pão, vai degradar seus carboidratos componentes no processo de respiração celular e obterá energia para seus processos metabólicos.

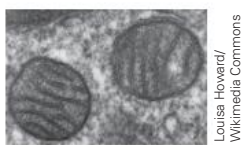
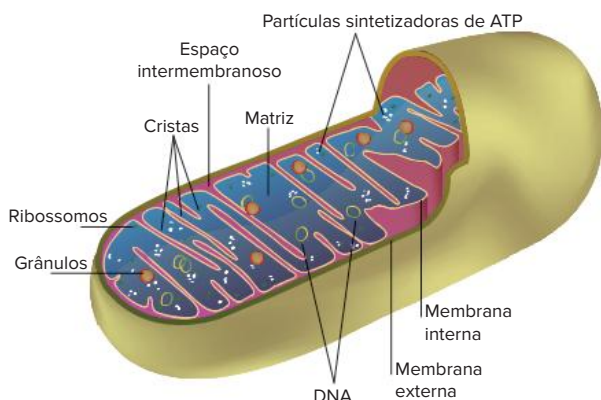
A liberação de energia

No Livro 1, tivemos uma noção geral de bioenergética, e agora esse assunto é retomado e aprofundado. Este capítulo é dividido em duas partes: a parte I envolve processos de liberação de energia, e a parte II envolve a produção de substâncias orgânicas por meio de fotossíntese ou quimiossíntese.

Os seres vivos, autótrofos ou heterótrofos, precisam de energia para a manutenção de suas atividades metabólicas. Essa energia é proveniente da degradação de substâncias orgânicas por meio da respiração celular ou da fermentação.

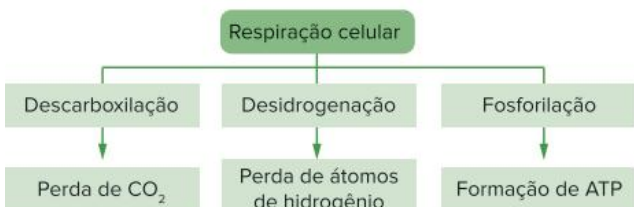
Respiração celular

A respiração celular ocorre em algumas etapas, sendo uma parte realizada no **citossol** e outra parte no interior das **mitocôndrias**. Uma mitocôndria é envolvida por duas membranas. A **membrana interna** é praticamente impermeável e apresenta dobramentos, conhecidos como **cristas mitocondriais**. O interior da mitocôndria é preenchido por um coloide: a matriz mitocondrial. Já a **membrana externa** é permeável e delimita, entre a membrana interna e ela, o espaço intermembranoso. As mitocôndrias apresentam **DNA circular** sem **histonas**, sendo similar ao material genético dos procariontes.



Acima, representação de mitocôndria mostrando seus principais componentes. Abaixo, mitocôndrias vistas ao microscópio eletrônico (aumento de 15 mil vezes).

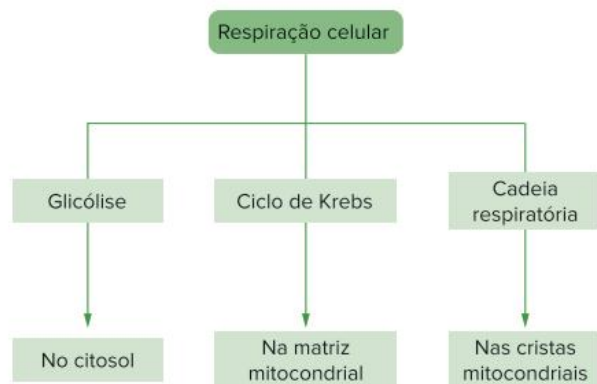
A respiração celular é um processo **aeróbio** que degrada **glicose** e gera **água** e **gás carbônico (CO₂)** como resíduos, além de acumular energia na forma de **ATP**. Ao longo da respiração celular, ocorrem inúmeras reações químicas intermediárias até a formação dos resíduos finais, incluindo descarboxilação, desidrogenação e fosforilação.



Durante a respiração celular, ocorrem os processos de descarboxilação, desidrogenação e fosforilação.

Descarboxilação é a remoção de grupos carboxila, gerando CO₂, que, no caso dos heterótrofos, é eliminado no ambiente. No caso dos autótrofos, o CO₂ pode ser empregado na fotossíntese. A descarboxilação envolve as vitaminas B1 (tiamina) e B8 (biotina). **Desidrogenação** é a perda de átomos de hidrogênio, constituindo um processo de oxidação. Os hidrogênios são transferidos para substâncias denominadas aceptores (que “aceitam”). O último aceptor de hidrogênio na respiração celular aeróbia é o gás oxigênio, ocorrendo a produção de água. **Fosforilação** é a formação de **ATP (adenosina trifosfato)** a partir de **ADP (adenosina difosfato)** e de **fosfato inorgânico (Pi)**, que se encontram dissolvidos no citossol e na matriz mitocondrial. Esse processo requer energia, que é liberada em algumas reações químicas da respiração celular.

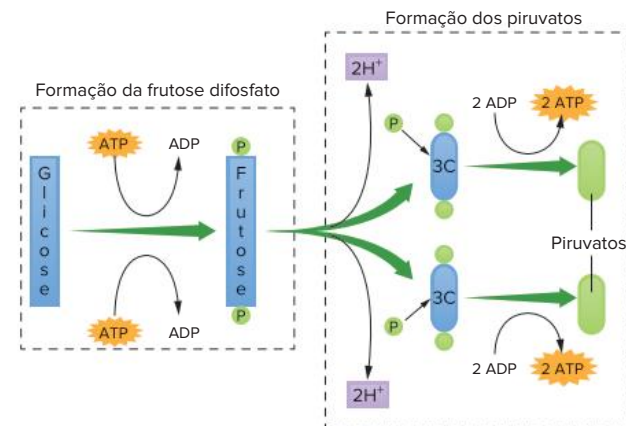
A respiração celular é, tradicionalmente, dividida em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. A glicólise ocorre no citossol; o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória se processam no interior das mitocôndrias. O ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial, e a cadeia respiratória se dá nas cristas mitocondriais.



Etapas da respiração celular e o local onde ocorrem na célula.

Glicólise

A glicólise ocorre no **citossol** e converte uma molécula de **glicose** em duas moléculas de **ácido pirúvico**. O termo “glicólise” refere-se à quebra (*lyse*) da glicose em moléculas menores. Esse processo não emprega gás oxigênio, sendo, portanto, uma etapa anaeróbia da respiração celular.



Passos significativos da glicólise.

A glicólise é constituída por muitas reações químicas intermediárias, resultando na formação de duas moléculas de ácido pirúvico. Inicialmente, a glicose recebe dois grupos fosfato, transferidos a partir de duas moléculas de ATP, presentes no citosol, e converte-se em frutose difosfato (especificamente, frutose-1,6-bifosfato). Essa substância tem mais energia que a glicose e é mais instável, sendo mais fácil sua degradação em moléculas menores.

A molécula de frutose difosfato é quebrada em duas moléculas, cada uma dotada de cadeia constituída por três átomos de carbono (3C) e um grupo fosfato. Cada uma dessas cadeias sofre quatro importantes alterações:

- Recebe um fosfato inorgânico (que se encontra dissolvido no citosol) e passa a apresentar dois fosfatos;
- Perde dois átomos de hidrogênio;
- Libera os fosfatos, que se unem a duas moléculas de ADP, presentes no citosol, formando-se dois ATPs;
- A cadeia carbônica converte-se em ácido pirúvico ($C_3H_4O_3$).

Com todas essas mudanças, os produtos finais da glicólise são: **duas moléculas de ácido pirúvico, quatro moléculas de ATP e quatro átomos de hidrogênio**. Esses passos são detalhados a seguir.

A glicose, por meio de reações químicas intermediárias, gera duas moléculas de ácido pirúvico ($C_3H_4O_3$). Nessa transformação, não ocorre alteração no número de átomos de carbono e de oxigênio, mas há diminuição do número de átomos de hidrogênio (de 12 para 8), correspondendo a um processo de oxidação.

$C_6H_{12}O_6$	→	2 $C_3H_4O_3$
6 átomos de carbono		6 átomos de carbono
12 átomos de hidrogênio		8 átomos de hidrogênio
6 átomos de oxigênio		6 átomos de oxigênio

Na glicólise, são geradas diretamente quatro moléculas de ATP. Como na produção de frutose difosfato são gastos 2 ATPs, o saldo direto da glicólise é de **2 ATPs** (4 ATPs produzidos menos 2 ATPs gastos).

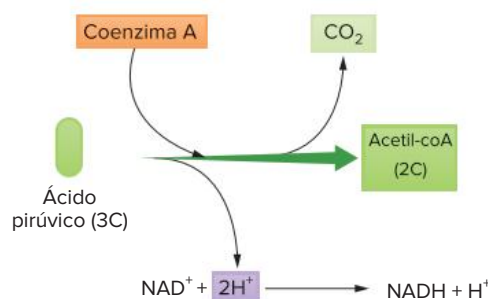
Durante a glicólise, há liberação de quatro átomos de hidrogênio. Eles reagem com duas moléculas de NAD^+ (nicotinamida adenina dinucleotídeo), formando-se duas moléculas de **NADH** e dois H^+ ($NADH + H^+$); os prótons H^+ permanecem em solução no citosol. O NAD^+ comporta-se como um aceptor intermediário de hidrogênios que apresenta a vitamina B3, a niacina, em sua composição.

Agora podemos ter uma visão panorâmica da respiração celular, antecipando alguns passos que serão discutidos com mais detalhes adiante. Na glicólise, uma molécula de glicose (6C) é convertida em duas moléculas de ácido pirúvico (3C). No processo, há um saldo de 2 ATPs e ocorre a liberação de átomos de hidrogênio, os quais são transferidos para aceptores de hidrogênio. O NAD^+ é um aceptor intermediário de hidrogênio, ou seja, um receptor temporário de átomos de hidrogênio, que, posteriormente, são transferidos a outras substâncias, como o FAD (flavina adenina dinucleotídeo). O aceptor final é o gás oxigênio, e a reação entre hidrogênios e oxigênio gera água. Isso ocorre na **cadeia respiratória**, no interior das mitocôndrias. O FAD tem como integrante a vitamina B2, a riboflavina.

As duas moléculas de ácido pirúvico entram na mitocôndria e são degradadas em uma sequência de reações químicas, gerando seis moléculas de CO_2 . Também há a formação de ATP e a liberação de hidrogênios, que passam para os aceptores de hidrogênio.

O destino do ácido pirúvico

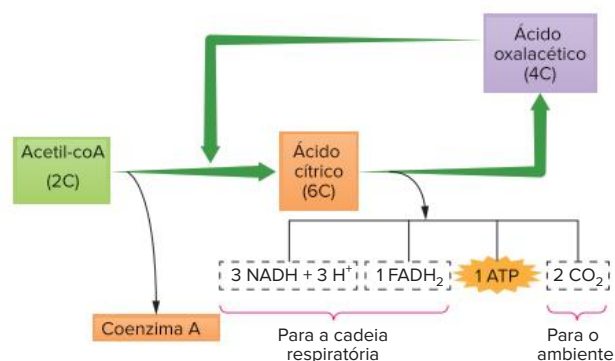
As moléculas de ácido pirúvico provenientes da degradação da glicose atravessam as membranas da mitocôndria com o auxílio de uma proteína e alcançam a **matriz mitocondrial**. Essas duas moléculas são convertidas em duas moléculas de **acetil-coA** (acetil coenzima A). Trata-se de um grupo acetil (2C) unido à coenzima A (um de seus componentes é a vitamina B5, o ácido pantotênico). Na conversão de ácido pirúvico em acetil-coA, ocorre descarboxilação, com a formação de CO_2 ; também há liberação de átomos de hidrogênio, que reagem com NAD^+ , formando $NADH + H^+$.



O ácido pirúvico gerado na glicólise é convertido em acetil-coA; nesse processo, ocorre liberação de CO_2 e de H^+ .

Ciclo de Krebs

As duas moléculas de acetil-coA ingressam em uma sequência de reações conhecida como ciclo de Krebs. O grupo acetil (2C) reage com o ácido oxalacético (4C) presente na **matriz mitocondrial**, e a coenzima A é liberada; forma-se então o ácido cítrico, que tem 6 carbonos. O ciclo de Krebs também é conhecido como ciclo do ácido cítrico. O ácido cítrico passa por uma sequência de reações químicas, levando novamente à formação de ácido oxalacético, que pode reagir com outra molécula de acetil-coA. Para cada molécula de acetil-coA que entra no ciclo de Krebs, são gerados 2 CO_2 , 1 $FADH_2$, 3 $NADH$, 3 H^+ e 1 ATP. Na realidade, o ciclo de Krebs gera o composto **GTP** (que tem guanina na sua composição), que fornece energia para a produção de ATP. Assim, contabiliza-se como se o ciclo de Krebs gerasse ATP.



Representação dos principais aspectos do ciclo de Krebs.

É preciso ter sempre em mente as proporções do processo respiratório como um todo: 1 glicose → 2 ácidos pirúvicos → 2 acetil-coA → 2 ciclos de Krebs.

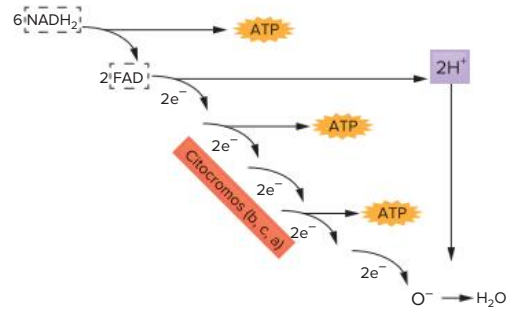
Como são dois ciclos de Krebs que ocorrem a partir de uma molécula inicial de glicose, temos a formação de **2 CO₂, 2 FADH₂, 6 NADH, 6 H⁺ e 2 ATPs**.

O CO₂ é liberado para o ambiente. São 2 CO₂ resultantes da conversão de ácido pirúvico em 2 acetil-coA; além disso, são gerados 4 CO₂ nos dois ciclos de Krebs, totalizando **6 CO₂**. O ATP é empregado no metabolismo, e os demais produtos do ciclo de Krebs (FADH₂, NADH e H⁺) são empregados na cadeia respiratória.

Cadeia respiratória

É também denominada cadeia transportadora de elétrons e ocorre nas **cristas mitocondriais**. É constituída de uma sequência de transferências de átomos de hidrogênio e seus elétrons, incluindo na ordem NADH + H⁺, FADH₂ e alguns citocromos. O acceptor final de hidrogênios e seus elétrons é o gás oxigênio (O₂), havendo formação de água (H₂O). **Citocromos** são moléculas proteicas que apresentam um átomo central de ferro ou cobre e atuam como transportadores de elétrons. Nessa transferência sequencial, os hidrogênios do FADH₂ liberam 2H⁺ e dois elétrons, que são transportados pelos citocromos e ficam na matriz mitocondrial, enquanto os H⁺ são transportados para o espaço intermembranas. Isso também ocorre com NADH + H⁺, que gera 2H⁺, que são transportados para o espaço intermembranas. Forma-se um gradiente de cargas, com cargas negativas (elétrons) na matriz mitocondrial e cargas positivas (H⁺) no espaço intermembranas. Existe atração entre essas cargas opostas, e, quando os H⁺ voltam para a matriz mitocondrial

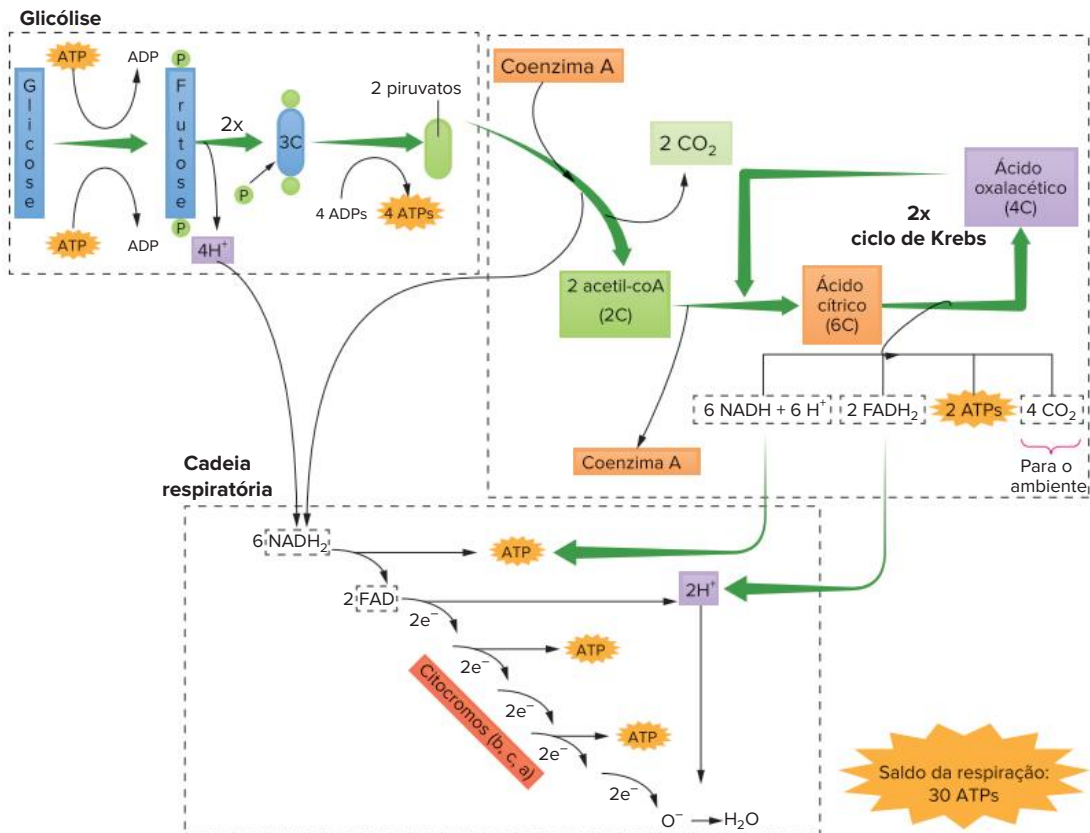
(por meio de um transportador), uma parte dessa “energia de atração” é utilizada para produzir um ATP (a partir de ADP e Pi) em um processo conhecido como **fosforilação oxidativa**. Outra parte é dissipada na forma de calor.



Representação dos principais aspectos da cadeia respiratória. Os hidrogênios são procedentes da glicólise, da conversão de ácido pirúvico em acetil-coA e do ciclo de Krebs.

Nesse processo, os 2H⁺ se reúnem com dois elétrons, gerando átomos de hidrogênio, que reagem com O₂, formando água. Assim, a cadeia respiratória está associada à fosforilação oxidativa, ou seja, a formação de ATP está acoplada à cadeia respiratória.

Atualmente, os cálculos da produção de ATP são diferentes dos que eram apresentados há poucas décadas. O número total de ATPs era apontado como sendo de 36 ou 38, dependendo do tipo de célula. No entanto, os cálculos modernos apontam para um total de **30 ATPs**. São gerados diretamente 2 ATPs na glicólise e 2 ATPs no ciclo de Krebs (subtotal de 4 ATPs). Ainda é preciso contabilizar aquilo que é gerado na cadeia respiratória: são 26 ATPs, formando-se o total de 30 ATPs na respiração celular.



Processo global da respiração celular.

Detalhes da respiração celular

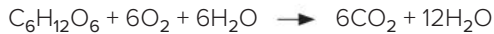
A respiração celular apresenta muitas reações químicas intermediárias, e, neste capítulo, tivemos uma noção dos grandes passos envolvidos nesse complexo processo. Agora serão acrescentados mais alguns detalhes.

Outra equação da respiração

A equação geral da respiração, apresentada no início dessa discussão, foi:



Além das reações químicas envolvendo desidrogenação, descarboxilação e transferência de grupos fosfato, há ainda a participação de moléculas de água ao longo do processo. Em algumas reações, a água participa como reagente, em outras como produto. Assim, a equação da respiração poderia ser escrita de outra maneira:



O NADH da glicólise

Os dois ácidos pirúvicos gerados na glicólise atravessam as membranas da mitocôndria, mas os dois NADH não. Na realidade, cada $NADH + H^+$ do citosol acopla-se à membrana e transfere seus elétrons para o interior da mitocôndria, onde está presente outro NAD^+ , o qual recebe o elétron e se converte em NADH. O NADH “convertido” no interior da mitocôndria participa então da cadeia respiratória.

Respiração em procariontes

Em bactérias aeróbias, a glicólise e o ciclo de Krebs ocorrem no citosol, enquanto a cadeia respiratória ocorre nos **mesossomos**, que são equivalentes às cristas mitocondriais.

A morte por cianeto

O **cianeto** é um **inibidor** de citocromos. Um inibidor impede a transferência de elétrons; assim, o citocromo não consegue transferir seus elétrons para outra molécula nem receber elétrons, o que bloqueia toda a cadeia respiratória e impede que eles alcancem o destino final, que é o gás oxigênio. Dessa forma, a presença de cianeto bloqueia a cadeia respiratória e promove uma falência nos processos de obtenção de energia. Isso provoca a morte do indivíduo.

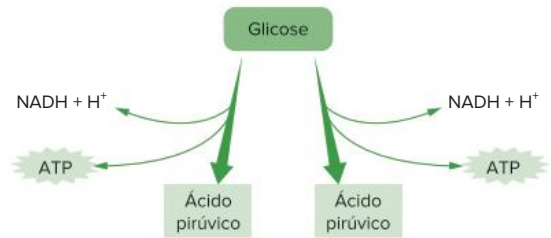
Respiração celular anaeróbia

Algumas bactérias realizam o processo de respiração celular de modo similar ao que foi discutido. No entanto, no final da cadeia respiratória, não empregam gás oxigênio como acceptor final de elétrons, mas um composto inorgânico, como **nitrato** ou **sulfato**. Isso permite que esses organismos possam viver em ambientes desprovidos de gás oxigênio.

Fermentação

É um processo **anaeróbio** de liberação de energia e tem grande semelhança com a glicólise. Na fermentação, uma molécula de glicose é degradada, gerando dois ácidos

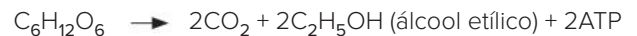
pirúvicos, $2 NADH + H^+$ e um saldo de 2 ATPs. O caminho até o ácido pirúvico é comum a todas as fermentações. A partir desse ponto, cada tipo de fermentação produz um tipo diferente de produto final, que pode ser álcool etílico, metano, ácido acético, ácido lático ou outros. No entanto, o processo não apresenta cadeia respiratória nem ciclo de Krebs.



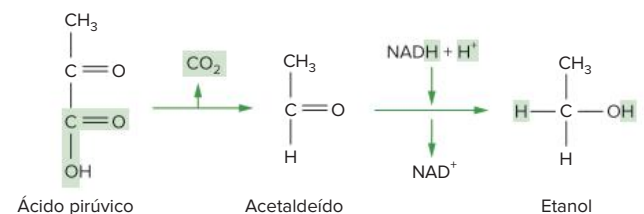
A fermentação gera ácido pirúvico, $NADH + H^+$ e ATP.

O nome da fermentação se dá pelo produto. Há modalidades de fermentação que geram compostos orgânicos como metano (**fermentação metanogênica**) e ácido acético, que é um componente do vinagre (**fermentação acética**). Detalharemos a seguir a fermentação alcoólica e a fermentação láctica.

A **fermentação alcoólica** é realizada por algumas **bactérias** e alguns **fungos** (como leveduras ou fermento biológico). Nesse processo, a glicose é convertida em **gás carbônico** e **álcool etílico (etanol)**, como se vê na equação:



Durante a fermentação alcoólica, cada ácido pirúvico gerado é convertido em acetaldeído (2C), com perda de CO_2 (descarboxilação). O acetaldeído reage com o $NADH + H^+$ gerado ao longo do processo, resultando em etanol.

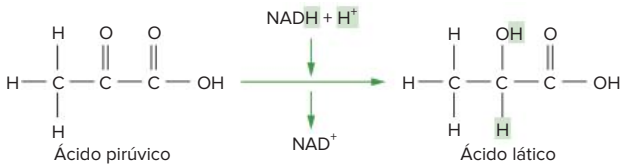


Formação de etanol a partir de ácido pirúvico.

Esse processo é empregado na produção de álcool (usado como combustível ou integrante de bebidas) e na produção de pães, pois a massa do pão cresce graças à liberação do gás carbônico pelo fermento.

A **fermentação láctica** é realizada por algumas **bactérias** e **alguns fungos**, formando **ácido lático** a partir da glicose. Esse ácido promove a desnaturação das proteínas do leite, determinando sua conversão em iogurte ou queijo. O ser humano também pode realizar fermentação láctica em células musculares, quando elas não recebem suprimento adequado de gás oxigênio. Mais detalhes serão mostrados na fisiologia da contração muscular.

Cada ácido pirúvico produzido nesse tipo de fermentação reage com $NADH + H^+$ gerado ao longo do processo, resultando em ácido lático. Como o ácido pirúvico e o ácido lático apresentam três carbonos, não ocorre descarboxilação.



Formação de ácido láctico a partir de ácido pirúvico.

Catabolismo e anabolismo

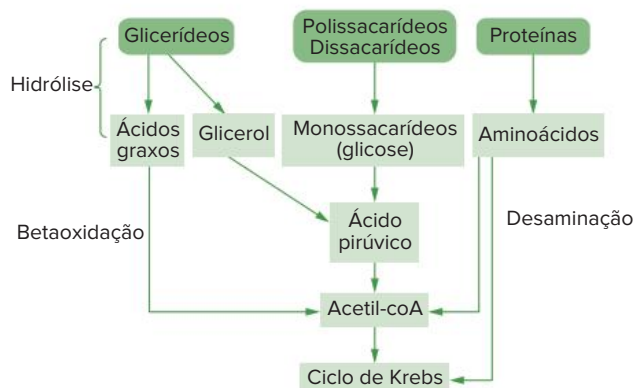
O metabolismo inclui todas as reações químicas que mantêm a atividade dos seres vivos. Ele é dividido em duas modalidades: o anabolismo e o catabolismo, segundo as reações químicas que o constituem.

O **anabolismo** corresponde ao conjunto de reações entre moléculas orgânicas pequenas, gerando moléculas orgânicas maiores, basicamente em um processo de **síntese**. Assim, fazem parte do anabolismo as conversões de glicose em glicogênio (de monossacarídeo para polissacarídeo), de aminoácidos para proteínas, de nucleotídeos para ácidos nucleicos e de ácidos graxos e glicerol para glicérides.

O **catabolismo** corresponde às reações de degradação de moléculas orgânicas, como na digestão (hidrólise enzimática) e nos processos de obtenção de energia, como na respiração celular e na fermentação.

Respiração celular é um processo de liberação de energia, com a degradação de matéria orgânica. Esse processo enfatiza o papel da glicose como fonte de energia para o metabolismo. No entanto, diversas substâncias orgânicas podem participar do catabolismo. Polissacarídeos e dissacarídeos são hidrolisados, gerando monossacarídeos, como a glicose, que participa da respiração celular. Proteínas são digeridas e convertidas em aminoácidos, substâncias que podem sofrer perda do grupo amina (desaminação); e a cadeia carbônica pode ser utilizada na respiração celular, convertida em acetil-coA ou ácidos integrantes do ciclo de Krebs. Glicérides hidrolisados geram glicerol (convertido em ácido pirúvico) e ácidos graxos, cuja longa cadeia carbônica é fragmentada em várias moléculas menores, como as de ácido acético, que formam o acetil-coA.

Essa conversão de ácidos graxos em acetil-coA é a via metabólica conhecida como betaoxidação. São inúmeras as vias metabólicas, e estamos apenas entrando em contato com algumas delas.



Algumas vias do catabolismo.

Quimiossíntese e fotossíntese

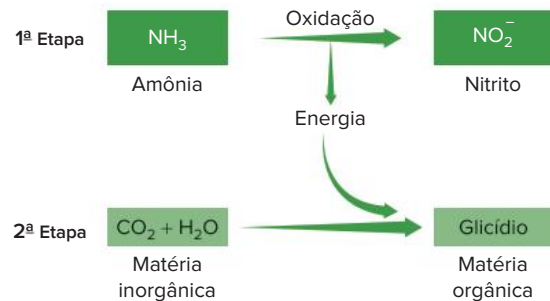
Quimiossíntese e fotossíntese são processos que geram substâncias orgânicas a partir de materiais inorgânicos. No entanto, a fotossíntese emprega luz, e a quimiossíntese não.

Quimiossíntese

É um processo de produção de **glicídios** (carboidratos), empregando energia liberada em certas reações químicas. A quimiossíntese é realizada por alguns **procariontes**, como certas bactérias e arqueas.

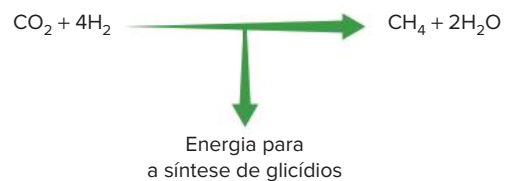
As reações químicas da quimiossíntese ocorrem entre substâncias inorgânicas e envolvem oxidação. Com a formação do produto da reação, libera-se energia, que é empregada na produção de glicídio a partir de CO₂ e água.

Um exemplo de quimiossíntese ocorre com bactérias do gênero *Nitrosomonas*, participante do ciclo do nitrogênio. Essas bactérias convertem amônia (NH₃) em nitrito (NO₂⁻). Essa conversão libera energia, que é utilizada na síntese do glicídio.



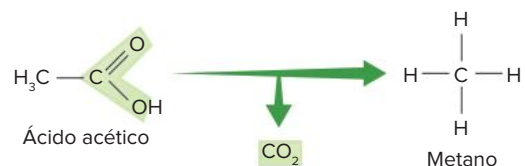
Quimiossíntese em *Nitrosomonas* sp.: a energia para o processo não é procedente da luz, mas de uma reação química.

Outro caso de quimiossíntese ocorre em arqueas metanogênicas. Esses organismos produzem metano a partir de CO₂ e gás hidrogênio, liberando energia para a síntese de glicídios.



Quimiossíntese em arqueas metanogênicas: a formação de metano é a fonte de energia para a produção de glicídios.

Esse não é o único mecanismo bacteriano de produção de metano. Algumas bactérias produzem metano por meio da fermentação metanogênica. Essas bactérias empregam um glicídio que é degradado até ácido acético (acetil-coA), que sofre descarboxilação e gera metano.



Origem do metano por processo fermentativo.

Fotossíntese

É um processo realizado por **plantas, algas e cianobactérias**. Constitui a principal fonte de alimento orgânico e de gás oxigênio para os seres vivos do planeta.

Equações representativas da fotossíntese

A fotossíntese é tradicionalmente representada pela equação:



Os reagentes da fotossíntese são o **gás carbônico** e a **água**, também é necessária a presença de **luz** como fonte de energia. A luz é absorvida, principalmente, por um pigmento chamado **clorofila**, que apresenta um átomo central de magnésio. Os produtos da fotossíntese são **gás oxigênio** e um **carboidrato** (ou glicídio).

O gás oxigênio é proveniente da água, e não do gás carbônico. O isótopo mais abundante do elemento químico oxigênio é o ^{16}O . Experimentos utilizando o isótopo ^{18}O , presente na água fornecida às células fotossintetizantes, resultaram em liberação de gás oxigênio contendo ^{18}O . Assim, o O_2 é proveniente da quebra da molécula de água, com a participação da luz; é o que se conhece como **foto-lise** da água. Em 1937, o cientista Robert Hill descobriu o fundamento da origem do gás oxigênio a partir da água. A equação do processo é conhecida como equação de Hill:



A equação da fotossíntese pode ser escrita de outra maneira, permitindo enfatizar a origem do gás oxigênio a partir da água:



Outra forma de representar a fotossíntese, de maneira simplificada, mas ainda enfatizando a origem do gás oxigênio, é:



Cloroplastos e outros plastos

Em plantas e algas, a fotossíntese ocorre no interior de **cloroplastos**. Já em cianobactérias, a fotossíntese é realizada junto a **lamelas membranosas** presentes no citosol. Um cloroplasto apresenta uma membrana externa e uma membrana interna. O interior tem lamelas membranosas, ligadas a pequenas bolsas denominadas **tilacoides**. O espaço interno é preenchido pelo **estroma**, de natureza coloidal. No interior dos tilacoides e das lamelas, há pigmentos como **clorofila a**, **clorofila b** e **carotenoides** (amarelados ou avermelhados). As clorofilas *a* e *b* diferem em relação a uma pequena parte da molécula (um grupo $-\text{CH}_3$ na clorofila *a* e $-\text{CHO}$ na clorofila *b*). Já os carotenoides são considerados pigmentos acessórios da fotossíntese, pois contribuem para a realização do processo. Uma pilha de tilacoides constitui um **granum**; o conjunto de todos os tilacoides é denominado **grana**. Cloroplastos apresentam **DNA circular** e **sem histonas**, similar ao material genético de procariontes.

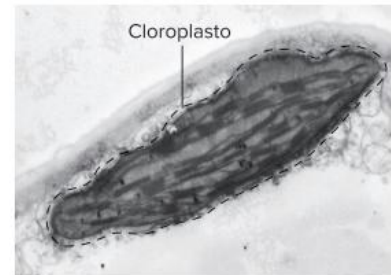
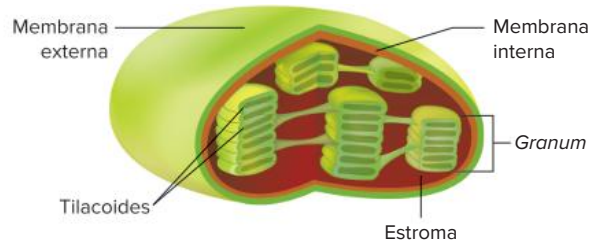


Ilustração de cloroplasto e seus componentes. Abaixo, uma fotografia dessa mesma organela obtida por meio de microscopia eletrônica.

A clorofila *a* está presente em plantas, algas e cianobactérias. Plantas e algas verdes também têm clorofila *b*. Considera-se que as algas verdes foram ancestrais das plantas. A clorofila *b* e os carotenoides auxiliam na absorção de luz e transferem energia para a clorofila *a*, que é indispensável para a realização da fotossíntese. Acredita-se que os carotenoides também protegem a clorofila *a* do excesso de luz, que poderia provocar sua inutilização.

Há outros tipos de plastos ou plastídio, como os leucoplastos e os cromoplastos. Os **leucoplastos** não têm pigmentos; um tipo é o amiloplasto, que acumula amido. Os **cromoplastos** têm pigmentos, mas não possuem clorofila, sendo, portanto, incapazes de realizar fotossíntese; são responsáveis pela cor de frutos e de muitas flores e folhas (quando sua coloração é diferente do verde).

Etapas da fotossíntese

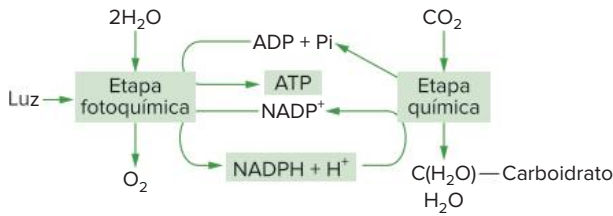
A fotossíntese apresenta muitas reações químicas. Didaticamente, elas são divididas em dois grandes conjuntos: a etapa fotoquímica (fase de claro) e a etapa química (às vezes designada como “fase de escuro”).

A etapa fotoquímica só ocorre em presença de luz e acontece nos tilacoides e nas lamelas. A etapa química não depende de luz (pode acontecer com ou sem a presença de luz) e é realizada no estroma.

A **etapa fotoquímica** envolve dois grandes processos: a fotólise da água e a fotofosforilação. A **fotólise** da água corresponde à quebra da molécula de água, gerando gás oxigênio, elétrons e H^+ . Elétrons e H^+ são transferidos para um aceptor de hidrogênio, o NADP^+ (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), composto similar ao NAD^+ , participante da respiração celular. Com a transferência de elétrons e H^+ , forma-se $\text{NADP} + \text{H}^+$. A **fotofosforilação** é a formação de ATP a partir de ADP e Pi empregando a energia luminosa.

A **etapa química** ocorre no estroma; é utilizado gás carbônico proveniente do ambiente ou da respiração celular da planta, e são empregados compostos gerados na etapa fotoquímica: ATP (como fornecedor de energia) e $\text{NADP} + \text{H}^+$.

A etapa química tem como centro o **ciclo das pentoses**, ou ciclo de Calvin-Benson, um ciclo de reações que gera carboidrato, água, ADP, Pi e NADP⁺. O carboidrato produzido é principalmente sacarose, que flui pela seiva e é levada a outras partes da planta. A etapa química também gera amido, que pode ser, em parte, acumulado no cloroplasto.



Representação dos principais processos das duas etapas da fotossíntese envolvendo o aceptor de hidrogênio NADPH (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato).

Observa-se que a etapa fotoquímica gera alguns produtos que são utilizados na etapa química, como ATP, NADP e H⁺, assim como alguns dos produtos da etapa química são utilizados na etapa fotoquímica, como ADP, Pi e NADP⁺.

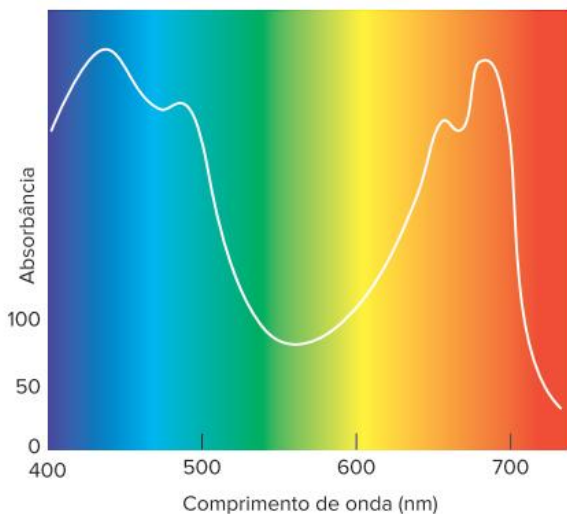
Saiba mais

A luz visível

A luz visível é uma mistura de radiações eletromagnéticas com variados comprimentos de onda. Isso é evidenciado quando a luz branca passa através de um prisma, o que promove a separação de seus componentes. Assim, são vistas faixas sucessivas de luz: vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta. A luz vermelha tem o maior comprimento de onda, que vai diminuindo sucessivamente até o violeta.

A luz que incide sobre um objeto pode apresentar reflexão, absorção e refração. O que importa para o processo fotossintético é a **absorção** da luz, que pode ser convertida em energia química.

Quando uma planta é exposta às diferentes faixas componentes da luz, nota-se maior atividade fotossintética nas proximidades do vermelho e do azul. O menor desempenho ocorre nas faixas do verde e do amarelo.

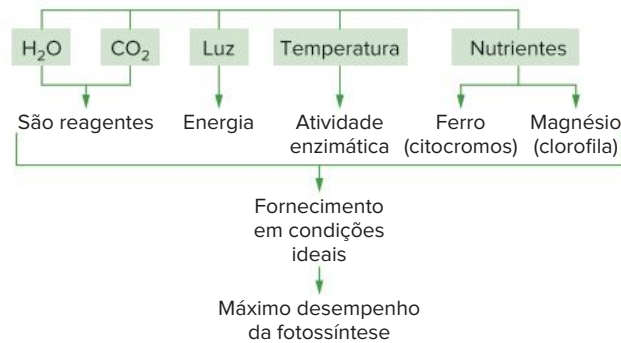


Espectro de ação da fotossíntese. O gráfico mostra a intensidade de fotossíntese em função dos comprimentos de onda.

Fatores limitantes da fotossíntese

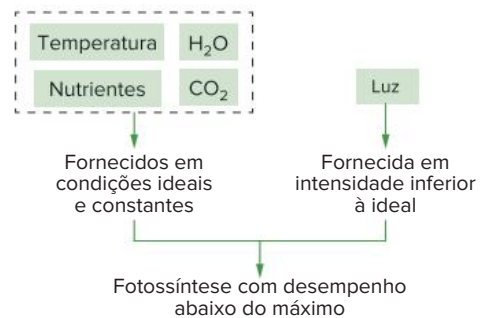
O desempenho da fotossíntese não é afetado apenas pelo tipo de luz que a planta recebe. A realização de fotossíntese depende do fornecimento de CO₂ e de água, que são os reagentes da fotossíntese. Além disso, a planta precisa de temperatura adequada e nutrientes minerais.

A **luz** constitui a fonte de energia para a realização do processo, enquanto a **temperatura** adequada interfere na atividade enzimática (muitas reações químicas da fotossíntese são controladas por enzimas). Os **nutrientes minerais** são indispensáveis para a manutenção do metabolismo. O magnésio é componente da clorofila, enquanto o ferro integra as moléculas de vários citocromos. Já o CO₂ e a água são necessários em quantidades que permitam a realização da fotossíntese. Quando todos esses fatores são fornecidos à planta em condições ideais, a fotossíntese tem o máximo desempenho.



Fatores necessários à ocorrência de fotossíntese: quando são fornecidos à planta, em condições ideais, a fotossíntese tem o máximo desempenho.

Considere que todos os fatores necessários sejam fornecidos em condições ideais e constantes, exceto um deles (por exemplo, a luz é fornecida com intensidade muito baixa). Nesse caso, a fotossíntese não apresentará máximo desempenho e a luz será o **fator limitante** do processo. No entanto, se a intensidade luminosa for aumentada, a taxa de fotossíntese aumenta.



Fator limitante da fotossíntese: luz. Uma planta recebe todos os fatores necessários à ocorrência de fotossíntese em condições ideais, mas a luz é fornecida em intensidade muito baixa: ela atua como fator limitante do processo.

Assim, podemos definir o fator limitante como aquele fornecido em menor quantidade e que, por isso, impede o pleno desempenho da fotossíntese. Se o fornecimento do fator limitante aumentar, a taxa de fotossíntese aumenta.

A seguir, serão discutidos os principais fatores limitantes da fotossíntese: CO₂, temperatura e luz.

- **CO₂**

Uma planta é submetida a diferentes concentrações de gás carbônico; as demais condições são ideais e constantes (luz, temperatura, umidade e nutrientes minerais). Se o ar em que a planta estiver não apresentar CO₂, ela realiza fotossíntese em baixa intensidade, empregando CO₂ gerado em sua própria respiração celular. Diante de concentrações maiores de CO₂, ocorre elevação da taxa de fotossíntese. No entanto, a partir de certa concentração, a planta não consegue processar essa matéria-prima, e a taxa de fotossíntese se estabiliza, devido à saturação de CO₂.

Observando o primeiro gráfico da tabela a seguir, vemos um trecho no qual a intensidade de fotossíntese é crescente. Nesse trecho, o CO₂ atua como fator limitante. Depois que ocorre a estabilização, o fator limitante passa a ser outro, como a luz ou a temperatura.

Fator variável	Fatores em condições ideais e constantes	Gráfico
Concentração de CO ₂ no ar	Água, nutrientes, luz e temperatura	<p>Saturação de CO₂</p> <p>* Trecho em que o CO₂ é o fator limitante</p>
Temperatura	Água, nutrientes, luz e CO ₂	<p>Experimento realizado com alta intensidade luminosa</p> <p>Temperatura ótima</p> <p>* Trecho em que a temperatura é o fator limitante</p> <p>Experimento realizado com baixa intensidade luminosa</p> <p>Temperatura ótima</p>
Luz	Água, nutrientes, temperatura e CO ₂	<p>Ponto de saturação luminosa</p> <p>* Trecho em que a luz é o fator limitante</p>

Desempenho da fotossíntese: situações com apenas um fator variável e demais fatores mantidos em condições ideais e constantes.

- **Temperatura**

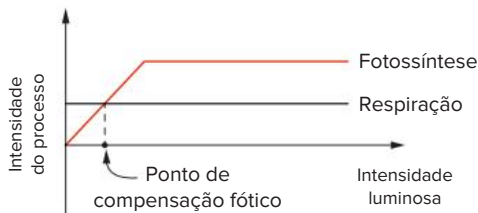
Uma planta é submetida a diferentes temperaturas; as demais condições são ideais e constantes (CO₂, luz, umidade e nutrientes minerais). Em temperaturas baixas, a intensidade fotossintética é reduzida. Com a elevação da temperatura, há um aumento da taxa de fotossíntese até atingir a **temperatura ótima** (aquela que promove máxima taxa fotossintética). Acima da temperatura ótima, há um declínio da taxa de fotossíntese. O comportamento descrito relaciona-se diretamente com a atividade enzimática, que depende da temperatura. A temperatura atua como fator limitante no trecho ascendente da curva.

Se a planta fosse submetida ao mesmo tipo de experimento, mas recebendo baixa intensidade luminosa, a taxa fotossintética seria muito reduzida, mesmo na temperatura ótima.

• **Luz**

Uma planta é submetida a intensidades crescentes de luminosidade; as demais condições são ideais e constantes (CO₂, temperatura, umidade e nutrientes minerais). Com intensidades luminosas baixas, a planta realiza pequena atividade fotossintética. Diante da elevação da intensidade luminosa, a taxa de fotossíntese aumenta. No entanto, há o **ponto de saturação luminosa**, a partir do qual intensidades luminosas superiores não alteram a taxa de fotossíntese, que passa a ser constante. A intensidade luminosa é o fator limitante no trecho ascendente da curva.

A respiração celular da planta praticamente não sofre alterações com a variação da intensidade luminosa. A respiração gera CO₂, que pode ser utilizado na fotossíntese, que, por sua vez, gera produtos que são utilizados na respiração (glicose e O₂). **Ponto de compensação fótico**, ou **luminoso**, é a intensidade luminosa em que a taxa de fotossíntese e a de respiração se equivalem. Assim, todo o CO₂ gerado na respiração é consumido na fotossíntese, e todo O₂ e carboidrato gerados na fotossíntese são consumidos na respiração.



Comparação entre os processos de fotossíntese e respiração de acordo com a intensidade luminosa.

Abaixo do ponto de compensação fótico, a respiração tem maior intensidade do que a fotossíntese. A planta consome mais O₂ e carboidrato do que produz, retira O₂ do ambiente para realizar a respiração e elimina CO₂. Acima do ponto de compensação fótico, a taxa de fotossíntese supera a taxa de respiração. A planta produz mais O₂ e carboidrato do que consome, e, nesse estágio, ela pode armazenar reservas na forma de amido ou óleo, permitindo seu uso em outros momentos, como durante a noite, quando realiza respiração. Acima do ponto de compensação, a planta

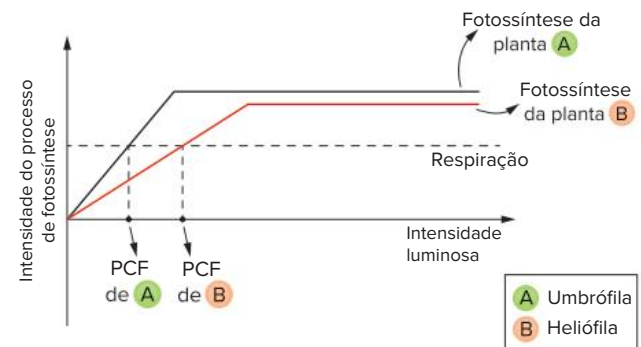
elimina O₂ para o ambiente e dele retira CO₂. Fotossíntese e respiração são processos interativos na natureza, pois um produz o que o outro consome e vice-versa. No entanto, esses processos não são inversos, eles inclusive compartilham várias reações e possuem etapas semelhantes, como o transporte de elétrons efetuados por citocromos e a formação de ATP.

Intensidade luminosa	Processos	Carboidrato	O ₂	CO ₂
No PCF	Fotossíntese = Respiração	Produção = Consumo	Produção = Consumo	Produção = Consumo
Abaixo do PCF	Respiração > Fotossíntese	Consumo > Produção	Retirado do ambiente	Eliminado no ambiente
Acima do PCF	Fotossíntese > Respiração	Produção > Consumo	Eliminado no ambiente	Retirado do ambiente

Condições de uma planta quando se encontra no ponto de compensação fótico, abaixo ou acima dele.

Em uma floresta, as árvores mais altas estão expostas a uma elevada intensidade luminosa; são chamadas **heliófilas** (plantas de sol). As plantas mais baixas da floresta recebem menor intensidade de luz e são denominadas **umbrófilas** (plantas de sombra).

As umbrófilas são capazes de realizar elevada taxa de fotossíntese com pequena disponibilidade de luz e apresentam baixo ponto de compensação fótico, pois suas folhas possuem elevada concentração de clorofila, possibilitando maior eficácia na absorção de luz. Heliófilas têm ponto de compensação fótico mais elevado do que as umbrófilas.



Ponto de compensação fótico de diferentes plantas: gráfico representativo do comportamento de umbrófilas (A) e heliófilas (B).

Revisando

1. Cite três substâncias geradas na respiração celular.

2. Conceitue desidrogenação, descarboxilação e fosforilação.

3. Quais são as três etapas da respiração celular? Cite os locais da célula onde cada uma dessas etapas ocorre.

4. Glicólise é um processo aeróbio ou anaeróbio? Além de ácido pirúvico, quais são os produtos gerados na glicólise?

5. Qual a função do NAD^+ ?

6. No interior da mitocôndria, cada molécula de ácido pirúvico é convertida em acetil-coA. Quais são os produtos gerados nessa conversão?

7. Preencha os espaços no trecho referente ao ciclo de Krebs:

O acetil-coA reage com ácido oxalacético, gerando ácido _____ e liberando coA. Ocorrem várias reações químicas que produzem ácido oxalacético novamente; ao longo das reações, ocorre a formação de, _____, _____, _____ e de CO_2 .

8. A cadeia respiratória ocorre nas cristas mitocondriais e envolve o transporte de elétrons. Cite as duas substâncias geradas nesse processo.

9. O que é anabolismo?

10. Conceitue catabolismo.

11. O que diferencia a fotossíntese da quimiossíntese?

12. Descreva o DNA presente no interior do cloroplasto.

13. Cite outros tipos de plasto, além dos cloroplastos.

14. Quais são as duas grandes etapas da fotossíntese e em que parte do cloroplasto cada uma delas ocorre?

15. O que é fotofosforilação?

16. Qual é o reagente da fotossíntese que a etapa química emprega? Quais substâncias essa etapa utiliza e que são provenientes da etapa fotoquímica?

17. Cite as substâncias geradas na etapa química. Quais dessas substâncias são empregadas na etapa fotoquímica?

18. O que é fator limitante? Cite os principais fatores limitantes da fotossíntese.

19. O que é ponto de compensação luminoso?

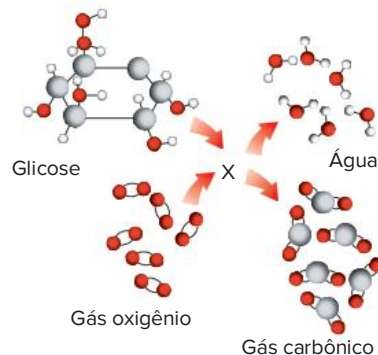
Exercícios propostos

1. **UEA-AM 2019** As condições ideais para que ocorra o processo de produção de ATP, realizado pelas mitocôndrias existentes nas células humanas, são: _____ de oxigênio; temperatura próxima de ____ °C; e utilização de _____ como fonte de energia.

Assinale a alternativa que completa as lacunas do texto.

- a) ausência – 25 – nucleotídeos c) presença – 65 – aminoácidos e) ausência – 45 – lipídios
b) presença – 35 – carboidratos d) presença – 55 – enzimas

2. **UFPE** A seguir tem-se uma representação simplificada de um processo biológico celular, exergônico. Analise a figura e identifique a alternativa que indica a denominação deste processo representado por (X).



- a) Fermentação láctica. d) Fotossíntese.
b) Respiração celular. e) Quimiossíntese.
c) Fermentação alcoólica.

3. **UFJF-MG 2018** A imaginação dos aficionados por astronomia incendiou-se com a notícia de que sete planetas similares à Terra orbitam uma estrela próxima. Eles se encontram tão perto do Sistema Solar que aumentou muito a chance de detectar, enfim, formas de vida extraterrestre. [...] Caso se observe num desses mundos a presença de uma certa quantidade da **substância A** e água, por exemplo, astrobiólogos poderiam postular, com até 99% de certeza, a presença de vida em sua superfície. Uma parcela elevada da **substância A** indicaria que há no planeta organismos realizando fotossíntese.

Adaptado de Folha on Line acessado em 05/08/2017
<http://www1.folha.uol.com.br/opinia0/2017/02/1862430-o-bloco-dos-exoplanetas.shtml>

Assinale a alternativa que apresenta corretamente qual é a **substância A**.

- a) Gás Carbônico d) Gás Oxigênio
 b) Gás Ozônio e) Gás Nitrogênio
 c) Gás Metano
4. **PUC-Campinas** Nas principais concentrações urbanas do país, trabalhadores de baixa renda percorrem grandes distâncias a pé. Outros pedalam muitos quilômetros para usar uma condução a menos, deixando a bicicleta em estacionamentos próprios. Para a contração muscular, é necessária a formação de ATP, num processo que produz CO_2 . Na célula muscular, parte do CO_2 é produzido:
- a) no citoplasma, durante a fermentação acética.
 b) no citoplasma, durante a síntese de glicogênio.
 c) na mitocôndria, durante o ciclo de Krebs.
 d) na mitocôndria, durante a fosforilação oxidativa.
 e) no cloroplasto, durante a fase escura da fotossíntese.

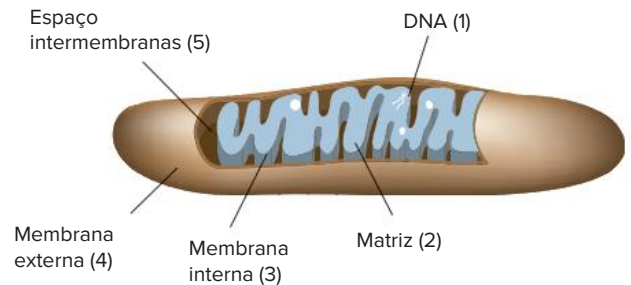
5. **Enem 2019** O 2,4-dinitrofenol (DNP) é conhecido como desacoplador da cadeia de elétrons na mitocôndria e apresenta um efeito emagrecedor. Contudo, por ser perigoso e pela ocorrência de casos letais, seu uso como medicamento é proibido em diversos países, inclusive no Brasil. Na mitocôndria, essa substância captura, no espaço intermembranas, prótons (H^+) provenientes da atividade das proteínas da cadeia respiratória, retornando-os à matriz mitocondrial. Assim, esses prótons não passam pelo transporte enzimático, na membrana interna.

GRUNDLINGH, J. et al. 2,4-Dinitrophenol (DNP): a Weight Loss Agent with Significant Acute Toxicity and Risk of Death. *Journal of Medical Toxicology*, v. 7, 2011 (adaptado).

O efeito emagrecedor desse composto está relacionado ao(à)

- a) obstrução da cadeia respiratória, resultando em maior consumo celular de ácidos graxos.
 b) bloqueio das reações do ciclo de Krebs, resultando em maior gasto celular de energia.
 c) diminuição da produção de acetil-CoA, resultando em maior gasto celular de piruvato.
 d) inibição da glicólise de ATP, resultando em maior gasto celular de nutrientes.
 e) redução da produção de ATP, resultando em maior gasto celular de nutrientes.

6. **Uerj** Observe o esquema a seguir, que representa uma mitocôndria de uma célula hepática.



Eric Holtzman; Alex B. Novikoff. *Células e estrutura celular*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985. (Adapt.).

Os números correspondentes à estrutura ou compartimento mitocondrial onde se localizam a enzima ATP sintase, os ribossomos, e as enzimas que geram CO_2 são, respectivamente:

- a) 5, 1, 2
 b) 4, 5, 3
 c) 3, 2, 2
 d) 2, 1, 5
7. **PUC-Rio** A produção de álcool combustível a partir do açúcar da cana está diretamente relacionada a qual dos processos metabólicos de microrganismos a seguir relacionados?
- a) Respiração.
 b) Fermentação.
 c) Digestão.
 d) Fixação de N_2 .
 e) Quimiossíntese.
8. **PUC-RS** Responder à questão com base nas afirmativas a seguir, sobre a adenosina trifosfato (ATP).
- I. O ATP é um composto de armazenamento que opera como fonte de energia.
 II. Todas as células vivas precisam de ATP para captação, transferência e armazenagem da energia livre utilizada para seu trabalho químico.
 III. O ATP é gerado pela hidrólise de adenosina monofosfato ($\text{AMP} + \text{P}_i + \text{energia livre}$).
 IV. O ATP é sintetizado a partir da molécula de glicose, por meio da glicólise e da respiração celular.
- Pela análise das afirmativas, conclui-se que:
- a) somente I e II estão corretas.
 b) somente II e III estão corretas.
 c) somente III e IV estão corretas.
 d) somente I, II e IV estão corretas.
 e) I, II, III e IV estão corretas.

9. **FGV-SP** Sovar a massa do pão significa amassá-la vigorosamente, batê-la contra o tampo de uma mesa até que fique bem compactada. Segundo os cozinheiros, se a massa não for bem sovada, o pão “desanda”, não “cresce”. Esse procedimento justifica-se, pois permite a mistura adequada dos ingredientes:

- a) dentre os quais, leveduras aeróbicas estritas que, misturadas à massa, realizam respiração aeróbica, convertendo os carboidratos da receita em CO_2 e água. O CO_2 permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- b) dentre os quais, bactérias fermentadoras que, misturadas à massa, realizam fermentação láctica, convertendo a lactose do leite da receita em CO_2 e ácido láctico. O CO_2 permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- c) entre os quais leveduras aeróbicas facultativas que, misturadas à massa, realizam respiração aeróbica, convertendo os carboidratos da receita em CO_2 e água. O CO_2 permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- d) além de propiciar um ambiente anaeróbico adequado para as leveduras anaeróbicas facultativas realizarem fermentação alcoólica, convertendo os carboidratos da receita em CO_2 e álcool. O CO_2 permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- e) além de incorporar à massa o ar atmosférico. Nesse ambiente aeróbico, leveduras aeróbicas estritas realizam fermentação alcoólica, convertendo os carboidratos da receita em CO_2 e álcool. O CO_2 permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.

10. UFSC 2018 Com a eleição de Donald Trump para a Presidência dos Estados Unidos, muitos cientistas mostraram-se preocupados com suas manifestações céticas quanto às causas do aquecimento global. Recentemente, os Estados Unidos saíram do chamado Acordo de Paris. Esse acordo, assinado por muitos países, prevê metas de redução na emissão de carbono e de outros poluentes na atmosfera. Estima-se que 7 bilhões de toneladas de carbono são lançadas na atmosfera devido às atividades humanas.

Em relação ao carbono lançado na atmosfera, é correto afirmar que:

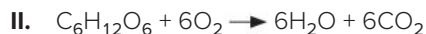
- 01** uma parte do carbono lançada na atmosfera é utilizada pela respiração de animais e vegetais.
- 02** estima-se que as florestas atualmente existentes sejam responsáveis pela fixação de 95% e os oceanos pelos outros 5% do carbono lançado na atmosfera pela atividade humana.
- 04** o aumento da quantidade de carbono na atmosfera atual tem sua origem exclusivamente na atividade da respiração celular de animais e vegetais.
- 08** os vegetais são importantes para a fixação do carbono atmosférico, pois em algumas de suas células os cloroplastos são capazes de utilizar o carbono na formação de açúcares.
- 16** nas células animais e vegetais, através de um processo químico realizado nas mitocôndrias, ocorre a transformação e a fixação do carbono para a formação de açúcares.

Soma:

11. PUC-Rio São processos biológicos relacionados diretamente a transformações energéticas celulares:

- a) respiração e fotossíntese.
b) digestão e excreção.
c) respiração e excreção.
d) fotossíntese e osmose.
e) digestão e osmose.

12. Unesp Com relação às equações que descrevem dois importantes processos biológicos:



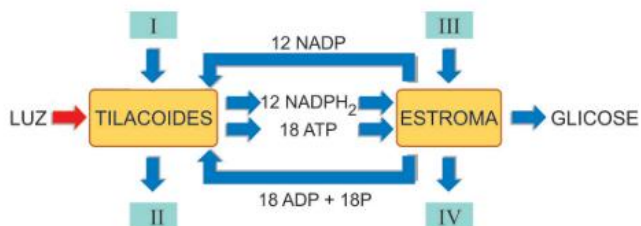
pode-se afirmar que:

- a) I ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais, e II ocorre nas mitocôndrias, apenas em células animais.
- b) I ocorre nas mitocôndrias, tanto em células animais quanto vegetais, e II ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais.
- c) I ocorre nas mitocôndrias, apenas em células animais, e II ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais.
- d) I ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais, e II ocorre nas mitocôndrias, tanto em células animais quanto vegetais.
- e) I ocorre nos cloroplastos e mitocôndrias, apenas em células vegetais, e II ocorre nas mitocôndrias, apenas em células animais.

13. Unicamp-SP 2017 Ao observar uma célula, um pesquisador visualizou uma estrutura delimitada por uma dupla camada de membrana fosfolipídica, contendo um sistema complexo de endomembranas repleto de proteínas integrais e periféricas. Verificou também que, além de conter seu próprio material genético, essa estrutura ocorria em abundância em todas as regiões meristemáticas de plantas. Qual seria essa estrutura celular?

- a) Cloroplasto.
b) Mitocôndria.
c) Núcleo.
d) Retículo endoplasmático.

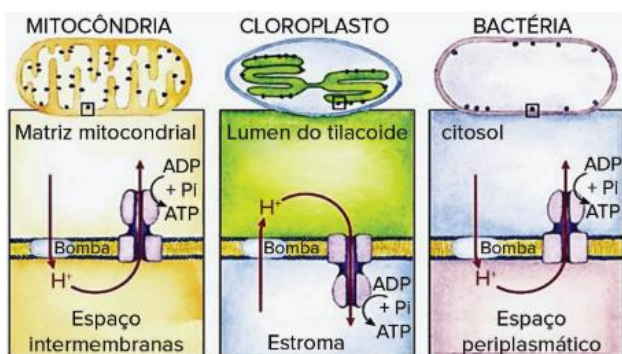
14. Mackenzie-SP 2019 O esquema abaixo resume de forma sucinta as etapas clara e escura da fotossíntese no interior de um cloroplasto.



Em relação ao processo esquematizado, é correto afirmar que

- a) a substância liberada em IV é o oxigênio.
- b) a substância liberada em II é a água.
- c) os átomos de carbono e hidrogênio, presentes na glicose, originam-se das substâncias III e I, respectivamente.
- d) ocorrem, no estroma, a fotólise da água (III) e as fotofosforilações cíclica e acíclica (IV).
- e) a substância utilizada em I é o dióxido de carbono.

15. PUC-Minas 2021 A produção de ATP pelas mitocôndrias, cloroplastos e de bactérias em processo de respiração celular depende da geração de diferenças na concentração de prótons (H^+) entre dois lados de uma membrana. As diferenças na concentração de H^+ entre os dois lados de uma membrana (seja interna de mitocôndrias; dos tilacoídes e de células procariontes) são construídas por transporte ativo (bomba de prótons) que usa energia liberada por elétrons que fluem em cadeias de transporte de elétrons até um aceptor final, que pode ser ou não o oxigênio. Quando prótons retornam através de um complexo proteico denominado de ATP-sintase, a energia liberada é suficiente para a síntese de ATP (ver esquema abaixo).



Está INCORRETO o que se afirma em:

- a) Bactérias podem realizar respiração anaeróbia utilizando outros aceptores finais de elétrons que não o oxigênio, como, por exemplo, as bactérias metanogênicas.
- b) Elétrons que adquirem energia da luz podem ser usados na produção de ATP além de NADPH na fotossíntese.
- c) Em eucariontes, para todos estes processos, o aceptor final de elétrons, após seu fluxo, é o oxigênio e ocorre a produção de CO_2 .
- d) Os elétrons muito energéticos transportados pelo NADPH são também usados juntamente com o CO_2 absorvido para a síntese de glicose ($C_6H_{12}O_6$).

16. UFRGS 2017 No bloco superior abaixo, são citadas duas estruturas presentes nos cloroplastos; no inferior, características dessas estruturas. Associe adequadamente o bloco inferior ao superior.

1 - Tilacoídes

2 - Estroma

- A luz absorvida pelo pigmento é transformada em energia química.

- Enzimas catalisam a fixação de CO_2 .
- Parte do gliceraldeído 3 fosfato resulta na produção de amido.
- A oxidação de moléculas de água produz elétrons, prótons e O_2 .

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 1 - 2 - 2 - 1.
- b) 1 - 1 - 2 - 2.
- c) 1 - 2 - 2 - 2.
- d) 2 - 1 - 1 - 1.
- e) 2 - 1 - 1 - 2.

17. Mackenzie-SP 2017 Considere as afirmações abaixo:

- I. A maior parte do gás oxigênio da atmosfera provém da fotossíntese realizada por plantas da floresta amazônica.
- II. O gás oxigênio produzido na fotossíntese resulta da hidrólise da água e acontece na fase de claro do processo.
- III. Todo processo de fotossíntese resulta na produção de açúcar e gás oxigênio.
- IV. Além das plantas e algas, as cianobactérias e algumas bactérias têm capacidade de realizar a fotossíntese.

Estão corretas, apenas,

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

18. Fatec-SP Assinale a alternativa cujos termos preencham corretamente a frase seguinte:

“As mitocôndrias estão imersas no hialoplasma e têm por função a (I), fenômeno este que no seu aspecto geral é oposto à (II). Esta ocorre no interior dos (III). Ambos os organoides são capazes de se (IV).”

- a) I – respiração celular; II – fotossíntese; III – cloroplastos; IV – autoduplicarem.
- b) I – digestão celular; II – síntese proteica; III – ribossomos; IV – autodigerirem.
- c) I – respiração celular; II – fermentação; III – cloroplastos; IV – autodigerirem.
- d) I – secreção celular; II – pinocitose; III – complexo de Golgi; IV – autoduplicarem.
- e) I – síntese proteica; II – digestão celular; III – lisossomos; IV – autodigerirem.

19. PUC-SP



Turma da Mônica/Maurício de Sousa

A propriedade de “captar a vida na luz” que as plantas apresentam se deve à capacidade de utilizar a energia luminosa para a síntese de alimento. A organela (I), onde ocorre esse processo (II), contém um pigmento (III) capaz de captar a energia luminosa, que é posteriormente transformada em energia química. As indicações I, II e III referem-se, respectivamente, a:

- mitocôndria, respiração, citocromo.
- cloroplasto, fotossíntese, citocromo.
- cloroplasto, respiração, clorofila.
- mitocôndria, fotossíntese, citocromo.
- cloroplasto, fotossíntese, clorofila.

20. Unesp 2021 O succinato é um metabólito que participa do ciclo de Krebs. Quando a demanda energética aumenta muito nas fibras musculares e as mitocôndrias não dão conta de atendê-la, um sistema anaeróbio é ativado, o que reduz o pH e modifica a estrutura química do succinato. Essas alterações lhe permitem passar pela membrana, escapar para o meio extracelular e enviar sinais para a vizinhança, induzindo um processo de remodelamento do tecido muscular. Os neurônios ligados aos músculos criam novas ramificações e as fibras musculares passam a captar mais glicose da circulação para produzir ATP, havendo um ganho de eficiência.

(www.agencia.fapesp.br, 18.09.2020. Adaptado.)

A redução do pH nas fibras musculares e as novas ramificações dos neurônios ligados aos músculos estão relacionadas, respectivamente,

- à produção excessiva de gás carbônico e ao aumento das ramificações axoniais dos neurônios motores.
- à produção excessiva de gás carbônico e ao aumento do número de sinapses entre os neurônios motores.
- à formação de lactato e ao aumento do número de terminações axoniais dos neurônios motores.
- à produção excessiva de gás carbônico e ao aumento das ramificações dos dendritos dos neurônios sensitivos.
- à formação de lactato e ao aumento das ramificações dos dendritos dos neurônios sensitivos.

21. PUC-Rio 2020 Algumas bactérias do gênero *Lactobacillus* sp. são utilizadas para a produção de iogurte na indústria alimentícia. A produção de iogurte depende da fermentação de carboidratos por esses microrganismos e consequente liberação de

- gás carbônico.
- oxigênio.
- ácido láctico.
- metano.
- água.

22. PUC-Campinas 2019 Para a obtenção de energia para o metabolismo celular, todos os organismos apresentam

- o Ciclo de Krebs.
- a via glicolítica.
- a cadeia respiratória.
- a fosforilação oxidativa.
- a fermentação alcoólica.

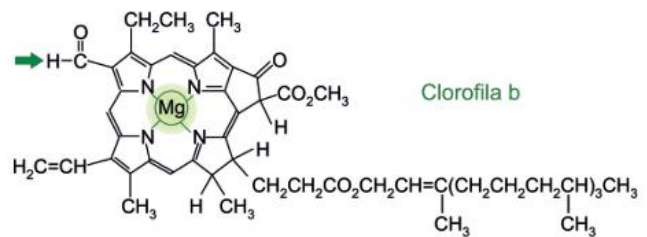
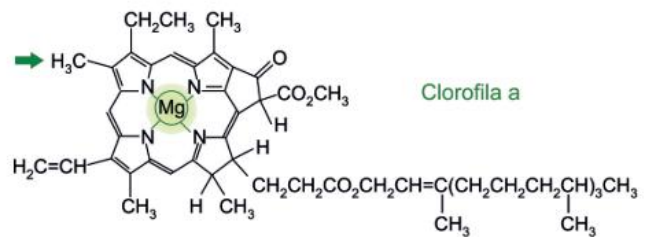
23. UFRGS 2019 Com relação à fotossíntese, considere as seguintes afirmações.

- As reações independentes de luz utilizam moléculas formadas pelas reações dependentes de luz.
- As reações dependentes de luz, assim como as independentes, ocorrem nos tilacoides dos cloroplastos.
- O ciclo de Calvin utiliza CO_2 e outras moléculas para produzir glicose.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

24. Unesp 2020 Analise as estruturas das clorofilas *a* e *b*.



(www.infoescola.com)

As clorofilas *a* e *b* estão presentes na estrutura celular denominada _____, sendo que a clorofila _____ é a principal responsável pelo processo de fotossíntese. Nas duas clorofilas, o elemento magnésio encontra-se sob a forma de íons com número de carga _____. A diferença entre as duas estruturas é a presença, na clorofila *b*, de um grupo da função orgânica _____, em vez de um dos grupos metil da clorofila *a*. As lacunas do texto são preenchidas, respectivamente, por:

- cloroplasto; a; 2+; aldeído.
- cloroplasto; b; 2+; cetona.
- complexo golgiense; a; 1+; aldeído.
- cloroplasto; a; 1+; aldeído.
- complexo golgiense; b; 2+; cetona.

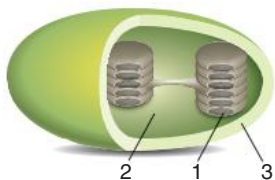
25. Unesp 2017 Os elementos químicos hidrogênio e oxigênio estão presentes em todos os seres vivos. A combinação destes elementos pode formar a água, fundamental para a vida, assim como a água oxigenada, tóxica para as células. As equações químicas a seguir são exemplos de reações que ocorrem em seres vivos e que envolvem os elementos hidrogênio e oxigênio.

- água \rightarrow oxigênio + íons de hidrogênio
- água oxigenada \rightarrow água + gás oxigênio
- oxigênio + íons de hidrogênio \rightarrow água

As reações químicas 1, 2 e 3 ocorrem, respectivamente, em

- cloroplastos, peroxissomos e mitocôndrias.
- peroxissomos, mitocôndrias e cloroplastos.
- mitocôndrias, peroxissomos e cloroplastos.
- mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos.
- cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos.

26. UFSM-RS



Sônia Lopes. *Bio*. São Paulo: Saraiva, 1996. V. único.

Considerando o desenho, assinale verdadeira (V) ou falsa (F) nas afirmativas a seguir.

- O desenho representa um cloroplasto: 1 mostra um tilacoide; 2, o estroma e 3, a membrana externa.
 - Na estrutura 1, ocorre a fase fotoquímica da fotossíntese.
 - Na estrutura 2, ocorre a fase química da fotossíntese.
- A sequência correta é:
- F – V – F.
 - V – V – V.
 - V – F – F.
 - F – V – V.
 - F – F – F.

27. UEPG-PR 2018 Sabe-se que a fotossíntese acontece em duas etapas: a fase clara e a fase escura. Assinale o que for correto sobre as características e acontecimentos dessas etapas.

- Na etapa fotoquímica (ou fase clara), a energia luminosa é absorvida pela clorofila e armazenada em moléculas de ATP. Além disso, a luz promove a transformação de água em hidrogênio e oxigênio, o qual é liberado pela planta.
- A etapa química (ou fase escura) ocorre no estroma e envolve a formação de glicídios a partir de gás carbônico do ambiente. Não depende diretamente da luz, mas utiliza o hidrogênio e ATP produzidos na fase clara.
- A clorofila está localizada nos tilacoides do cloroplasto, associada a proteínas e outros pigmentos. Os pigmentos acessórios absorvem melhor a faixa de cores não absorvidas pela clorofila, aumentando o aproveitamento da energia luminosa na fase clara.
- A energia luminosa absorvida pela clorofila é transferida para elétrons, os quais podem seguir para a fotofosforilação cíclica e fotofosforilação acíclica. Em ambos os casos, os elétrons cedem energia, que é utilizada na síntese de ATP pela fosforilação.
- Na fase escura, o gás carbônico reage inicialmente com um composto de cinco carbonos, por isso, esta etapa também é conhecida como ciclo das pentoses. Para cada molécula de gás carbônico que entra no ciclo são consumidas três moléculas de ATP e duas de NADPH.

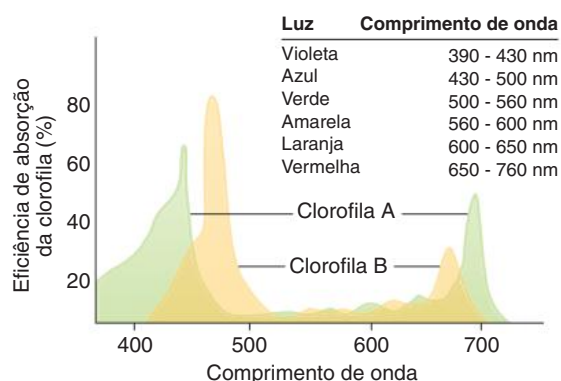
Soma:

28. UFRGS Uma planta atinge o seu ponto de compensação fótico quando:

- as taxas de respiração e fotossíntese se igualam.
- os pigmentos de clorofila se tornam saturados.
- todo o dióxido de carbono produzido pela respiração é perdido através dos estômatos.
- os produtos da fase clara são consumidos na fase escura.
- o dióxido de carbono é transformado completamente em oxigênio.

29. FGV-SP O espectro da luz visível, ou luz branca, compreende comprimentos de onda no intervalo de 390 a 760 nanômetros, da luz violeta à luz vermelha. No entanto, as radiações do espectro visível não são igualmente absorvidas pela clorofila.

O gráfico apresenta a eficiência de absorção da luz visível pelas clorofilas dos tipos A e B.



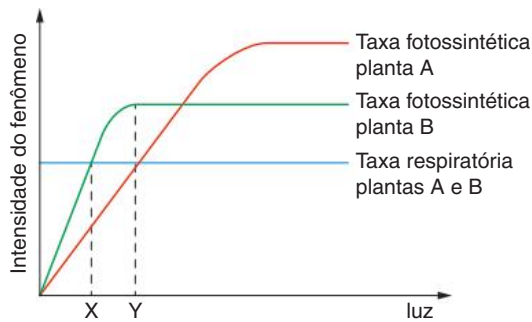
Pode-se dizer que uma planta apresentará maior taxa fotossintética quando iluminada com luz:

- branca.
- violeta.
- azul.
- verde.
- vermelha.

30. Fuvest-SP Em determinada condição de luminosidade (ponto de compensação fótico), uma planta devolve para o ambiente, na forma de gás carbônico, a mesma quantidade de carbono que fixa, na forma de carboidrato, durante a fotossíntese. Se o ponto de compensação fótico é mantido por certo tempo, a planta:

- morre rapidamente, pois não consegue o suprimento energético de que necessita.
- continua crescendo, pois mantém a capacidade de retirar água e alimento do solo.
- continua crescendo, pois mantém a capacidade de armazenar o alimento que sintetiza.
- continua viva, mas não cresce, pois consome todo o alimento que produz.
- continua viva, mas não cresce, pois perde a capacidade de retirar do solo os nutrientes de que necessita.

31. UFSCar-SP O gráfico representa as taxas fotossintéticas e de respiração para duas diferentes plantas, uma delas umbrófila (planta de sombra) e a outra heliófila (planta de sol). Considere que a taxa respiratória é constante e igual para as duas plantas.



Pode-se concluir que:

- no intervalo X-Y, cada uma das plantas consome mais oxigênio do que aquele produzido na sua fotossíntese.
- a partir do ponto Y, cada uma das plantas consome mais oxigênio do que aquele produzido na sua fotossíntese.
- as plantas A e B são, respectivamente, umbrófila e heliófila.
- no intervalo X-Y, cada uma das plantas produz mais oxigênio do que aquele consumido na sua respiração.
- no ponto X, a planta A consome mais oxigênio do que aquele produzido na sua fotossíntese, e a planta B produz a mesma quantidade de oxigênio que aquela consumida na sua respiração.

32. Unesp 2017 Em uma matéria sobre o papel das plantas na redução da concentração atmosférica dos gases do efeito estufa, consta a seguinte informação:

O vegetal “arranca” o carbono, que é o C do CO_2 , para usar de matéria-prima para o seu tronco, e devolve para a atmosfera o O_2 , ou seja, oxigênio.

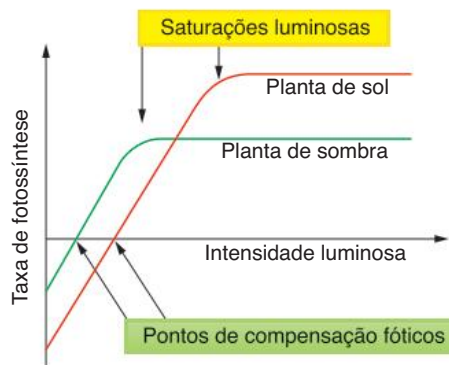
(*Superinteressante*, maio de 2016. Adaptado.)

Tal informação refere-se à

- respiração celular e está correta, uma vez que, nas mitocôndrias, o carbono do CO_2 é disponibilizado para a síntese de tecidos vegetais e o O_2 é devolvido para a atmosfera.
- fotossíntese e está correta, uma vez que, através desse processo, a planta utiliza o carbono na síntese de seus tecidos, devolvendo para a atmosfera o oxigênio do CO_2 .
- fotossíntese e está incorreta, uma vez que o carbono do CO_2 é utilizado na síntese de carboidratos que serão consumidos na respiração celular, mas não como matéria-prima do tronco.
- fotossíntese e está incorreta, uma vez que o oxigênio liberado para atmosfera provém da reação de decomposição da água, e não do CO_2 que a planta capta da atmosfera.
- respiração celular e está incorreta, uma vez que o O_2 liberado para atmosfera tem origem na quebra de carboidratos na glicólise, da qual também resulta o carbono que irá compor os tecidos vegetais.

33. PUC-Minas O gráfico apresenta as taxas fotossintéticas relativas a dois tipos de plantas em resposta a variações na intensidade luminosa. As plantas de sol

e de sombra possuem adaptações genotípicas a diferentes condições ambientais.



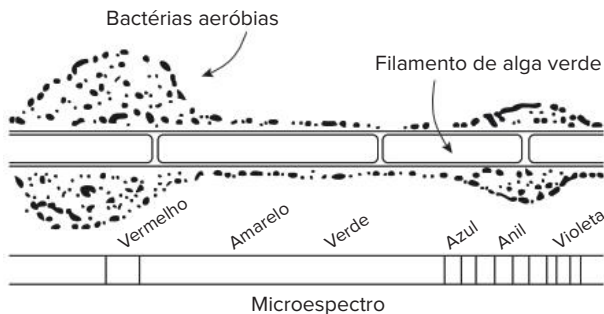
Analisando o gráfico e de acordo com seus conhecimentos, é correto afirmar, **exceto**:

- Abaixo do ponto de compensação fóptica, para a mesma intensidade luminosa, a planta de sol apresenta maior taxa de fotossíntese do que a planta de sombra.
- A planta de sombra apresenta saturação luminosa menor que a planta de sol.
- As duas plantas, abaixo de seu ponto de compensação fóptica, consomem mais oxigênio do que produzem.
- Abaixo de seu ponto de saturação luminosa, a planta de sombra apresenta maior taxa de fotossíntese do que a planta de sol, para a mesma intensidade luminosa.

34. UFF-RJ No início do século XVII, acreditava-se que as plantas necessitavam apenas da matéria presente no solo. Van Helmont, no entanto, mostrou que uma planta colocada em um vaso com terra aumentara alguns quilos em um período de 5 anos, enquanto a terra do vaso diminuía de peso em apenas alguns gramas. Concluiu, então, que o crescimento da planta foi devido, apenas, à água com que ele a regara. Essa conclusão a que chegou Helmont estava errada, pois hoje sabemos que o crescimento da planta é causado, principalmente, por:

- maior produção metabólica de CO_2 .
- fixação do O_2 atmosférico.
- um aumento da relação CO_2 produzido/ CO_2 consumido.
- maior fixação de CO_2 atmosférico em relação ao CO_2 produzido.
- uma relação O_2 consumido/ O_2 produzido maior que 1,0.

35. Enem 2020 Em uma aula sobre metabolismo energético, foi apresentado um experimento clássico realizado por Engelmann. Um recipiente contendo bactérias aeróbias e uma alga verde filamentosa foi submetido a iluminação de uma fonte de luz, representada pelo microespectro. Após a explicação, um aluno esquematizou na lousa o resultado do referido experimento.



Considerando a figura, a faixa do microespectro em que a alga possui maior taxa de realização fotossintética é a do:

- a) Anil.
- b) Verde.
- c) Violeta.
- d) Amarelo.
- e) Vermelho.

36. Unesp 2020 A tabela mostra os horários do nascer e do pôr do sol na cidade de São Paulo, em quatro dias do ano de 2019.

Data	Nascer do Sol	Pôr do Sol
24 de março	6h12	18h12
21 de junho	6h48	17h27
19 de setembro	6h00	18h00
22 de dezembro	5h18	18h51

(www.sunrise-and-sunset.com. Adaptado.)

Em Macapá, única capital brasileira cortada pela linha do equador, o nascer e o pôr do Sol nessas quatro datas ocorrem em horários diferentes daqueles registrados para São Paulo.

Considere dois arbustos da mesma espécie, com o mesmo porte, em vasos de mesmo tamanho, mantidos à luz ambiente, em dia sem nebulosidade, sob condições adequadas de temperatura, nutrição e aporte hídrico, um deles na cidade de São Paulo e o outro na cidade de Macapá. Com relação aos tempos de duração da fotossíntese e da respiração celular nesses dois arbustos, assinale a alternativa correta.

- a) Em 21 de junho, a duração da fotossíntese no arbusto em São Paulo foi maior do que no arbusto em Macapá, mas a duração da respiração foi igual em ambos.
- b) Nas quatro datas, a duração da fotossíntese e a duração da respiração são iguais em ambos os arbustos.
- c) Em 21 de junho, a duração da respiração foi maior do que a duração da fotossíntese em ambos os arbustos, situação que se inverterá em 22 de dezembro.
- d) Em 24 de março e em 19 de setembro, a duração da fotossíntese foi a mesma que a da respiração em ambos os arbustos.
- e) Em 22 de dezembro, a duração da fotossíntese no arbusto em São Paulo será maior do que no arbusto em Macapá, mas a duração da respiração será igual em ambos.

37. UFSCar-SP [...] quando cultivadas por três meses num local com 720 ppm (partes por milhão) de CO_2 no ar, o dobro da concentração atmosférica, as mudas de "Hymenaea courbaril" [jatobá] duplicam a absorção de gás carbônico e a produção de açúcares (carboidratos) e aumentam em até 50% sua biomassa [...]

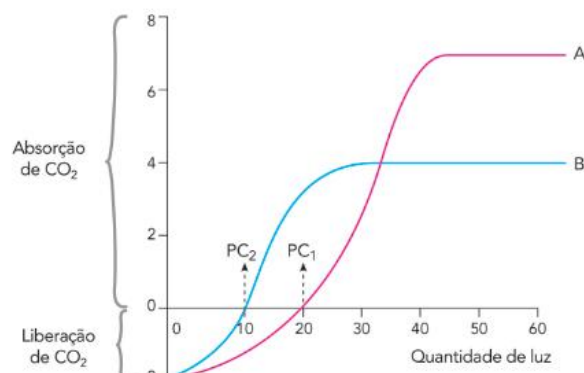
Marcos Pivetta. Pesquisa Fapesp, n. 80, out. 2002.

O texto permite concluir que, nos jatobás, a:

- a) taxa de respiração celular em condições naturais é cerca de 100% maior do que em um ambiente com 720 ppm (partes por milhão) de CO_2 no ar.
- b) produção de açúcares só não é maior em condições naturais porque a concentração de CO_2 atmosférico atua como fator limitante da fotossíntese.
- c) produção de açúcares só não é maior em condições naturais porque a concentração de CO_2 atmosférico atua como fator limitante da respiração celular.
- d) concentração de CO_2 atmosférico atua como fator estimulante da fotossíntese e como fator inibidor da respiração celular.
- e) concentração de CO_2 atmosférico atua como fator inibidor da fotossíntese e como fator estimulante da respiração celular.

38. Uerj 2018 Nos vegetais, o ponto de compensação fótico ou luminoso corresponde à quantidade de luz na qual as taxas de fotossíntese e de respiração se equivalem. Nesse ponto, todo o oxigênio produzido na fotossíntese é utilizado no processo respiratório, e todo o gás carbônico produzido nesse processo é utilizado na fotossíntese.

Considere as curvas de fotossíntese de duas espécies vegetais, A e B, e seus respectivos pontos de compensação, PC_1 e PC_2 , indicados no gráfico abaixo.



Adaptado de biology4isc.weebly.com.

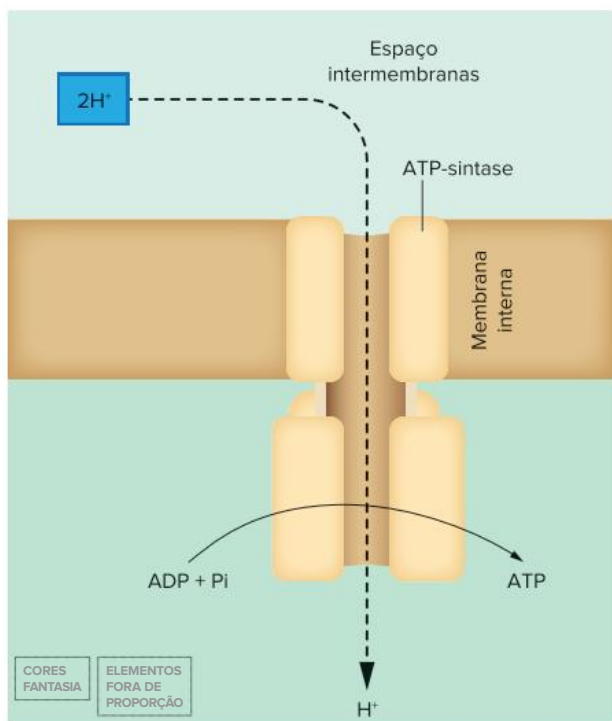
Identifique a curva que representa uma planta cultivada em local sombreado e justifique o ponto de compensação observado nessa planta.

Admita que as espécies A e B foram submetidas a temperaturas muito altas, apresentando quedas nas taxas de respiração e fotossíntese. Nesse caso, aponte o fator que interferiu na queda dessas taxas.

Teoria quimiosmótica da produção de ATP

A mitocôndria apresenta duas membranas: a externa e a interna. Entre elas, há um espaço de grande importância na respiração celular, denominado espaço intermembranas. Os citocromos são moléculas proteicas alojadas na membrana interna da mitocôndria. Através dos citocromos, há um fluxo de elétrons. O receptor final de elétrons e de H^+ é o oxigênio.

Os íons H^+ são acumulados no espaço entre a membrana interna e a membrana externa da mitocôndria. Esses íons se originam na cadeia respiratória, a partir de $NADH + H^+$ e de $FADH_2$. O fluxo de elétrons na cadeia respiratória fornece energia para o bombeamento de H^+ para o espaço intermembranas. Os íons H^+ em excesso nessa região são forçados a passar por um canal no interior da molécula da enzima ATP-sintase, um complexo localizado na membrana mitocondrial interna, alcançando a matriz mitocondrial. Uma parte da molécula da ATP-sintase sofre rotação com o fluxo de íons, e essa energia mecânica permite a reação entre ADP e P_i , gerando ATP. Os prótons se reúnem com os elétrons que percorreram os citocromos e com o gás oxigênio, formando água.



Esquema da teoria da quimiosmótica.

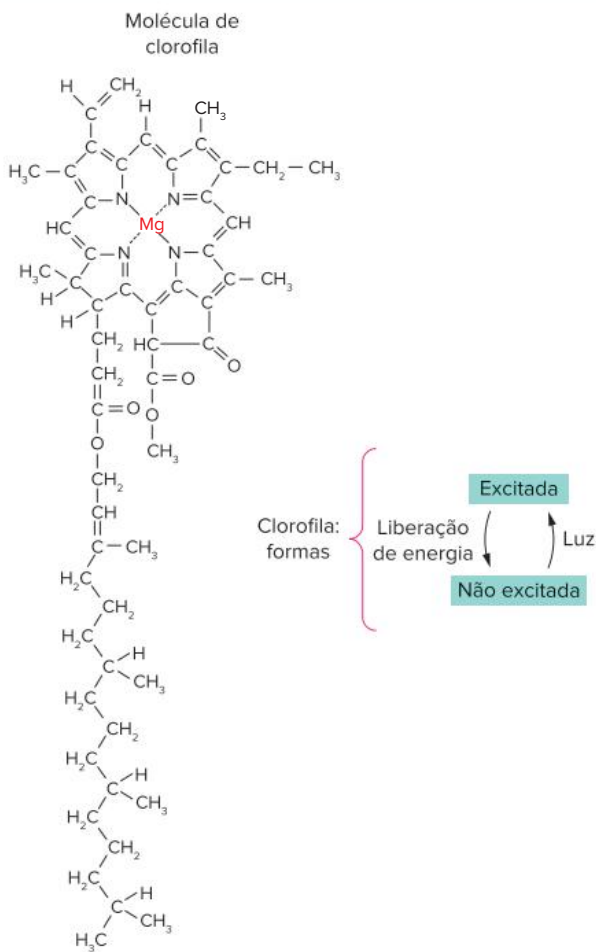
A teoria quimiosmótica também está relacionada com a produção de ATP no interior dos cloroplastos durante a etapa fotoquímica da fotossíntese.

Texto elaborado para fins didáticos.

Detalhes sobre a fotossíntese

A fluorescência da clorofila

A molécula de clorofila apresenta um átomo central de magnésio, fazendo parte de um núcleo porfirínico (estrutura cíclica composta de carbono, hidrogênio e nitrogênio) ao que se liga uma longa cadeia carbônica. Quando a clorofila é iluminada, absorve luz e ocorre sua excitação, caracterizada pela alteração na distribuição de elétrons no núcleo porfirínico. A clorofila excitada tem maior conteúdo energético e é mais instável, tendendo a voltar à forma não excitada. Quando isso ocorre, há liberação de energia.



Estrutura da molécula de clorofila.

Colocando-se uma solução contendo clorofila e iluminando-a, ocorre a excitação das moléculas de clorofila, que depois retornam à forma não excitada, liberando energia na forma de luz vermelha. Isso é bem visível iluminando-se a solução e, depois, apagando-se a luz do ambiente; a solução emite por algum tempo luz vermelha. Esse fenômeno é denominado fluorescência da clorofila.



Fluorescência da clorofila na ausência de luz.

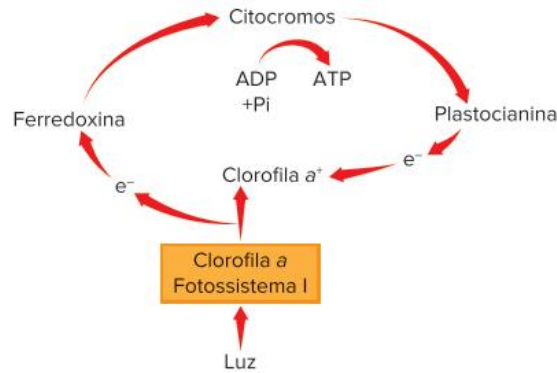
No interior do cloroplasto, a excitação da clorofila não produz fluorescência, pois os elétrons são transferidos para aceptores de elétrons, como a ferredoxina e os citocromos. Na passagem pelos citocromos, a energia dos elétrons é empregada na produção de ATP (é a fotofosforilação). Assim, ocorre a conversão de energia luminosa em energia química.

Fotossistemas

Os cloroplastos apresentam complexos moleculares denominados fotossistemas, nos quais ocorre a etapa fotoquímica da fotossíntese. Há o fotossistema I e o fotossistema II, ambos apresentando duas moléculas de clorofila associadas a proteínas. O fotossistema I tem o máximo de absorção de luz em comprimento de onda igual a 700 nm, enquanto o fotossistema II tem absorção máxima em torno de 680 nm (ambos ficam localizados na membrana tilacoide). Nos dois fotossistemas ocorre a fotofosforilação. A fotólise da água ocorre no fotossistema II, e a formação de NADPH se dá no fotossistema I.

Fotofosforilação cíclica

Envolve apenas o fotossistema I. A clorofila a é excitada pela luz (700 nm). Os elétrons do fotossistema excitado, em vez de reduzirem ferredoxina, são transferidos para um citocromo e depois retornam ao fotossistema I. Nessa transferência de elétrons, ocorre a síntese de ATP (fotofosforilação), e não há produção de NADPH.

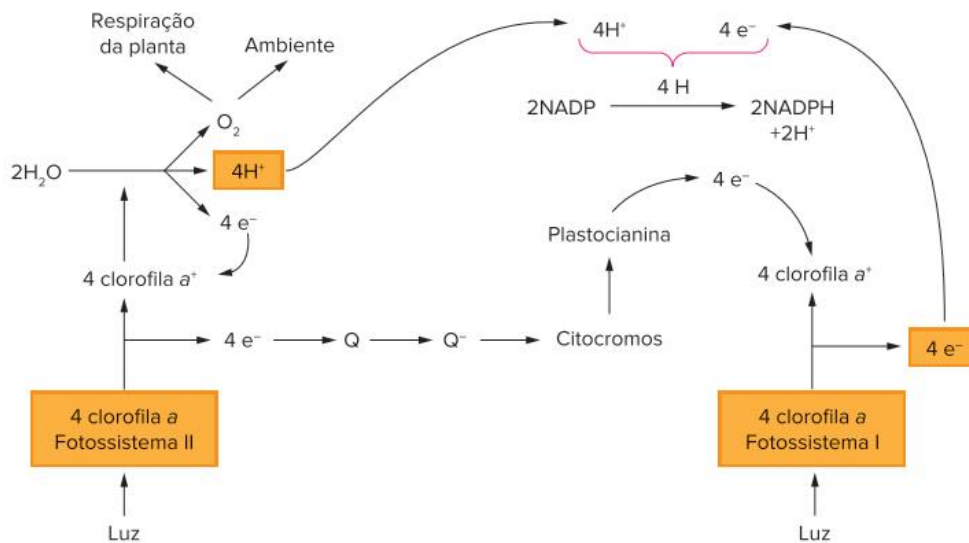


A fotofosforilação cíclica envolve apenas o fotossistema I.

Deve-se notar que o fluxo de elétrons através de citocromos determina a produção de ATP. O elétron que deixa um fotossistema retorna à mesma molécula; por isso, o processo é denominado *fosforilação cíclica*.

Fotofosforilação acíclica

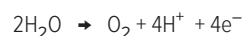
A descrição feita a seguir deve ser acompanhada pela figura abaixo. O processo é descrito já apresentando certa proporção de moléculas, elétrons e H^+ . A fotofosforilação acíclica envolve os fotossistemas I e II.



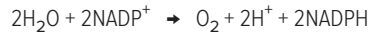
Detalhes dos fotossistemas I e II envolvidos na fotofosforilação acíclica.

Quatro moléculas de clorofila a do fotossistema II são excitadas pela luz e liberam quatro elétrons, que são transferidos para o aceptor Q. Com isso, o aceptor Q fica com carga negativa (Q^-), e as clorofilas a ficam com carga positiva (clorofila a^+). Ao mesmo tempo, quatro moléculas de clorofila a do fotossistema I são excitadas pela luz e liberam quatro elétrons, ficando com carga positiva (clorofila a^+). Vejamos o andamento dos processos em cada um dos fotossistemas.

No fotossistema II, o aceptor Q^- transfere elétron para os citocromos, que o passam para a plastocianina, que o entrega à clorofila a^+ do fotossistema I, repondo os elétrons que haviam sido perdidos com a excitação luminosa. Na passagem de elétrons através dos citocromos, ocorre a produção de ATP (fotofosforilação). Além disso, no fotossistema II, a formação de clorofila a^+ desencadeia a reação com moléculas de água. Quatro moléculas de clorofila a^+ desencadeiam a quebra de duas moléculas de água, formando gás oxigênio e H^+ (esta é a própria reação de Hill); a clorofila a tem seu elétron reposto (de clorofila a^+ volta para clorofila a).



No fotossistema I, ocorre a reposição dos elétrons que as moléculas de clorofila *a* haviam perdido. Eles passam para a ferredoxina e dela para o NADP⁺. Dois NADP⁺ reagem com quatro H⁺ (procedentes da fotólise da água) e com os elétrons (provenientes da clorofila do fotossistema I), formando-se 2 NADPH e 2H⁺.



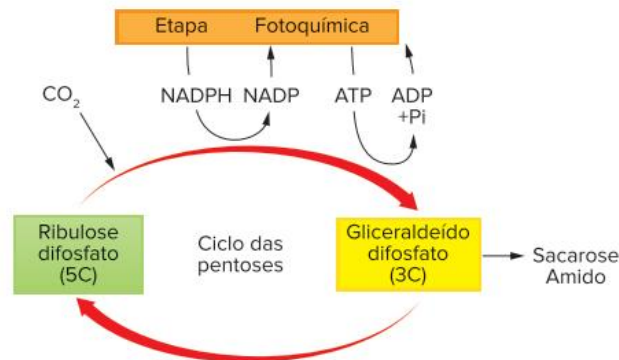
Deve-se notar que o fluxo de elétrons através de citocromos determina a produção de ATP. Os elétrons que deixam moléculas de clorofila do fotossistema II e os que deixam as moléculas de clorofila do fotossistema I não retornam a suas moléculas de origem; por isso, o processo é denominado fosforilação acíclica.

Resumindo, as reações da etapa fotoquímica geram: gás oxigênio e ATP no fotossistema II, e ATP, NADPH e H⁺ no fotossistema I. O gás oxigênio é usado na respiração celular da própria planta ou é liberado para o ambiente; ATP, NADPH e H⁺ são utilizados na etapa química da fotossíntese.

A etapa química da fotossíntese

Ocorre no estroma do cloroplasto e tem como centro o ciclo das pentoses ou de Calvin-Benson. Esse processo realiza a fixação do carbono, ou seja, o CO₂ é convertido em uma substância orgânica (carboidrato). Esse ciclo emprega CO₂ do ambiente ou da respiração celular e utiliza reagentes procedentes da etapa fotoquímica: ATP, NADPH e H⁺.

O ciclo das pentoses envolve várias reações químicas, que incluem o carboidrato ribulose difosfato (uma pentose), presente no estroma do cloroplasto e que reage com seis moléculas de CO₂, e um intermediário do ciclo recebe hidrogênios do NADPH (proveniente da etapa fotoquímica). Esse processo requer energia, fornecida pelo ATP (também proveniente da etapa fotoquímica). Com isso, são geradas duas moléculas de gliceraldeído fosfato (um carboidrato, indicado por PGAL), e ocorre a regeneração de ribulose difosfato. A degradação de ATP gera ADP e fosfato inorgânico. A formação de gliceraldeído fosfato requer a enzima rubisco.



Esquema da etapa química da fotossíntese.

O gliceraldeído fosfato é empregado na síntese de sacarose e de amido. A partir dele, também pode ocorrer a síntese de outras substâncias orgânicas, como aminoácidos e lipídeos.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

A liberação de energia

A energia utilizada pelos seres vivos é proveniente da degradação de substâncias orgânicas, por meio da respiração celular ou da fermentação.

Respiração celular

A respiração celular ocorre no citosol e no interior das mitocôndrias. É um processo aeróbio, que degrada glicose; gera água, gás carbônico e ATP. Durante a respiração celular, ocorrem processos químicos, como descarboxilação, desidrogenação e fosforilação. Descarboxilação é a remoção de grupo carboxila, gerando CO₂. Desidrogenação é a perda de átomos de hidrogênio (oxidação). Os hidrogênios são transferidos para aceptores; o último receptor de hidrogênio na respiração celular aeróbia é o gás oxigênio, em um processo que leva à produção de água. Fosforilação é a formação de ATP a partir de ADP e de fosfato inorgânico. Esse processo requer energia, liberada em algumas reações químicas da respiração celular.

A respiração celular é tradicionalmente dividida em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória.

Glicólise

A glicólise ocorre no citosol e não emprega gás oxigênio (uma etapa anaeróbia). Ela é constituída por muitas reações químicas, resultando na formação de duas moléculas de ácido pirúvico. Os produtos finais da glicólise são: duas moléculas de ácido pirúvico, quatro moléculas de ATP e quatro átomos de hidrogênio. Como são gastos 2 ATPs, o saldo direto da glicólise é de 2 ATPs (4 ATPs produzidos menos 2 ATPs gastos).

Durante a glicólise, há liberação de quatro átomos de hidrogênio. Eles reagem com duas moléculas de NAD⁺, formando duas moléculas de NADH e dois H⁺ (NADH + H⁺); os prótons H⁺ permanecem em solução no citosol. O NAD⁺ comporta-se como um receptor intermediário de hidrogênios.

O destino do ácido pirúvico

As moléculas de ácido pirúvico provenientes da degradação da glicose atravessam as membranas da mitocôndria; essas duas moléculas são convertidas em duas moléculas de acetil-coA. Na conversão de ácido pirúvico em acetil-coA ocorre descarboxilação, com a formação de CO₂; também há liberação de átomos de hidrogênio, que reagem com NAD⁺, formando NADH + H⁺.

Ciclo de Krebs

As duas moléculas de acetil-coA ingressam em uma sequência de reações conhecida como ciclo de Krebs. Um grupo acetil reage com o ácido oxalacético, presente na matriz mitocondrial e a coenzima A é liberada; forma-se então o ácido cítrico, que tem 6 carbonos. O ácido cítrico passa por uma sequência de reações químicas, levando novamente à formação de ácido oxalacético. Para cada molécula de acetil-coA que entra no ciclo de Krebs, são gerados 2 CO₂, 1 FADH₂, 3 NADH, 3 H⁺ e 1 ATP. O CO₂ é liberado para o ambiente. O ATP é empregado no metabolismo, e os demais produtos do ciclo de Krebs (FADH₂, NADH e H⁺) são empregados na cadeia respiratória.

Cadeia respiratória

É também denominada cadeia transportadora de elétrons e ocorre nas cristas mitocondriais. É constituída por uma sequência de transferência de átomos de hidrogênio e seus elétrons, incluindo na ordem NADH + H⁺, FADH₂ e alguns citocromos; o receptor final de hidrogênios e seus elétrons é o gás oxigênio, havendo a formação de água. A energia gerada no processo é utilizada para produzir um ATP por meio do processo de fosforilação oxidativa, outra parte dessa energia é dissipada em forma de calor. Atualmente, os cálculos da produção apontam para um total de 30 ATPs. São gerados diretamente 2 ATPs na glicólise e 2 ATPs no ciclo de Krebs (subtotal de 4 ATPs). Ainda é preciso contabilizar aquilo que é gerado na cadeia respiratória: são 26 ATPs, formando o total de 30 ATPs na respiração celular.

Fermentação

Fermentação é um processo anaeróbio de liberação de energia e tem grande semelhança com a glicólise. Na fermentação, uma molécula de glicose é degradada, gerando dois ácidos pirúvicos, 2NADH + H⁺ e um saldo de 2 ATPs. A partir de ácido pirúvico, são gerados outros compostos orgânicos, como metano, ácido acético, álcool ou ácido láctico.

A fermentação alcoólica é empregada na produção de álcool (usado como combustível ou integrante de bebidas) e na produção de pães. A fermentação láctica é realizada por algumas bactérias e alguns fungos, formando ácido láctico a partir da glicose. Esse ácido promove a desnaturação das proteínas do leite, determinando sua conversão em iogurte ou queijo. O ser humano também pode realizar fermentação láctica em células musculares quando elas não recebem suprimento adequado de gás oxigênio.

Catabolismo e anabolismo

As reações químicas do metabolismo são divididas em dois grandes conjuntos: anabolismo e catabolismo. O anabolismo corresponde ao conjunto de reações entre moléculas orgânicas pequenas, gerando moléculas orgânicas maiores, basicamente em um processo de síntese. O catabolismo corresponde às reações de degradação de moléculas orgânicas.

Quimiossíntese

É um processo de produção de glicídios (carboidratos), empregando energia liberada em certas reações químicas. A quimiossíntese é realizada por procariontes, como bactérias e arqueas.

As reações químicas da quimiossíntese ocorrem entre substâncias inorgânicas e envolvem oxidação. Com a formação do produto da reação, libera-se energia, empregada na produção de glicídio a partir de CO₂ e água.

Fotossíntese

É um processo realizado por plantas, algas e cianobactérias. Constitui a principal fonte de alimento orgânico e de gás oxigênio para os seres vivos do planeta.

Equações representativas da fotossíntese

A fotossíntese é tradicionalmente representada pela equação:



A luz é absorvida pela clorofila, que apresenta um átomo central de magnésio. O O₂ produzido na fotossíntese é proveniente da quebra da molécula de água, com a participação da luz. Outra forma de representar a equação é:



Cloroplastos e outros plastos

Plantas e algas têm cloroplastos, onde ocorre a fotossíntese. Em cianobactérias, a fotossíntese ocorre em lamelas membranosas do citosol. Um cloroplasto apresenta uma membrana externa e uma membrana interna. O interior tem lamelas membranosas, ligadas a pequenas bolsas denominadas tilacoides; o espaço interno é preenchido pelo estroma. No interior dos tilacoides e das lamelas, há pigmentos, como clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides. Uma pilha de tilacoides constitui um *granum*; *grana* é o conjunto de todos os tilacoides. Cloroplastos apresentam DNA circular sem histonas.

A clorofila *a* está presente em plantas, algas e cianobactérias. Plantas e algas verdes também têm clorofila *b*. Considera-se que as algas verdes foram ancestrais das plantas.

Há outros tipos de plasto. Os leucoplastos não têm pigmentos; os amiloplastos acumulam amido; os cromoplastos têm pigmentos, mas não possuem clorofila, sendo incapazes de realizar fotossíntese, mas são responsáveis pela cor de frutos e de muitas flores e folhas (quando sua coloração é diferente do verde).

Etapas da fotossíntese

Didaticamente, as reações da fotossíntese são divididas em dois grandes conjuntos:

- etapa fotoquímica, ou fase de claro: só ocorre em presença de luz e acontece nos tilacoides e nas lamelas.
- etapa química: não depende de luz e é realizada no estroma.

A etapa fotoquímica envolve dois grandes processos:

- fotólise da água: corresponde à quebra da molécula de água, gerando gás oxigênio, elétrons e H⁺. Elétrons e H⁺ são transferidos do NADP⁺, formando NADP + H⁺.

- fotofosforilação: é a formação de ATP a partir de ADP e Pi, empregando a energia luminosa.

A etapa química utiliza gás carbônico e os compostos gerados na etapa fotoquímica. A etapa química apresenta o ciclo das pentoses, ou ciclo de Calvin-Benson; gera carboidrato, água, ADP, P_i e NADP⁺. O carboidrato produzido é principalmente sacarose, que flui pela seiva e é levada para outras partes da planta. A etapa química também gera amido, que pode ser, em parte, acumulado no cloroplasto.

Fisiologia da fotossíntese

A luz

A absorção de luz é uma importante etapa do processo fotossintético. Quando uma planta é exposta às diferentes faixas componentes da luz, nota-se maior atividade fotossintética nas proximidades do vermelho e do azul. O menor desempenho ocorre nas faixas do verde e do amarelo.

Fatores limitantes da fotossíntese

A realização de fotossíntese depende de temperatura adequada e de fornecimento de CO₂, água e nutrientes minerais. Quando todos esses fatores são fornecidos para a planta em condições ideais, a fotossíntese tem o máximo desempenho.

Fator limitante é o fornecido em menor quantidade e, por isso, impede o pleno desempenho da fotossíntese. Se o fornecimento do fator limitante aumentar, a taxa de fotossíntese aumenta. CO₂, luz e temperatura podem atuar como fatores limitantes.

Ponto de compensação fótico, ou luminoso, é a intensidade luminosa em que a taxa de fotossíntese e a de respiração se equivalem. Assim, todo CO₂ gerado na respiração é consumido na fotossíntese, e todo O₂ e carboidrato gerados na fotossíntese são consumidos na respiração. Abaixo do ponto de compensação fótico, a respiração tem maior intensidade do que a fotossíntese. Acima do ponto de compensação fótico, a taxa de fotossíntese supera a taxa de respiração.

Quer saber mais?



Sites

<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-biologicas/como-as-mitocondrias-regulam-o-calcio-nas-celulas/>
(Acesso em: 15 nov. 2021)

O artigo explica um pouco o funcionamento das mitocôndrias e seus papéis desempenhados nas células.

<https://revistapesquisa.fapesp.br/leste-da-amazonia-vira-fonte-de-carbono-e-passa-a-emitir-mais-co2-do-que-absorver/>

(Acesso em: 15 nov. 2021)

O artigo relata os resultados de um estudo que mostrou que parte da Amazônia está emitindo mais gás carbônico do que absorvendo, principalmente devido a queimadas e ao desmatamento.

Exercícios complementares

1. UEM-PR 2018 Sobre o metabolismo energético, assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

- 01 Quando a respiração é aeróbia, o oxigênio atua como o acceptor final de hidrogênios.
- 02 Na glicólise, para cada molécula de glicose resultam duas moléculas de ATP e duas de NADH₂.
- 04 O ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial, e a cadeia respiratória, nas cristas mitocondriais.
- 08 Durante a fermentação láctica, há produção de duas moléculas de CO₂.
- 16 A participação de enzimas no conjunto das reações metabólicas diminui a energia de ativação dos compostos reagentes.

Soma:

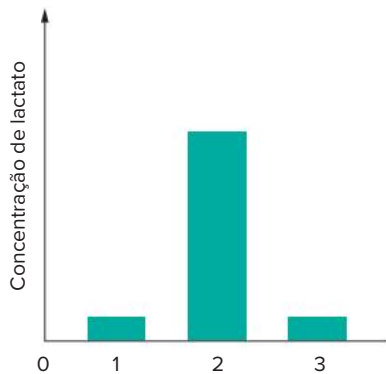
2. UEPG-PR 2018 Assinale o que for correto sobre as características gerais do metabolismo energético utilizado pelas células.

- 01 O processo de respiração anaeróbia está presente nas cianobactérias. Neste processo, a glicose é a matéria orgânica a ser degradada para obtenção de energia, por meio de vários mecanismos bioquímicos integrados.
- 2 A quimiossíntese é realizada por algumas bactérias, as quais não utilizam a energia luminosa para formação de compostos orgânicos. Por exemplo, as nitrobactérias utilizam energia química proveniente da oxidação de íons nitrito para síntese da matéria orgânica.
- 04 A fotossíntese, considerada o principal processo autotrófico, é realizada pelos seres clorofilados. Por exemplo, as bactérias fotossintetizantes (fotoautotróficas) fazem uso de gás carbônico (CO₂) e água (H₂O) para formação de carboidratos e gás oxigênio (O₂).
- 08 A fermentação é um processo aeróbio, com grande ganho energético, exclusivo de algumas bactérias e fungos. A glicose é degradada na presença de oxigênio, gerando substâncias como o álcool etílico (fermentação alcoólica), por exemplo.

Soma:

3. **Uerj** A concentração de lactato no sangue de uma pessoa foi medida em três diferentes momentos:
- antes do início de um intenso exercício muscular;
 - ao final desse exercício;
 - algumas horas após seu final.

Os resultados obtidos estão representados no gráfico.



Explique o aumento da concentração de lactato sanguíneo observado e justifique a importância de sua produção para que as reações químicas da glicólise não sejam interrompidas.

4. **Unesp** A realização dos jogos pan-americanos no Brasil, em julho de 2007, estimulou muitos jovens e adultos à prática de atividades físicas. Contudo, o exercício físico não orientado pode trazer prejuízos e desconforto ao organismo, tais como as dores musculares que aparecem quando são realizados exercícios intensos. Uma das possíveis causas dessa dor muscular é a produção e o acúmulo de ácido láctico nos tecidos musculares do atleta. Por que se forma ácido láctico durante os exercícios e que cuidados um atleta amador poderia tomar para evitar a produção excessiva e acúmulo desse ácido em seu tecido muscular?

5. **Uece 2019** Atente para o seguinte trecho sobre respiração aeróbica e assinale a opção que completa correta e respectivamente as lacunas:
- “Visto que a _____ é a forma de energia usada pelas células para realizar os processos biológicos, os elétrons ricos em energia capturados na glicólise (NADH) e _____ (NADH e $FADH_2$) devem ser convertidos para ATP. Este processo é dependente de _____ e envolve uma série de carreadores de elétrons, conhecida como _____”.
- fotossíntese — no ciclo do ácido cítrico — CO_2 — ciclo de Calvin
 - fosforilação — no ciclo de Calvin — O_2 — cadeia de transporte de elétrons
 - fotofosforilação — no ciclo de Calvin — CO_2 — ciclo do ácido cítrico
 - fosforilação — no ciclo do ácido cítrico — O_2 — cadeia de transporte de elétrons

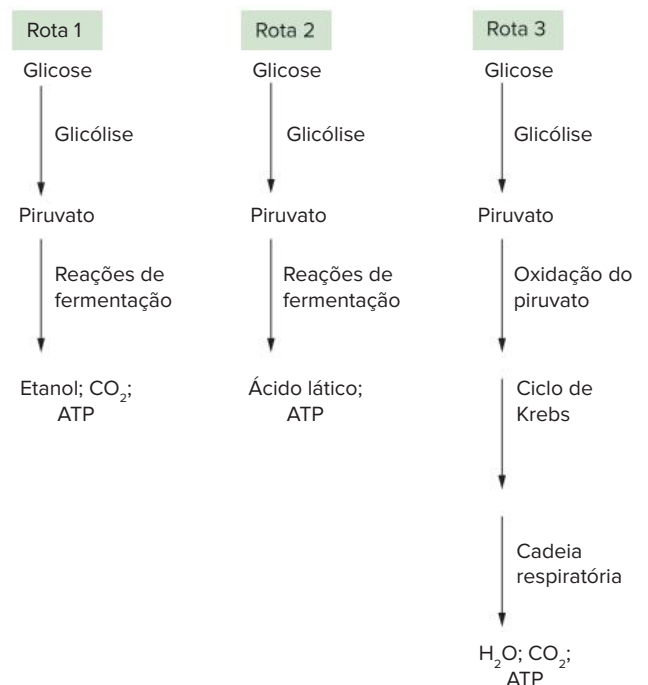
6. **UFPR 2018** Considerando a fotossíntese e a respiração celular aeróbica, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- Quando a taxa de fotossíntese é maior que a taxa de respiração celular, há maior disponibilidade de carboidratos para a planta.
- Em plantas, a taxa de fotossíntese é sempre superior à taxa de respiração celular aeróbica.
- As taxas de fotossíntese e de respiração celular podem se equivaler, de modo que todo o gás carbônico produzido na respiração é utilizado na fotossíntese.
- A fotossíntese produz carboidratos, que são utilizados na respiração celular, e a respiração celular transforma os carboidratos em dióxido de carbono, que é utilizado na fotossíntese.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- F – V – V – F.
- V – F – V – V.
- V – V – F – V.
- F – F – F – V.
- V – F – F – F.

7. **Unesp** Os esquemas representam três rotas metabólicas possíveis, pelas quais a glicose é utilizada como fonte de energia.



- Quais rotas ocorrem em ambiente totalmente anaeróbico?
- Cite dois grupos de organismos nos quais se verificam as rotas 1 e 2. Cite dois produtos da indústria alimentícia fabricados a partir dos processos representados nessas rotas.

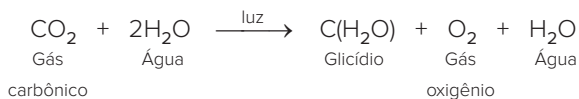
8. **Enem PPL 2020** As plantas, em sua fase de crescimento, necessitam de grande quantidade de carbono, sequestrado pela fotossíntese, para a produção de biomassa. O sequestro de carbono pelas plantas é aumentado
- reciclando papel.
 - mantendo intactas as florestas nativas.
 - fazendo o replantio de áreas degradadas.
 - evitando a queima de madeira e de áreas de floresta.
 - substituindo a madeira de bens duráveis por materiais alternativos.

9. **Unicamp-SP** No século XVIII foram feitos experimentos simples mostrando que um camundongo, colocado em um recipiente de vidro fechado, morria depois de algum tempo. Posteriormente, uma planta e um camundongo foram colocados em um recipiente de vidro, fechado e iluminado, e verificou-se que o animal não morria.
- Por que o camundongo morria no primeiro experimento?
 - Que processos interativos no segundo experimento permitem a sobrevivência do camundongo? Explique.
 - Quais as organelas celulares relacionadas a cada um dos processos mencionados na sua resposta ao item b)?

10. **UPF-RS 2020** O ATP (adenosina trifosfato) é a principal fonte de energia química disponível para o metabolismo celular, uma vez que sua hidrólise é altamente exergônica.

Em células eucariotas, o ATP é produzido:

- no núcleo e nos ribossomos.
 - nos cloroplastos e nos ribossomos.
 - nas mitocôndrias e nos ribossomos.
 - no núcleo e nas mitocôndrias.
 - nas mitocôndrias e nos cloroplastos.
11. **UFJF-MG 2019** A fotossíntese é um processo essencial à vida, cuja equação simplificada pode ser vista abaixo:



- Qual é a organela celular que ocorre em vegetais, responsável pelos processos bioquímicos da equação apresentada?
 - Quais são as quatro etapas da fotossíntese?
 - Diferencie organismos autotróficos de organismos heterotróficos.
12. **UFSC 2018** A figura a seguir representa esquematicamente um sistema bioeletroquímico integrado. Nessa figura, os catalisadores feitos de metais (representados em **A** e **B**) promovem a fotólise da água através da energia solar (1ª etapa) e a bactéria geneticamente modificada *Ralstonia eutropha* (representada em destaque) converte o dióxido de carbono (CO₂) e o gás hidrogênio (H₂) em isopropanol (2ª etapa), um combustível líquido.

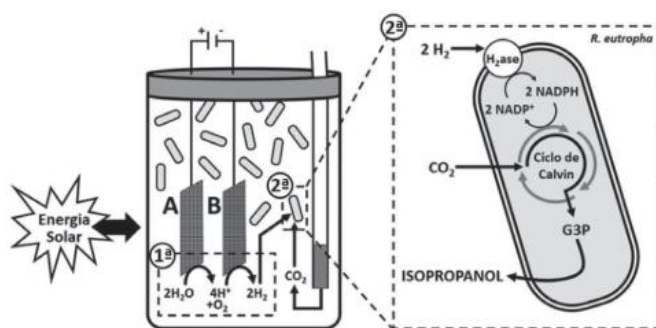


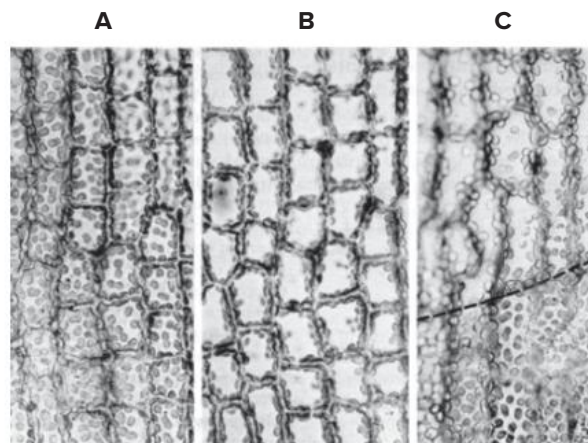
Figura reproduzida de: TORELLA, J. P.; GAGLIARDI, C. J.; CHEN, J. S.; BEDIAKO, D. K.; COLÓN, B.; WAY, J. C.; SILVER, P. A.; NOCERA, D. G. Efficient solar-to-fuels production from a hybrid microbial-water-splitting catalyst system. PNAS, v. 112, n. 8, p. 2338, 2015. [Adaptada].

Sobre o sistema bioeletroquímico apresentado na figura e sobre a fotossíntese, que ocorre na natureza, é correto afirmar que:

- todas as reações que ocorrem na bactéria *Ralstonia eutropha* são observadas na fase química (ou fase enzimática) da fotossíntese.
- a fase química da fotossíntese pode ser influenciada pela variação de temperatura.
- observa-se, no sistema bioeletroquímico, a participação de catalisadores de origem abiótica (metais) e de catalisadores de origem biótica (enzimas) para a obtenção do isopropanol.
- diferentemente do que ocorre no sistema bioeletroquímico, o oxigênio liberado na fotossíntese é proveniente do CO₂.
- a fotólise da água no sistema bioeletroquímico ocorre nos tilacoides das bactérias.
- as duas fases da fotossíntese (fotoquímica e química) ocorrem no interior de cloroplastos de algas, bactérias, protozoários, fungos e plantas.
- a energia solar atua diretamente nas bactérias transgênicas presentes no sistema bioeletroquímico.

Soma:

13. **Uerj** Três preparações de alga foram iluminadas por feixes de luz perpendiculares, de diferentes intensidades. Observe as fotomicrografias A, B e C.



Bruce Alberts et al. New York: Garland Editores, 1983. (Adapt.).

O feixe luminoso foi de baixa intensidade em A e na parte inferior de C (abaixo da linha tracejada); de alta intensidade em B e na parte superior de C (acima da linha tracejada).

Pode-se observar que os cloroplastos:

- tendem a empilhar-se junto às paredes celulares situadas paralelamente ao feixe da luz quando este é muito intenso;
- tendem a se dispor em uma monocamada perpendicular à direção da luz, quando o feixe luminoso é de baixa intensidade.

Explique a vantagem, para a alga, de os cloroplastos assumirem a disposição verificada, quando iluminados com um feixe de baixa intensidade.

- 14. UCS-RS 2020** As células eucarióticas possuem uma série de organelas, entre elas, as mitocôndrias e os cloroplastos. As funções dessas duas organelas estão relacionadas com processos de obtenção e transformação de energia.

Diante disso, é correto afirmar que

- a) ambas as organelas são delimitadas por uma bicamada lipídica, com a mesma composição proteica e lipídica da membrana plasmática da célula.
- b) as mitocôndrias surgem exclusivamente por autoduplicação, enquanto que os cloroplastos se multiplicam por brotamento.
- c) a função das mitocôndrias é a respiração anaeróbia, que resulta na produção de ATP.
- d) o pigmento mais abundante no interior dos cloroplastos é a clorofila, responsável por captar a luz solar que será a energia necessária para o processo de fotossíntese.
- e) as mitocôndrias, assim como os cloroplastos, possuem semelhanças com organismos bacterianos e, devido a essas semelhanças, são consideradas peças-chave na teoria abiogênica da origem da vida.

- 15. Fatec-SP** Várias plantas de espécies diferentes, identificadas por A, B e C, depois de já terem germinado e crescido alguns centímetros, foram cultivadas em uma estufa especial sob iluminação contínua e constante. Notou-se que as plantas da espécie A não cresceram (continuaram com o mesmo tamanho), as da espécie B morreram, e as da espécie C continuaram a se desenvolver.

Assinale a alternativa correta sobre esses resultados obtidos.

- a) As plantas da espécie B morreram por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa superior ao seu ponto de compensação fótica.
- b) As plantas da espécie A não cresceram por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa superior ao seu ponto de compensação fótica.
- c) As plantas da espécie C continuaram a se desenvolver por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa igual ao seu ponto de compensação fótica.

- d) As plantas da espécie A continuaram com o mesmo tamanho por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa na qual a taxa de fotossíntese é igual à de respiração.
- e) As plantas das espécies A e B não conseguiram se desenvolver normalmente, apesar de estarem sob iluminação contínua e constante, provavelmente por serem xerófitas, não conseguindo viver no interior de estufas.

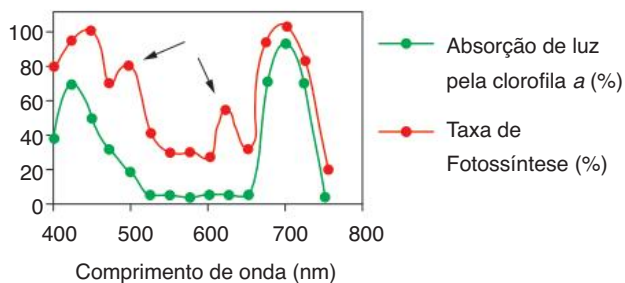
- 16. FGV-SP** O ficus é uma planta bastante usada em projetos paisagísticos, tem crescimento rápido e pode formar árvores frondosas. Dois vasos de iguais dimensões receberam, cada um deles, uma muda de ficus, de mesmo tamanho e idade. Um dos vasos foi mantido na sala de estar da residência, e o outro colocado na calçada. Ao longo do tempo, ambas as plantas receberam os mesmos cuidados com irrigação e adubação, porém a planta da calçada desenvolveu-se rapidamente, enquanto que a da sala praticamente não cresceu.

Pode-se dizer que, provavelmente:

- a) ambas as plantas foram mantidas próximas aos seus pontos de compensação fótica. A planta da calçada permaneceu em um ambiente com maior concentração de gás carbônico, o que promoveu seu maior crescimento.
- b) ambas as plantas foram mantidas acima de seus pontos de compensação fótica. A planta da sala permaneceu em um ambiente com maior concentração de gás carbônico, o que inibiu seu crescimento.
- c) a planta da sala foi mantida abaixo de seu ponto de compensação fótica, enquanto que a da calçada foi mantida em seu ponto de compensação. A concentração de gás carbônico deve ter tido pouca influência na diferença de crescimento dessas plantas.
- d) a planta da sala foi mantida próxima ao seu ponto de compensação fótica, enquanto que a da calçada esteve acima de seu ponto de compensação. A concentração de gás carbônico deve ter tido pouca influência na diferença de crescimento dessas plantas.
- e) a planta da sala foi mantida acima de seu ponto de compensação fótica, enquanto a da calçada foi mantida abaixo de seu ponto de compensação. A concentração de gás carbônico deve ter tido pouca influência na diferença de crescimento dessas plantas.

- 17. UFRJ** As plantas, para realizar a fotossíntese, absorvem a luz do sol de comprimento de onda entre 400 e 700 nanômetros. Essa absorção é feita na maioria dos casos através de pigmentos de clorofila. Na figura é mostrado o percentual de luz absorvido pela clorofila a de uma planta e a taxa de fotossíntese dessa planta, que é proporcional à quantidade de luz

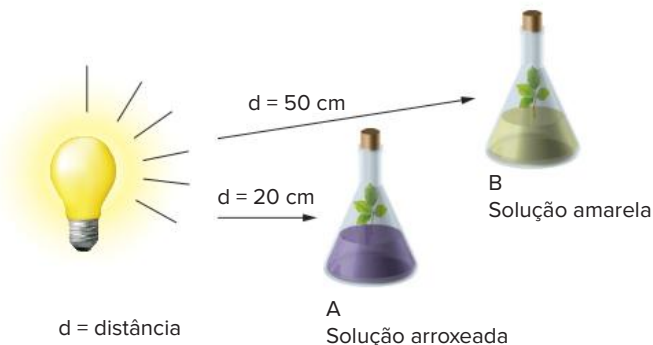
absorvida. Na figura, duas setas indicam dois pontos onde ocorre um aumento da taxa de fotossíntese fora de correspondência com a taxa de absorção da clorofila a .



Como pode ser explicado o aumento da taxa de fotossíntese nos pontos indicados pelas setas?

18. Unesp (Adapt.) CO_2 e temperatura são dois importantes fatores que influenciam o processo de fotossíntese. Trace as curvas que representam a variação na taxa de fotossíntese em resposta à concentração de CO_2 e essa mesma variação em resposta à variação de temperatura.

19. Unifesp O vermelho de cresol é uma substância que serve como indicadora do pH. Em meio alcalino, torna-se roxa; em meio ácido, amarela. Num estudo sobre taxa de fotossíntese, foi realizado o seguinte experimento:



Sabendo que o vermelho de cresol absorve o CO_2 do meio e permanece em solução na forma de ácido carbônico (H_2CO_3), responda.

- Em qual tubo, A ou B, houve maior taxa de fotossíntese? Justifique sua resposta.
- Explique o que ocorreu no outro tubo com relação à fisiologia da planta que ali se encontra.

20. UEPG-PR Sobre o processo da fotossíntese, assinale o que for correto.

- Em condições de alta luminosidade, os cloroplastos tendem a formar grandes quantidades de açúcares.
- Em condições de baixa luminosidade, os cloroplastos tendem a produzir grandes quantidades de aminoácidos.

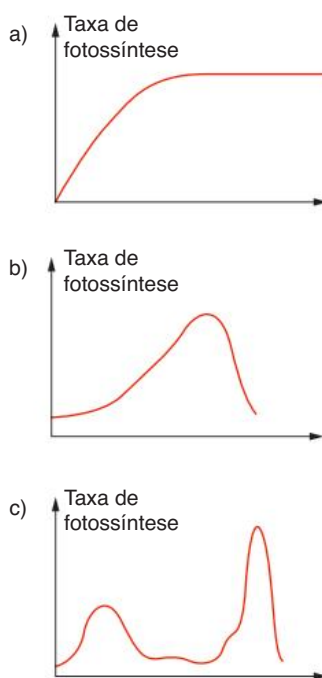
04 Temperaturas superiores a 45°C estimulam o aumento da taxa de fotossíntese em plantas mantidas em condições ideais de luminosidade e concentração de gás carbônico.

08 No ambiente natural, em condições ideais de luminosidade e temperatura, o CO_2 é fator limitante do processo de fotossíntese.

16 Luzes de cores diferentes, com diferentes comprimentos de onda, influem igualmente no processo fotossintético.

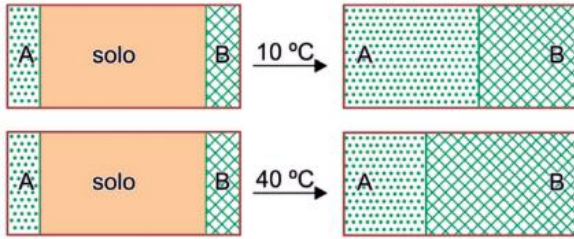
Soma:

21. UFPE A taxa fotossintética é influenciada por diferentes fatores, entre os quais a temperatura e a concentração de gás carbônico. Ela varia em função dos comprimentos de onda da luz visível. Com relação a esse assunto, analise as proposições a seguir.

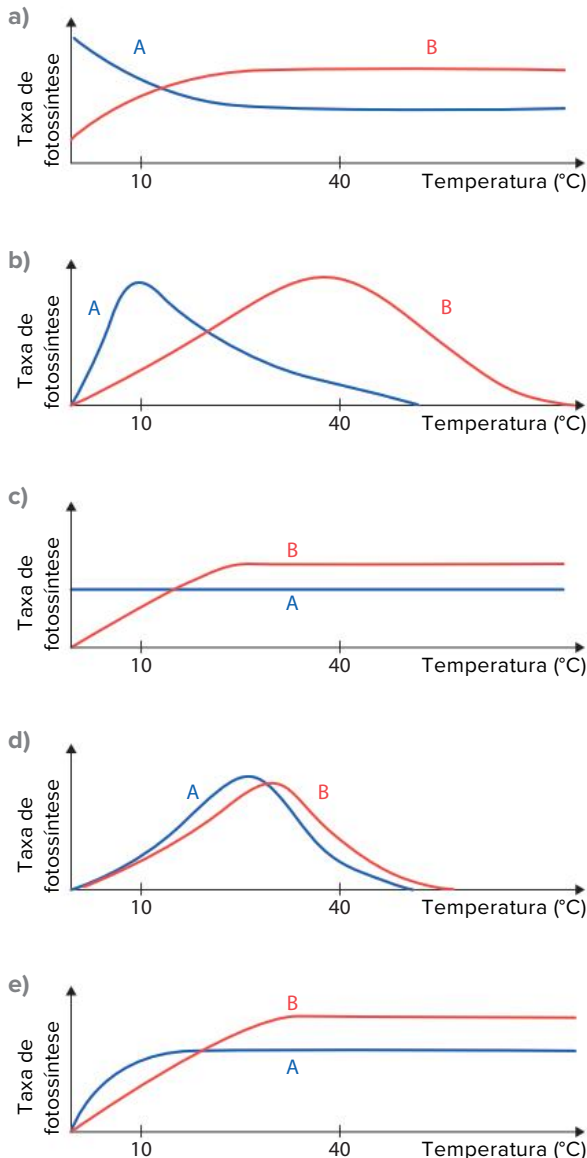


- O gráfico (A) ilustra a influência da concentração do dióxido de carbono na taxa de fotossíntese.
- A taxa fotossintética varia em diferentes vegetais; o gráfico (B) ilustra a influência da temperatura na taxa de fotossíntese.
- O gráfico (C) serve para ilustrar a variação das taxas fotossintéticas em vários comprimentos de onda da luz branca, em que o primeiro e o segundo picos observados correspondem, respectivamente, à absorção da cor azul e da vermelha.
- A taxa de fotossíntese é máxima a uma determinada concentração de gás carbônico, sob elevada intensidade luminosa; o gráfico (B) ilustra a relação entre essas variáveis.
- Em (A), ilustra-se a variação na taxa de fotossíntese em função da temperatura; e em (C), em função da concentração de gás carbônico.

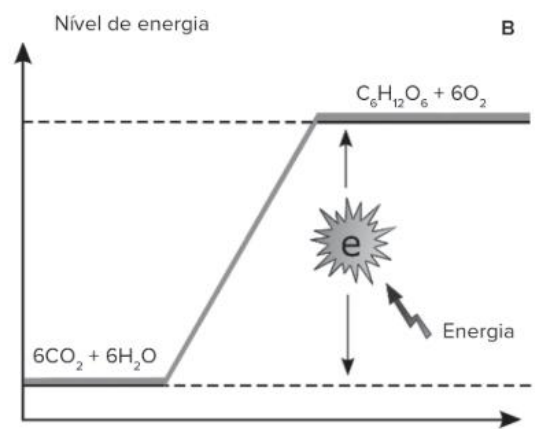
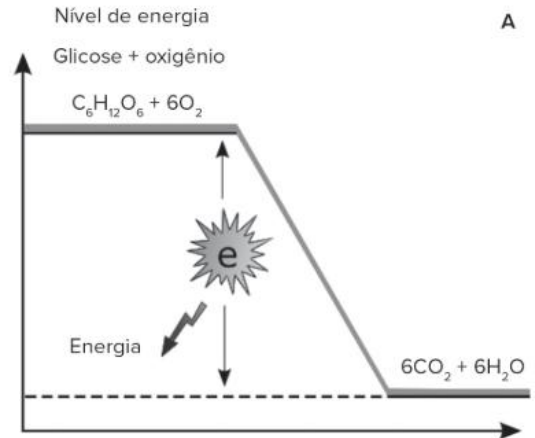
22. Unesp 2021 A figura mostra um experimento realizado com duas espécies de gramíneas, A e B. As gramíneas foram inicialmente plantadas em uma curta faixa nos extremos opostos de duas caixas retangulares contendo solo. As caixas foram acondicionadas em ambientes separados e submetidas à mesma intensidade luminosa. Por semanas, ambas as caixas foram regadas igualmente, mas uma delas foi mantida a 10 °C e a outra, a 40 °C.



O gráfico que melhor representa a variação da taxa de fotossíntese de ambas as espécies, em relação às temperaturas a que foram submetidas, é:



23. UEPG-PR 2018 Os gráficos esquemáticos a seguir ilustram os padrões de energia liberada e incorporada em dois processos extremamente importantes para o funcionamento de uma célula vegetal. Analise as alternativas e assinale o que for correto.



Adaptado de: Lopes, S. Rosso, S. BIO. 2a ed. Volume 1. Editora Saraiva, São Paulo. 2010.

- 01 O gráfico (A) representa o processo de respiração. Trata-se de uma reação exergônica, visto que os reagentes possuem mais energia do que os produtos, sendo que parte da energia dos reagentes é liberada na forma de calor.
- 02 Em (A), trata-se de um processo endergônico, com liberação de energia pela reação. Visto que os reagentes (como a glicose, por exemplo) possuem menos energia do que os produtos.
- 04 O gráfico (B) representa o processo de fotossíntese. Equação geral: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$.
- 08 O processo de fotossíntese pode ser observado no gráfico representativo (A), em que ocorre uma reação do tipo exergônica, ou seja, com liberação de energia.
- 16 Em (B), o gráfico representa uma reação química do tipo endergônica, em que os reagentes têm menos energia do que os produtos.

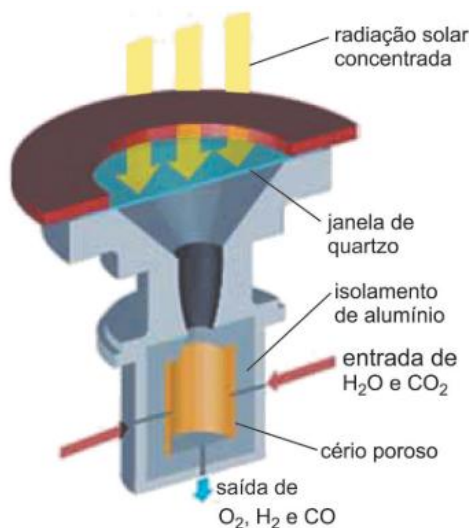
Soma:

24. UFRGS 2020 Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Os cloroplastos presentes no citoplasma das células de angiospermas são envoltos por duas membranas externas. Internamente apresentam pequenas bolsas em forma de disco chamadas, que se empilham e formam um complexo membranoso denominado

- a) tilacoides – grana
- b) vacúolos – estroma
- c) cristas – vesícula
- d) grana – estroma
- e) cisternas – crista

25. Uefs-BA 2018 Cientistas construíram uma máquina que captura radiação solar em sua parte superior e H_2O e CO_2 em suas laterais. No interior da máquina, a radiação solar e os gases capturados reagem com o elemento químico cério. A máquina, então, expele gás oxigênio, gás hidrogênio e monóxido de carbono, como mostra a figura.



(www.folha.uol.com.br, 24.10.2010)

O funcionamento dessa máquina assemelha-se à etapa

- a) química da fotossíntese.
- b) fotoquímica da fotossíntese.
- c) química da fermentação alcoólica.
- d) da glicólise da respiração celular.
- e) de fotofosforilação da respiração celular.

26. UFRGS 2018 A mitocôndria é uma organela da célula eucariótica.

Considere as seguintes afirmações sobre essa organela.

- I. A membrana interna forma pregas, possibilitando o aumento da superfície que contém proteínas e enzimas da cadeia respiratória.
- II. A membrana externa apresenta aceptores que participam da glicólise.
- III. Ela está presente em abundância nas células do tecido muscular estriado esquelético.

Quais estão corretas?

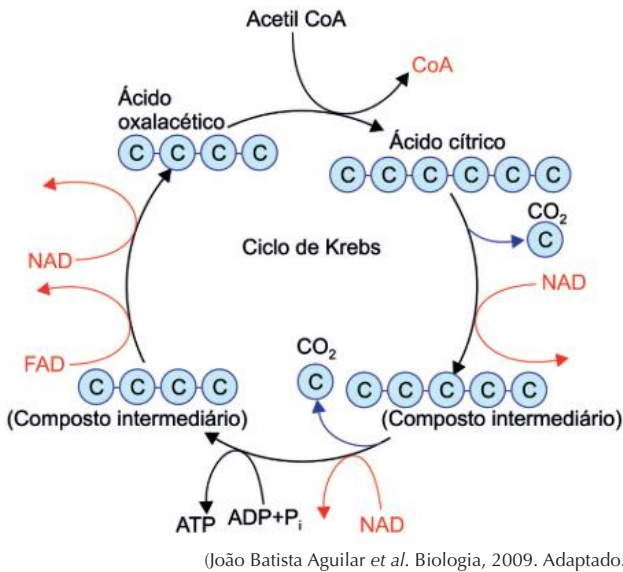
- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

27. PUC-SP No interior de uma célula vegetal, a quebra de moléculas de água que se dá na etapa fotoquímica do processo de fotossíntese fornece íons hidrogênio, elétrons e oxigênio.

Com relação a esses produtos, pode-se afirmar que:

- a) o oxigênio é utilizado na atividade dos cloroplastos e os íons hidrogênio, e os elétrons na atividade das mitocôndrias.
- b) os íons hidrogênio e os elétrons são utilizados na atividade dos cloroplastos, e o oxigênio na atividade das mitocôndrias.
- c) o oxigênio e os elétrons são utilizados na atividade dos cloroplastos, e os íons hidrogênio na atividade das mitocôndrias.
- d) o oxigênio e os íons hidrogênio são utilizados na atividade dos cloroplastos, e os elétrons na atividade das mitocôndrias.
- e) os três produtos são utilizados na atividade dos cloroplastos e das mitocôndrias.

28. Famema-SP 2018 O esquema representa o Ciclo de Krebs.



- O Ciclo de Krebs é uma das fases de qual reação celular? Em que organela ocorre esse ciclo?
- Qual a função dos NAD e FAD, representados no esquema? Qual a relação dessas moléculas com a síntese de ATP?

29. UFPeI-RS A presença de folhas brancas ou variegadas pode dever-se a uma série de fatores. As folhas brancas herdadas são oriundas de mutações em genes do núcleo da célula, das mitocôndrias ou dos plastos. Tais mutações resultam, direta ou indiretamente, na incapacidade de acumular pigmentos fotossintéticos. Assim, as regiões brancas não são capazes de realizar a fotossíntese.

Ciência Hoje, v. 40, ago. 2007. (Adapt.).

Com base no texto e em seus conhecimentos, analise as seguintes afirmativas.

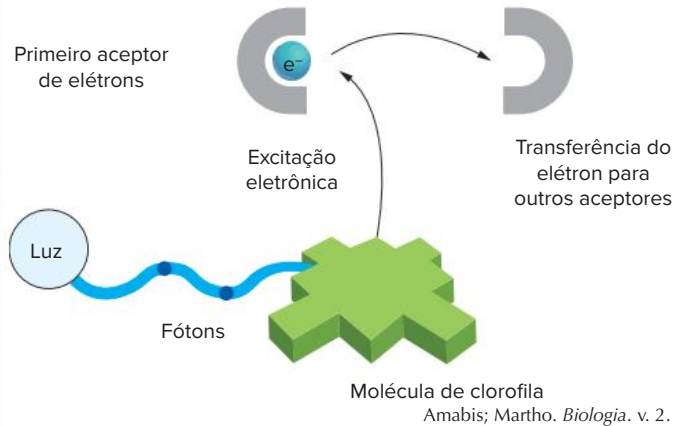
- Os cloroplastos, organelas que apresentam DNA, podem sofrer mutação genética que acarreta a incapacidade de acumular clorofila – pigmento encontrado nos tilacoides –, inviabilizando o processo fotossintético.
- Os plastos são formados a partir de protoplastos, em que cada célula especializada origina um tipo de plasto diferente, o qual é incapaz de se transformar em outro tipo de plasto. Ocorrendo a mutação, cloroplastos não são formados, o que torna as folhas brancas.
- O cloroplasto é envolto por duas membranas lipoproteicas e possui internamente um elaborado sistema de bolsas membranosas interligadas. Em folhas verdes, no interior destas bolsas, existe DNA, RNA e ribossomos; já nas folhas brancas não ocorrem ribossomos, o que ocasiona a não produção de clorofila.
- Nas regiões brancas das folhas não ocorre a etapa fotoquímica, que compreende a fotofosforilação e a fotólise da água. Nas folhas verdes, a

clorofila, ao receber energia da luz, emite elétrons energizados, os quais são captados e transportados por uma cadeia de substâncias presentes na membrana do tilacoide, liberando gradativamente sua energia.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

30. Cesgranrio-RJ



Observe o esquema anterior e analise as seguintes afirmações:

- A transferência de elétrons para os aceptores permite a transformação de energia luminosa em energia química.
- Na ausência de aceptores de elétrons, poderia haver a ocorrência do fenômeno conhecido como fluorescência.
- Quando excitada pela luz, a clorofila absorve principalmente luz verde.

A(s) afirmação(ões) correta(s) é(são):

- apenas a I.
- apenas a II.
- apenas a I e a II.
- apenas a I e a III.
- apenas a II e a III.

31. Enem PPL 2018 A fotossíntese é um processo físico-químico realizado por organismos clorofilados. Nos vegetais, é dividido em duas fases complementares: uma responsável pela síntese de ATP e pela redução do NADP^+ e a outra pela fixação de carbono.

Para que a etapa produtora de ATP e NADPH ocorra, são essenciais

- água e oxigênio.
- glicose e oxigênio.
- radiação luminosa e água.
- glicose e radiação luminosa.
- oxigênio e dióxido de carbono.

32. UFJF-MG 2019 Um dos primeiros cientistas a se preocupar com a luz no fenômeno da fotossíntese foi o alemão T. W. Engelmann, o qual provou que a clorofila absorve determinados comprimentos de onda da luz branca. Em 1881, utilizando-se de uma alga (*Cladophora*) e de bactérias aeróbias que procuram altas concentrações de oxigênio, Engelmann pôde constatar que, através da decomposição da luz incidida em um pequeno filamento da alga, havia maior ou menor concentração de bactérias, dependendo das cores do espectro. Ele concluiu que, em determinados comprimentos de onda, a fotossíntese era mais intensa, pois onde havia maior quantidade de oxigênio, havia maior concentração de bactérias. Isso mostra que a fotossíntese possui um “espectro de ação” dependente dos diferentes comprimentos de onda da luz branca.

(ALMEIDA et al. *Leitura e escrita em aulas de ciências: luz, calor e fotossíntese nas mediações escolares*. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2008. p. 95-96.)

A partir do experimento descrito acima, em qual das cores do espectro Engelmann identificou menor concentração de bactérias?

- a) Violeta.
- b) Azul - arroxeada.
- c) Verde.
- d) Laranja.
- e) Vermelho.

BNCC em foco

EM13CNT303

1. Leia o texto a seguir e responda às questões.

Isolado na África em 1947, o vírus zika tem predileção pelas células do cérebro. Essa relação, no entanto, só passou a ser investigada na epidemia de 2015 e 2016 [no Brasil], quando se confirmou que o vírus pode levar ao nascimento de crianças com cérebro pequeno (microcefalia) e danos cerebrais. [...] Recentemente, viu-se que o alvo preferencial são os astrócitos, células que coordenam o desenvolvimento e a defesa do sistema nervoso central. Agora, um grupo coordenado pelo neurocientista Stevens Rehen, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e do Instituto D’Or de Pesquisa e Ensino, detalhou como se dão os danos nos astrócitos. O zika se apodera das usinas de força (mitocôndrias) [...]

ZORZETTO, Ricardo. “O vírus zika e os astrócitos”. *Revista Pesquisa FAPESP*, São Paulo, n. 289, mar. 2020, p. 14.

- a) No texto, as mitocôndrias são chamadas de “usinas de força”. De fato, nessas organelas ocorre um processo que justifica tal denominação. Que processo é esse e qual sua importância?
- b) Esquematize esse processo em uma equação simplificada.

EM13CNT301

2. A fabricação do chocolate também depende da fermentação. Dos frutos mais maduros do cacaueteiro (*Theobroma cacao*), são retiradas as sementes, envolvidas em uma polpa rica em açúcares, principalmente sacarose. Em seguida, elas são colocadas por cerca de sete dias em recipientes fechados, mas com perfurações na parte inferior, por onde escorre um líquido adocicado (chamado de mel).

- a) Dois dias depois, quando o recipiente é aberto, percebe-se um forte odor de álcool e também que a polpa está “desaparecendo”. Microrganismos presentes naturalmente no material (do próprio ambiente, da polpa e da casca dos frutos) realizaram um processo anaeróbico de obtenção de energia a partir do açúcar da polpa. Que tipo de fermentação ocorreu? Que evidências se tem disso?
- b) Nos cinco dias seguintes, é preciso revolver as sementes a cada 24 horas, e ocorre a entrada de O₂. Bactérias lácticas, como *Lactobacillus*, *Streptococcus* e outras, presentes naturalmente

no material, e que sobrevivem em condições aeróbias, multiplicam-se e atuam na modificação do material. Qual é o processo realizado pelas bactérias lácticas? Quais os produtos desse processo?

- c) Na fase final, percebe-se um cheiro forte de vinagre, resultado da atuação de outras bactérias (*Escherichia* e *Acetobacter*), que se reproduziram usando o álcool para obter energia. O ambiente agora está cada vez mais ácido, matando os embriões das sementes, que não poderão mais germinar. Qual o nome do processo de obtenção de energia nessa etapa? Quais as evidências disso?
- d) Para melhorar a qualidade do chocolate produzido, pesquisadores brasileiros estão investigando o uso de fermentadores mais eficientes. Um dos objetivos é diminuir a concentração de ácido láctico no processo. Que microrganismos devem ser investigados nesse caso? Discuta com seus colegas como isso pode ser feito.

EM13CNT303

3. Leia o texto.

Pekanbaru, Indonésia – As chamadas que devastam as selvas da Amazônia e da Indonésia alimentam a preocupação para com as florestas tropicais, que desempenham um papel vital na regulação do clima.

Depois da Amazônia, vastas áreas de floresta desmatada queimam na ilha de Sumatra, na Indonésia, e em Bornéu, envolvendo regiões inteiras do Sudeste Asiático com uma nuvem de fumaça tóxica.

Por que as florestas tropicais são importantes para a regulação do clima?

Embora os combustíveis fósseis sejam apontados por seu papel vital no aquecimento global, os cientistas acreditam que o desmatamento também é um fator importante. [...]

Florestas tropicais são vitais contra o aquecimento. BOL com informações da AFP, 13 set. 2019. Disponível em: www.bol.uol.com.br/noticias/2019/09/13/florestas-tropicais-sao-vitais-contra-o-aquecimento.htm. Acesso em: 15 nov. 2021.

Por que se pode afirmar que a derrubada de grandes florestas, como a Floresta Amazônica ou as florestas tropicais de outras regiões da Terra, contribui para a intensificação do aquecimento global?



Grand Prismatic Spring, em Yellowstone (Estados Unidos), uma fonte hidrotermal que chama atenção por suas cores, devido à presença de microrganismos específicos.

FRENTE 1

CAPÍTULO

9

Origem dos primeiros seres vivos

A Terra tem cerca de 4,7 bilhões de anos e suas condições ambientais nem sempre foram como são hoje. Atualmente, um ambiente com algumas semelhanças ao da Terra primitiva é encontrado no Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos. Lá, existem gêiseres e fontes termais, como os da fotografia, cuja água é rica em certos elementos químicos e a temperatura pode alcançar mais de 90 °C. Alguns estudos sugerem que a vida na Terra pode ter surgido em condições semelhantes.

Introdução

No capítulo 4 da frente 1, foi discutida a noção de que todos os seres vivos originam-se de seres vivos preexistentes por meio de reprodução. Isso se relaciona com a visão da biogênese, definitivamente demonstrada por Pasteur. No entanto, a biogênese suscita uma questão: Se um ser vivo vem de outro, que procede de outro e assim sucessivamente, como surgiu o primeiro ser vivo? Essa pergunta despertou o interesse de vários cientistas. Discutiremos, neste capítulo, algumas ideias acerca dessa questão.

Hipótese da panspermia

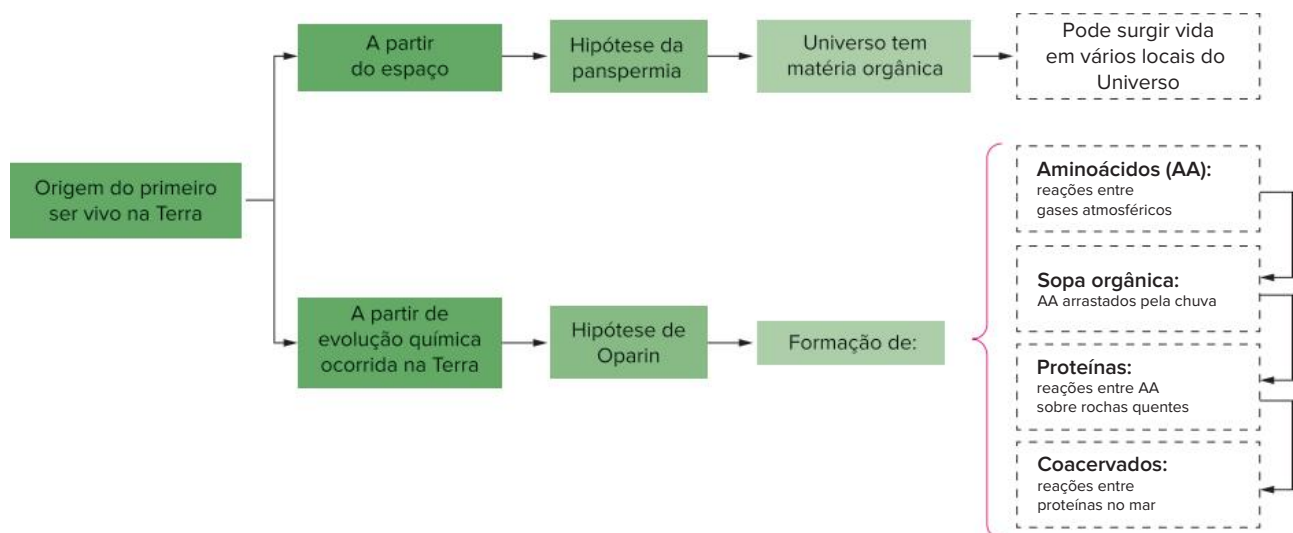
Muitos cientistas consideram que a vida em nosso planeta é procedente do espaço. Um dos defensores dessa teoria foi o químico Arrhenius. Por meio de meteoritos, seres microscópicos poderiam ter chegado à Terra e iniciado a colonização do planeta. Muitos cientistas se opuseram a essa visão, argumentando que meteoritos, ao entrarem na atmosfera, acabam se convertendo em uma massa incandescente pelo atrito com o ar, e isso inviabilizaria a sobrevivência de qualquer forma de vida. Atualmente, alguns cientistas têm se apoiado na existência de arqueas encontradas em rochas, localizadas muitos metros abaixo da superfície e que realizam processos de quimiossíntese, como prova dessa teoria. Alguns argumentam que, no interior de um grande meteorito, organismos semelhantes a arqueas poderiam ter sobrevivido ao entrar em nossa atmosfera.

Em muitas partes do Universo, há abundância de matéria orgânica. Amostras coletadas de meteoritos na superfície da Terra revelam a presença de aminoácidos e de outras substâncias orgânicas. Nas últimas décadas, o ser humano vem empreendendo uma busca sistemática de informações acerca do Universo, com estações espaciais, sondas espaciais, naves tripuladas e potentes telescópios. Um fato constatado é que há matéria orgânica espalhada pelo Universo e que ela é a base da constituição dos seres vivos. Alguns cientistas supõem que talvez a vida possa ter se originado em outros locais além da Terra. O termo **panspermia** (*pan*: geral, total; *spermia*: semente) pode ser entendido como “vida semeada” no Universo em geral.

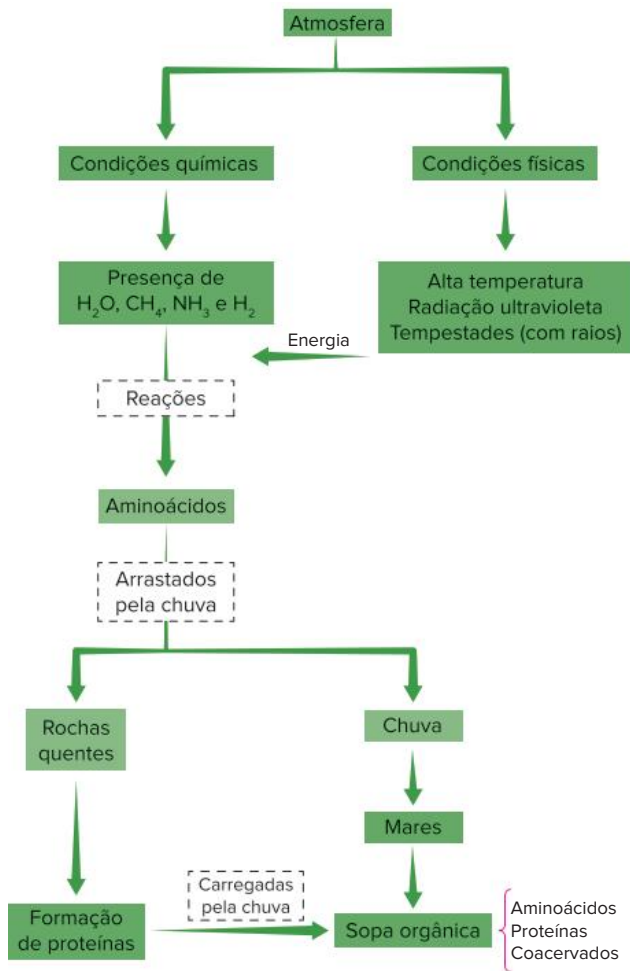
Hipótese de Oparin

Em 1924, o bioquímico russo Aleksandr Oparin elaborou uma hipótese para esse problema, também conhecida como **hipótese da evolução química dos seres vivos** ou **hipótese da evolução molecular**. Segundo Oparin, a vida surgiu na própria Terra, e não de organismos provenientes do espaço.

Baseando-se em informações da Geologia e da Astronomia, Oparin considerou que a **atmosfera primitiva** era bem diferente da atual. As condições físicas da atmosfera primitiva seriam: altas temperaturas, elevada quantidade de radiação ultravioleta (não havia a camada de ozônio) e intensas tempestades, com muitos raios. A composição química da atmosfera primitiva, segundo Oparin, seria de vapor de água, metano, amônia e gás hidrogênio. Nessas condições, os componentes da atmosfera, dispostos de muita energia (temperatura elevada e raios), reagiram entre si e deram origem a aminoácidos, que foram levados pela chuva à superfície da terra e dos mares e lagos primitivos. Nas rochas ainda aquecidas, os aminoácidos teriam reagido, formando proteínas; devido à chuva, essas proteínas foram carregadas para os mares, que começaram a se enriquecer com compostos orgânicos, formando uma espécie de sopa orgânica. As proteínas passaram a formar blocos conhecidos como **coacervados**, envolvidos por uma película de água, denominada pelos químicos camada de solvatação.

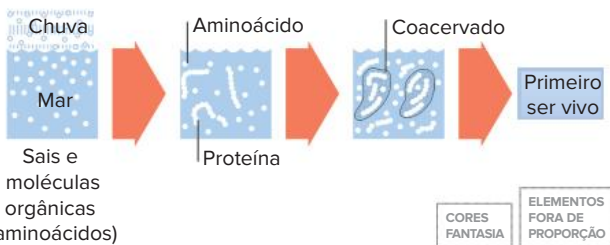


Comparação das hipóteses sobre a origem da vida na Terra: hipótese da panspermia e hipótese de Oparin.



Esquema representativo de algumas etapas da hipótese de Oparin.

Com o tempo, começaram a ocorrer reações químicas no interior dos coacervados, que se tornaram diferentes do meio externo. Em um certo ponto da evolução química, surgiu o material genético, que permitiu controlar as reações químicas e possibilitou a reprodução. Assim teria surgido o primeiro ser vivo, um organismo bastante simples e que se nutria dos compostos orgânicos presentes no oceano primitivo.



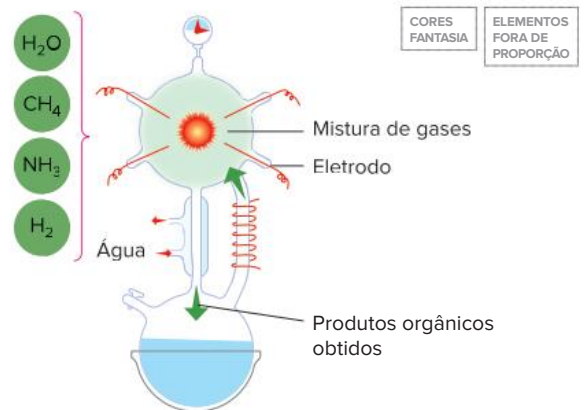
Esquema de formação dos coacervados. Sua evolução química pode ter gerado o primeiro ser vivo.

Testes da hipótese de Oparin

Oparin realizou experimentos que comprovaram a formação de coacervados em meio aquoso. No entanto, como era possível testar sua hipótese acerca da formação de aminoácidos na atmosfera primitiva? E quanto à provável formação de proteínas em rochas quentes da

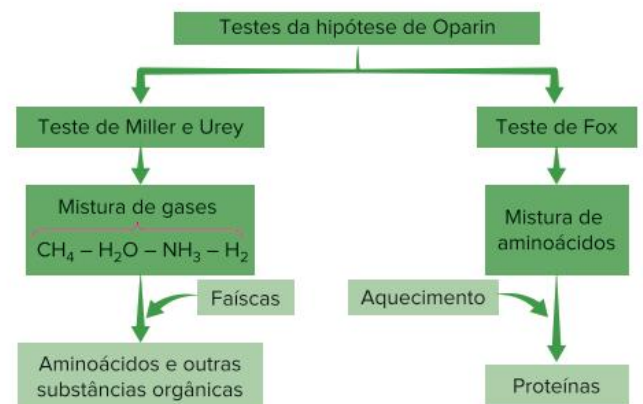
superfície do planeta? Na década de 1950, cientistas americanos tentaram reproduzir em laboratório as condições da Terra primitiva e, assim, testaram a viabilidade da hipótese de Oparin.

Em 1953, Miller e Urey projetaram um equipamento que simulava a atmosfera primitiva, nas condições concebidas por Oparin. O equipamento era composto de um balão com prováveis componentes da atmosfera primitiva: metano, vapor de água, amônia e gás hidrogênio, com pares de eletrodos conectados que produziam faíscas, simulando os raios da atmosfera. O experimento foi realizado durante uma semana e, após esse tempo, o material do interior do equipamento foi recolhido e analisado. Foram encontrados aminoácidos e muitas outras substâncias orgânicas, como monossacarídeos e bases nitrogenadas. Assim, o experimento deu credibilidade à hipótese de Oparin.



Esboço do equipamento elaborado por Miller e Urey. Em seu interior, foram colocados os gases supostamente presentes na atmosfera primitiva; faíscas geradas a partir de eletrodos simulavam raios da atmosfera.

Em 1957, Sidney Fox aqueceu uma mistura seca de aminoácidos em um recipiente de porcelana e obteve proteínas. Esse experimento também corrobora a hipótese de Oparin, pois explica a formação de proteínas sobre rochas quentes da superfície da Terra. Fox também observou que proteínas em meio aquoso aglomeram-se, constituindo o que ele denominou **microesferas**.



Representação esquemática dos experimentos de Miller-Urey e de Fox. Os resultados desses experimentos revelaram que a hipótese de Oparin era plausível.

Hipóteses heterotrófica e autotrófica – visão tradicional

A hipótese de Oparin mostrou uma possibilidade para o surgimento do primeiro ser vivo. Os cientistas que seguiram Oparin fizeram algumas suposições sobre as características desse organismo, que seria um ser vivo com grande simplicidade estrutural, procarionte e unicelular. Quanto à modalidade de nutrição, havia defensores de que esse organismo era autótrofo, produzindo matéria orgânica por meio da fotossíntese. A origem do carbono utilizado na fotossíntese seria uma falha na hipótese autotrófica, pois a atmosfera primitiva, na suposição de Oparin, não tinha gás carbônico.

Para outros cientistas, o primeiro ser vivo era heterótrofo; eles argumentavam que a produção de matéria orgânica por fotossíntese seria um processo muito complexo e incompatível com a simplicidade do primeiro ser vivo. A fonte de alimento seria a sopa orgânica, formada pelo mar onde a vida havia surgido. Outra característica desse primeiro organismo era sua incapacidade de realizar respiração para obter energia, uma vez que não havia gás oxigênio disponível na atmosfera primitiva; por isso, o primeiro organismo

deveria ser fermentador. O processo de fermentação pode desprender gás carbônico.

Com o tempo, teriam ocorrido mutações, gerando seres capazes de realizar fotossíntese. O gás carbônico estava disponível, uma vez que havia sido liberado pela fermentação. A fotossíntese produz gás oxigênio, que pode ser usado na respiração celular.

Quando o O_2 surgiu, houve uma grande extinção, pois muitos organismos não sobreviveram à sua presença. O gás oxigênio é um poderoso oxidante e pode alterar quimicamente muitas substâncias, determinando a formação de radicais livres, altamente reativos e capazes de provocar danos a diversas moléculas. Os organismos que sobreviveram a essa atmosfera oxidante deram origem, por meio de mutações, a seres capazes de realizar respiração aeróbia, aumentando muito a eficácia de obtenção de energia contida no alimento. Por outro lado, a fotossíntese disponibilizou mais alimento e gás oxigênio. Uma parte do gás oxigênio foi empregada na formação da camada de ozônio, protegendo o planeta contra a radiação ultravioleta. Isso abriu caminho para a exploração de ambientes terrestres, uma vez que a vida só era possível dentro da água e a certa distância da superfície.

Revisando

1. Segundo Oparin, quais seriam os componentes da atmosfera primitiva?

2. Na hipótese de Oparin, quais seriam as modalidades de energia mais abundantes na atmosfera primitiva?

3. De acordo com Oparin, quais seriam os produtos orgânicos gerados na atmosfera primitiva?

4. Como Oparin explicou o surgimento de proteínas na Terra primitiva?

5. O que são coacervados?

6. Quais foram os benefícios do surgimento do gás oxigênio para o planeta e para os seres vivos?

7. Atualmente, como se considera a composição química da atmosfera primitiva?

8. Na visão mais moderna, como seriam o material genético e a nutrição do primeiro ser vivo?

Exercícios propostos

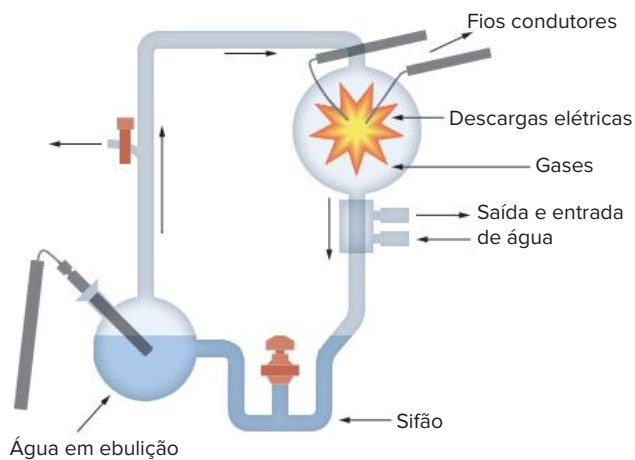
1. **Enem** Nas recentes expedições espaciais que chegaram ao solo de Marte, e através dos sinais fornecidos por diferentes sondas e formas de análise, vem sendo investigada a possibilidade da existência de água naquele planeta. A motivação principal dessas investigações, que ocupam frequentemente o noticiário sobre Marte, deve-se ao fato de que a presença de água indicaria, naquele planeta:

- a) a existência de um solo rico em nutrientes e com potencial para a agricultura.
- b) a existência de ventos, com possibilidade de erosão e formação de canais.
- c) a possibilidade de existir ou ter existido alguma forma de vida semelhante à da Terra.
- d) a possibilidade de extração de água visando ao seu aproveitamento futuro na Terra.
- e) a viabilidade, em futuro próximo, do estabelecimento de colônias humanas em Marte.

2. **Uece 2018** De acordo com as teorias sobre a origem da vida, é correto afirmar que

- a) a biogênese representa as teorias que consideravam possível o surgimento da vida a partir de compostos inorgânicos e de outros mecanismos que não sejam a reprodução.
- b) a teoria da geração espontânea ou abiogênese considera que os seres vivos surgem somente pela reprodução, indiferente das espécies envolvidas nesse evento.
- c) segundo a panspermia, a vida teve origem a partir de seres vivos oriundos de outros locais do cosmo: essa é a teoria mais aceita até hoje em função das comprovadas atividades extraterrestres na Terra.
- d) para a teoria da evolução molecular, a vida é resultado da combinação de compostos inorgânicos em moléculas orgânicas simples que se complexaram até atingirem a capacidade de autoduplicação e metabolismo.

3. **IFCE** O experimento a seguir foi elaborado por Stanley Miller em 1953, com o intuito de testar a hipótese de que moléculas orgânicas podem ter se formado nas condições atmosféricas da Terra primitiva. Marque o item que indica os gases utilizados na experiência e as substâncias orgânicas que foram sintetizadas.



	Gases utilizados	Substâncias orgânicas sintetizadas
a)	metano, amônia, vapor d'água, hidrogênio	aminoácidos
b)	metano, amônia, vapor d'água, nitrogênio	carboidratos
c)	metano, vapor d'água, nitrogênio, hidrogênio	ácidos nucleicos
d)	metano, vapor d'água, nitrogênio, dióxido de carbono	lipídeos
e)	metano, vapor d'água, nitrogênio, dióxido de carbono	aminoácidos

4. **Uneb-BA 2018**

A riqueza energética do hidrogênio deve-se à sua capacidade de transferir facilmente elétrons para outros compostos, como o oxigênio, e liberar energia. Esse processo é descrito, de modo um tanto confuso, como “redução química”. Os cientistas suspeitavam havia tempos que gases reduzidos desempenhavam papel importante na origem da vida na Terra. Na década de 20, o bioquímico russo Alexander Oparin e o evolucionista britânico J.B.S. Haldane sugeriram, isolada e independentemente, que a atmosfera primitiva da Terra pode ter sido muito rica em gases redutores, como metano, amônia e hidrogênio. E, nessas concentrações elevadas, os ingredientes químicos necessários para a vida podem ter-se formado espontaneamente.

A ideia ganhou credibilidade décadas mais tarde, com o famoso experimento dos químicos Stanley Miller e Harold Urey, da University of Chicago, em 1953. Ao aquecer e descarregar faíscas em uma mistura de gases redutores, os cientistas conseguiram criar uma gama de compostos orgânicos (a maioria contendo carbono e hidrogênio), inclusive aminoácidos, os blocos de construção

das proteínas, vitais para todas as formas de vida terrestre. Entretanto, nos anos subsequentes ao experimento, geólogos concluíram que a atmosfera ancestral não era nem de longe tão redutora como a dupla havia pensado. Segundo eles, as condições que formaram aminoácidos e outros compostos orgânicos em sua experiência provavelmente nunca existiram na atmosfera.

(BRADLEY, 2017).

Analisando-se o texto e com base nos conhecimentos sobre a origem da vida, é correto afirmar:

- Com o experimento de Miller e Urey, foi ratificada a teoria de Oparin e Haldane por conta da descoberta de seres vivos simples e sem histonas no interior da estrutura montada para simular a Terra primitiva.
- Independente dos eventos que precederam a origem do primeiro ser vivo, a presença de elementos, como carbono, oxigênio e nitrogênio na Terra primitiva, foi imprescindível.
- A elucidação dos eventos e dos processos que proporcionaram a origem do primeiro ser vivo foi decisiva para a construção dos conceitos que até hoje são aceitos como verdades imutáveis.
- Os gases presentes na atmosfera primitiva, segundo Oparin e Haldane, reagiram sob condições abióticas que viabilizaram, a todo instante, a origem e sobrevivência de qualquer ser vivo.
- Após a origem do primeiro ser vivo, foi possível a formação de uma membrana que proporcionou a existência de um citoplasma com uma composição bioquímica específica e distinta do meio externo.

5. **Mackenzie-SP 2020** A hipótese heterotrófica sobre o início da vida no planeta Terra propõe que

- a vida se diversificou a partir do surgimento dos seres heterotróficos que se alimentavam dos pioneiros autotróficos, pois permitiu o surgimento de uma maior variedade de nichos ecológicos.
- o primeiro ser vivo obtinha energia através de processos semelhantes à quimiossíntese realizada por bactérias atuais, processo mais simples do que a fotossíntese realizada pelos seres clorofilados.
- a produção de alimentos envolve processos bioquímicos complexos, o que sugere que o primeiro ser vivo fosse heterotrófico, alimentando-se de moléculas orgânicas produzidas por processos abióticos no oceano primitivo.
- o primeiro ser vivo era heterótrofo, aeróbico e procarionte, proposta que se justifica pela provável simplicidade da célula primitiva.
- a vida surgiu de reações químicas complexas, as quais ocorriam nas condições da Terra primitiva, permitindo à célula primitiva a capacidade de sintetizar seu alimento a partir das substâncias presentes na atmosfera e no oceano.

6. UEPG-PR 2017 Embora não se tenha um retrato exato dos seres vivos mais primitivos, pode-se imaginar que em seu interior ocorriam reações químicas ordenadas, as quais, controladas pelas informações genéticas, transformavam moléculas energéticas de alimento em componentes de seu próprio corpo, o que permitia crescimento e reprodução desses seres. Em relação às teorias de origem e evolução dos processos energéticos, assinale o que for correto.

- 01** Acredita-se que, no início da evolução da fotossíntese, os reagentes eram o gás carbônico e o sulfeto de hidrogênio. Esse tipo de fotossíntese é realizado ainda hoje por algumas espécies de bactérias conhecidas como sulfobactérias.
- 02** A adaptação que permitiu utilizar substâncias simples e energia da luz solar garantiu a enorme propagação das bactérias fotossintetizantes primitivas, as quais invadiram os mares e todos os ambientes úmidos do planeta.
- 04** A maioria dos seres que habitavam o planeta há dois bilhões de anos não estavam adaptados em processos celulares que protegem a célula contra os efeitos nocivos do gás oxigênio e extinguiram-se.
- 08** Os seres ancestrais das cianobactérias, além de desenvolver sistemas químicos antioxidantes, passaram a aproveitar o poder oxidante do gás oxigênio para quebrar moléculas orgânicas dos alimentos que elas mesmas produziam pela fotossíntese. A oxidação controlada das substâncias orgânicas usadas como alimento garantia alta eficiência na obtenção de energia. Surgia com esse mecanismo a respiração aeróbia.
- 16** A partir de 2,5 bilhões de anos atrás, a concentração de gás oxigênio, praticamente inexistente até então, aumentou progressivamente até atingir a porcentagem atual, em torno de 21%. O gás oxigênio liberado na atmosfera pelos seres fotossintetizantes não teve impacto à vida no planeta.

Soma:

7. Fatec-SP Uma das hipóteses sobre a origem da vida admite as seguintes ocorrências:

- I.** aquisição do processo de fotossíntese
- II.** formação de coacervados
- III.** aquisição do processo de respiração aeróbica
- IV.** utilização do alimento ambiental
- V.** aquisição do processo de fermentação

A ordem dessas ocorrências é:

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

8. UCS-RS 2017 Uma das hipóteses do surgimento dos primeiros seres vivos apoia-se no fato de que a fonte de alimentos seria constituída de moléculas orgânicas produzidas de modo abiogênico, as quais se acumulavam nos mares e lagos primitivos. Os primeiros seres vivos eram organismos muito simples, que ainda não teriam desenvolvido a capacidade de produzir substâncias alimentares, utilizando as substâncias orgânicas disponíveis no meio. Essa hipótese é denominada de

- a) panspermia.
- b) heterotrófica.
- c) geração espontânea.
- d) autotrófica.
- e) abiogênica.

9. Uneb-BA Alguém pode concluir que o surgimento da vida na Terra foi bem fácil, já que aconteceu tão rápido. No entanto, se fosse tão fácil, porque não apareceram várias formas para satisfazer a larga definição de vida que aceitamos, mas somente uma? O código genético de todos os organismos que hoje vivem na Terra, até a mais simples das bactérias, é idêntico, com poucas exceções, e isso é evidência convincente de que toda a vida que hoje existe na Terra teve uma origem única.

(MAYR, 2005, p. 225).

Com base nas informações presentes no texto e nos conhecimentos científicos a respeito do tema abordado, é correto afirmar:

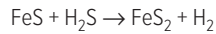
- a) As condições necessárias para que a Terra primitiva pudesse gerar vida já estavam presentes desde a formação do planeta há 4,5 bilhões de anos atrás na forma de gás carbônico, água líquida, O_2 atmosférico e uma fonte de energia luminosa.
- b) Segundo a hipótese heterotrófica, houve uma evolução química que precedeu a origem da vida representada pela evolução de componentes inorgânicos em componentes orgânicos até a formação dos primeiros sistemas vivos protobiontes.
- c) “A larga definição de vida que aceitamos” passa pelo estabelecimento de uma diversidade metabólica expressa em processos autótrofos e heterótrofos de obtenção de energia e manifestada entre os representantes de todos os cinco reinos de seres vivos.
- d) As semelhanças presentes nos seres vivos em relação ao código genético se devem ao efeito acumulador da convergência evolutiva na formação de uma estrutura análoga entre todas as espécies atuais.
- e) A diversidade de vida expressa na presença de cinco reinos entre os seres celulares é consequência inequívoca da origem pontuada em diversos momentos geológicos e em processos evolutivos autônomos.

Visão atual sobre Oparin e o primeiro ser vivo

Com o tempo, mais informações foram obtidas sobre a vida no planeta e sobre as bases moleculares da vida. Principalmente a partir da década de 1990, as ideias de Oparin, Miller e Fox foram reavaliadas.

Hoje, os cientistas consideram que a atmosfera primitiva era composta de: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), gás nitrogênio (N₂) e vapor de água. Essa conclusão é baseada principalmente na emissão de gases presentes nas erupções vulcânicas; o resultado difere bastante da proposta original de Oparin. Realizando-se o experimento similar ao de Miller e Urey, são ainda obtidas moléculas orgânicas, como aminoácidos.

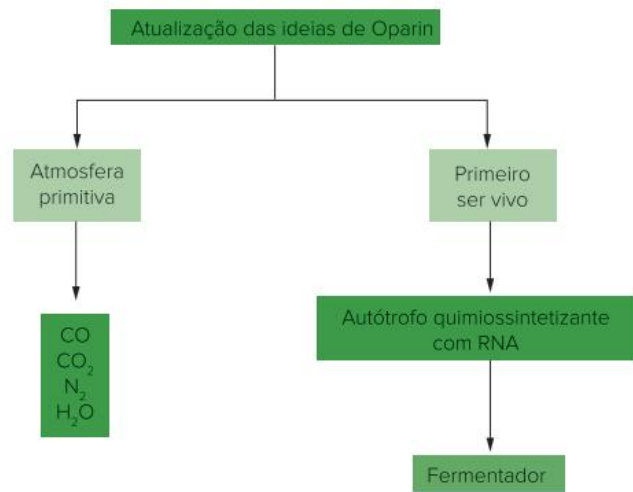
Por outro lado, a nutrição do primeiro ser vivo também foi reconsiderada. Um dos argumentos é que os mares primitivos não teriam uma concentração de compostos orgânicos plausível como fonte de alimento, ou seja, seriam uma sopa orgânica muito diluída e inviável para atender à demanda. Além disso, o processo de quimiossíntese é bioquimicamente muito mais simples do que a fotossíntese e poderia ter ocorrido com o primeiro ser vivo. Um dos dados obtidos que apoiam essa hipótese é a existência de arqueas quimiossintetizantes no Parque Yellowstone, nos Estados Unidos. Em proximidades de fendas vulcânicas, há arqueas que produzem matéria orgânica a partir da seguinte reação de oxidação:



Muitos cientistas consideram que esse tipo de processo poderia ocorrer em organismos primitivos, em condições similares às que existiam em lagos ou mares da Terra primitiva (temperatura elevada).

Em relação ao material genético, os cientistas estão inclinados a considerar que o RNA, e não o DNA, foi o primeiro ácido nucleico dos seres vivos da Terra. O RNA é menor e mais simples que o DNA; algumas moléculas de RNA podem ter ação catalítica (são as ribozimas). Portanto, segundo essa concepção, houve um período na história da vida do planeta em que só havia RNA como ácido nucleico. Esse período é designado com a expressão “mundo do RNA”.

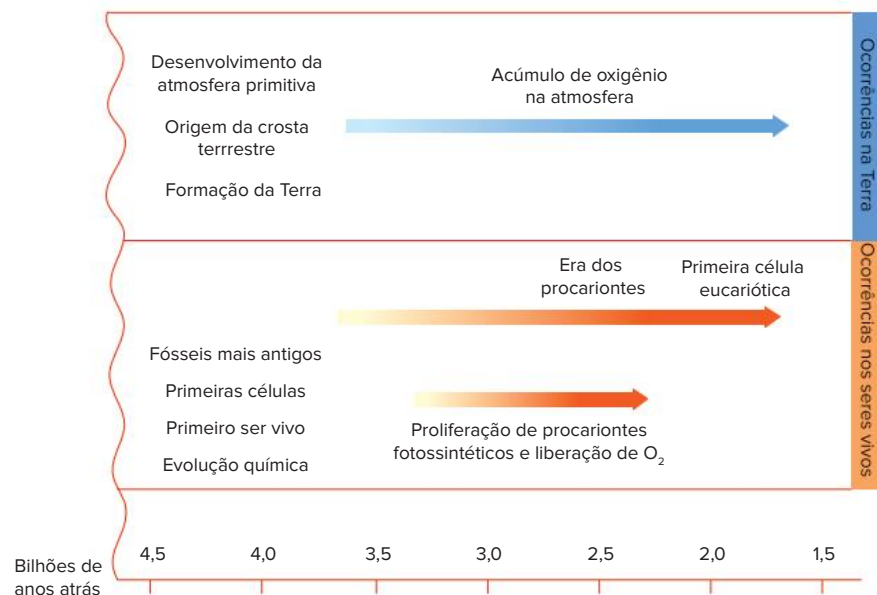
É possível que o RNA tenha, posteriormente, originado, por reações químicas, o DNA, que passou a funcionar como a molécula depositária da informação genética. O RNA, por sua vez, começou a desempenhar um papel de auxiliar nos processos metabólicos comandados pelo DNA.



Novas considerações sobre as características da Terra primitiva e dos primeiros seres vivos.

Em termos de organização celular, provavelmente o primeiro organismo era procarionte, mais simples. Com o tempo, surgiram, por mutações, os organismos eucariontes. Posteriormente, veio a pluricelularidade, e novos organismos se desenvolveram.

Atualmente, os seres vivos são agrupados em três domínios: Bacteria (bactérias), Archaea (arqueas) e Eukarya. Eukarya é constituído por todos os eucariontes, com os reinos Fungi (fungos), Protocista (protozoários, algas e outros), Animalia (animais) e Plantae (plantas).



Texto elaborado para fins didáticos.

Quer saber mais?



Sítio

<https://www.io.usp.br/index.php/ocean-coast-res/29-portugues/publicacoes/series-divulgacao/vida-e-biodiversidade/807-origem-da-vida-na-terra.html>

(Acesso em: 15 nov. 2021)

O texto traz diversas informações complementares sobre a origem da vida.

Resumindo

Este capítulo discute a hipótese sobre o surgimento do primeiro ser vivo na Terra. Inicialmente, a Terra era uma massa incandescente, que foi sofrendo resfriamento na superfície. Com o tempo, ocorreram grandes modificações: a consolidação da crosta terrestre e a formação da atmosfera, dos oceanos e de lagos primitivos.

Hipótese da panspermia

Muitos cientistas consideram que a vida em nosso planeta é procedente do espaço; seres microscópicos poderiam ter chegado à Terra por meio de meteoritos. Outros cientistas se opuseram a essa visão, argumentando que meteoritos, ao entrarem na atmosfera, acabam se convertendo em uma massa incandescente, inviabilizando a sobrevivência de qualquer organismo. Atualmente, alguns argumentam que, no interior de um grande meteorito, organismos semelhantes a arqueas poderiam ter sobrevivido. Em muitas partes do Universo, há abundância de matéria orgânica. Alguns cientistas supõem que talvez a vida possa ter se originado em outros locais além da Terra. O termo “panspermia” pode ser entendido como “vida semeada” no Universo em geral.

Hipótese de Oparin

Em 1924, Oparin elaborou a hipótese da evolução química dos seres vivos, segundo a qual a vida surgiu na própria Terra, e não a partir do espaço. Ele considerou que a atmosfera primitiva tinha as seguintes condições: altas temperaturas, elevada quantidade de radiação ultravioleta e intensas tempestades, com muitos raios. A composição dessa atmosfera seria vapor de água, metano, amônia e gás hidrogênio. Os componentes da atmosfera reagiram entre si e deram origem a aminoácidos, que foram levados pela chuva à superfície da terra e dos mares e lagos primitivos. Nas rochas ainda aquecidas, os aminoácidos teriam reagido, formando proteínas. Devido à chuva, essas proteínas foram carregadas para os mares, que começaram a se enriquecer com compostos orgânicos, formando uma espécie de sopa orgânica. As proteínas passaram a formar blocos conhecidos como coacervados. Começaram a ocorrer reações químicas no interior dos coacervados. Em certo ponto da evolução química, surgiu o material genético. Isso teria sido o primeiro ser vivo, bastante simples e que se nutria dos compostos orgânicos no oceano primitivo.

Testes da hipótese de Oparin

Na década de 1950, cientistas americanos fizeram simulações, tentando reproduzir em laboratório as condições da

Terra primitiva idealizadas por Oparin. Em 1953, Miller e Urey projetaram um equipamento que simulava as condições da atmosfera primitiva. O equipamento era composto de um balão contendo os prováveis componentes da atmosfera primitiva, e nele eram produzidas faíscas, simulando os raios da atmosfera. O material gerado no interior do equipamento continha aminoácidos e muitas outras substâncias orgânicas.

Em 1957, Sidney Fox colocou uma mistura seca de aminoácidos em um recipiente de porcelana e a aqueceu, obtendo cadeias proteicas. Isso corrobora a hipótese de Oparin no que diz respeito à formação de proteínas sobre rochas quentes da superfície da Terra. Fox também observou que proteínas em meio aquoso aglomeravam-se, constituindo o que ele denominou microesferas.

Hipóteses heterotrófica e autotrófica – visão tradicional

Os cientistas que se seguiram a Oparin fizeram algumas suposições sobre as características do primeiro ser vivo, que teria grande simplicidade, sendo procarionte e unicelular. Havia defensores de que esse organismo fosse autótrofo fotossintetizante. Para outros cientistas, o primeiro ser vivo era heterótrofo; eles argumentavam que a produção de matéria orgânica por fotossíntese seria um processo muito complexo e incompatível com a simplicidade do primeiro ser vivo. A fonte de alimento seria a sopa orgânica presente nos oceanos.

O primeiro organismo realizaria fermentação para obter energia, pois não havia gás oxigênio na atmosfera. A fermentação pode desprender gás carbônico. Com o tempo, teriam ocorrido mutações, gerando seres fotossintetizantes, que utilizariam o gás carbônico liberado pela fermentação. A fotossíntese produz gás oxigênio, que pode ser usado na respiração celular, aumentando muito a eficácia de obtenção de energia contida no alimento. Uma parte do gás oxigênio foi empregada na formação da camada de ozônio, protegendo o planeta contra a radiação ultravioleta. Isso abriu caminho para a exploração de ambientes terrestres.

Atualmente, considera-se que a atmosfera primitiva tinha a seguinte composição: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), gás nitrogênio (N₂) e vapor de água. A nutrição do primeiro ser vivo também foi reconsiderada como provavelmente autótrofa quimiossintetizante. Hoje, muitos cientistas admitem que o primeiro ser vivo apresentava RNA como material genético.

Exercícios complementares

1. **UEL-PR** Charles Darwin, além de postular que os organismos vivos evoluíram pela ação da seleção natural, também considerou a possibilidade de as primeiras formas de vida terem surgido em algum lago tépido do nosso planeta. Entretanto, existem outras teorias que tentam explicar como e onde a vida surgiu. Uma delas, a panspermia, sustenta que:
 - a) as primeiras formas de vida podem ter surgido nas regiões mais inóspitas da Terra, como as fontes hidrotermais do fundo dos oceanos.
 - b) compostos orgânicos simples, como os aminoácidos, podem ter sido produzidos de maneira abiótica em vários pontos do planeta Terra.

- c) bactérias ancestrais podem ter surgido por toda a Terra, em função dos requisitos mínimos necessários para a sua formação e subsistência.
- d) a capacidade de replicação das primeiras moléculas orgânicas foi o que permitiu que elas se difundissem pelos oceanos primitivos da Terra.
- e) a vida se originou fora do planeta Terra, tendo sido trazida por meteoritos, cometas ou então pela poeira espacial.

2. UEPG-PR O assunto da origem da vida se baseia grandemente em hipóteses, mas existem questões sobre as quais podemos ter alguma certeza. A respeito deste tema, assinale o que for correto.

- 01** Para formular hipóteses sobre a origem da vida e sua evolução, a ciência utiliza o registro fóssil em restos de organismos, preservados em rochas, âmbar ou gelo, que podem ser datados com razoável segurança, por meio de métodos sofisticados, como o do carbono 14.
- 02** Existem três proposições sobre a origem da vida: a criação divina, a origem extraterrestre e a origem por evolução química.
- 04** Houve uma época em que se acreditava que determinadas substâncias eram exclusivas dos seres vivos e que elas só podiam ser fabricadas dentro deles. Em 1828, o químico Wohler conseguiu produzir em laboratório, a partir de substâncias inorgânicas simples, ureia, que é uma substância orgânica encontrada na urina.
- 08** Um dos primeiros cientistas a organizar as ideias sobre a origem da vida foi Aleksandr Oparin, que, em 1936, propôs um modelo de como a vida poderia ter surgido, baseado no que seria a composição da atmosfera primitiva. Naquela época ainda não se sabia que os ácidos nucleicos carregam as informações genéticas de todos os seres vivos.
- 16** Na década de 1950, Miller, um cientista bioquímico norte-americano, fez circular num aparelho fechado uma mistura de vapor de água, metano, amônia e hidrogênio, que submeteu a descargas elétricas contínuas durante toda uma semana, na tentativa de simular a Terra primitiva. No fim do experimento, ele constatou que a mistura, além de outras moléculas orgânicas, continha alguns aminoácidos, as matérias-primas das proteínas.

Soma:

3. UEM-PR 2016 Há evidências científicas de que a Terra surgiu há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, a partir da aglomeração de poeiras, rochas e gases que giravam ao redor do Sol. São consideradas condições para o surgimento da vida: água em estado líquido, moléculas orgânicas e fonte de energia para as reações químicas. Sobre as condições de formação do planeta Terra e sobre a origem da vida, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01** No Éon Proterozoico, com a consolidação das rochas, formaram-se os blocos continentais e, nos oceanos, surgiram organismos multicelulares.
- 02** As descargas elétricas das frequentes tempestades e as radiações intensas que atingiam o planeta forneceram energia para que algumas moléculas se unissem, dando origem às primeiras moléculas orgânicas.
- 04** Com o surgimento de algas e de bactérias fotossintetizantes, houve o aparecimento de seres com respiração anaeróbica, o que aumentou a capacidade de produção de oxigênio e de gás carbônico, importantes para a proliferação dos seres vivos.
- 08** Somente com o resfriamento da superfície da Terra foi possível que a água líquida se acumulasse nas regiões mais baixas da crosta, formando imensas áreas alagadas precursoras dos oceanos.
- 16** A Teoria da Evolução Química ou Teoria da Evolução Molecular propõe que a vida é o resultado de um processo de evolução química em que os compostos inorgânicos se combinaram, originando moléculas orgânicas simples (aminoácidos, monossacarídeos, nucleotídeos, ácidos graxos).

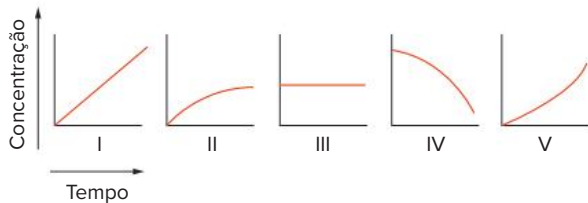
Soma:

4. UFPel-RS Miller, em 1953, testou a hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos para provar a origem da vida no planeta Terra. Para isso, ele construiu um aparelho que simulava as condições da Terra primitiva, introduziu nele gases que provavelmente constituíam a atmosfera e colocou água, a qual, ao ser fervida, formava vapor. A mistura gasosa foi submetida a descargas elétricas, simulando as condições do clima da época. Após a condensação do material, verificou-se a presença de aminoácidos.

Baseado no texto e em seus conhecimentos, é **incorreto** afirmar que o experimento de Miller:

- a) obteve moléculas orgânicas que fazem parte das proteínas, as quais exercem papéis essenciais nas células, como por exemplo, as funções enzimáticas.
- b) não provou a formação de uma molécula com função de gene. Essa molécula provavelmente tenha sido semelhante ao RNA, pois ele, além de transmitir as características, tem capacidade de se autoduplicar.
- c) provou apenas a formação de moléculas e não a origem do primeiro ser vivo; provavelmente esse era semelhante a um procarionte atual, apresentando apenas uma membrana externa, citoplasma e material genético disperso.
- d) provou que, sob certas condições, é possível haver formação de compostos orgânicos, sem a participação de seres vivos.
- e) não provou a formação de moléculas com função energética, portanto, os primeiros seres vivos provavelmente eram heterotróficos, produzindo seu próprio alimento.

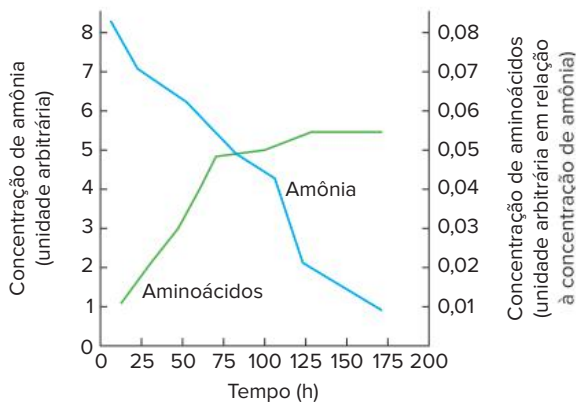
5. **UFPI** A atmosfera da Terra primitiva era composta de gases simples, como vapor d'água, hidrogênio, metano e amônia. Esses gases continham os ingredientes básicos necessários para a vida. Em cada um dos gráficos a seguir, o eixo vertical representa quantidades; e o horizontal, o tempo. Supondo que a quantidade de aminoácidos, numa seção do mar primitivo, aumentou ao longo de um determinado tempo, qual dos gráficos a seguir pode representar melhor a quantidade de amônia no mesmo período de tempo?



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

6. **Unirio-RJ** Stanley Miller, no início da década de 1950, montou um experimento que hoje é um dos suportes da hipótese de origem da vida na Terra, expondo uma mistura de gases prováveis da atmosfera primitiva a descargas elétricas. Analisou, durante esse experimento, as concentrações de determinadas substâncias dentro do sistema.

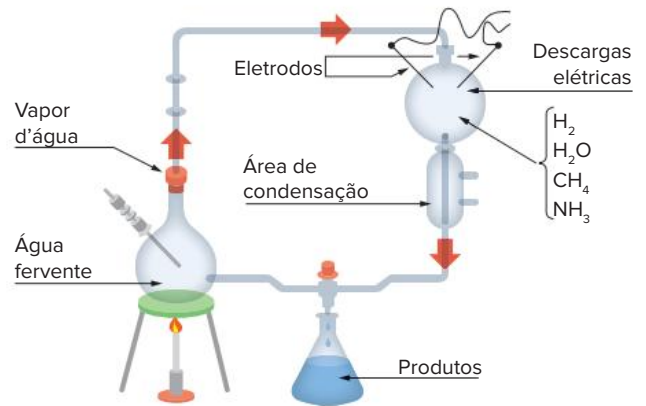
O gráfico a seguir mostra a relação entre algumas dessas substâncias.



A partir desses dados, Miller pôde concluir que:

- a) a célula pode ser recriada atualmente a partir de compostos inorgânicos.
b) a primeira célula era procariota, semelhante a bactérias atuais.
c) a formação de compostos orgânicos depende da transformação da amônia.
d) os primeiros seres vivos eram heterótrofos.
e) na atmosfera primitiva não havia oxigênio.
7. **Unicamp-SP** Em 1953, Miller e Urey realizaram experimentos simulando as condições da Terra primitiva: supostamente altas temperaturas e atmosfera

composta dos gases metano, amônia, hidrogênio e vapor d'água, sujeita a descargas elétricas intensas. A figura a seguir representa o aparato utilizado por Miller e Urey em seus experimentos.



- a) Qual a hipótese testada por Miller e Urey neste experimento?
b) Cite um produto obtido que confirmou a hipótese.
c) Como se explica que o O_2 tenha surgido posteriormente na atmosfera?

8. **UFRGS** As afirmativas a seguir estão relacionadas com origem da vida e evolução.

- I. O desenvolvimento de processos respiratórios aeróbicos permitiu maior aproveitamento de energia pelos organismos.
II. A presença de fósseis de um mesmo organismo em vários continentes é uma das evidências de que os continentes já estiveram unidos.
III. A ausência de oxigênio na atmosfera primitiva foi essencial para a formação das primeiras moléculas orgânicas, que, no caso contrário, teriam sido quebradas pelos radicais livres derivados do oxigênio.

Quais estão corretas?

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

9. **UEL-PR** Analise o esquema a seguir.



Com base no esquema e nos conhecimentos sobre a origem da vida, considere as afirmativas a seguir.

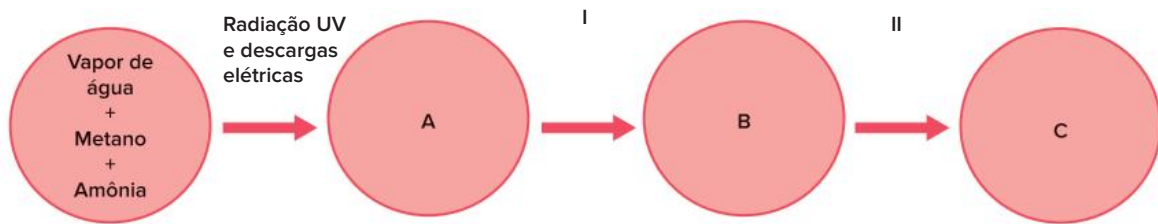
- I. O esquema representa a origem abiótica da vida, em conformidade com a teoria de Oparin-Haldane.

- II. Os organismos primitivos – microrganismos – foram precedidos, em nosso planeta, por uma longa evolução dos compostos químicos.
- III. Os organismos mais complexos portam em seu DNA muitas informações dos organismos que lhes antecederam na Terra.
- IV. As moléculas de proteínas e de ácidos nucleicos dos organismos atuais são estruturalmente distintas daquelas presentes em organismos primitivos.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

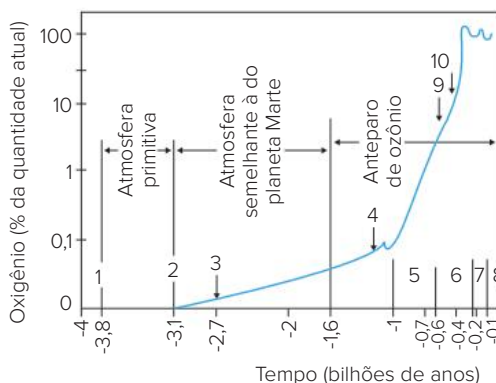
10. **UPE 2016** Há 4 bilhões de anos, a atmosfera da Terra não continha oxigênio, mas outros gases, como metano, amônia e vapor de água, dentre outros. A Terra primitiva não sustentava a vida. A abiogênese teria ocorrido uma vez na história do planeta, no início de tudo. A figura abaixo ilustra a sequência da Teoria da Sopa Primordial, testada por Stanley Miller e Harold Urey (1953), que bombardearam, com raios UV e descarga de eletricidade, uma “sopa” feita com água, amônia, metano e hidrogênio.



Assinale a alternativa CORRETA que represente os produtos (A, B, C) e os catalisadores (I e II), conforme o esquema acima.

- a) A – Aminoácidos, B – Coacervados, C – Células primitivas, I – A chuva arrastou os compostos para o solo e os mares, onde eles se combinaram com outras substâncias, II – Moléculas de lipídios isolaram as moléculas orgânicas.
- b) A – Compostos inorgânicos, B – Células primitivas, C – Tecidos fotossintetizantes, I – Água rica em sais minerais catalisou a combinação de diversas moléculas com compostos inorgânicos, II – Moléculas de açúcares, na presença de oxigênio e gás carbônico, formaram células especializadas em fotossíntese.
- c) A – Moléculas de gás ozônio, B – Composto orgânico, C – Organismo unicelular, I – Substâncias combinaram-se com outras substâncias em poças de água, II – Moléculas de metano combinaram-se com moléculas de água, formando as primeiras células.
- d) A – Coacervados, B – Moléculas orgânicas, C – Microrganismos, I – Moléculas orgânicas combinaram-se com moléculas de aminoácidos nos mares primitivos, II – Atmosfera rica em oxigênio acelerou o metabolismo das células, aperfeiçoando as organelas.
- e) A – Organismo unicelular, B – Organismo pluricelular, C – Células orgânicas, I – Oxigênio formado pela combinação de água, metano e amônia estimulou a divisão das células, II – Formação dos mares acelerando a combinação de moléculas orgânicas.

11. **Enem** O gráfico a seguir representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.



LEGENDA:

- 1 - Pneumatofera primitiva
- 2 - Aparecimento da vida
- 3 - Começo da fotossíntese
- 4 - Primeira célula eucarionte
- 5 - Pré-Cambriano
- 6 - Primário
- 7 - Secundário
- 8 - Terciário e Quaternário
- 9 - Primeiros vertebrados
- 10 - Conquista da Terra

De acordo com o gráfico, é correto afirmar que:

- a) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O_2 .
- b) a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
- c) após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.
- d) desde o Pré-Cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
- e) na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já se havia estabilizado.

12. **Uerj** A procura de formas de vida em nosso Sistema Solar tem dirigido o interesse de cientistas para Io, um dos satélites de Júpiter, que é coberto por grandes oceanos congelados. As condições na superfície são extremamente agressivas, mas supõe-se que, em grandes profundidades, a água esteja em estado líquido e a atividade vulcânica submarina seja frequente.

Considerando que tais condições são similares às do bioma abissal da Terra, aponte o tipo de bactéria que poderia ter se desenvolvido em Io, e indique como esse tipo de bactéria obtém energia para a síntese de matéria orgânica.

13. **UEL-PR 2018** Leia o texto a seguir.

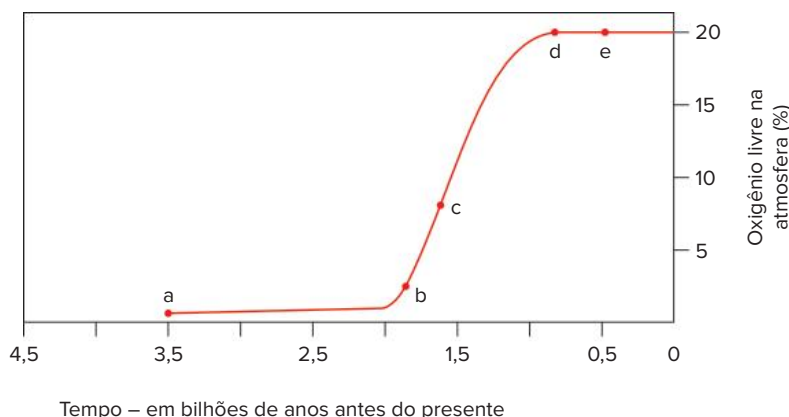
A determinação de um ambiente propício à origem da vida na Terra divide as opiniões dos cientistas. Uns defendem que o surgimento da vida teria ocorrido, por exemplo, na sopa primitiva dos oceanos, em superfícies de minerais de argila, ou então em sistemas hidrotermais, solos, atmosfera, lagos e ilhas vulcânicas. Vale a ressalva de que a presença de determinados compostos químicos em meteoritos aponta ainda uma contrariedade em relação à concepção de que o universo é pobre em matéria orgânica.

(Adaptado de: FERREIRA, S; ALVES, M, I, C; SIMÕES, P. P. *Ambientes e Vida na Terra – os primeiros 4.0 Ga. Estudos do Quaternário*, 5, APEC, Porto, 2008, p. 99-116.)

Com base no texto e nos conhecimentos sobre teorias da origem da vida, assinale a alternativa correta.

- a) A teoria da geração espontânea, ou biogênese, por considerar a multiplicidade de formas de vida existente, defende a concepção atualmente aceita, segundo a qual seres vivos podem surgir por mecanismos que não sejam através da reprodução.
- b) Para a Panspermia, a vida na Terra é resultado de processos químicos em que compostos orgânicos se combinaram formando moléculas inorgânicas complexas, as quais deram origem aos seres vivos com capacidade de reprodução.
- c) Segundo a hipótese autotrófica, os primeiros seres vivos, por serem muito simples, não teriam mecanismos celulares desenvolvidos para capacitá-los a produzir substâncias alimentares, obrigando-os a utilizar as substâncias disponíveis no meio.
- d) É preconizada pela hipótese heterotrófica que a partir da energia consumida por reações químicas entre componentes orgânicos da crosta terrestre, os primeiros seres vivos produziam suas próprias substâncias alimentares.
- e) Para a hipótese autotrófica, com a formação da camada de ozônio na estratosfera, por consequência da presença do gás oxigênio na atmosfera terrestre, os seres vivos, antes restritos aos ambientes aquáticos, passaram a colonizar ambientes de terra firme.

14. **UFRGS** A diversificação da vida na Terra é consequência da extremamente longa história da acumulação de oxigênio livre (O_2) na atmosfera, que se iniciou há aproximadamente 3,5 bilhões de anos, quando as primeiras cianobactérias passaram a utilizar gás carbônico (CO_2) e luz solar para obtenção de energia. No gráfico a seguir, os pontos a, b, c, d e e representam eventos intimamente relacionados com o aumento da concentração de O_2 na atmosfera ao longo do tempo geológico.



R. Dott; D. Prothero. *Evolution of the earth*. New York: McGraw-Hill, 1994.

Assinale a alternativa em que os eventos correspondentes aos cinco pontos identificados no gráfico estão ordenados segundo a provável sequência em que ocorreram.

- a) Respiração celular; fotossíntese; conquista do ambiente terrestre; origem da célula eucariótica; formação da camada de ozônio.
- b) Origem da célula eucariótica; fotossíntese; respiração celular; conquista do ambiente terrestre; formação da camada de ozônio.
- c) Formação da camada de ozônio; conquista do ambiente terrestre; origem da célula eucariótica; respiração celular; fotossíntese.
- d) Fotossíntese; formação da camada de ozônio; respiração celular; conquista do ambiente terrestre; origem da célula eucariótica.
- e) Fotossíntese; respiração celular; origem da célula eucariótica; formação da camada de ozônio; conquista do ambiente terrestre.

BNCC em foco



Texto para as questões 1 e 2.

[...] antes do desenvolvimento do método científico, a biologia, como todas as outras ciências, encontrava-se infestada de explicações e ideias razoáveis, mas erradas.

Pense nos sapos do antigo Egito. Toda primavera, quando o Nilo inundava as terras adjacentes, deixava para trás uma lama rica em nutrientes, o tipo de solo que, com o diligente trabalho dos agricultores, logo estaria alimentando o país. A terra enlameada gerava também outra colheita, que não existia em terra seca: sapos. As barulhentas criaturas apareciam tão de repente e em número tão grande que pareciam ter se erguido da própria lama – que era exatamente como os egípcios acreditavam que eram geradas.

A teoria dos egípcios não era produto de um raciocínio preguiçoso. Ao longo de boa parte da história, observadores atentos chegaram à mesma conclusão. Açougueiros notaram que vermes “apareciam” na carne, fazendeiros encontravam ratos que “apareciam” nos recipientes em que os grãos eram estocados. No século XVII, um químico chamado Jan Baptist van Helmont chegou a recomendar uma receita para criar ratos a partir de materiais corriqueiros: era só pôr alguns grãos de trigo num vasilhame, acrescentar água suja e esperar 21 dias. Parece que a receita quase sempre funcionava.

[...]

MOLODINOW, L. *De primatas a astronautas*. Rio de Janeiro: Zahar, 2015. p. 224-5.

EM13CNT201

1. Como o próprio texto afirma, a ideia de que os sapos podem ser originados da lama tem como base um pensamento que foi comum em outras épocas ao longo da história. Como se chamava a teoria que explicava esse pensamento? E o que ela afirmava?

EM13CNT201

2. Em 1668, o italiano Francesco Redi realizou um dos primeiros experimentos em biologia deixando evidente a verdadeira origem dos vermes que apareciam na carne.
 - a) Qual era a origem dos vermes?
 - b) Pode-se dizer que Redi usou o chamado “método científico”? Justifique sua resposta.

EM13CNT201

3. O texto a seguir trata de um evento muito antigo e importante na história da vida na Terra.

[...]

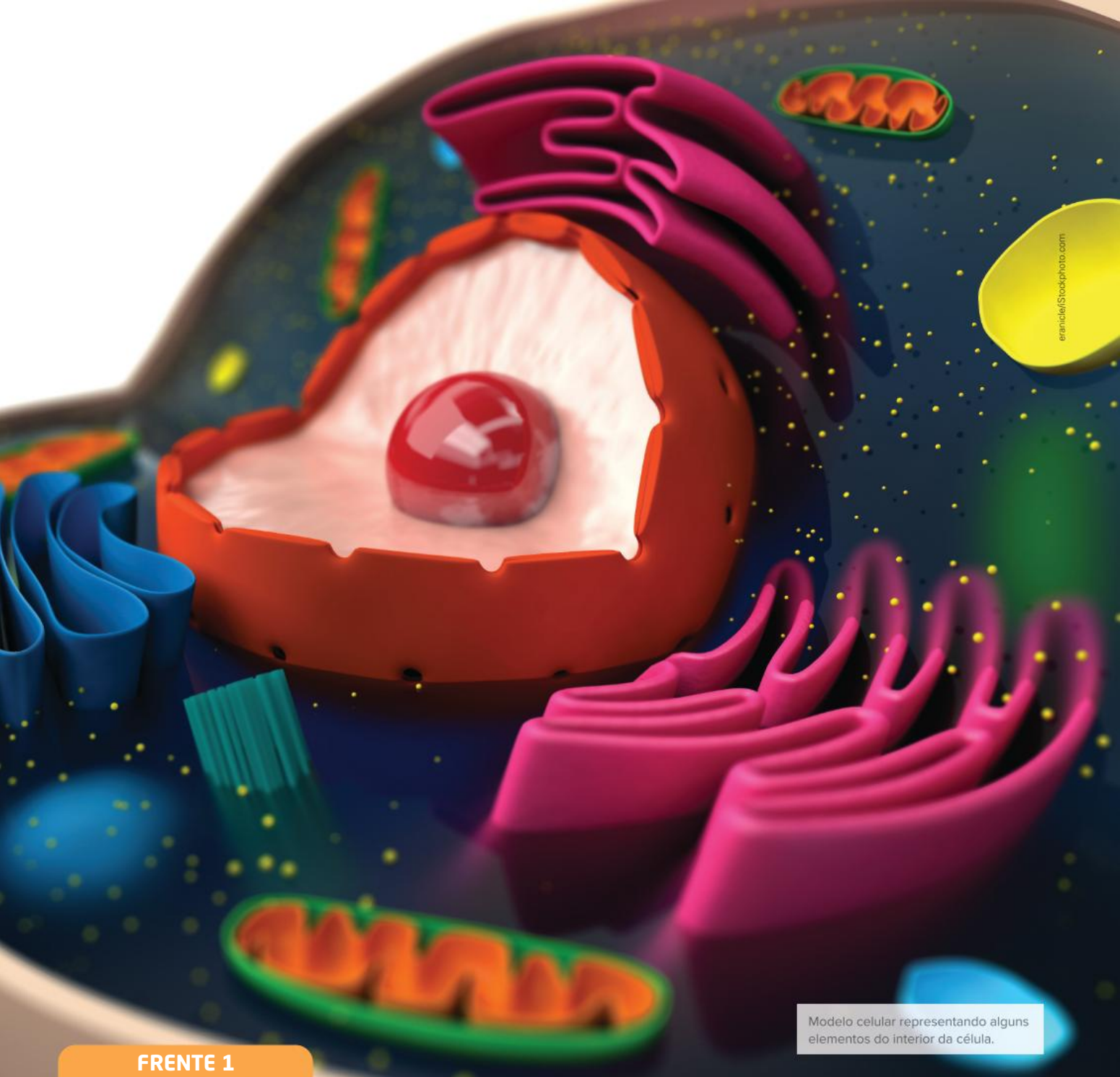
A crise de poluição provocada pelas bactérias verde-azuladas* [...] foi muito pior do que qualquer outra que tenhamos visto nos últimos tempos. Desestabilizou o meio ambiente planetário. Tornou a Terra inflamável [...].

[...]

MARGULIS, L.; SAGAN, D. *O que é vida?*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002, p. 118.

*atualmente denominadas cianobactérias.

- a) A qual poluente o texto se refere? Explique.
- b) Por que o texto trata o evento em questão como uma “crise de poluição”?
- c) Qual a importância desse fenômeno na história da vida na Terra?



Modelo celular representando alguns elementos do interior da célula.

FRENTE 1

CAPÍTULO

10

Citoplasma e hipótese da endossimbiose

No primeiro volume desta coleção, foram apresentados os principais componentes celulares. Estudamos, também, os componentes químicos da célula e aprofundamos os aspectos relacionados ao metabolismo celular. Neste capítulo, retomamos com maior profundidade o estudo do citoplasma e apresentamos a hipótese endossimbiótica, desenvolvida pela cientista Lynn Margulis (1938-2011) na década de 1960. Essa hipótese mostra que uma relação de simbiose entre células procarióticas e eucarióticas pode ter sido determinante para a história da vida.

Os componentes citoplasmáticos

Em uma **célula eucariótica**, o citoplasma é a parte situada entre a **membrana plasmática** e a **carioteca**; já o citoplasma dos **procariontes** representa todo o conjunto envolvido pela membrana plasmática.

O citoplasma de uma **célula eucariótica** apresenta uma massa coloidal, o **citossol**, no qual estão imersas as **organelas**, as **inclusões** e o **citoesqueleto** (constituído por filamentos proteicos). Inclusões constituem acúmulos de certos materiais, como proteínas ou lipídeos.

Citossol

O **citossol**, antes denominado **hialoplasma**, é constituído por uma **massa coloidal**, composta fundamentalmente de **água** e **proteínas**. Nesse coloide, estão dissolvidos diversos materiais que desempenham papéis relevantes no metabolismo celular. São eles:

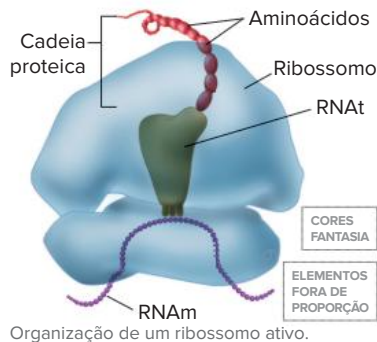
- **íons**: cálcio, fosfato, cloreto, sódio, potássio etc;
- **açúcares**: glicose, ribose, desoxirribose;
- **bases nitrogenadas**: adenina, citosina, guanina, timina, uracila;
- **aminoácidos**: componentes das proteínas, como cisteína e glicina;
- **RNA**: mensageiro e transportador; o RNA ribossômico é componente estrutural dos ribossomos;
- **enzimas**: diversos tipos. Elas controlam reações químicas de importantes processos metabólicos, como a glicólise (etapa da respiração celular) e a síntese proteica.

Organelas citoplasmáticas

Ribossomos

Ribossomos são constituídos por **proteínas** e **RNA ribossômico**, proveniente do nucléolo. São formados por **duas subunidades**, uma maior do que a outra, as quais se reúnem apenas durante a síntese de proteínas. Os ribossomos de procariontes são menores do que os de eucariotes. Durante a síntese de determinada proteína, há a união de grupos de ribossomos por meio de uma molécula de **RNA mensageiro**. Esses grupos são chamados **polissomos**, ou **polirribossomos**.

Os ribossomos podem estar dispersos no citossol ou associados à membrana externa do **retículo endoplasmático granuloso**, ou rugoso (RER), e à face citoplasmática do **envoltório nuclear** (ou **carioteca**). As proteínas produzidas nos ribossomos dispersos no citossol são empregadas na estrutura do próprio citossol; por exemplo, no citoesqueleto. Outras proteínas podem ser enzimas, que participam da atividade metabólica desenvolvida tanto no citoplasma como no núcleo. Os ribossomos aderidos ao retículo geram proteínas

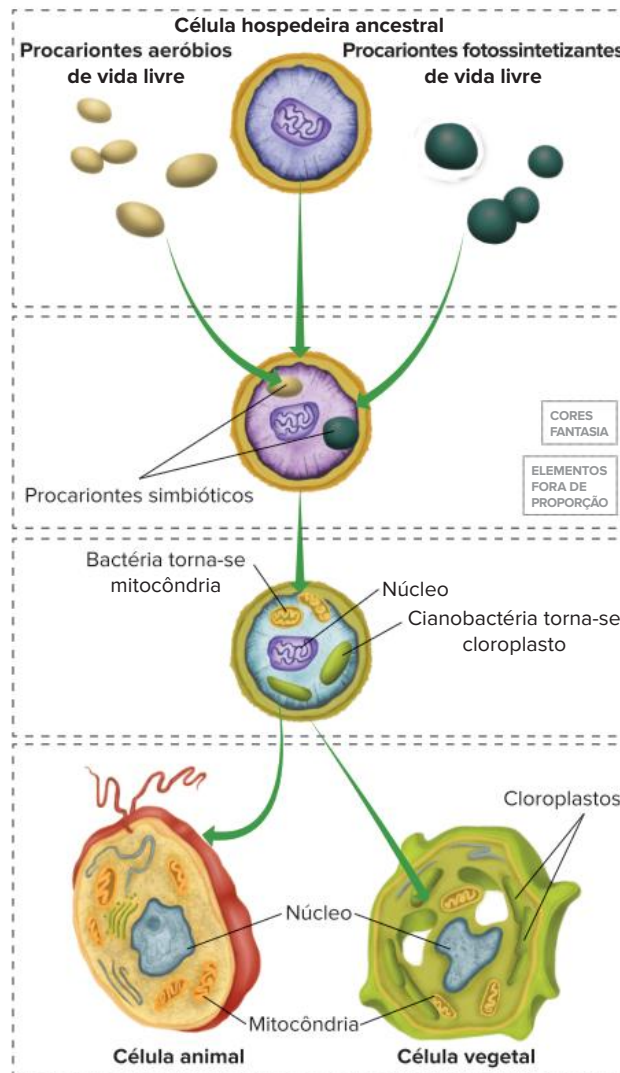


que se destinam à secreção celular e também ao emprego interno, como as enzimas digestivas contidas em outra organela, o lisossomo.

Mitocôndrias e cloroplastos

Mitocôndrias e **cloroplastos** são **estruturas membranosas** relacionadas com a respiração celular e a fotossíntese, respectivamente; possuem DNA próprio e apresentam capacidade de autoduplicação, originando novas organelas.

Atualmente, considera-se que mitocôndrias e cloroplastos originaram-se de bactérias e de cianobactérias, respectivamente. Trata-se da **hipótese endossimbiótica**, que salienta a possibilidade de seres eucariotes terem englobado esses procariontes (bactérias e cianobactérias), que, após mutações, originaram organelas citoplasmáticas. Essa hipótese baseia-se no fato de mitocôndrias e cloroplastos apresentarem características semelhantes às dos procariontes, como ribossomos e DNA circular sem histonas associadas.



Peroxisomos

São vesículas membranosas que contêm enzimas que provocam a oxidação de moléculas, o que diferencia peroxissomos de lisossomos, já que estes contêm enzimas que promovem reações de digestão, e não de oxidação. Uma dessas enzimas do peroxissomo é a **catalase**, que decompõe água oxigenada (peróxido de hidrogênio – H_2O_2) em água e gás oxigênio. A água oxigenada é um resíduo frequentemente gerado nas células e tem alta toxicidade, pois pode provocar a oxidação de moléculas importantes do metabolismo celular. Ela pode ter também origem externa, como quando se coloca uma solução dessa substância em um fermento; ali há grande quantidade de células lesadas com peroxissomos expostos. Com isso, a água oxigenada acaba espumando no local; isso significa que está ocorrendo a produção de grande quantidade de gás oxigênio, útil no combate a bactérias anaeróbias obrigatórias, como as causadoras do tétano.

Outras enzimas presentes em peroxissomos permitem a inativação de substâncias tóxicas para o organismo, como o álcool. Os peroxissomos são abundantes em células do fígado e dos rins, órgãos que apresentam função desintoxicante. Há ainda enzimas que convertem ácidos graxos em colesterol.

Sementes podem ter células com um tipo de peroxissomo, os **gliossomos**; suas enzimas oxidam lipídeos de reservas, determinando sua conversão em carboidratos, cuja utilização é mais rápida em uma semente em germinação.

Endomembranas

A carioteca está associada a estruturas membranosas que se comunicam e interagem; é o sistema de endomembranas, constituído por **retículo endoplasmático** (granular e agranular), **complexo golgiense** e **lisossomos**.

Retículo endoplasmático (RE)

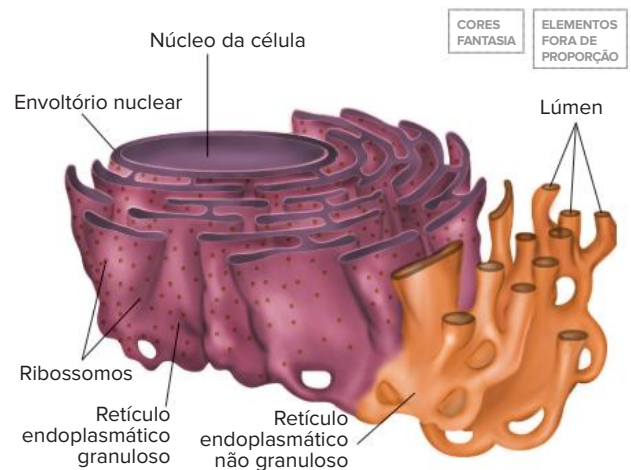
O retículo endoplasmático é constituído por **canais** e **tubos membranosos**, responsáveis pelo **transporte de materiais** no interior da célula, sendo outra função exercida a formação de um único vacúolo central em células vegetais, originado de algumas bolsas do retículo endoplasmático dessas células. Essas bolsas se enchem de água e originam pequenos vacúolos que podem se fundir. O vacúolo dessas células possui vários materiais dissolvidos, como íons, açúcares e pigmentos. A concentração do líquido desse vacúolo é responsável pelas alterações da pressão osmótica da célula vegetal; essa regulação é feita expulsando ou absorvendo a água da célula.

O vacúolo também recebe enzimas lisossômicas, e, em seu interior, ocorre a digestão intracelular, como a de organelas mais velhas, cujo funcionamento não se dá de maneira adequada.

Há duas modalidades de retículo: **não granuloso** e **granuloso**. O **retículo endoplasmático não granuloso**, ou **liso** (REL), é constituído por tubos ramificados que não têm ribossomos aderidos à sua superfície. Em seu interior, ocorre a síntese de ácidos graxos, de fosfolipídeos (integrantes da

membrana plasmática) e de colesterol (a partir do qual são gerados hormônios esteroides, sais biliares e vitamina D). O retículo agranular também armazena íons cálcio, molécula importante em células musculares; e a liberação de cálcio a partir do retículo desencadeia a contração muscular. Em muitas células, como nas do fígado, o retículo endoplasmático não granuloso contém enzimas que metabolizam substâncias tóxicas, como o álcool.

O **retículo endoplasmático granuloso** é constituído por canais ramificados e mais achatados, em cuja superfície aderem-se ribossomos. Nos ribossomos, ocorre a síntese de proteínas, que são transferidas para o espaço interno do retículo por meio de poros de natureza proteica. No retículo endoplasmático granuloso, também ocorre a síntese de carboidratos mais complexos, constituídos por várias unidades de monossacarídeos.



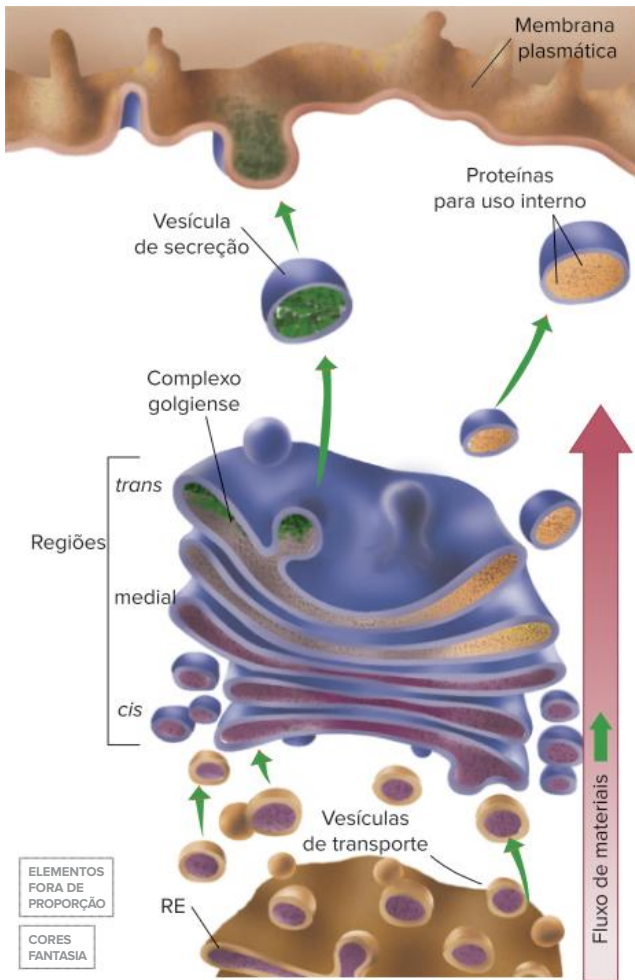
Organização dos retículos endoplasmáticos granuloso e não granuloso.

Complexo golgiense

Essa estrutura é constituída por **sacos membranosos achatados**, com extremidades dilatadas; esses sacos frequentemente são descritos como “cisternas”. Nas células animais, o complexo golgiense encontra-se em local determinado; já nas células vegetais há unidades do complexo golgiense (**dictiossomos**, ou **golgiossomos**) espalhadas pelo citoplasma. A parte do complexo golgiense voltada para o retículo endoplasmático corresponde à **face cis**; a parte oposta, voltada para a membrana plasmática, constitui sua **face trans**.

O retículo endoplasmático agranular e o granular formam vesículas contendo materiais produzidos em seu interior; essas vesículas fundem-se às membranas do complexo golgiense, fornecendo-lhes lipídeos, proteínas e carboidratos. O complexo golgiense realiza a concentração dos materiais recebidos; nele, podem ocorrer modificações químicas, como a glicosilação de proteínas, ou seja, a adição de carboidratos a moléculas proteicas.

Da face **trans** do complexo golgiense brotam vesículas, as quais podem ser destinadas à secreção ou à formação de outras estruturas, como a formação de lisossomos (dotados de enzimas digestivas), de acrossomos (cabeça dos espermatozoides) e de lamelas médias das células vegetais.

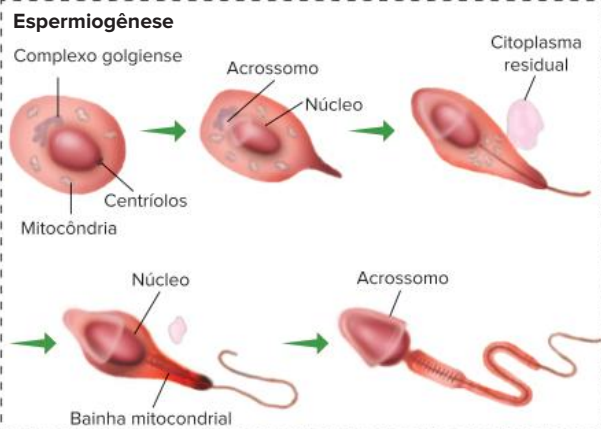
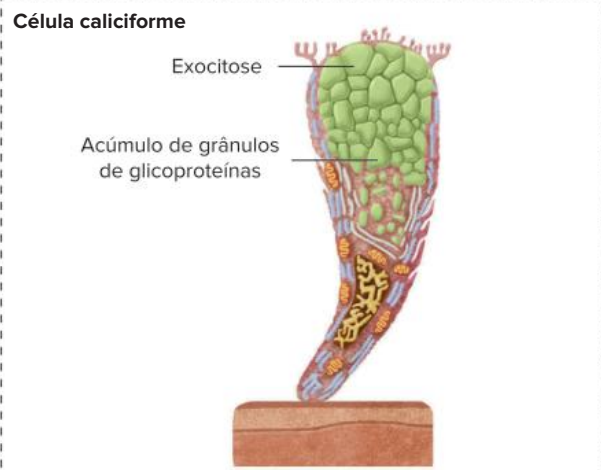
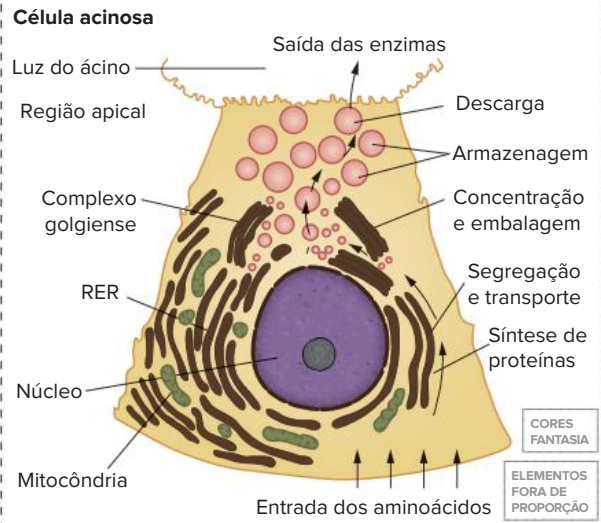


Complexo golgiense em atividade. Essa organela realiza intensa interação com o RE e com a membrana plasmática.

No que diz respeito à secreção de materiais da célula, há a fusão da vesícula golgiana com a membrana plasmática, ocorrendo a expulsão do material para o meio externo. Isso ocorre, por exemplo, em células do pâncreas, que produzem enzimas digestivas componentes do suco pancreático. Tais células estão agrupadas em estruturas conhecidas como ácinos pancreáticos; enzimas secretadas por elas são lançadas em canais do pâncreas, passando deste para o duodeno. Outro exemplo ocorre no intestino grosso, cuja parede tem células caliciformes que secretam um muco protetor contendo proteínas associadas a carboidratos. O muco secretado provém de vesículas golgianas.

Já durante a formação de outras estruturas celulares, pode ser citado o exemplo da formação dos espermatozoides. Nesse processo, há perdas de citoplasma, formação de flagelo a partir do centríolo e formação do acrossomo (bolsa com enzimas, empregada na entrada do espermatozoide no gameta feminino). O acrossomo se forma pela fusão de inúmeras vesículas golgianas.

Outro exemplo ocorre no final da divisão de células vegetais, com a formação do fragmoplasto. Tal estrutura consiste em um conjunto de vesículas golgianas, disposto na região mediana da célula. No interior dessas vesículas, formam-se carboidratos (pectina) que constituem a lamela média (estrutura cimentada entre células vizinhas).

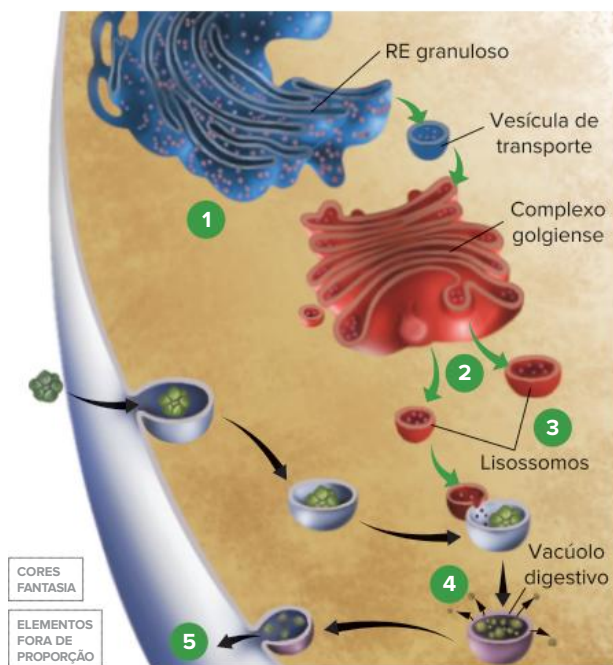


Aspectos específicos da atividade do complexo golgiense. No primeiro exemplo, a participação do complexo golgiense na elaboração de enzimas digestivas pancreáticas. No segundo, seu papel na síntese de muco protetor, em células caliciformes do intestino grosso. No terceiro, sua participação na formação do acrossomo dos espermatozoides.

Lisossomos

São vesículas membranosas que contêm enzimas digestivas; realizam a digestão intracelular e são oriundos do complexo golgiense. Podem realizar a digestão de materiais provenientes do meio externo das células (digestão heterofágica) ou de estruturas do interior da própria célula (digestão autofágica).

Na **digestão heterofágica**, a célula obtém partículas do ambiente por **fagocitose** ou **pinocitose**, formando-se um vacúolo alimentar (fagossomo ou pinossomo). Lisossomos fundem-se ao vacúolo alimentar para liberar suas enzimas digestivas, assim formando o **vacúolo digestivo** (ou lisossomo secundário). Os produtos dessa digestão podem ser aproveitados pela célula, e os materiais não digeridos são eliminados. A digestão heterofágica ocorre em protozoários e em algumas células do organismo humano, como nos macrófagos e em alguns glóbulos brancos, quando fagocitam bactérias. Assim, as principais funções da digestão heterofágica são: a nutrição celular (como em protozoários e poríferos) e a defesa do organismo contra agentes invasores (como a ação de macrófagos no englobamento de bactérias).



Origem e ação de enzimas lisossômicas na digestão heterofágica. (1) Síntese de enzimas no RE granuloso e sua transferência, através de vesículas, para o complexo golgiense. (2) Formação de lisossomos (lisossomos primários) a partir do complexo golgiense. (3) Fusão de lisossomo com vacúolo alimentar, formando-se o vacúolo digestivo, também denominado lisossomo secundário. (4) Absorção dos nutrientes resultantes da digestão. (5) Liberação dos resíduos da digestão.

O lisossomo anterior à fusão com o vacúolo alimentar é conhecido como **lisossomo primário**; a estrutura resultante da fusão do lisossomo primário com o vacúolo alimentar é denominada **lisossomo secundário**.

Uma das funções da **digestão autofágica** é contribuir para a **renovação das estruturas celulares**. Isso acontece quando alguma organela velha é envolvida por uma alça do retículo endoplasmático, ficando separada do restante da célula. Os lisossomos primários atuam fundindo-se a essa alça e liberam enzimas digestivas, realizando a digestão da estrutura; com isso, a célula pode gerar outra organela nova que funcione adequadamente.

Uma função da digestão autofágica é a **remodelação de estruturas do organismo**, como a que se passa na metamorfose de larvas até a fase adulta. Um girino, por exemplo, não apresenta patas, mas tem uma cauda que

auxilia em sua locomoção. Os lisossomos da cauda promovem a digestão autofágica dessa estrutura, resultando no seu desaparecimento. Os produtos dessa digestão são utilizados em outras partes do organismo, como na formação das patas. Outro exemplo ocorre nas células musculares que permanecem por um tempo prolongado sem atividade adequada. Elas acabam sofrendo digestão intracelular de proteínas citoplasmáticas, com conseqüente redução do tamanho e da atividade celular e perda de massa muscular do indivíduo.

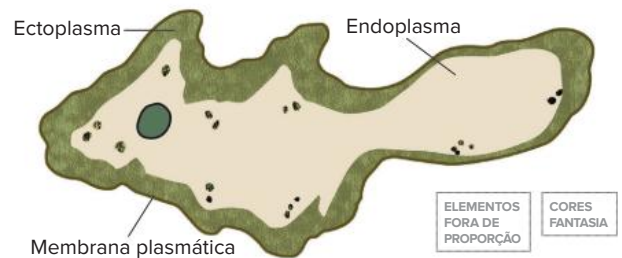
O termo **apoptose** refere-se à morte celular programada, que ocorre de modo previsível durante o desenvolvimento de células específicas. O embrião humano, por exemplo, apresenta uma espécie de membrana entre seus dedos, a qual, durante o desenvolvimento embrionário, sofre um processo de digestão autofágica, que mata suas células.

Citoesqueleto e centríolos

O citoesqueleto é formado por **filamentos proteicos**, presentes em eucariontes e ausentes nos procariontes. Há três tipos de componente proteico do citoesqueleto: **microfilamentos**, **filamentos intermediários** e **microtúbulos**.

Microfilamentos

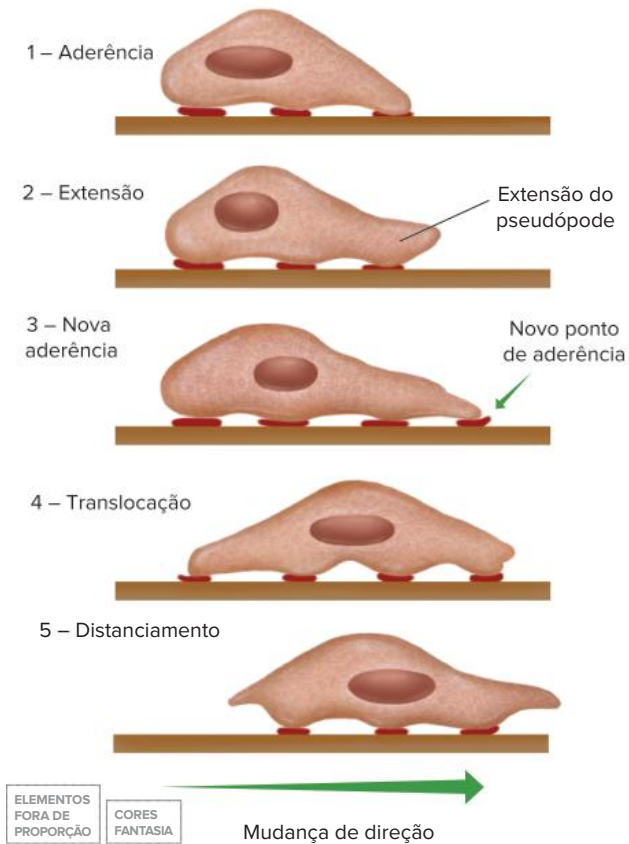
São constituídos por filamentos da proteína actina, abundante no citosol. As moléculas de actina são responsáveis por alguns aspectos da estrutura e da atividade celular. Um desses aspectos é a organização do citosol. A parte mais externa do citosol, situada logo abaixo da membrana plasmática, é o **ectoplasma**, coloide na forma gel, de consistência mais **rígida** e que contribui para a manutenção da forma da célula; a parte interna do citosol é o **endoplasma**, coloide na forma sol, de consistência mais fluida. O estado de agrupamento dos filamentos de actina varia: na forma gel, estão bastante agrupados (com maior rigidez) e, na forma sol, encontram-se mais afastados (com maior fluidez).



Organização do citosol em ectoplasma e endoplasma.

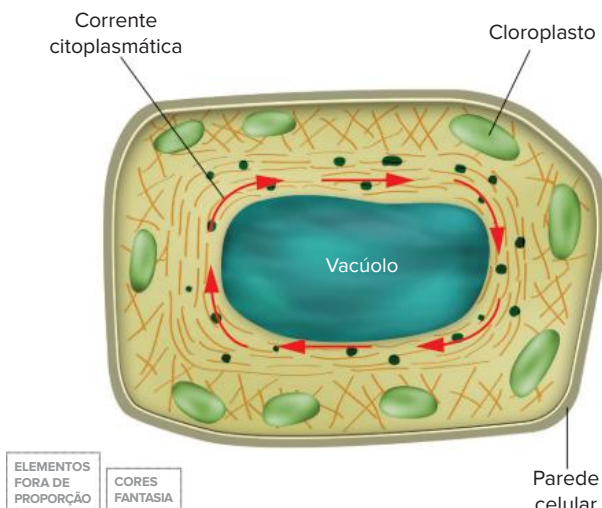
A formação de **pseudópodes** é um processo que se relaciona com modificações do ectoplasma: passando de gel para sol, fica mais fluido, ocorrendo a expansão temporária do citoplasma e formando o pseudópode. Posteriormente, o local é preenchido novamente por endoplasma (sol), que se converte em gel, reconstituindo o ectoplasma. Na extremidade oposta da célula em que se forma o pseudópode, ocorre a conversão de ectoplasma em endoplasma, que, por sua vez, flui em direção ao pseudópode, ou seja, ocorre a formação de projeções do citoplasma, que podem

ser usadas para o deslocamento de células (movimentos ameboides) ou mesmo para o englobamento de partículas.



A formação de pseudópodes deve-se à conversão de gel em sol na região do ectoplasma.

O citosol apresenta **correntes citoplasmáticas**, conhecidas como **cicloso**. As correntes ocorrem devido ao deslizamento de filamentos das proteínas actina e miosina (abundantes em células musculares). Esse fluxo permite movimentações dentro da célula, aumentando a interação entre diferentes tipos de organela e molécula, permitindo elevar a atividade metabólica. Essa movimentação é dependente de diversos fatores, como a disponibilidade de oxigênio e a temperatura.



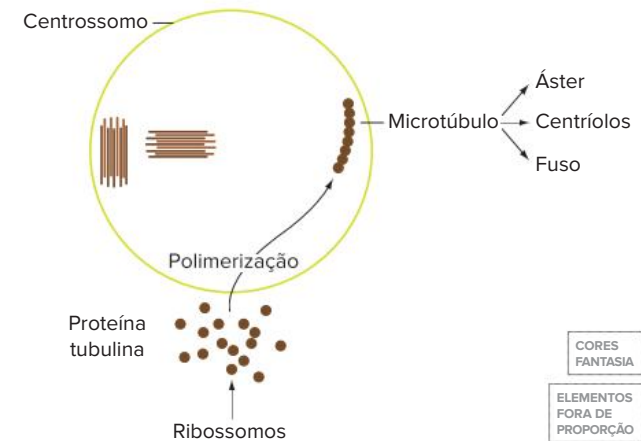
Representação da cicloso: correntes citoplasmáticas decorrentes de deslizamentos de microfilamentos.

Filamentos intermediários

Nas células animais, são principalmente constituídos por moléculas da **proteína queratina**. Encontram-se associados aos **desmossomos**, responsáveis pela função de reforço na adesão entre células vizinhas, preservando a integridade da membrana plasmática diante das fortes trações que ela pode sofrer.

Microtúbulos

São constituídos pela polimerização de moléculas de **tubulina**. Essa polimerização se dá principalmente em estruturas conhecidas como **MTOCs** (centros organizadores de microtúbulos, em português); em células vegetais, há vários deles, junto à membrana plasmática, enquanto células animais apresentam, no início da intérfase, centros organizadores de microtúbulos bastante desenvolvidos (centrossomos). O centrossomo é uma região do citoplasma não delimitada por membrana e que contém um par de centríolos. Microtúbulos formam os componentes do fuso que têm participação fundamental na fixação e no transporte dos cromossomos na divisão celular.

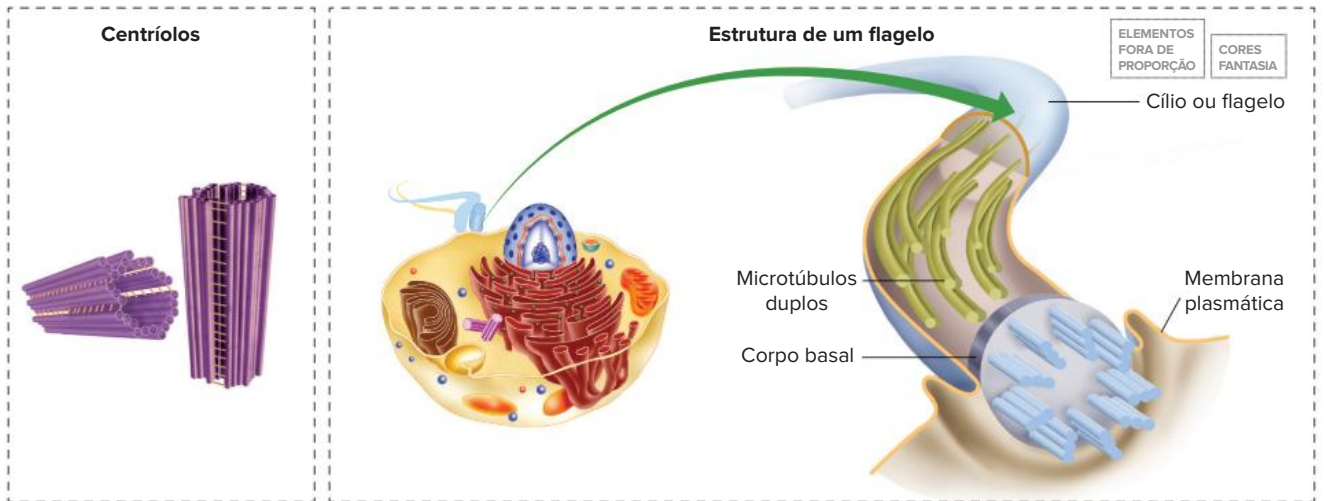


Processo de polimerização de tubulina no interior do centrossomo. Isso resulta na formação de microtúbulos, componentes do áster, do centríolo e das fibras do fuso.

Centríolos

Os centríolos são produzidos no centrossomo de células animais e constituídos por **microtúbulos**. Os centríolos dispõem-se em pares, com os dois componentes perpendiculares entre si. Cada centríolo tem nove trios de microtúbulos agrupados e constituindo um cilindro. Centríolos desempenham um papel fundamental na divisão celular em células animais, pois emitem as fibras do fuso que conduzem a separação de cromossomos e cromátides para as células-filhas.

A partir dos centríolos, são produzidos cílios e flagelos, dotados de estrutura semelhante à dos centríolos; no entanto, cílios e flagelos apresentam um par de microtúbulos em posição central. Os **cílios** normalmente são mais curtos e numerosos que os flagelos. Estão presentes em protozoários, platelmintos, moluscos bivalves e no organismo humano, com alguns exemplos nas células do sistema respiratório. Os **flagelos** estão presentes em diversas estruturas, como nos espermatozoides humanos, em protozoários e nos coanócitos de poríferos.



Centríolos, flagelos e cílios têm estrutura similar, constituída por grupos de microtúbulos.

Revisando

1. Em uma célula eucariótica, onde se situa o citoplasma?

2. O que é citosol?

3. O que pode ser encontrado no citosol?

4. Qual é a composição dos ribossomos? Como são formados?

5. O que é cloroplasto?

6. O que é a teoria endossimbiótica?

7. Como o papel desempenhado pelos retículos endoplasmáticos se relaciona àquele desempenhado pelo complexo golgiense?

8. Qual é a diferença entre lisossomos e peroxissomos?

9. O citoesqueleto é formado por filamentos proteicos, presentes em eucariontes e ausentes nos procariontes. Há três tipos de componente proteico do citoesqueleto. Cite-os.

10. O que são centríolos? Qual é a função que eles desempenham nas células humanas?

Exercícios propostos

1. UEL-PR Considere o texto a seguir.

“As células caliciformes do intestino secretam muco que é constituído, fundamentalmente, por glicoproteínas. A parte proteica do muco é sintetizada(I); e a polissacarídica,(II).”

Para completar o texto corretamente, I e II devem ser substituídos, respectivamente, por:

- a) nos ribossomos e nas mitocôndrias.
- b) nas mitocôndrias e no complexo de Golgi.
- c) no complexo de Golgi e nas mitocôndrias.
- d) no retículo endoplasmático rugoso e no complexo de Golgi.
- e) no retículo endoplasmático rugoso e nas mitocôndrias.

2. PUC-Rio 2020



Disponível em: <http://picdeer.com/tag/endossimbiose>. Acesso em: 10 ago. 2019. Adaptado.

A figura anterior ilustra a teoria da endossimbiose. Tal teoria explica a evolução de uma organela, presente em todas as células eucarióticas, denominada

- lisossomo
- mitocôndria
- retículo endoplasmático
- complexo de Golgi
- vacúolo

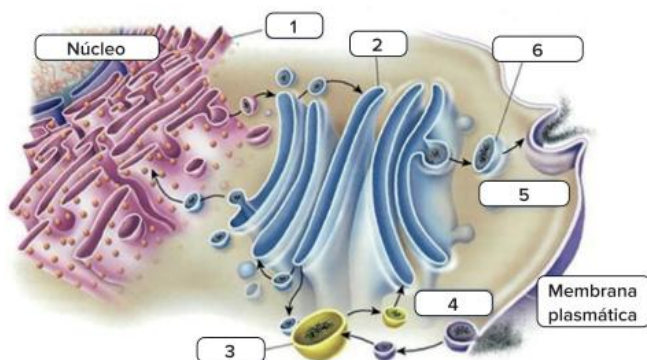
3. Uerj 2019 Nos últimos anos, estudos mostraram que, em neurônios de pacientes com Alzheimer, uma enzima desencadeia a fragmentação de uma determinada organela citoplasmática. Essa fragmentação resulta em alterações no empacotamento e encaminhamento de proteínas para o exterior da célula.

Nomeie a organela citoplasmática fragmentada nos casos dos pacientes com Alzheimer e apresente uma função dessa organela relacionada à reprodução humana.

4. UFSM-RS Chama-se citoesqueleto a rede de proteínas filamentosas envolvidas em dar forma e movimento à célula. Não estão relacionados com o citoesqueleto:

- microtúbulos e microfilamentos.
- cílios e flagelos.
- ciclose e movimentos ameboides.
- peroxissomos e mitocôndrias.
- desmossomos e centríolos.

5. UPF-RS Considere a figura abaixo, que representa o sistema de endomembranas de uma célula animal, e assinale a alternativa **correta**.

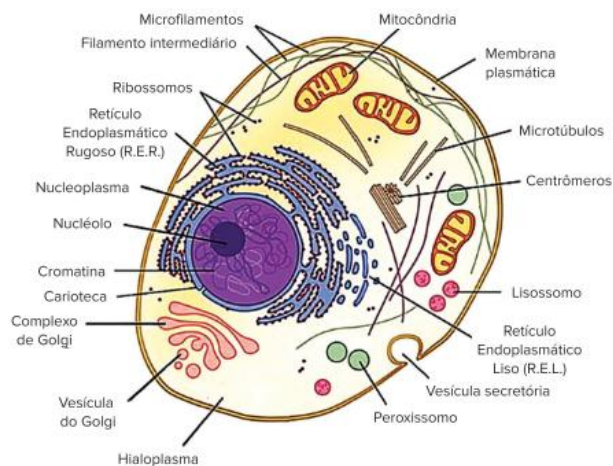


(Disponível em: <http://wikiciencias96.blogspot.com.br/>. Adaptado. Acesso em 20 mar. 2018)

- O número 6 está indicando uma vesícula de secreção originada da face *cis* do retículo endoplasmático liso.
- O número 1 está indicando o citoesqueleto, ao qual estão associados os ribossomos e cujas cisternas contêm enzimas responsáveis pela digestão intracelular.
- O número 3 está indicando uma mitocôndria, organela responsável pela produção de energia da célula.

- Os números 4 e 5 estão indicando os processos de autofagia e apoptose, respectivamente.
- O número 2 está indicando uma das cisternas do complexo de Golgi, que é a estrutura envolvida na transformação e na secreção de proteínas na célula.

6. PUC-Minas 2021 A figura a seguir é o esquema de uma célula eucarionte animal, na qual são destacados componentes livres ou compartimentados por membranas internas que constituem em seu conjunto o que se convencionou denominar de organelas celulares eucariontes.



A esse respeito foram feitas as seguintes afirmações:

- Mitocôndria e carioteca possuem dupla membrana que compartimentam, respectivamente, processos energéticos e de síntese de polirribonucleotídeos como os acumulados no nucléolo.
- A expressão gênica depende exclusivamente de processos que ocorrem no núcleo onde se produzem os RNAm que darão origem a proteínas funcionais, independentemente de futuros processamentos.
- O R.E.R. é normalmente abundante em células que sintetizam grandes quantidades de proteínas de exportação, como é o caso de glândulas que secretam enzimas digestivas e células plasmáticas que secretam anticorpos.
- O complexo de Golgi pode modificar proteínas originadas no R.E.R. que, além de concentrar e empacotar, endereça as proteínas em vesículas aos seus destinos celulares.
- O R.E.L. participa da produção de moléculas lipídicas como os fosfolipídios de membranas e de hormônios esteroides a partir da modificação do colesterol.

São afirmações VERDADEIRAS apenas.

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

7. UFJF/Pism-MG Os neutrófilos são um tipo de glóbulo branco do sangue. São responsáveis por combater infecções. Eles são capazes de fagocitar bactérias invasoras em nosso organismo. Em uma situação experimental, um cientista cultivou *in vitro* os neutrófilos com bactérias Gram positivas, as quais apresentavam a parede celular verde fluorescente. Uma hora após a infecção o cientista observou os neutrófilos ao microscópio, e verificou a fluorescência verde em organelas dentro dessas células.

Neste experimento quais organelas celulares podem ser visualizadas pelo cientista, com a coloração verde fluorescente?

- a) Mitocôndria e Núcleo.
- b) Peroxissomo e Fagossomo.
- c) Fagossomo e Lisossomo.
- d) Mitocôndria e Complexo de Golgi.
- e) Complexo de Golgi e Núcleo.

8. UEPG/PSS-PR 2019 A célula eucariótica detém organização mais complexa quando comparada à célula procariótica. Assinale o que for correto sobre a origem e complexidade das células procarióticas e eucarióticas.

- 01** As células procarióticas passaram por vários eventos de invaginações da membrana plasmática, que deram origem a uma série de organelas membranosas, entre elas os cloroplastos, as mitocôndrias e os lisossomos.
- 02** Diversas evidências dão sustentação à hipótese endossimbiótica. Por exemplo, as mitocôndrias e os cloroplastos possuem DNA próprio, sintetizam algumas de suas proteínas e são capazes de se autoduplicar.
- 04** Uma grande novidade evolutiva foi o surgimento do envoltório nuclear (carioteca) nas células eucarióticas. A presença da carioteca permite a compartimentalização das células eucarióticas em nucleoplasma e citoplasma.
- 08** Com relação à hipótese endossimbiótica, os cientistas acreditam que as mitocôndrias e os cloroplastos descendem de bactérias primitivas que, durante a evolução, associaram-se e passaram a viver em simbiose com células eucarióticas primitivas.

Soma:

9. Unirio-RJ Uma das hipóteses mais amplamente aceitas na biologia considera que mitocôndrias e cloroplastos se originaram de uma relação mutualística entre procariontes e eucariontes primitivos. Qual das seguintes observações constituiria evidência correta para apoiar essa hipótese?

- a) As mitocôndrias são responsáveis pela respiração, e os cloroplastos pela fotossíntese.
- b) Mitocôndrias e cloroplastos apresentam ribossomas, que são responsáveis pela síntese proteica.
- c) Cloroplastos e mitocôndrias são organelas membranosas presentes no citoplasma da célula.

- d) Essas organelas apresentam enzimas responsáveis por reações de oxidação e redução de moléculas.
- e) Tanto mitocôndrias quanto cloroplastos apresentam DNA circular, distinto do DNA do núcleo.

10. UFSC Os cientistas Gerald Schatten e Peter Sutovsky, [...], descobriram que as mitocôndrias [...] de espermatozoides são destruídas após fertilizarem os óvulos.

Ciência Hoje, ed. 158, v. 27, mar. 2000, p. 12.

Com relação ao assunto exposto, é correto afirmar que:

- 01** as mitocôndrias são organelas responsáveis pela produção de energia nas células.
- 02** as mitocôndrias dependem do DNA do núcleo das células a que pertencem para se multiplicarem.
- 04** o fenômeno descrito explica por que os mamíferos só herdaram o DNA mitocondrial do lado materno.
- 08** as mitocôndrias, por conterem seu próprio DNA, também participam da lise nas células e nos tecidos.
- 16** as mitocôndrias dos vegetais possuem clorofila em sua constituição.
- 32** as mitocôndrias exercem uma função denominada respiração celular, que produz ao final o ATP, molécula altamente energética.
- 64** nas células eucarióticas primitivas, as mitocôndrias estão ausentes.

Soma:

11. UEL-PR Nas células clorofiladas dos vegetais, as moléculas de ATP necessárias para o metabolismo celular formam-se:

- a) somente nos cloroplastos.
- b) somente nas mitocôndrias.
- c) somente no hialoplasma e nos cloroplastos.
- d) somente no hialoplasma e nas mitocôndrias.
- e) no hialoplasma, nos cloroplastos e nas mitocôndrias.

12. Fuvest-SP As mitocôndrias são consideradas as “casas de força” das células vivas. Tal analogia refere-se ao fato de as mitocôndrias:

- a) estocarem moléculas de ATP produzidas na digestão dos alimentos.
- b) produzirem ATP com utilização de energia liberada na oxidação de moléculas orgânicas.
- c) consumirem moléculas de ATP na síntese de glicogênio ou de amido a partir de glicose.
- d) serem capazes de absorver energia luminosa utilizada na síntese de ATP.
- e) produzirem ATP a partir da energia liberada na síntese de amido ou de glicogênio.

13. Udesc 2019

O fígado, ao sofrer alguma lesão, apresenta uma regeneração geralmente bem organizada, exibindo um arranjo típico e sua função normalizada. No entanto,

quando os hepatócitos são repetidamente agredidos durante um longo período, ocorre a formação de nódulos compostos por uma massa central de hepatócitos em arranjo desordenado, circundada por grande quantidade de tecido conjuntivo denso. Essa desorganização, denominada cirrose, é um processo progressivo e irreversível, levando à falência do órgão e, frequentemente, ao óbito.

A cirrose pode ocorrer como consequência básica de injúrias progressivas e duradouras aos hepatócitos, produzidas por agentes variados como etanol, drogas, agentes químicos, hepatite viral, doença hepática autoimune e alguns parasitas intestinais como o *Schistosoma mansoni*.

JUNQUEIRA, Luiz. C.; CARNEIRO, J. *Histologia Básica*. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 335 [adaptado]

Assinale a alternativa que corresponde à organela citoplasmática de um hepatócito responsável pela desintoxicação do etanol e de outras drogas.

- Proteossomos
- Retículo endoplasmático granuloso
- Complexo golgiense
- Lisossomos
- Retículo endoplasmático não granuloso

14. Cefet-MG A substância orgânica usada pelos organismos vivos, como fonte primária de energia, é elaborada no interior da organela citoplasmática denominada:

- cloroplastos.
- mitocôndria.
- ribossomos.
- lisossomos.

15. Uece 2020 As organelas presentes em células eucarióticas que contêm enzimas oxidases, responsáveis por decompor aminoácidos e lipídios; e enzima catalase, responsável por livrar a célula de resíduos tóxicos, são denominadas de

- peroxissomos.
- ribossomos.
- centrossomos.
- retículos endoplasmáticos.

16. FEI-SP As funções de síntese proteica, síntese de lipídeos, digestão intracelular, respiração celular e formação do fuso acromático são realizadas, respectivamente, pelas seguintes estruturas:

- ribossomo, retículo endoplasmático liso, mitocôndrias, lisossomos e centríolos.
- ribossomo, retículo endoplasmático liso, lisossomos, mitocôndrias e centríolos.
- ribossomo, lisossomos, retículo endoplasmático liso, mitocôndrias e centríolos.
- retículo endoplasmático liso, mitocôndrias, lisossomos, centríolos e ribossomos.
- retículo endoplasmático liso, ribossomos, lisossomos, centríolos e mitocôndrias.

17. UPE/SSA 2018 Observe o diálogo a seguir:



Fonte: Ivo Viu a Uva – <http://www.ivoviuauva.com.br>

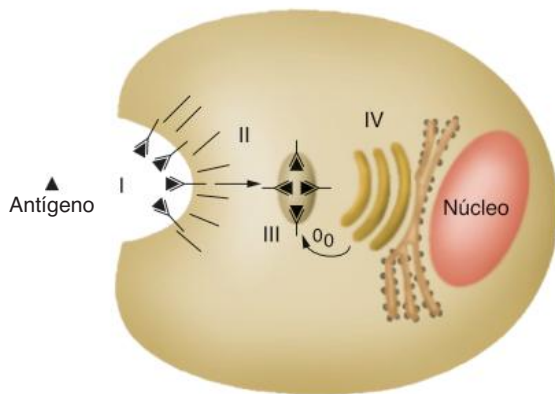
Organelas são pequenas estruturas presentes no citoplasma das células. Sobre as características e funções destas, analise as afirmativas a seguir:

- O retículo endoplasmático é constituído por uma rede de tubos e bolsas membranosas; pode ser do tipo liso ou não granuloso e rugoso ou granuloso. O não granuloso sintetiza esteroides e fosfolípidios, e o granuloso se encarrega da produção de certas proteínas destinadas à exportação.
- O complexo de Golgi ou golgiense é formado por um conjunto de bolsas membranosas, denominadas cisternas ou vesículas. Localiza-se geralmente próximo ao núcleo e ao retículo endoplasmático não granuloso e produz proteínas e polissacarídeos, como a hemicelulose presente na cápsula bacteriana.
- Os peroxissomos são organelas membranosas, encontrados em células eucarióticas; essas organelas estão envolvidas na oxidação de ácidos graxos, processo conhecido como betaoxidação.
- As mitocôndrias são organelas responsáveis pela respiração celular aeróbica; em geral, têm forma de um bastonete, sendo constituídas por duas membranas lipoproteicas: uma externa, lisa e contínua, e outra interna, com invaginações, que formam as cristas mitocondriais.
- Os lisossomos são pequenas vesículas esféricas, membranosas, ricas em enzimas digestivas, encontrados em todas as células, desde as procarionóticas até as eucarióticas. Estão relacionados às funções de degradação de bebida alcoólica e à digestão intracelular.

Estão **CORRETAS** apenas

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

18. **UFSM-RS** Analise a figura a seguir, que esquematiza o processo de endocitose ocorrido nos linfócitos.



Na organela representada por III, enzimas hidrolíticas fazem a digestão parcial do material que sofreu endocitose. Essa organela é um(a):

- a) lisossomo. d) complexo de Golgi.
b) peroxissomo. e) mitocôndria.
c) centríolo.
19. **UFRGS 2019** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.
Os peroxissomos são organelas enzimáticas de membrana única, cuja principal função é a _____ de certas substâncias orgânicas nas células, em especial, _____. Nessa reação, surge um subproduto muito tóxico para a célula, a água oxigenada (peróxido de hidrogênio), que precisa ser rapidamente degradado por uma de suas principais enzimas, a _____.
- a) fluoretação – açúcares – amilase
b) substituição – sais minerais – anidrase
c) acetilação – celulose – fosfatase
d) oxidação – ácidos graxos – catalase
e) redução – nitritos – lipase
20. **UFJF/Pism-MG** Antigamente se dizia que os lisossomos faziam a digestão celular por um processo chamado autólise e que ela era consequência do rompimento das membranas lisossomais, difusão das suas enzimas digestivas para o citoplasma e posterior digestão das organelas celulares. Hoje sabemos que este mecanismo de digestão é a exceção e não a regra, porque
- a) é impossível as membranas dos lisossomos se romperem.
b) antes de romperem, os lisossomos fazem a sua própria autofagia.
c) o pH por volta de 7,2 do citoplasma inativa as enzimas lisossomais.
d) as enzimas lisossomais não se difundem quando ocorre o rompimento de membranas.
e) as bombas de prótons das membranas lisossomais são ativadas quando ocorre o rompimento.

21. **UFPE** Sobre as organelas celulares, podemos afirmar que:
- o retículo endoplasmático está relacionado com a produção de proteínas e lipídeos.
■ os lisossomos são bolsas cheias de dímeros de reserva.
■ no ribossomo, organela formada por duas subunidades de tamanhos diferentes, ocorre a síntese dos lipídeos.
■ no aparelho de Golgi das células acinosas do pâncreas, formam-se os precursores dos hormônios pancreáticos.
■ na mitocôndria, ocorre o ciclo de Krebs.

22. **Mackenzie-SP** Células musculares, células glandulares e células de um microrganismo de água doce deverão ter bem desenvolvidas as seguintes organelas, respectivamente:
- a) cloroplastos, mitocôndrias e centríolos.
b) complexo de Golgi, retículo endoplasmático liso e lisossomos.
c) mitocôndrias, complexo de Golgi e vacúolo contrátil.
d) retículo endoplasmático rugoso, mitocôndrias e complexo de Golgi.
e) centríolos, vacúolo contrátil e lisossomos.

23. **UPF-RS 2021** A emissão de pseudópodes nas amebas, a fagocitose nos macrófagos e o movimento de ciclose nas células de folhas *Elodea* são processos que ocorrem devido a estruturas do citoesqueleto celular denominadas
- a) Microfilamentos
b) Microtúbulos
c) Filamentos intermediários
d) Tubulinas
e) Vimentinas

24. **Fatec-SP** Considere as seguintes funções que ocorrem no interior da célula: digestão intracelular, respiração, transporte de substâncias e secreção. Essas funções são realizadas, respectivamente, por:
- a) mitocôndria, complexo de Golgi, lisossomo e retículo endoplasmático.
b) ribossomo, mitocôndria, retículo endoplasmático e complexo de Golgi.
c) lisossomo, mitocôndria, retículo endoplasmático e complexo de Golgi.
d) lisossomo, complexo de Golgi, mitocôndria e retículo endoplasmático.
e) ribossomo, mitocôndria, retículo endoplasmático e complexo de Golgi.

25. **UFJF/Pism-MG 2020** O citoesqueleto é formado por componentes proteicos que realizam diversas funções celulares. Dentre elas está a manutenção estrutural e sustentação das células animais. São componentes do citoesqueleto: filamentos intermediários, filamentos de actina e microtúbulos. Assinale a opção que cita **CORRETAMENTE** as funções desses elementos do citoesqueleto.

- a) resistência mecânica, contração da célula muscular, composição estrutural de cílios e flagelos.
- b) divisão celular com formação do fuso mitótico, síntese proteica, replicação do DNA.
- c) resistência mecânica, armazenamento de energia, transporte de vesículas.
- d) transcrição do RNA, composição estrutural de cílios e flagelos, contração da célula muscular.
- e) composição estrutural de cílios e flagelos, síntese proteica, tradução de proteínas.

26. Unioeste-PR Escolha a(s) alternativa(s) correta(s) com relação a organelas celulares.

- 01** Lisossomos são pequenas vesículas originadas a partir das mitocôndrias.
- 02** O complexo de Golgi tem como função receber, armazenar e, frequentemente, modificar proteínas.
- 04** Ribossomos são constituídos de RNA e proteínas.
- 08** Peroxissomos estão relacionados com a quebra de ácidos graxos.
- 16** As mitocôndrias têm como função principal produzir glicose a partir de CO_2 e H_2O .
- 32** Os centríolos estão presentes tanto em células animais quanto em células vegetais.
- 64** O acrossomo de um espermatozoide é formado a partir do complexo de Golgi modificado.

Soma:

27. Unicamp-SP No citoplasma das células, são encontradas diversas organelas, cada uma com funções específicas, mas interagindo e dependendo das outras para o funcionamento celular completo. Assim,

por exemplo, os lisossomos estão relacionados ao complexo de Golgi e ao retículo endoplasmático rugoso, e todos às mitocôndrias.

- a) Explique que relação existe entre lisossomos e complexo de Golgi.
- b) Qual a função dos lisossomos?
- c) Por que todas as organelas dependem das mitocôndrias?

28. UFU-MG Analise a tabela.

Organelas Celulares	Função	Exemplos de células em que estão presentes
Retículo Endoplasmático Liso	Síntese e secreção de hormônios sexuais	1
Retículo Endoplasmático Rugoso	Síntese de proteínas secretadas no sangue como, por exemplo, a insulina	2
Mitocôndrias	Respiração celular	3
Lisossomos	Digestão intracelular	4

Assinale a alternativa que corresponde, respectivamente, aos números 1, 2, 3 e 4.

- a) Macrófagos, musculares, testiculares e pancreáticas.
- b) Testiculares, pancreáticas, musculares e macrófagos.
- c) Testiculares, musculares, pancreáticas e macrófagos.
- d) Macrófagos, pancreáticas, musculares e testiculares.

Texto complementar

Reexaminando as organelas e seu papel metabólico

Uma célula realiza trocas com o meio em que se encontra. Em seu interior, os componentes celulares realizam uma série de processos que garantem a manutenção da vida da célula.

Entre esses processos, destacam-se:

- transporte de materiais;
- síntese;
- digestão.
- respiração celular e fermentação;
- secreção;

Transporte de materiais

De maneira geral, há dois tipos de transporte:

- por meio da membrana;
- no interior da célula.

O transporte por meio da membrana envolve a entrada e a saída de materiais. A célula recebe água, gás oxigênio (O_2) e diversos tipos de nutrientes: sais, aminoácidos, bases nitrogenadas e carboidratos (como glicose, ribose e desoxirribose). Esses materiais são processados no interior da célula, e ela elimina, pela membrana, outros materiais. É o caso do gás carbônico, da amônia (NH_3) e de algumas secreções (como proteínas). A célula pode também eliminar água e diversos tipos de sais minerais.

O transporte no interior da célula envolve a circulação por meio do citosol. Muitas substâncias dissolvidas na água desse coloide transitam por várias partes da célula; além disso, há uma organela especializada no transporte, o **retículo endoplasmático** (RE). Trata-se de um conjunto de canais delimitados por membranas de natureza lipoproteica. Em seu interior, ocorre o fluxo de alguns materiais, como proteínas e lipídeos.

Respiração celular e fermentação

Uma parte dos nutrientes que a célula recebe atua como fonte de energia. É o caso da glicose, que pode ser degradada no citoplasma por meio dos processos de respiração celular ou de fermentação.

A respiração inicia-se no citosol e é completada no interior das mitocôndrias, organelas dotadas de DNA. Trata-se de um processo **aeróbico**, ou seja, que envolve a utilização de gás oxigênio (O_2). A respiração, que gera CO_2 e H_2O , libera energia na forma de calor, sendo uma parte da energia temporariamente armazenada na substância **ATP** (adenosina trifosfato).

A fermentação ocorre apenas no citosol. É um processo **anaeróbico**, ocorrendo sem o emprego de O_2 . Células musculares, por exemplo, realizam fermentação quando não recebem a quantidade adequada de O_2 .

Síntese

Alguns nutrientes que a célula recebe são empregados em processos de síntese, ou seja, na formação de moléculas maiores e mais complexas, como DNA e proteínas. A fotossíntese é um tipo de síntese que ocorre em plantas, algas e bactérias, no interior de organelas denominadas cloroplastos.

Essas organelas são estruturas membranosas, dotadas de DNA, que apresentam clorofila e outros pigmentos. A clorofila é uma molécula orgânica complexa, dotada de um átomo central de magnésio; é responsável pela absorção de energia luminosa, indispensável para a realização de fotossíntese.

A fotossíntese emprega gás carbônico, água e energia luminosa, gera glicose, gás oxigênio e água. Deve-se notar que a glicose é uma molécula mais complexa ($C_6H_{12}O_6$), produzida a partir de moléculas menores (CO_2 e H_2O). Isso caracteriza um processo de síntese metabólica.

Outras importantes sínteses são as que geram o DNA e as proteínas. O DNA é produzido no interior do núcleo, das mitocôndrias e dos cloroplastos. Moléculas de DNA servem de modelo para a produção de novas moléculas de DNA, utilizando fosfato, desoxirribose e bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e timina). O DNA constitui o material genético das células.

A síntese de proteínas ocorre nos **ribossomos**, estruturas com aspecto granular (pequenos grãos) e que não são delimitados por membrana. Proteínas são sintetizadas pela reunião de aminoácidos. Algumas são empregadas na construção de estruturas celulares, outras podem atuar como enzimas, e ainda há proteínas eliminadas no processo de secreção celular.

Os lipídeos, por sua vez, são sintetizados no **retículo endoplasmático não granuloso** (não têm ribossomos em sua superfície). Há diversos tipos de lipídeo, produzidos a partir de inúmeras substâncias, como carboidratos e aminoácidos. Os lipídeos exercem vários papéis: são componentes da membrana, atuam como hormônios (como a testosterona e o estrógeno), são armazenadores de energia, entre outros.

	Local de síntese	Materiais usados na síntese	Papéis biológicos
DNA	Núcleo, mitocôndrias e cloroplastos	Fosfato, desoxirribose e bases nitrogenadas	Material genético
Proteínas	Ribossomos	Aminoácidos	Construção, enzimas e secreção
Lipídeos	Retículo endoplasmático não granuloso	Aminoácidos, carboidratos e outros	Reserva, membranas, hormônios

Principais tipos de síntese celular.

Secreção

Cada uma de nossas células recebe do organismo materiais necessários à sua sobrevivência. Além disso, várias células liberam substâncias úteis, que contribuem para o funcionamento de outras células. Esse é o processo de secreção, relacionado com a organela citoplasmática conhecida como **complexo golgiense**.

Constituído por sacos membranosos achatados, empilhados e com extremidades dilatadas, o complexo golgiense recebe materiais provenientes do retículo endoplasmático. Esses materiais são concentrados e empacotados no interior de vesículas que brotam do complexo golgiense. Essas vesículas fundem-se à membrana plasmática e ocorre a liberação do material para o espaço extracelular. Esse é o processo de secreção celular e ocorre, por exemplo, em células:

- do estômago, que liberam enzimas digestivas para a cavidade estomacal;
- da hipófise, responsáveis pela produção do hormônio de crescimento;
- dos testículos, que sintetizam o hormônio testosterona.

Digestão

É um processo de quebra de moléculas grandes com a participação de enzimas e de água. Trata-se, portanto, de uma **hidrólise enzimática**. Proteínas, por exemplo, ao sofrerem digestão, geram aminoácidos; já a digestão do DNA produz bases nitrogenadas, fosfato e desoxirribose.

Enzimas digestivas são encontradas no interior do complexo golgiense, o qual as secreta em organelas chamadas **lisossomos**. As enzimas lisossômicas podem atuar em materiais provenientes do meio externo da célula. Isso ocorre, por exemplo, quando uma bactéria é englobada por células de defesa. A bactéria é digerida por enzimas lisossômicas, e isso constitui uma modalidade de defesa do organismo.

Lisossomos também atuam na digestão de estruturas da própria célula. Uma mitocôndria pouco funcional é digerida, e seus componentes são reutilizados no metabolismo celular. Em contrapartida, a célula gera novas mitocôndrias, dotadas de maior capacidade funcional do que a mitocôndria que foi digerida.

Doenças lisossômicas

Alterações nos lisossomos podem provocar graves distúrbios, conhecidos como doenças lisossômicas. Os lisossomos podem ter enzimas alteradas por causa de alelos mutantes presentes no indivíduo, como acontece na **doença de Tay-Sachs**.

Outras vezes, o organismo é exposto a partículas que desestabilizam a membrana de lisossomos, que liberam enzimas, promovendo a digestão de estruturas e causando doenças, como a **silicose** (resultado da exposição à sílica) e a **asbestose** (resultado da exposição ao amianto). A sílica, por exemplo, é liberada em minas quando rochas são explodidas e dispersam-se no ar; inalada pelas pessoas, a sílica pode desestabilizar lisossomos de células pulmonares, promovendo diminuição de superfície pulmonar.

Há o caso de príons (proteínas infecciosas) gerados no retículo endoplasmático granuloso e que podem ser exportados das células. Essas proteínas podem ser ingeridas por outros organismos, mas não são digeridas. Ocorre que príons podem penetrar em células e desestabilizar lisossomos, provocando a morte da célula. Isso pode afetar o cérebro, destruindo grandes áreas e caracterizando as chamadas encefalopatias espongiformes transmissíveis, como a que ocorre na conhecida **doença da "vaca louca"**.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

O **citoplasma de eucariontes** localiza-se entre a **membrana plasmática** e a **carioteca**. Já o **citoplasma de procariontes** é todo o conjunto envolvido pela membrana plasmática.

O **citossol (hialoplasma)** é composto de **água** e **proteínas**, com materiais dissolvidos, como íons, açúcares, bases nitrogenadas, aminoácidos, **RNA** e enzimas.

No citossol, são também encontradas **organelas citoplasmáticas**. Entre elas, estão:

- **Cloroplastos:** realizam a fotossíntese e possuem DNA próprio.
- **Mitocôndrias:** responsáveis pela respiração celular, possuem DNA próprio.
 - Características de **mitocôndrias** e **cloroplastos:** envolvidos na **hipótese da endossimbiose**, a qual salienta a possibilidade de eucariontes terem englobado procariontes (bactérias e cianobactérias), que, após mutações, originaram organelas citoplasmáticas.
- **Ribossomos:** constituídos por proteínas e por RNA ribossômico, são responsáveis pela produção de proteínas, formando cadeias de aminoácidos.
- **Peroxisomos:** vesículas membranosas que contêm enzimas (como a catalase) que provocam a oxidação de moléculas, por exemplo, a decomposição da água oxigenada.
- **Retículo endoplasmático não granuloso:** constituído por tubos ramificados. Responsável pela síntese de substâncias (ácidos graxos, fosfolipídeos e colesterol) e armazenamento de íons.
- **Retículo endoplasmático granuloso:** constituído por canais ramificados achatados, com ribossomos aderidos. Responsável pelo armazenamento de proteínas (produzidas pelos ribossomos) e pela síntese de carboidratos complexos.
- **Complexo golgiense:** constituído por sacos membranosos achatados com a função de concentrar materiais recebidos, podendo realizar modificações químicas nas substâncias. Possui uma **face cis** (voltada para o RE) e uma **face trans** (voltada para a MP). Da face **trans** brotam vesículas, que podem ser destinadas à secreção (de materiais para fora da célula) ou à formação de outras estruturas (lisossomos, acrossomos, lamelas médias das células vegetais). Nas células vegetais, há unidades do complexo golgiense (**dictiossomos** ou **golgiossomos**) espalhadas pelo citoplasma.
- **Lisossomos:** vesículas membranosas com enzimas digestivas, responsáveis pela digestão intracelular **heterofágica** (de partículas de fora da célula obtidas por **fagocitose** ou **pinocitose**) e **autofágica** (de estruturas de dentro da célula, contribuindo para a renovação celular).
 - **Lisossomos primários:** anteriores à fusão com o vacúolo alimentar.
 - **Lisossomos secundários:** estrutura resultante da fusão do primário com o vacúolo alimentar.

A **apoptose** refere-se à morte celular programada.

- **Citoesqueleto:**
 - **Microfilamentos:** formados por filamentos de **actina**, responsáveis pela estrutura (organização do citossol na **forma gel** – na região do **ectoplasma** – e da **forma sol** – na região mais interna, o **endoplasma**) e pela atividade celular, com a formação de **pseudópodes** e das correntes citoplasmáticas (**ciclose**).
 - **Filamentos intermediários:** principalmente constituídos por **queratina**, são associados aos **desmossomos** (responsáveis pela adesão entre células vizinhas).
 - **Microtúbulos:** constituídos pela polimerização de moléculas de **tubulina**, são os componentes do **fuso** (presentes na divisão celular).
 - **Centríolos:** produzidos no **centrossomo** de células animais e constituídos por **microtúbulos**, são dispostos em pares, com cada estrutura perpendicular entre si. São responsáveis pela formação de **cílios** e **flagelos** das células.

Quer saber mais?



Site

<https://www.visiblebody.com/learn/biology/cells/eukaryotic-cells>

(Acesso em: 22 out. 2021)

O site apresenta modelos tridimensionais de células eucarióticas. Esses modelos podem ser visualizados em realidade aumentada, caso sejam abertos em celulares compatíveis com a tecnologia.

Exercícios complementares

1. **UEA-AM 2019** Tanto as células procariotas quanto as células eucariotas possuem
 - a) organelas membranosas em seus núcleos.
 - b) ribossomos dispersos no citoplasma.
 - c) genoma isolado por envoltório nuclear.
 - d) nucléolos distribuídos no citoplasma.
 - e) cromossomos lineares no interior do núcleo.

- 2. Unicamp-SP** Os ribossomos são encontrados livres no citoplasma, associados à superfície do retículo endoplasmático e dentro de mitocôndrias e cloroplastos, desempenhando sempre a mesma função básica.
- Que função é essa?
 - Por que alguns dos ribossomos se encontram associados ao retículo endoplasmático?
 - Por que as mitocôndrias e os cloroplastos também têm ribossomos em seu interior?

- 3. PUC-Campinas** Células endodérmicas indiferenciadas e totipotentes da gástrula dos vertebrados podem originar células altamente especializadas, como é o caso das células dos ácinos pancreáticos que secretam enzimas digestivas.

Os grânulos de secreção dessas células são liberados a partir:

- do retículo endoplasmático.
 - do sistema golgiense.
 - das mitocôndrias.
 - dos lisossomos.
 - dos ribossomos.
- 4. EBMS-BA 2018** A interação simbiótica é a essência da vida em um planeta apinhado. Nosso cerne, simbiogeneticamente composto, é muito mais antigo que a recente inovação que denominamos ser humano. Nossa forte impressão de diferença em relação a todas as outras formas de vida, nossa ideia de que somos uma espécie superior são delírios de grandeza.

MARGULIS, Lynn. O planeta simbiótico: Uma nova perspectiva da evolução. Rio de Janeiro: Rocco, 2001, p. 95

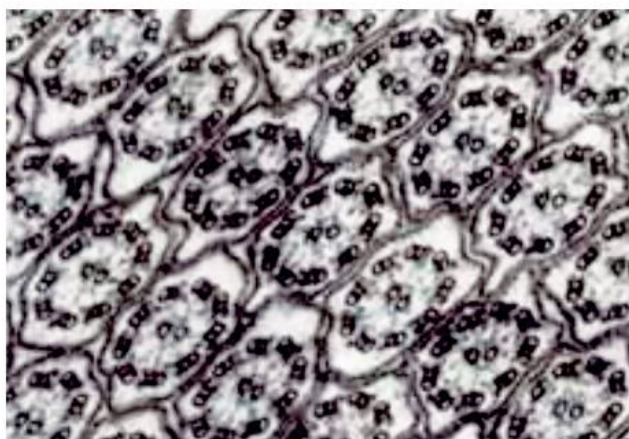
As relações de simbiose – hoje, amplamente aceitas pela ciência – que retratam as interações históricas entre seres vivos e que favoreceram o estabelecimento de novos tipos orgânicos mais ajustados às condições impostas pelo ambiente, podem ser exemplificadas na presença de determinadas estruturas celulares, como

- as mitocôndrias e a carioteca.
 - os ribossomos e as verminoses.
 - o retículo endoplasmático e os cloroplastos.
 - os cloroplastos e as mitocôndrias.
 - os centríolos e os cromossomos.
- 5. Unesp** Os peroxissomos são pequenas vesículas citoplasmáticas, presentes principalmente em células hepáticas, que participam da eliminação de substâncias tóxicas do meio celular. Em algumas reações químicas, que ocorrem nos peroxissomos a fim de eliminar substâncias tóxicas, há formação de água oxigenada (H_2O_2). Essa substância é importante para uma outra função desempenhada por estas vesículas e que pode, por analogia, ser comparada com o que ocorre quando se aplica água oxigenada em ferimentos e lesões cutâneas. Na maioria dos tecidos, encontra-se uma enzima denominada catalase, que facilita a decomposição da água oxigenada conforme a seguinte reação:



- Considerando-se estas informações, justifique a finalidade da aplicação de água oxigenada em ferimentos e lesões cutâneas.
- Qual organela citoplasmática encontrada em todas as células animais, principalmente em macrófagos, apresenta uma grande variedade de enzimas em seu interior? Cite o nome do processo que ocorre no interior dessas organelas após o englobamento de partículas estranhas.

- 6. Famerp-SP 2020** A imagem ilustra um corte transversal da membrana plasmática de uma célula da traqueia humana, na qual se observam cílios com estruturas circulares agrupadas duas a duas em seu interior.

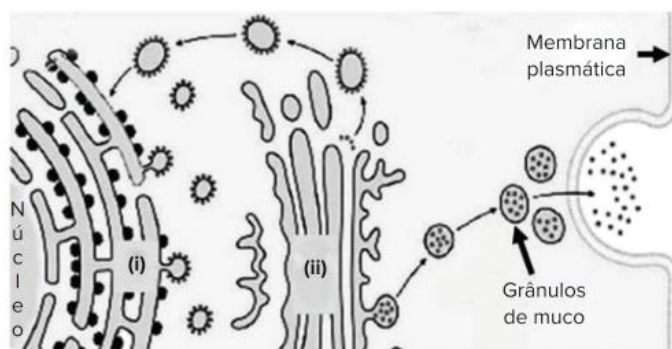


(Luís Carlos Junqueira e José Carneiro. Biologia celular e molecular, 2013.)

- Quais organelas celulares são importantes para que as estruturas observadas realizem os movimentos ciliares? Justifique sua resposta.
 - Justifique por que um homem que não forme as proteínas que integram essas estruturas pode apresentar problemas respiratórios e também infertilidade.
- 7. PUC-SP** Os seres humanos, ao se alimentarem de peixes contaminados por mercúrio, também estão sujeitos aos efeitos danosos causados por esse elemento. Particularmente, são afetados os neurônios e as células cardíacas e renais, que apresentam alterações no número de mitocôndrias e uma redução do retículo endoplasmático rugoso (ou granular). Quais os principais processos biológicos que ocorrem nessas organelas e que, portanto, estariam alterados nessas células?
- 8. Unicamp-SP 2021** O epitélio nasal e o bronquial apresentam receptores às proteínas virais do novo coronavírus (SARS-CoV-2). A secreção mucosa liberada pelas células das vias respiratórias é importante para a formação de um gel viscoso e lubrificante com grande quantidade de água, que funciona como uma barreira adesiva para muitas partículas e patógenos. Entretanto, há vírus capazes de penetrar essa barreira formada pelo muco.

(W. Sungnak e outros. Nature Medicine, Londres, v. 26, p. 681-687, abr. 2020.)

Utilize a figura abaixo e seus conhecimentos de biologia celular para assinalar a alternativa que preenche corretamente as lacunas na frase a seguir.

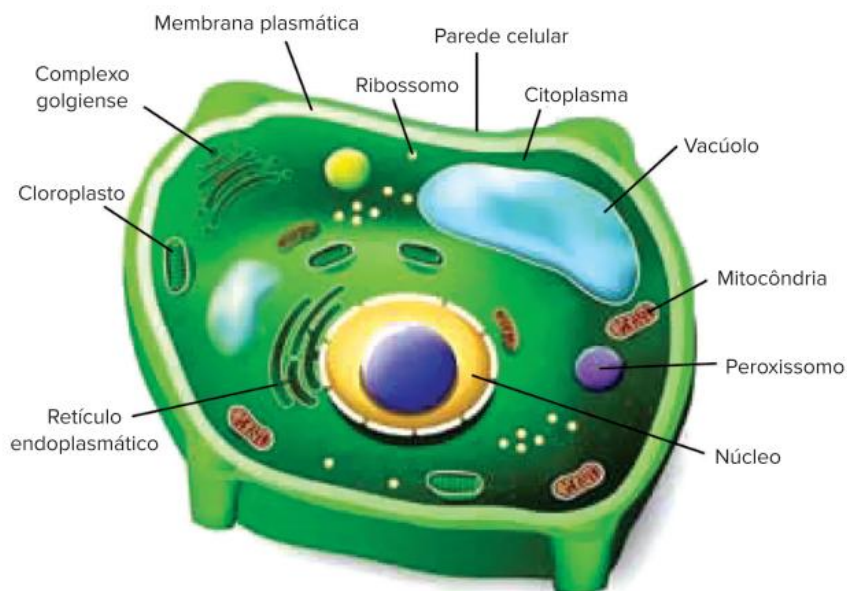


(Adaptado de A. Pompa e outros. *International Journal of Molecular Sciences*, Basel, v. 18, p. 703, mar. 2017.)

Presente na cavidade nasal, na traqueia e nos brônquios, a célula caliciforme apresenta as organelas (i) _____ e (ii) _____ bem desenvolvidas, as quais são responsáveis pela (iii) _____ e (iv) _____, respectivamente, necessárias para a produção do muco.

- a) mitocôndria; (ii) retículo endoplasmático agranular; (iii) síntese de ATP; (iv) detoxificação.
- b) complexo de Golgi; (ii) retículo endoplasmático granular; (iii) adição de açúcares; (iv) síntese proteica.
- c) retículo endoplasmático agranular; (ii) mitocôndria; (iii) detoxificação; (iv) síntese de ATP.
- d) retículo endoplasmático granular; (ii) complexo de Golgi; (iii) síntese proteica; (iv) adição de açúcares.

9. **UEA-AM 2019** A figura indica alguns dos componentes de uma célula vegetal.



(www.todamateria.com.br. Adaptado.)

A célula vegetal se diferencia da

- a) célula animal pela presença do complexo golgiense e do retículo endoplasmático.
- b) célula bacteriana pela presença de membrana plasmática e de DNA.
- c) célula animal pela presença de parede celular e de cloroplastos.
- d) célula bacteriana pela presença de parede celular e de ribossomos.
- e) célula animal pela presença de mitocôndrias e do núcleo.

10. **Cefet-MG** Sobre uma organela citoplasmática presente em uma célula eucariota, afirma-se que:

- I. são mais aparentes nos fagócitos;
- II. decompõem substâncias supérfluas e estranhas;
- III. aparecem como pequenos sacos citoplasmáticos envolvidos por membrana;
- IV. servem para descartar fragmentos celulares na remodelação dos tecidos.

Pode-se concluir que se trata de:

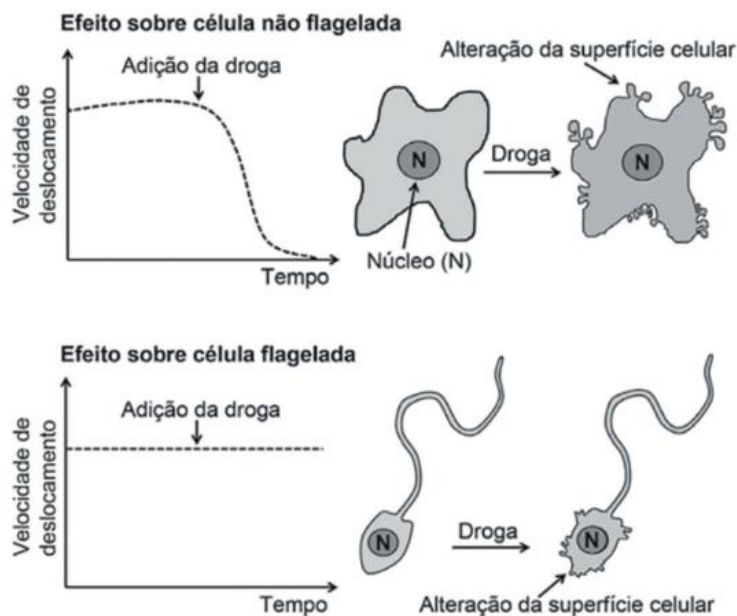
- a) lisossomo.
- b) ribossoma.
- c) mitocôndria.
- d) complexo de Golgi.

- 11. UEPG-PR 2018** Considerando as organelas citoplasmáticas e suas funções nas células, assinale o que for correto.
- 01** Os lisossomos são organelas que lembram bolsas, as quais apresentam dobras na face interna, onde podem ser encontradas enzimas responsáveis pelas reações químicas da respiração celular.
 - 02** Nos músculos, o retículo endoplasmático especializado, denominado de retículo sarcoplasmático, é muito desenvolvido e serve de reservatório de íons cálcio, necessários ao mecanismo de contração.
 - 04** O complexo golgiense é bem desenvolvido em células glandulares e, devido à presença de ribossomos aderidos à membrana, é responsável pela síntese e excreção de proteínas e lipídeos a serem utilizados no meio intracelular.
 - 08** Formados por RNA e proteínas, os ribossomos são responsáveis pela síntese de proteínas. Alguns ribossomos ficam livres no citoplasma, enquanto outros fazem parte do retículo endoplasmático rugoso (ou granuloso).
 - 16** Uma das características das mitocôndrias é a realização de fagocitose, processo utilizado para nutrição celular. Em algumas células, como os leucócitos, a fagocitose também pode ser utilizada como um mecanismo de defesa do organismo.

Soma:

- 12. IFCE** A regressão da cauda do girino é um processo que ocorre graças ao:
- a) retículo endoplasmático.
 - b) complexo de Golgi.
 - c) ribossomo.
 - d) cloroplasto.
 - e) lisossomo.

- 13. Enem PPL 2019** A ação de uma nova droga antitumoral sobre o citoesqueleto foi investigada. O pesquisador comparou o efeito da droga na velocidade de deslocamento celular e na integridade de filamentos do córtex celular e de flagelos, conforme apresentado na figura.



O pesquisador concluiu que a droga age sobre os

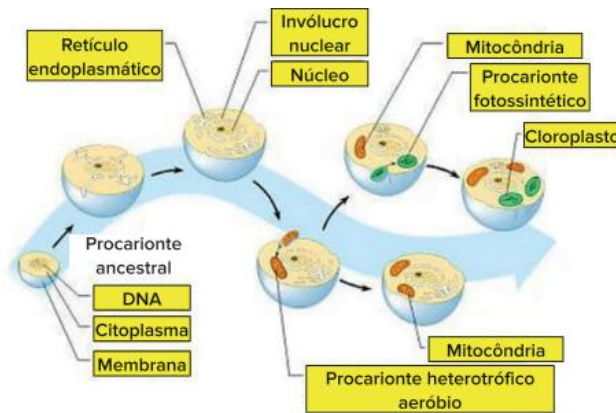
- a) microtúbulos apenas.
- b) filamentos de actina apenas.
- c) filamentos intermediários apenas.
- d) filamentos de actina e microtúbulos.
- e) filamentos de actina e filamentos intermediários.

14. **UFV-MG** A insulina começa a ser sintetizada (I) em uma rede de túbulos membranosos achatados; é transferida para o interior de cisternas empilhadas, onde sofre modificações (II), e, em seguida, é secretada (III). Todos esses processos são dependentes de energia da respiração (IV).

A correspondência correta entre processo e organela é:

- (I) retículo endoplasmático liso, (II) lisossomo e (III) mitocôndria.
- (II) mitocôndria, (III) lisossomo e (IV) retículo endoplasmático liso.
- (I) retículo endoplasmático rugoso, (III) lisossomo e (IV) complexo de Golgi.
- (II) complexo de Golgi, (III) retículo endoplasmático liso e (IV) lisossomo.
- (I) retículo endoplasmático rugoso, (II) complexo de Golgi e (IV) mitocôndria.

15. **UPF-RS** Analise a figura e assinale a alternativa que indica o que é representado nela.



(Disponível em: <http://eletrobiologia.blogspot.com.br/2011/06>. Acesso em 4 set. 2016)

- A teoria celular.
- A teoria da endossimbiose.
- A teoria da abiogênese.
- A origem da vida.
- O surgimento das células procariotas.

16. **UEPG-PR** Sobre funções de estruturas celulares, assinale o que for correto.

- Os lisossomos realizam a digestão intracelular.
- As mitocôndrias são responsáveis pela respiração celular.
- O aparelho de Golgi atua como centro de armazenamento, transformação e remessa de substâncias na célula.
- O retículo endoplasmático atua como rede de distribuição de substâncias no interior da célula.
- O citoesqueleto é responsável pela forma, pela organização interna e pelos movimentos das células eucariontes.

Soma:

17. **PUC-SP** No interior da célula, o ATP produzido em um processo (I) é utilizado na síntese de enzimas digestivas (II) e no mecanismo de digestão de partículas fagocitadas (III). Três componentes celulares relacionados direta e respectivamente com I, II e III são:

- mitocôndria, ribossomo e lisossomo.
- mitocôndria, cromossomo e lisossomo.
- cloroplasto, cromossomo e lisossomo.
- cloroplasto, lisossomo e ribossomo.
- cromossomo, mitocôndria e ribossomo.

18. **Fatec-SP** No citoplasma da célula, são encontradas diversas organelas, com funções específicas, interagindo e dependendo de outras organelas a fim de garantir o funcionamento celular como um todo. Assim, por exemplo, os ribossomos são encontrados associados à superfície do retículo endoplasmático rugoso, dentro das mitocôndrias e cloroplastos. Já os lisossomos, além do retículo endoplasmático rugoso, também se relacionam ao complexo de Golgi e todos, por sua vez, com as mitocôndrias. Sobre essas organelas, suas funções e interações com outras, é correto afirmar:

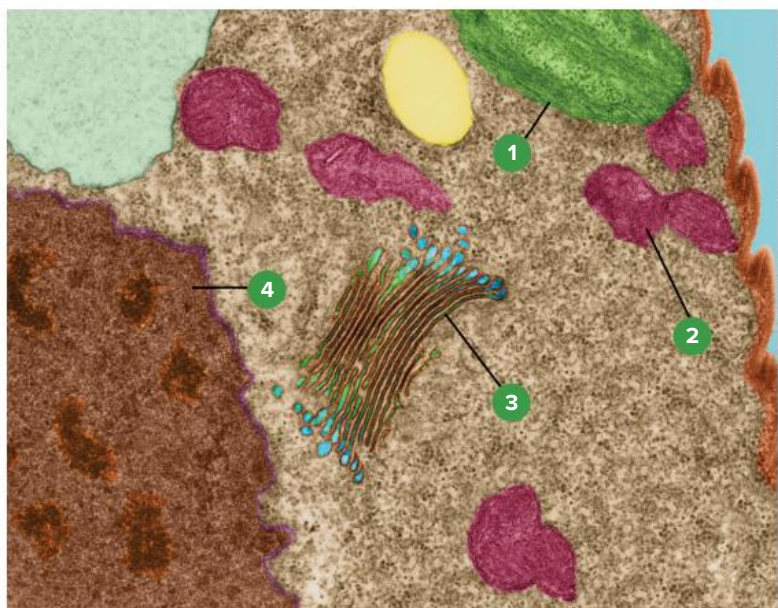
- a) os lisossomos ficam ligados ao complexo de Golgi, para fazerem mais eficientemente a excreção da célula.
- b) a função dos lisossomos é a de aumentar a superfície de absorção do complexo de Golgi, auxiliando-o no processo de síntese de proteínas dentro da célula.
- c) os ribossomos ficam associados ao retículo endoplasmático rugoso para garantir a digestão intracelular.
- d) as mitocôndrias e os cloroplastos possuem no seu interior ribossomos, porque muitas das enzimas importantes nos processos, respectivamente, de respiração e fotossíntese são produzidas dentro dessas próprias organelas.
- e) os lisossomos, o complexo de Golgi e o retículo endoplasmático rugoso estão relacionados com as mitocôndrias, porque estas funcionam como uma espécie de “armazém” de alimento, necessário ao funcionamento celular.

19. **Uece** As “doenças de depósito” são aquelas em que as células acumulam, no seu interior, certas substâncias em virtude da sua incapacidade de catabolizá-las. Isto causa sérios danos às células, por prejuízos, fundamentalmente, no *turnover* celular, prejudicando seus processos vitais e podendo levar até à morte. Indique a opção que contém a organela mais diretamente relacionada à causa dessas doenças.

- a) Complexo de Golgi.
- b) Lisossomo.
- c) Retículo endoplasmático liso.
- d) Ribossomo.

BNCC em foco

Observe a imagem a seguir para responder às questões 1 a 3.



Micrografia eletrônica de transmissão de uma *Euglena gracilis*, um organismo protista (colorida artificialmente).

EM13CNT202

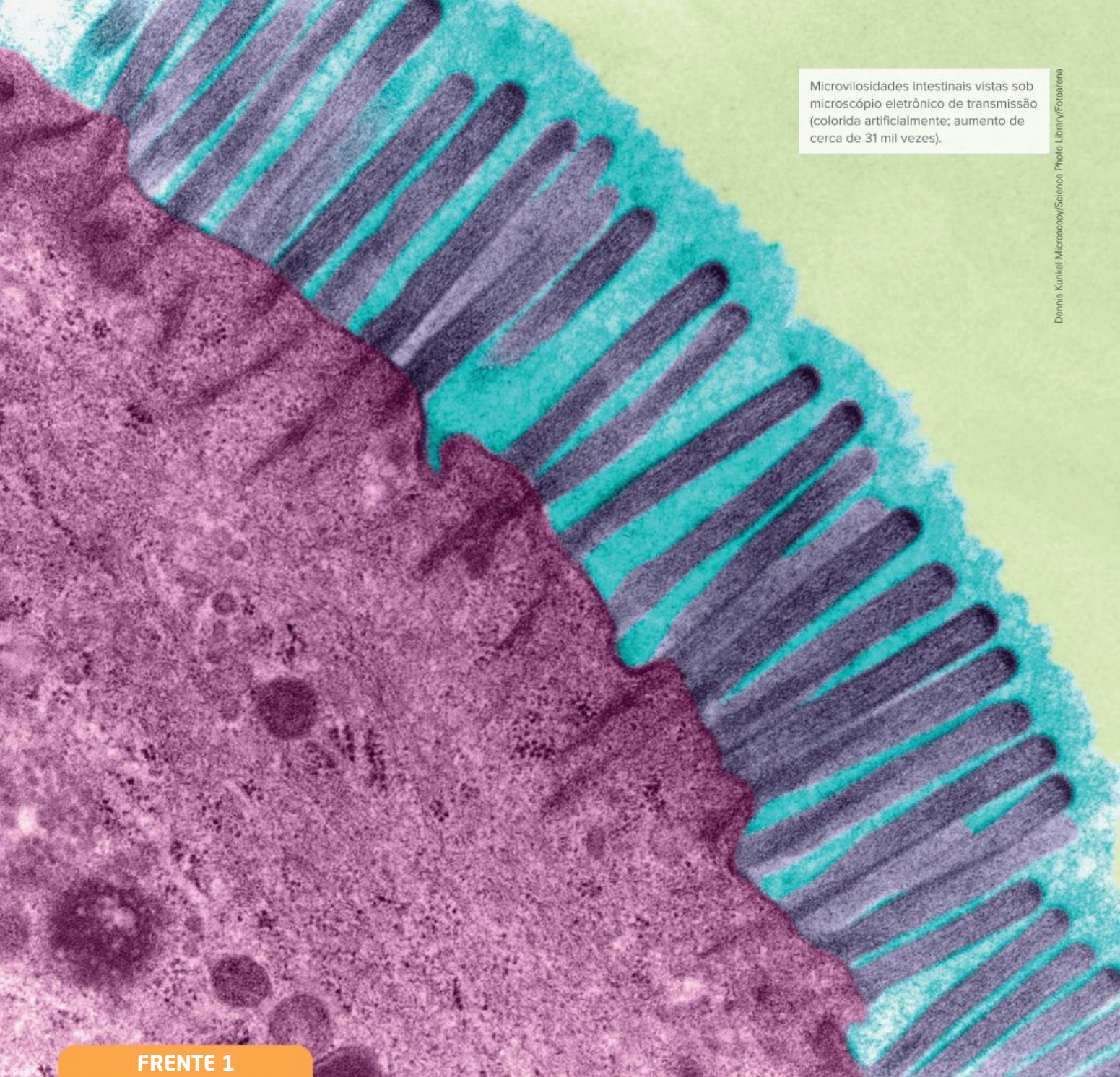
1. Sabendo que as estruturas 1 e 2 têm a sua origem explicada por meio da teoria endossimbiótica, faça o que se pede.
 - a) Identifique as estruturas numeradas de 1 a 4, justificando suas respostas com base em elementos visíveis na imagem.
 - b) Explique no que consiste a teoria endossimbiótica.

EM13CNT301

2. A respeito do metabolismo da *Euglena gracilis*:
 - a) Trata-se de um organismo autótrofo ou heterótrofo? Justifique sua resposta.
 - b) Trata-se de um organismo aeróbio ou anaeróbio? Justifique sua resposta.

EM13CNT301

3. As estruturas numeradas como 1 e 2 dependem de proteínas produzidas no citoplasma para funcionarem. Explique qual é a importância das estruturas 3 e 4 nesse processo.

A transmission electron micrograph of intestinal microvilli. The image shows a dense array of finger-like projections (microvilli) extending from the apical surface of an intestinal epithelial cell. The microvilli are stained with a blue-green dye, while the underlying cytoplasm and organelles are stained in shades of purple and pink. The background is a light green color.

Microvilosidades intestinais vistas sob microscópio eletrônico de transmissão (colorida artificialmente; aumento de cerca de 31 mil vezes).

Dennis Kunkel Microscopy/Science Photo Library/Fotorena

FRENTE 1

CAPÍTULO

11

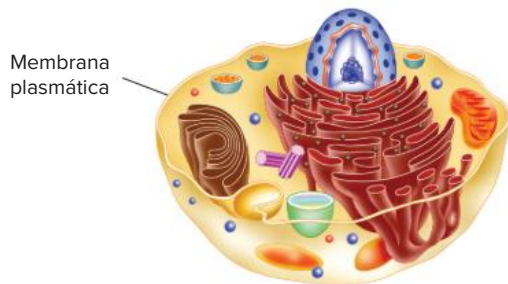
Os envoltórios celulares

As células são estruturas bastante delicadas. Seus envoltórios fornecem proteção e permitem a realização de trocas com o ambiente. A depender da função desempenhada pela célula, esses envoltórios podem apresentar algumas especializações. Nas células intestinais, por exemplo, a membrana plasmática tem diversas dobras que aumentam a superfície de contato com os nutrientes que são absorvidos no intestino. Além disso, a membrana dessas células contém diversos complexos proteicos, que podem ser vistos nessa imagem em verde-água.

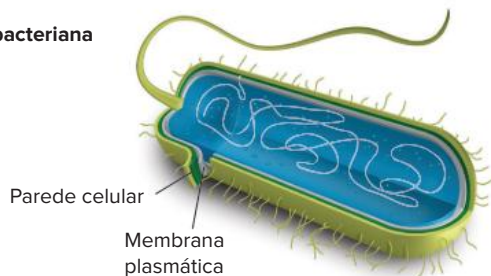
Os tipos de envoltório celular

Células **animais** são envolvidas pela **membrana plasmática**, enquanto células de **plantas** e de **bactérias** possuem também uma **parede celular** ao redor da membrana plasmática. A parede celular de algumas bactérias tem peptidoglicano, enquanto a parede celular vegetal possui celulose como principal componente.

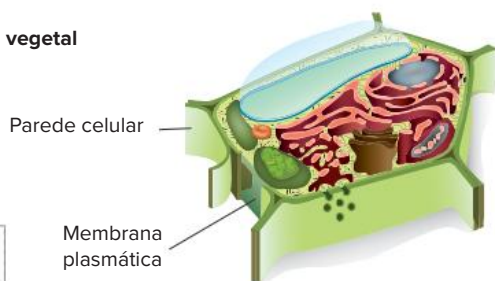
Célula animal



Célula bacteriana



Célula vegetal



CORES FANTASIA

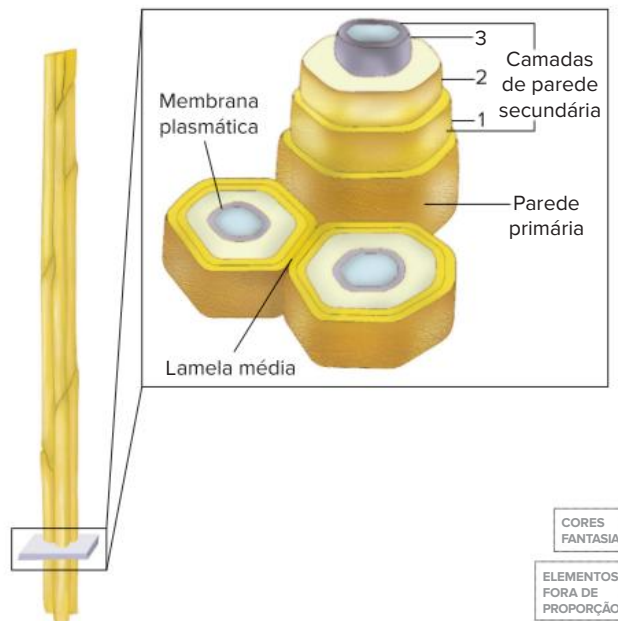
ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO

Os envoltórios celulares dos diferentes tipos de célula.

Parede celular

A célula **vegetal** jovem tem uma fina parede celular, constituída por **celulose**. A síntese de celulose ocorre a partir de moléculas de glicose que são polimerizadas próximas à membrana (com a participação de uma enzima específica), promovendo a formação de fibras de celulose, as quais se agrupam e geram a parede. Essa é a **parede primária**, que ainda pode sofrer distensão, acompanhando o crescimento da célula durante a diferenciação celular. Posteriormente, ocorre a deposição de mais materiais na face interna da parede, formando a **parede secundária**, que pode ter algumas camadas; os materiais da parede secundária podem ser **celulose**, **suberina** ou **lignina**. Esses materiais são muito importantes na constituição dos tecidos vegetais. A parede celular protege as estruturas celulares e tem **função esquelética**, permitindo a sustentação do vegetal.

Os tecidos vegetais de sustentação possuem células com parede espessa e dotada de rigidez.



Aspecto tridimensional de várias células vegetais agrupadas e, no corte, a localização de suas paredes (primária e secundária).

Entre as células vegetais, há a **lamela média**, constituída por **hemicelulose** e **pectina** e derivada do complexo golgiense. Ela tem função cimentante, mantendo unidas as células vizinhas. Tais células vizinhas comunicam-se por canais citoplasmáticos, denominados plasmodesmos, permitindo fluxo de materiais entre elas.

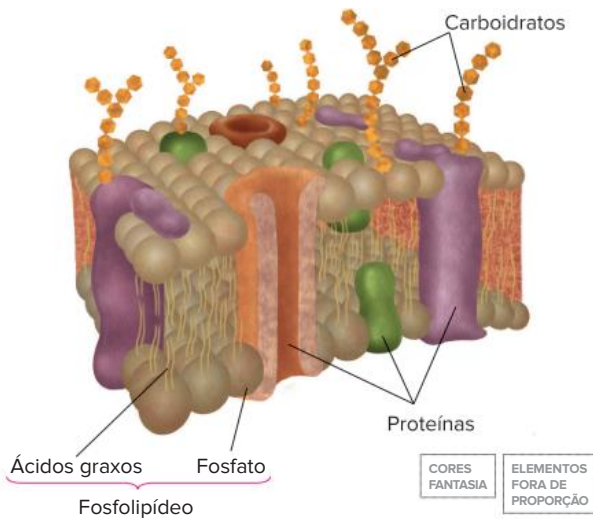
Membrana plasmática

A membrana plasmática é também denominada **plasmalema** e tem como funções proteger a célula, contribuir para a manutenção da forma e controlar as trocas entre a célula e o meio externo. A membrana tem permeabilidade seletiva, permitindo a passagem de alguns materiais e impedindo a de outros.

Estrutura da membrana plasmática

Na membrana plasmática, os componentes mais abundantes são os **fosfolípidos** e os diversos tipos de **proteína**, daí a designação **membrana lipoproteica**. A membrana também apresenta carboidratos de cadeia curta, associados a fosfolípidos (formam os **glicolípidos**) e a proteínas (constituem as **glicoproteínas**). Em células animais, há o colesterol, ausente em outros tipos de célula (vegetais, algas e bactérias). O colesterol contribui para dar estabilidade à estrutura da membrana.

A molécula de **fosfolípido** tem uma cabeça e duas caudas; a cabeça é a parte que contém **fosfato** e confere caráter polar, sendo atraída pela água (**hidrofílica**); as caudas são constituídas por **ácidos graxos**, sendo repelidas pela água (**hidrofóbicas**). A membrana tem duas camadas de fosfolípidos, uma do lado externo da célula, e outra, do lado interno. As cabeças hidrofílicas ficam expostas aos meios externo e interno da célula,



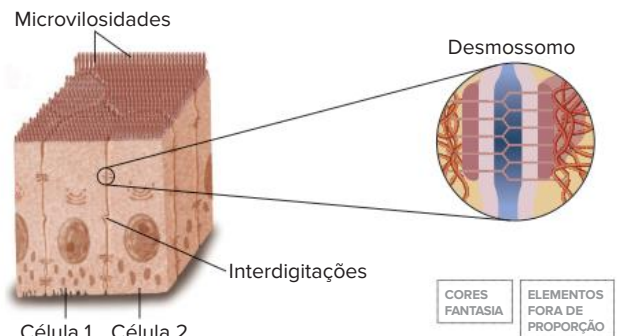
Organização molecular da membrana plasmática: modelo do mosaico fluido.

enquanto as caudas hidrofóbicas ficam entre essas camadas moleculares. As **proteínas** da membrana estão espalhadas pelo substrato de fosfolípidos; algumas atravessam a membrana de um lado a outro, outras estão imersas entre as duas camadas de fosfolípidos; e há ainda moléculas proteicas que ficam apenas de um lado da membrana. O **modelo do mosaico fluido** (de Singer e Nicholson) propõe que os fosfolípidos movimentam-se (não apresentando posição fixa), e as proteínas ficam nessa massa, nela se movimentando. Há várias funções realizadas pelas proteínas da membrana, sendo uma das principais **controlar o fluxo de materiais**, como os canais proteicos especializados, permitindo a passagem de água, de sódio ou de potássio, entre outros. Há proteínas transportadoras, conhecidas como **permeases**, cujo papel será discutido no próximo volume (em difusão facilitada e transporte ativo).

Os **carboidratos da superfície** externa de células animais, que podem estar ligados a proteínas ou a lipídeos, formam uma camada conhecida como **glicocálice**. Essa estrutura protege a célula e pode promover lubrificação, diminuindo o atrito contra agentes externos. Alguns componentes do glicocálice atuam como receptores específicos, ligando-se a hormônios ou a vírus, por exemplo. Os componentes do glicocálice são determinados geneticamente, como os antígenos das hemácias no sistema ABO.

Especializações da membrana plasmática

A membrana pode apresentar dobramentos que permitem melhor encaixe entre células vizinhas; são as **interdigitações**. Há estruturas conhecidas como **desmossomos**, constituídas por uma espécie de botão proteico de cada lado de duas células adjacentes. Tais proteínas estão associadas a outras proteínas que, ao se ligarem ao citoesqueleto, dão maior adesão às células vizinhas, permitindo-lhes suportar trações mais fortes. Há células que têm **microvilosidades**, estruturas semelhantes a dedos de luva que propiciam o aumento de superfície de absorção; são encontradas, por exemplo, no intestino e nos túbulos renais.



Especializações da membrana plasmática.

Revisando

1. Responda às questões a seguir, referentes à parede celular vegetal.

a) Cite seu principal componente.

b) Qual é a função dessa parede?

c) Quais materiais podem estar presentes na parede vegetal secundária?

d) Quais são as características da parede vegetal?

2. Cite outras duas denominações para a membrana plasmática.

3. Qual é a composição química da membrana plasmática?

4. Quais são as principais funções da membrana plasmática?

5. Julgue os itens a seguir acerca dos componentes da membrana plasmática.

- Os fosfolípidos são um dos componentes mais abundantes da membrana plasmática.
- A membrana plasmática possui componentes distintos da membrana lipoproteica.
- A membrana plasmática apresenta carboidratos de cadeia curta associados aos fosfolípidos que formam as glicoproteínas.
- Em células animais e vegetais, há o colesterol, que auxilia no trabalho de proteção da célula.
- O colesterol, presente somente em células animais, contribui para dar estabilidade à estrutura da membrana.

6. Cite uma das principais funções realizadas pelas proteínas da membrana lipoproteica.

7. O que é glicocálice? Qual é sua função?

Exercícios propostos

1. **UEPG/PSS-PR 2020** As células encontram-se separadas do meio pelos envoltórios. Os envoltórios têm características que lhes permitem separar o interior da célula do meio externo, enquanto propiciam trocas de substâncias com o meio.

Em relação às características e propriedades dos envoltórios celulares, assinale o que for correto.

- 01** A membrana plasmática é um envoltório celular dito de organização lipoproteica, ou seja, constituído principalmente de fosfolípidos e proteínas. Este envoltório constitui uma barreira semipermeável às células.
- 02** Em células vegetais, a membrana plasmática não está presente e a parede celular executa todas as funções de permeabilidade seletiva e de trocas entre os ambientes intra e extracelular.
- 04** O glicocálice é formado por uma série de vitaminas ligadas às proteínas na face interna da membrana plasmática. Sua função exclusiva é de sinalização celular das moléculas do citoplasma e do núcleo.
- 08** Em algumas bactérias, existe, além da membrana plasmática e da parede celular, outro envoltório externo: a cápsula, cuja espessura e a composição química variam de espécie para espécie que as possuem. Estes tipos de bactérias são chamadas de capsuladas.

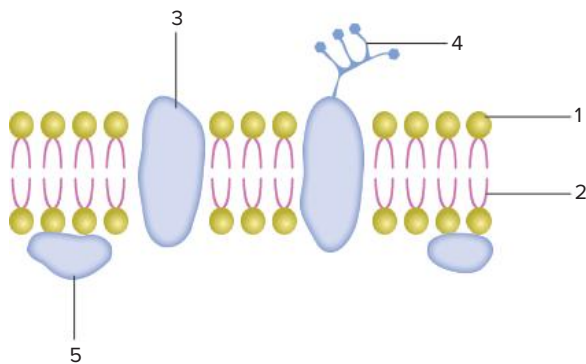
Soma:

2. UFJF/Pism-MG 2020 Um professor do ensino médio de uma tradicional escola de Juiz de Fora resolveu fazer uma aula prática sobre membrana plasmática com seus alunos. Ele criou em laboratório células com as superfícies fluorescentes para o estudo do modelo proposto por Singer e Nicolson. Neste experimento, ele usou uma célula com a superfície fluorescente e observou-a em microscópio acoplado a um *laser*. O *laser* utilizado neste caso é capaz de degradar a fluorescência conjugada às moléculas na superfície celular. Iniciado o experimento, ele expôs um ponto específico da célula ao *laser*. Após cinco minutos de exposição da incidência do *laser*, observou que a região exposta perdia a fluorescência, mas o restante da célula continuava fluorescente. Entretanto, após uma hora de exposição, no mesmo ponto focal, toda a célula perdia a fluorescência. Baseado nesse experimento responda à questão a seguir.

Quais moléculas perderam a fluorescência e qual é o modelo evidenciado neste experimento?

- Lipídeos e Glicolipídeos – Mosaico fluido.
- Proteínas e Glicoproteínas – Mosaico fluido.
- Lipídeos e Proteínas – Mosaico simétrico.
- Lipídeos e Proteínas – Mosaico fluido.
- Proteínas e Glicoproteínas – Mosaico simétrico.

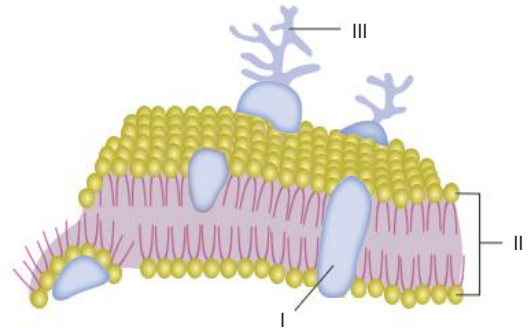
3. Unioeste-PR O modelo a seguir representa a estrutura molecular da membrana plasmática, segundo Singer e Nicolson (1972). Observando-o, leia as afirmativas propostas e assinale a(s) correta(s).



- O número 1 indica a parte hidrofóbica dos fosfolípidos que controlam o transporte pela membrana.
- O número 2 indica as proteínas que formam barreiras para as substâncias hidrossolúveis.
- O número 3 indica uma proteína periférica que facilita a passagem de íons pela membrana.
- O número 4 indica uma molécula de glicídido que faz parte do glicocálix.
- O número 5 indica uma proteína transmembrana que dificulta a passagem de gases pela membrana.
- Os números 1 e 2 indicam regiões hidrofílica e hidrofóbica de lipídeos, respectivamente.

Soma:

4. UFV-MG (Adapt.) A célula apresenta membrana plasmática que a delimita do meio exterior. Embora essa membrana não seja visível à microscopia óptica, sabe-se que a sua estrutura é complexa. A figura a seguir representa o padrão básico de organização dessa membrana.



- Cite a natureza química dos componentes indicados pelos números I, II e III.
- Cite uma função fisiológica desempenhada pela membrana plasmática que não tenha gasto de energia.
- O glicocálix está indicado pelo número _____.

5. UEL-PR 2021 A estrutura morfofuncional básica da membrana plasmática é entendida como uma fronteira entre os meios intra e extracelular, tendo por função controlar a entrada e a saída de substâncias químicas. Com base nos conhecimentos sobre a membrana plasmática, assinale a alternativa correta.

- Durante o processo de respiração celular, o O_2 se difunde pela célula por meio da membrana plasmática.
- Moléculas polares, como o O_2 , devido ao seu caráter hidrofílico, possuem elevada afinidade por proteínas, impedindo que alcancem a parede celular.
- Quando células vegetais são imersas em um ambiente isotônico, ocorre movimento de água através da parede da membrana plasmática.
- Grandes moléculas, como as proteínas e os ácidos graxos, atravessam a membrana em grande quantidade por meio do transporte passivo.
- A membrana plasmática tem por função fazer com que a água entre na célula quando o meio externo apresenta maior concentração de soluto que o citosol.

6. Uerj 2017 Os diferentes tipos de transplantes representam um grande avanço da medicina. Entretanto, a compatibilidade entre doador e receptor nem sempre ocorre, resultando em rejeição do órgão transplantado.

O componente da membrana plasmática envolvido no processo de rejeição é

- colesterol.
- fosfolípídeo.
- citoesqueleto.
- glicoproteína.

Membrana obtida de células é usada no tratamento do câncer

Cientistas desenvolveram nanocápsulas feitas com membranas de células para levar até o tumor substâncias que combatem o câncer

Um modo inovador de levar às células dos tumores de câncer substâncias que vão combater a doença foi criado em pesquisa no Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da USP. Os cientistas utilizaram membranas de células cultivadas em laboratório para produzir nanocápsulas nas quais são colocados fármacos e outros compostos que atuam na terapia para o câncer. A técnica, testada com sucesso em animais, poderá ser usada no futuro em qualquer tipo de tumor maligno.

“Nanocápsulas são partículas fabricadas em escala nanométrica, capazes de carrear alguma substância (como fármacos e biomoléculas) pelo organismo e entregar em regiões específicas, como tumores, ou até mesmo dentro de células”, aponta o professor Valtencir Zucolotto, coordenador do Grupo de Nanomedicina e Nanotoxicologia (GNano) do IFSC, que coordenou a pesquisa. “Hoje, a maioria das nanocápsulas são fabricadas a partir de lipídeos, polímeros, etc.”

Segundo o professor, os pesquisadores desenvolveram e aplicaram um novo sistema para entrega de fármacos e nanofármacos em células tumorais por meio de nanocápsulas que usam membranas celulares como matéria-prima. “A entrega é mais eficiente porque as membranas são constituídas pelo mesmo material das células-alvo”, destaca. “Em seguida,

a irradiação com luz em comprimento de onda adequado promove o ataque químico e fototérmico (calor) contra as células do câncer.”

As membranas usadas na pesquisa foram obtidas a partir de cultivo de células realizado no GNano. “A membrana foi separada da célula e processada na forma de cápsulas. Dentro delas foi colocado um extrato vegetal, a betalaxona, que funciona como quimioterápico”, conta Zucolotto. [...]

Como a membrana da nanocápsula tem a composição muito parecida com a da célula tumoral, o reconhecimento pelo organismo é melhorado, pois ela não é vista como um corpo estranho. “Por fim, a nanocápsula é irradiada com luz infravermelha”, relata o professor. “O calor gerado pela luz libera os fármacos, que agem sobre a célula doente, provocando sua morte, que também ocorre devido ao aumento da temperatura (foto-hipertermia).”

[...]

No futuro, as nanocápsulas poderão ser utilizadas em qualquer tipo de tumor cancerígeno, através de aplicação intravenosa. “Essa etapa ainda é muito demorada e depende de vários testes previstos pelos comitês de órgãos regulatórios e de ética em pesquisa”, explica o professor do IFSC. Também há a possibilidade de as células para obtenção das membranas serem recolhidas através de biópsias dos próprios pacientes. [...]

BERNARDES, J. Membrana obtida de células é usada no tratamento do câncer. *Jornal da USP*, 27 maio 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/membrana-obtida-de-celulas-e-usada-no-tratamento-do-cancer/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

Resumindo

Os envoltórios celulares são: **membrana plasmática** e **parede celular**.

A membrana plasmática ocorre em todas as células.

A parede celular é externa à membrana plasmática, aparecendo como componente de células de **vegetais**, **bactérias** e **fungos**. A parede celular de vegetais tem como principal componente a **celulose**; pode, também, ter outros materiais, como suberina ou lignina.

A **lamela média** é a estrutura que une células vegetais.

Plasmodesmos são canais de citoplasma que permitem a comunicação entre células vegetais vizinhas.

A membrana plasmática controla a troca de materiais entre a célula e o meio; tem **permeabilidade seletiva**.

Os principais componentes da membrana são: **fosfolipídeos** (dispostos em duas camadas) e **proteínas**. As proteínas podem se unir a carboidratos ou a lipídeos. Há proteínas que contribuem na realização de transporte, sendo denominadas permeases.

A membrana de células animais também apresenta **colesterol**. **Glicocálice** é o conjunto de carboidratos da superfície da membrana.

Quer saber mais?



Vídeo

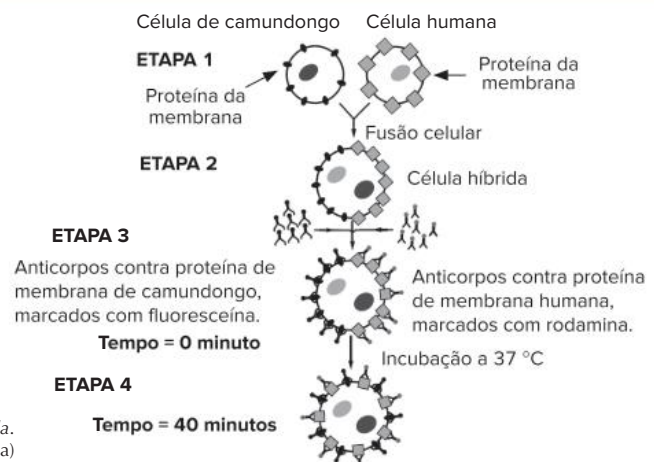
Membranas celulares são mais complicadas do que você pensa

(Acesso em: 14 nov. 2021)

O vídeo mostra, por meio de uma animação, como funciona a estrutura da membrana plasmática. Em inglês, com legendas em português. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nskIF1w4eok>.

Exercícios complementares

- Enem 2017** Visando explicar uma das propriedades da membrana plasmática, fusionou-se uma célula de camundongo com uma célula humana, formando uma célula híbrida. Em seguida, com o intuito de marcar as proteínas de membrana, dois anticorpos foram inseridos no experimento, um específico para as proteínas de membrana do camundongo e outro para as proteínas de membrana humana. Os anticorpos foram visualizados ao microscópio por meio de fluorescência de cores diferentes.

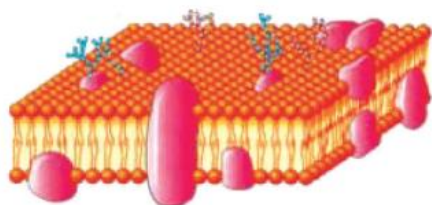


Alberts, B. et. al *Biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997 (adaptada)

A mudança observada da etapa 3 para a etapa 4 do experimento ocorre porque as proteínas

- movimentam-se livremente no plano da bicamada lipídica.
- permanecem confinadas em determinadas regiões da bicamada.
- auxiliam o deslocamento dos fosfolipídios da membrana plasmática.
- são mobilizadas em razão da inserção de anticorpos.
- são bloqueadas pelos anticorpos.

2. **UEA-AM 2018** Observe a figura de uma biomembrana.



(Luis Carlos Junqueira e José Carneiro. Biologia celular e molecular, 2013. Adaptado.)

De acordo com a composição dessa biomembrana, é correto afirmar que há

- moléculas de proteína inseridas na dupla camada de fosfolipídios.
- moléculas de celulose inseridas na dupla camada de proteínas.
- moléculas de lipídio inseridas na dupla camada de celuloses.
- moléculas de fosfolipídio inseridas na dupla camada de carboidratos.
- moléculas de glicogênio inseridas na dupla camada de lipídios.

3. **UFRGS** O quadro a seguir refere-se aos envoltórios celulares e a algumas de suas especializações. Assinale a alternativa que associa corretamente a estrutura celular com suas características.

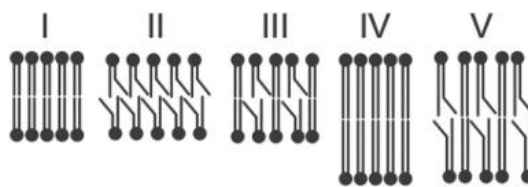
	Nome	Função	Presença em células vegetais	Presença em células animais
a)	Microvilosidades	Aderência entre as células	não	sim
b)	Glicocálix	Proteção da superfície celular contra lesões mecânicas e químicas	não	sim
c)	Membrana plasmática	Controle de trocas entre célula e o meio externo	não	sim
d)	Parede celular	Sustentação e manutenção da forma da célula	sim	sim
e)	Desmossomos	Aumento da superfície da membrana	sim	sim

4. **Enem 2019** A fluidez da membrana celular é caracterizada pela capacidade de movimento das moléculas componentes dessa estrutura. Os seres vivos mantêm essa propriedade de duas formas: controlando a temperatura e/ou alterando a composição lipídica da membrana. Neste último aspecto, o tamanho e o grau de insaturação das caudas hidrocarbônicas dos fosfolipídios, conforme representados na figura, influenciam significativamente a fluidez. Isso porque quanto maior for a magnitude das interações entre os fosfolipídios, menor será a fluidez da membrana.

Representação simplificada da estrutura de um fosfolipídio



Assim, existem bicamadas lipídicas com diferentes composições de fosfolipídios, como as mostradas de I a V.



Qual das bicamadas lipídicas apresentadas possui maior fluidez?

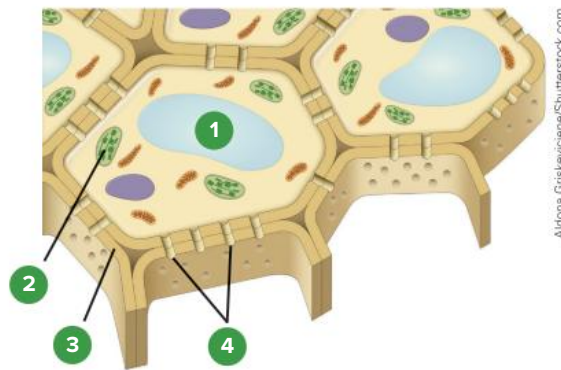
- I
- II
- III
- IV
- V

5. **UFJF/Pism-MG 2019** Em julho de 2017, o jornal *Folha de São Paulo* publicou uma reportagem intitulada "Colesterol pode proteger célula do sangue contra parasito da malária". A reportagem afirma que uma das etapas importantes da doença é a invasão de células sanguíneas por parte do parasito da malária. Para conseguir realizar essa invasão, o parasito consegue interagir com a membrana plasmática das células sanguíneas. Uma importante proteína do parasito responsável pela invasão celular é a EBA175, que é capaz de agir afetando as propriedades físicas da membrana, enfraquecendo diretamente a defesa da célula. Segundo os pesquisadores envolvidos no estudo relatado na reportagem, a rigidez da membrana plasmática é um aspecto importante dos mecanismos de defesa das células contra a invasão dos parasitos – e, neste sentido, entender as funções do glicocálix é essencial.

- Cite **DOIS** componentes estruturais das membranas plasmáticas.
- O que é o glicocálix? Cite os seus componentes.

EM13CNT301

1. Veja a imagem a seguir.

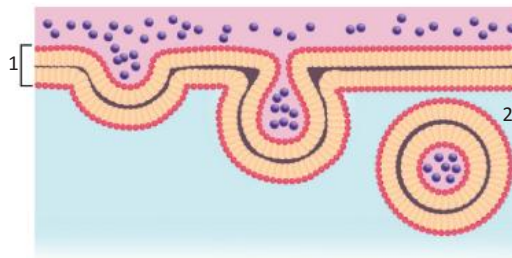


Representação simplificada de corte em um tecido vegetal.

- Quais estruturas da célula vegetal estão sendo indicadas pelos números 1, 2 e 3?
- Qual a importância das estruturas indicadas pelo número 4? Explique.
- Explique resumidamente como se formam as paredes primária e secundária de uma célula vegetal.

EM13CNT301

2. Observe o esquema a seguir, que representa, simplificado, um fenômeno bastante comum em uma célula eucariótica.



- Como é denominada a estrutura indicada pelo número 1? E qual a denominação da estrutura 2?
- Descreva a organização geral da estrutura 1 (que pode ser observada também delimitando a estrutura 2).
- Que processo está representado? Explique a importância desse processo com base em pelo menos um exemplo.

EM13CNT301

3. A imagem a seguir mostra duas especializações de membrana.

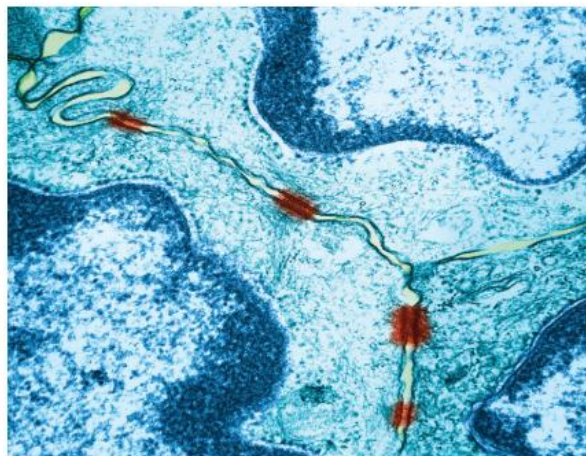


Imagem obtida por microscopia eletrônica de transmissão (colorida artificialmente; aumento de cerca de 30 mil vezes).

Comente resumidamente a função dessas especializações, com exemplos.



André Dibi/Pulsar Imagens

FRENTE 2

CAPÍTULO

6

O ser humano e o ambiente

Seres vivos podem modificar o ambiente. Elefantes na savana africana, por exemplo, derrubam árvores e comem folhas e ramos mais tenros, mas eles derrubam apenas as árvores necessárias para sua própria subsistência. No processo de sucessão ecológica que ocorre sobre uma rocha nua, os líquens modificam o ambiente e tornam possível o desenvolvimento de outros seres vivos. O ser humano altera significativamente o ambiente, em geral, muito além do necessário para suprir as suas necessidades básicas, e as condições resultantes podem diminuir as chances de sobrevivência de várias espécies, inclusive da própria espécie humana.

O ser humano, o ambiente e o desequilíbrio ambiental

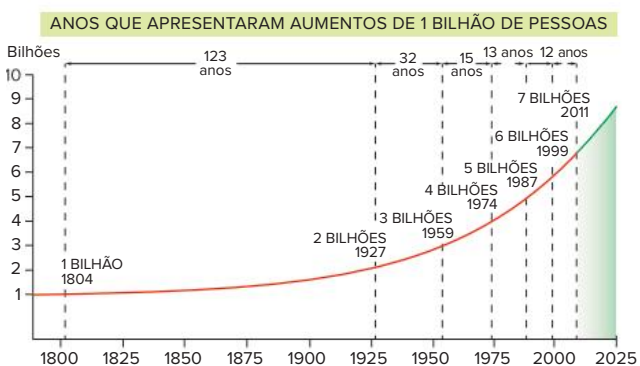
As populações têm o crescimento determinado por seu **potencial biótico**, isto é, sua capacidade reprodutiva. O ambiente pode manter as condições de sobrevivência de cada indivíduo – como nutrição, abrigo e interações com o meio –, mas, para isso, a quantidade de resíduos gerada pela população deve ser passível de ser assimilada pelo ambiente ou pelo processo de reciclagem da matéria.

Há fatores de **resistência ambiental** que restringem o crescimento das populações, como limitação de espaço e alimento, acúmulo de resíduos, predadores, parasitas e competidores. Uma população em condição hipotética de ausência de fatores de resistência ambiental poderia ter crescimento ilimitado e, assim, ocupar praticamente todo o planeta.

Com a atuação de fatores de resistência ambiental, a população pode atingir a **capacidade limite do ambiente**, isto é, o número máximo de indivíduos que o ambiente pode suportar e sustentar. Quando a população ultrapassa essa capacidade, ela é denominada **superpopulação**. Isso provoca a degradação do ambiente, que, geralmente, vem acompanhada da redução do número de indivíduos.

A população mundial e os quase 8 bilhões de habitantes

O número de indivíduos da população humana vem aumentando por causa da capacidade que nossa espécie tem de gerenciar fatores de resistência ambiental, como a produção e o armazenamento de alimentos, o combate às doenças, a construção de abrigos e a proteção contra predadores. O resultado desse crescimento populacional são os mais de **7,9 bilhões de pessoas** no mundo atual. Esse crescimento envolve grande quantidade de recursos obtidos da natureza e produz uma enorme massa de resíduos gerados pela própria espécie, principalmente os resíduos de atividade industrial.



Fonte: Fundo de Organização das Nações Unidas. Relatório sobre a Situação da População Mundial 2011. (Adapt.).

Gráfico representativo do crescimento da população humana mundial.

Para muitos cientistas, a capacidade limite do ambiente em relação à espécie humana é de 8 bilhões de indivíduos. A partir daí, haveria aumento considerável de risco de epidemias, falta de alimento, esgotamento de recursos naturais e envenenamento por poluição.

O aumento da população gera maior demanda por alimento e produtos industriais, para atender às

necessidades de moradia, vestuário, comunicações, transporte, medicamentos etc.

Demanda por alimento

A necessidade maior de alimento promove alteração de habitats, uma vez que são empregadas maiores áreas para pastagens e agricultura. Isso envolve transformação de ecossistemas com conseqüente redução da biodiversidade, principalmente no caso de monoculturas. Frequentemente, são introduzidas espécies exóticas (procedentes de outros ambientes) na atividade agropecuária, com sérios riscos à manutenção do equilíbrio ecológico.



Jose Reynaldo da Fonseca
CC BY-SA 3.0/Wikimedia Commons

Grandes áreas são desmatadas para o desenvolvimento de práticas agrícolas.

A atividade agrícola altera o ambiente de diversas formas, por exemplo:

- uso de defensivos (herbicidas, inseticidas, fungicidas), que podem se acumular nos seres vivos e/ou contaminar a água e o solo;
- esgotamento de nutrientes do solo;
- aumento de salinidade pelo uso da irrigação e de fertilizantes;
- ocorrência de erosão, lixiviação e assoreamento.

A grande demanda por alimento também resulta em risco iminente para várias espécies aquáticas, decorrente da superexploração pesqueira.

Demanda por produtos industriais

A maior necessidade de produtos industriais gera redução de recursos naturais. Isso envolve grandes alterações no ambiente, as quais podem ocorrer de diversas formas, como:

- ocupação de terras para moradia e construção de indústrias;
- exploração de minérios, o que envolve desmatamento, erosão e assoreamento;



Luis War/Shutterstock.com

Escavação parcial da mina de Águas Claras, em Belo Horizonte (MG), em 2020. A atividade mineradora permanece em determinado local até que as jazidas sejam esgotadas.

- perfuração para obtenção de petróleo e gás natural, o que pode ocorrer em ecossistemas preservados, como florestas que são desmatadas para a extração do óleo. A fauna e a flora podem ser eliminadas, como ocorre em vastas áreas do Canadá e do Alasca;
- desmatamento para uso de madeira como combustível ou matéria-prima para construção e mobília;
- poluição do ar, da água e do solo com os resíduos gerados durante a atividade industrial.

Embora todas essas atividades sejam impactantes para o ambiente, elas fornecem matérias-primas e energia que movimentam a produção industrial e a economia. Por isso, há grande urgência para a implantação de estratégias sustentáveis que permitam o desenvolvimento das atividades para minimizar os impactos socioambientais ocasionados por elas.

A destruição de habitats e a redução de recursos naturais provocam a diminuição da capacidade limite do planeta, podendo levar à eliminação de espécies ou colocar muitas delas em risco de extinção.

Principais impactos ambientais

Impacto ambiental corresponde às alterações das características físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causadas por atividade vulcânica, meteoritos, incêndios, chuvas intensas e atividade **antrópica** (humana). Seus efeitos podem afetar as atividades econômicas, as comunidades biológicas, os recursos naturais e a saúde humana.

As principais fontes de impactos ambientais antrópicos são: mineração, agricultura, pecuária, construção de indústrias e de residências. Essas atividades empregam áreas de ecossistemas naturais, dotados de cobertura vegetal e fauna próprias. Os ecossistemas afetados passam a apresentar processos que intensificam sua degradação, como erosão, lixiviação e assoreamento.

A agricultura, a pecuária e a exploração de florestas (para obtenção de madeira, celulose e látex, por exemplo) têm como principais impactos o desaparecimento da floresta e a degradação do solo. Já a extração de combustíveis fósseis e seu uso, assim como a atividade de mineração, têm como impactos principais o esgotamento desses recursos e a contaminação do ambiente.

Desmatamento e retirada da cobertura original do solo

A cobertura vegetal estabiliza o solo e o protege da ação direta da chuva e do vento. A retirada da cobertura vegetal pode ocorrer por desmatamento, práticas agrícolas inadequadas e aberturas de clareiras. Essas atividades promovem a perda da biodiversidade local e expõem o solo a certos riscos, como erosão, lixiviação e assoreamento.

Erosão

Corresponde ao movimento de partes do solo, que é arrastado de uma região para outra por ação da água e do vento. A erosão causada pelo vento é mais intensa em áreas sujeitas a períodos mais prolongados de seca. Esse fenômeno pode arrastar o solo a uma velocidade muito

maior do que a que ocorre em condições naturais, retirando rapidamente sua camada superficial e comprometendo sua fertilidade.



Voçoroca em São Roque (SP). As voçorocas são consideradas um dos estágios mais graves do processo de erosão.

As principais causas da erosão decorrente da atividade humana são a agricultura, a mineração a céu aberto e a abertura de clareiras. No caso da agricultura, há práticas que podem minimizar esse impacto, tais como:

- quebra-ventos: fileiras de árvores que dificultam a passagem do vento;
- plantações em contorno: cultivo em ângulo reto em relação à inclinação do terreno;
- terraceamento: formação de planos horizontais em áreas de grande declive.

Lixiviação

Denomina-se lixiviação o carregamento pela água de substâncias químicas, como nutrientes minerais presentes no solo. A água flui por um processo de percolação, isto é, entre as partículas que compõem o solo, o que resulta em menor quantidade de nutrientes em sua superfície em relação às camadas mais profundas.

A cobertura vegetal retira e utiliza os nutrientes do solo, que são conduzidos à parte aérea das plantas. Com a queda de folhas, ramos, frutos e sementes, uma parte considerável dos nutrientes retorna à terra, mantendo-se, assim, um ciclo contínuo. A retirada da cobertura vegetal e as queimadas são fatores que interrompem esse processo, afetam organismos fundamentais na constituição do solo (bactérias, fungos, vermes) e removem o húmus, diminuindo a capacidade de retenção de nutrientes. Com a exposição do solo à chuva, ocorre uma rápida lixiviação, tornando-o empobrecido em nutrientes. Nesse cenário, poucas espécies conseguem sobreviver, o que reduz a biodiversidade local. Além disso, segue-se o processo de erosão, com as chuvas carregando grandes quantidades de partículas do solo.

Assoreamento

É o acúmulo de sedimentos (argila, areia ou lodo) no fundo de rios, canais ou lagos. O lodo é o sedimento constituído por minerais e partículas de matéria orgânica.

O assoreamento é decorrente da erosão, com o transporte de partículas do solo para as coleções de água. As partículas se depositam no leito do ambiente aquático e reduzem sua profundidade. Com o assoreamento podem ser formadas praias arenosas nas margens de rios e lagos.

Alf Ribeiro/Shutterstock.com



Exemplo de rio assoreado.

Esse processo pode ocorrer naturalmente, como em regiões de inverno rigoroso, onde o derretimento da neve e do gelo permite que a água líquida flua para os rios e arraste grandes quantidades de partículas. Porém, existem atividades humanas, como desmatamento, ocupação urbana, mineração, agricultura e pecuária, que contribuem para acelerar o processo de assoreamento. Essas atividades têm consequências importantes, como o prejuízo para a navegação e a redução da transparência da água, o que compromete a realização de fotossíntese e a sobrevivência de diversas espécies. A menor profundidade das coleções de água favorece processos de inundações das terras vizinhas em períodos de chuva. Esse problema é muito sério no litoral brasileiro, com o mar avançando sobre as praias, dado o assoreamento intenso em várias regiões, principalmente em decorrência da construção desordenada de casas e prédios.

A preservação da vegetação próxima a rios e lagos é um dos cuidados para evitar o assoreamento. Essa vegetação, denominada **mata ciliar**, vegetação ribeirinha ou vegetação ripária, exerce um importante papel na proteção contra o assoreamento (o termo “ciliar” refere-se ao fato de essa vegetação ser similar aos cílios ao redor dos olhos). No Brasil, essa formação vegetal é protegida por lei; em caso de destruição, sua recuperação deve ser feita por meio de plantio adequado.

Perda de biodiversidade local

O desmatamento tem como consequência imediata a perda de biodiversidade local, pois várias espécies deixam de ter as condições necessárias para sua sobrevivência. A comunidade vegetal está relacionada a uma série de fatores que compõem um ecossistema, como: a manutenção das características climáticas locais; a síntese da matéria orgânica que constitui a base da cadeia alimentar; o oferecimento de abrigo a inúmeros organismos; e a estabilização do solo.

Extinção de espécies

Ao longo da história da vida no planeta ocorreram grandes extinções, como no Período Permiano da Era

Paleozoica e no Período Triássico da Era Mesozoica (muito conhecido pela extinção dos dinossauros).

Atualmente, há cerca de 1 200 000 espécies descritas pela ciência e uma imensa quantidade ainda desconhecida. No entanto, desde o século XVII a extinção de espécies vem ocorrendo de forma acelerada, principalmente em decorrência de atividades antrópicas.

A extinção de espécies atualmente tem inúmeras causas, por exemplo:

- alterações do clima global: é o caso do aquecimento global, que, entre outros efeitos, pode determinar derretimento de neve e gelo, promovendo inundações e elevação do nível dos mares, o que afeta o ambiente de muitas espécies;
- poluição: alguns casos mais severos, como a chuva ácida, impedem o desenvolvimento de inúmeros organismos;
- aumento de incidência de doenças parasitárias: certas doenças parasitárias põem em risco a sobrevivência de várias espécies;
- fragmentação, destruição ou degradação de habitats: ações decorrentes do uso desordenado de áreas com cobertura natural para pastagens, plantações, extrativismo, ocupação urbana, transporte, mineração e formação de represas para hidrelétricas; a perda de habitats é ainda pior para espécies endêmicas, isto é, que são restritas a uma determinada região.
- introdução de espécies exóticas: elas podem não encontrar predadores naturais ou ainda ser mais eficientes que as espécies nativas no uso dos recursos, além de poder ser veículos de novos patógenos à diversidade nativa;
- superexploração de algumas espécies: a caça e a pesca intensivas colocam em risco muitas espécies de valor comercial.

Abordaremos, a seguir, os três últimos aspectos listados como possíveis causas da extinção de espécies.

Fragmentação e perda de habitats

É um processo que resulta na descontinuidade de uma ou mais espécies no ambiente, sendo causado por fatores geológicos ou por atividades humanas. Os processos geológicos geralmente atuam de modo lento, com a formação de barreiras físicas, como a elevação de cadeias de montanhas ou modificações em rios, que se tornam mais largos e profundos. As barreiras físicas colocam grupos de uma mesma espécie em isolamento geográfico e podem desencadear a formação de novas raças ou de novas espécies.

Atividades humanas podem causar fragmentação de habitats de diversas maneiras, envolvendo a retirada de parte de um ecossistema para a construção de estradas, reservatórios de água, plantações, pastagens, áreas urbanas etc. A perda de habitats é apontada como a principal causa de perda de biodiversidade no planeta.

O ecossistema original é uma unidade ambiental, e sua separação em diferentes áreas produz ilhas que deixam de apresentar interações indispensáveis entre os componentes da comunidade total. Uma de suas consequências é o impedimento do fluxo de genes entre os grupos que

ficaram isolados. Há, ainda, a possibilidade de o fragmento não conter todos os recursos necessários à sobrevivência da espécie, e isso pode causar sua extinção. Essa condição é agravada quando alguns fragmentos contêm espécies endêmicas, apenas existentes naquela parte específica do planeta, revelando o cuidado prioritário que deve ser definido para a preservação da área.

Uma maneira de diminuir os danos causados pela fragmentação de habitats é a criação de **corredores ecológicos**, constituídos por áreas que ligam territórios isolados. Isso permite o fluxo de genes entre as ilhas formadas e facilita a dispersão de espécies, o que aumenta as chances de recolonização de áreas degradadas. Esses corredores beneficiam espécies que necessitam de áreas maiores do que as existentes em fragmentos ambientais isolados.



Corredor ecológico ligando fragmentos de Mata Atlântica na região do Parque Nacional do Iguaçu (PR).

Introdução de espécies exóticas

Espécies exóticas são aquelas introduzidas em um ambiente onde não são encontradas originalmente. Isso tem se acentuado com o comércio internacional e o tráfico de animais silvestres.

Nem sempre as espécies exóticas são um problema para a biodiversidade local. Porém, ao ocuparem nichos ecológicos disponíveis em seu novo meio, essas espécies podem apresentar rápido crescimento populacional, devido à disponibilidade de muitos recursos (alimento e espaço) e à baixa resistência ambiental. Esses fatores provocam, frequentemente, a extinção de espécies nativas e a simplificação dos ecossistemas. Nesse caso, as espécies exóticas são **invasoras**, pois causam desequilíbrio ao novo ecossistema que habitam. Além disso, as espécies invasoras podem causar danos às espécies nativas, comportando-se como seus predadores, parasitas ou competidores.

O eucalipto, empregado em reflorestamentos, é um exemplo de espécie exótica invasora. Entre suas características estão o rápido crescimento, a resistência a vários tipos de praga e a pouca exigência em relação ao solo e ao clima. Após o corte, a parte remanescente cresce e gera indivíduos adultos sem necessidade de novo plantio. O eucalipto alastra-se com facilidade e frequentemente possui vantagens na competição com outras espécies vegetais nativas. Um dos aspectos dessa vantagem é que suas folhas, quando caem no solo, liberam substâncias que inibem a germinação de sementes de algumas outras plantas, assegurando sua predominância territorial – um típico

caso de **amensalismo**. Com isso, outras espécies vegetais nativas deixam a área, e os animais delas dependentes podem não mais se desenvolver, ocorrendo um expressivo empobrecimento do ecossistema.

Nas Ilhas Maurício, localizadas na costa leste da África, havia uma espécie de ave de porte avantajado e comportamento dócil, o dodô – *Raphus cucullatus*. Essa espécie foi extinta no século XVII, e uma das causas foi a introdução de ratos e gatos nas ilhas, que comiam seus ovos e seus filhotes. Além disso, a exploração de sua carne pelos colonizadores contribuiu para acelerar a extinção da ave.

Outro exemplo representativo é o caso do sapo-cururu brasileiro, levado à Austrália há algumas décadas na tentativa de controlar insetos prejudiciais às plantações de cana-de-açúcar. Esse animal não encontrou predadores, parasitas ou competidores no ambiente australiano; por isso, teve espaço e alimento em abundância e acabou se convertendo em uma grande praga.

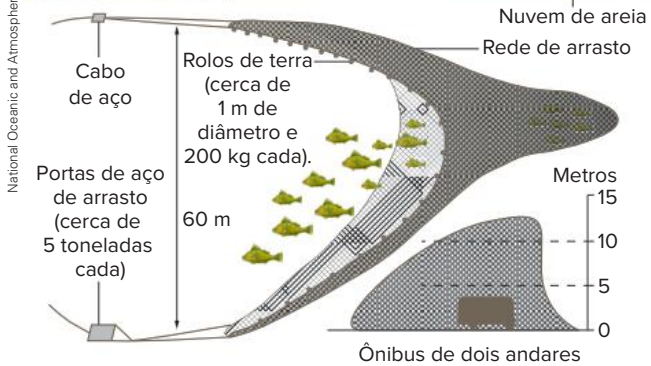


Sapo-cururu. A espécie (cujo comprimento médio é de 13 cm) foi levada do Brasil para a Austrália para servir de elemento de controle biológico de pragas em plantações de cana-de-açúcar; contudo, a tentativa foi infrutífera, e o sapo-cururu proliferou-se intensamente.

Superexploração de espécies

Corresponde à exploração excessiva de algumas espécies, o que pode causar a sua extinção. Foi o caso dos rinocerontes em Sumatra e em Java, caçados até a extinção, devido ao uso medicinal de seus chifres.

A pesca é outro fator preocupante, inclusive no Brasil, a começar pela produtividade dos mares, que é baixa em comparação com outras áreas do planeta, como a costa do Pacífico na América do Sul. A área litorânea brasileira apresenta menor quantidade de nutrientes, e isso limita a multiplicação do fitoplâncton, que é a base das cadeias alimentares marinhas. Além disso, há sobrepesca, isto é, muitas espécies de peixes no Brasil são pescadas em quantidades que suplantam a capacidade de reposição das populações. Um exemplo é o caso da sardinha, cuja superexploração tem causado declínio acentuado no volume do pescado desde a década de 1970.



A pesca de arrasto, ou arrastão, é uma das modalidades utilizadas para atender à grande demanda de pescado no mundo. No entanto, é extremamente impactante, pois devasta o fundo dos oceanos e coleta as espécies de forma indiscriminada.

Poluição

Poluição pode ser definida como toda contaminação da água, do ar ou do solo com materiais ou energia (muitas vezes na forma de calor) em quantidade suficiente para causar desequilíbrio local. Os poluentes podem ser uma substância natural, como o gás carbônico (CO_2), ou ter natureza sintética, como muitos inseticidas. **Poluentes primários** são aqueles gerados diretamente por uma fonte produtora, como o dióxido de enxofre (SO_2) e o dióxido de nitrogênio (NO_2), produzidos na queima de combustíveis fósseis. **Poluentes secundários** são formados a partir de poluentes primários que reagem com outra substância presente no ambiente. O ácido sulfúrico, por exemplo, é resultante da reação entre o SO_2 (poluente primário) e a água da atmosfera, gerando ácidos que vão compor a chuva. O ácido nítrico, por sua vez, é formado pela reação entre NO_2 e água atmosférica.



Poluentes primários (como SO_2 e NO_2) combinam-se com substâncias do ambiente e originam poluentes secundários (como H_2SO_4 e HNO_3).

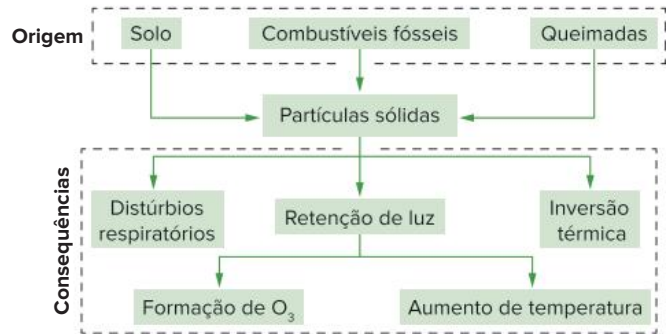
Estudaremos a seguir a poluição do ar e depois a poluição do solo e da água.

Poluição do ar

POLUENTES PRIMÁRIOS

No ar, encontram-se os seguintes tipos principais de poluentes primários: partículas sólidas, monóxido de carbono (CO), metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2) e clorofluorcarbonos (CFCs).

Partículas sólidas são partículas de poeira, sílica, fuligem e pó de carvão. Originam-se do solo, de rochas, de queimadas e da queima de combustíveis fósseis. O acúmulo dessas partículas no ar causa distúrbios respiratórios, favorece a inversão térmica (que será explicada adiante) e a retenção de luz, o que contribui para a elevação de temperatura e permite reações fotoquímicas, podendo gerar ozônio (O_3). O ozônio é tóxico quando inalado por seres vivos; além disso, não há quantidades significativas de ozônio em baixas altitudes; logo, ele pode ser considerado um poluente.



Origem das partículas sólidas no ar e suas consequências.

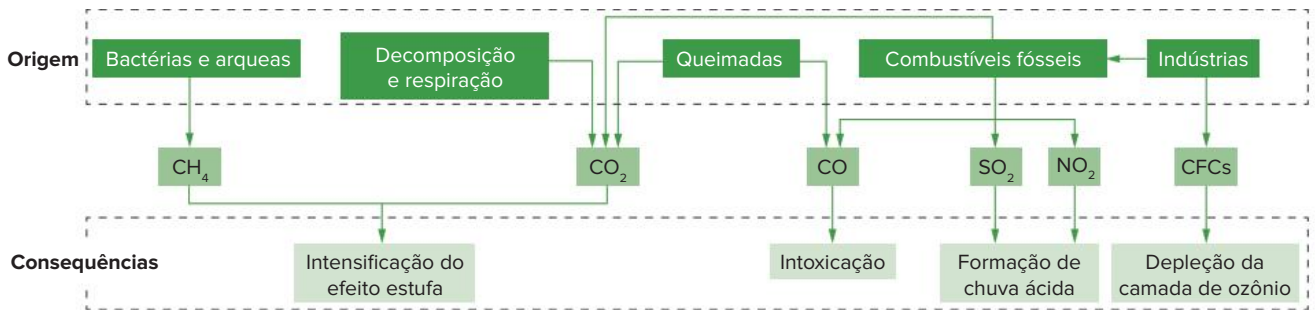
Monóxido de carbono é um gás que, quando inalado, combina-se com a hemoglobina (molécula que transporta oxigênio) e compromete o transporte de gás oxigênio para os tecidos, podendo causar a morte do indivíduo. É produzido em queimadas e na queima de combustíveis fósseis.



As queimadas, além de devastar os ecossistemas, contribuem significativamente para o aumento das emissões de gases poluentes. Na fotografia, queimadas no Pantanal, em 2020.

Metano e gás carbônico são os principais responsáveis pela intensificação do efeito estufa. O CH_4 é produzido pela atividade de algumas bactérias e arqueas, principalmente aquelas presentes no trato digestório de ruminantes, como o gado. O CO_2 é gerado na respiração e na decomposição dos seres vivos, mas sua ação poluente tem origem em queimadas e na queima de combustíveis fósseis.

SO_2 e NO_2 são os principais responsáveis pela chuva ácida. Originam-se da queima de combustíveis fósseis. Já os CFCs, moléculas que tiveram grande uso na indústria para a produção de aerossóis, aparelhos de ar-condicionado, geladeiras, espumas e isopor, causam danos à camada de ozônio.



Origem dos poluentes primários e algumas de suas consequências.

POLUENTES SECUNDÁRIOS

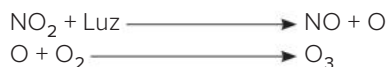
Os principais poluentes secundários são o ozônio (O₃), o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido nítrico (HNO₃).

O **ácido sulfúrico** é formado a partir de SO₂; o **ácido nítrico** provém do NO₂. Esses ácidos são responsáveis pela **chuva ácida**, que causa lesões na pele, nos olhos e no sistema respiratório. A chuva ácida pode provocar a morte de plantas (de florestas e de plantações) e do fitoplâncton, comprometendo a base das cadeias alimentares.

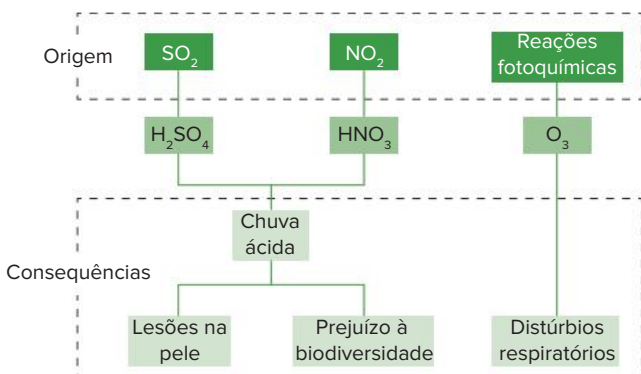


Efeitos da chuva ácida em uma floresta temperada.

O **ozônio** é gerado em reações fotoquímicas, favorecidas quando o ar tem grande quantidade de partículas sólidas em suspensão, as quais absorvem energia luminosa. O NO₂ pode originar NO e átomos livres de oxigênio, que reagem com o gás oxigênio, formando ozônio.



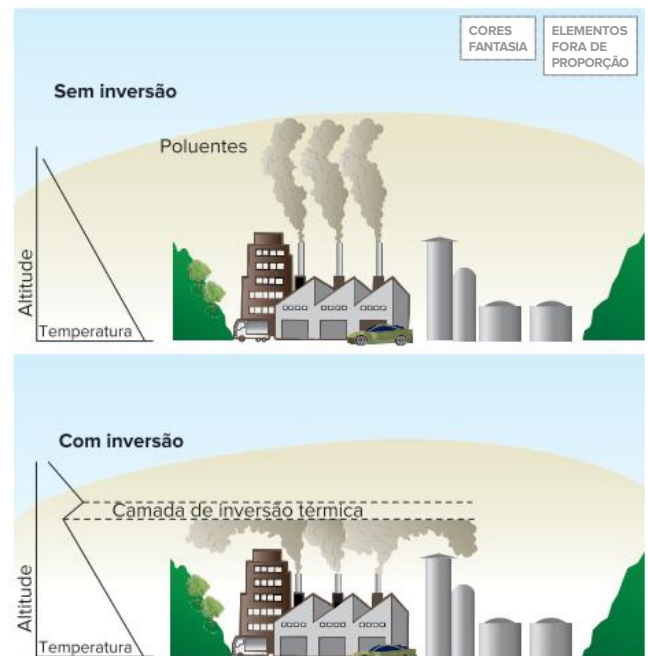
O ozônio gerado na troposfera (camada da atmosfera habitada pelos seres vivos) causa distúrbios na pele, nos olhos e no sistema respiratório.



Exemplos de origem dos poluentes secundários e algumas de suas consequências.

INVERSÃO TÉRMICA

Durante o verão, o solo das cidades é aquecido pelo Sol. Isso gera uma camada de ar quente próximo à superfície. O ar quente tem baixa densidade e sobe, carregando partículas sólidas e outros poluentes. No inverno, o ar é frio e mais denso, ficando estagnado junto ao solo e dificultando a formação de corrente de ar ascendente. Logo, essa camada de ar frio, contendo muitas partículas sólidas, dificulta a penetração de luz e o aquecimento do solo; sobre ela, há uma camada de ar quente. Nessas condições, não ocorre circulação vertical do ar nem dissipação de poluentes. Esse efeito também ajuda na disseminação de microrganismos patogênicos pelo ar, como o vírus da gripe, e na ocorrência de distúrbios na pele, nos olhos e no sistema respiratório.



Sem a inversão térmica, a temperatura do ar diminui gradativamente com a altitude, e a fumaça de fábricas e veículos sobe e se dispersa, pois são mais quentes que o próprio ar. Com a inversão térmica, a temperatura do ar aumenta abruptamente na chamada "camada de inversão"; essa camada "abafa" a cidade, causando problemas de saúde para os habitantes.

DEPLEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

O ozônio presente na estratosfera protege o planeta contra quantidades excessivas de radiação ultravioleta (UV) provenientes do Sol. Uma parte dessa radiação é refletida na camada de ozônio, e outra é absorvida, sendo

convertida em energia térmica. Assim, com a presença da camada de ozônio, uma quantidade menor de radiação ultravioleta atinge a superfície do planeta.

No início da década de 1970, foi constatada uma rarefação na camada de ozônio, também conhecida como depleção da camada de ozônio. Esse fenômeno deu origem a uma camada mais fina, com ozônio rarefeito, que permite maior incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre. A causa detectada foi a conversão de O_3 em O_2 , que não retém raios UV. Essa conversão é causada por óxidos de nitrogênio, como o NO, e CFCs. O NO é liberado na queima de combustíveis fósseis e reage com o O_3 , formando NO_2 e O_2 .



O cloro do CFC participa de uma sequência de reações que levam à degradação de O_3 .



O átomo de cloro pode ser empregado novamente em outra reação com O_3 , sendo reutilizado milhares de vezes.

A radiação UV provoca desnaturação de proteínas e causa mutações nas moléculas de DNA. Animais afetados podem apresentar catarata, redução de defesas imunitárias e câncer de pele. Os produtores (plantas e fitoplâncton) podem ter seu metabolismo afetado, o que promove diminuição da atividade fotossintética; isso contribui para a elevação dos níveis de CO_2 atmosférico.

INTENSIFICAÇÃO DO EFEITO ESTUFA

Efeito estufa é a retenção de energia térmica pela atmosfera. Os responsáveis por esse fenômeno são o vapor d'água, o gás carbônico, o metano, os CFCs e os óxidos de nitrogênio (principalmente o óxido nítrico, N_2O).

O N_2O é gerado por bactérias desnitrificantes, que atuam sobre o nitrato, abundante nos fertilizantes empregados em agricultura. O metano é gerado pela atividade de algumas bactérias e de arqueas. Esses procariontes são encontrados no esgoto, no tubo digestório de muitos animais, principalmente ruminantes, no lixo e em pântanos. O metano tem capacidade 25 vezes maior de retenção de calor do que o CO_2 , mas sua quantidade na atmosfera é menor.

O CO_2 é gerado por respiração, decomposição, queimadas e queima de combustíveis fósseis e é empregado na fotossíntese e na quimiossíntese para a produção de matéria orgânica. Os níveis de CO_2 aumentaram principalmente pelo uso de combustíveis fósseis. No Brasil, as queimadas constituem a maior causa das emissões de CO_2 .

A intensificação do efeito estufa tem sido apontada como a provável causa do aquecimento global. Isso tem diversas consequências, como o derretimento de neve e de gelo em várias partes do planeta. Porções de neve e gelo que recobrem superfícies do solo são capazes de refletir a luz solar (é o efeito **albedo**). No entanto, se uma área do solo fica exposta diretamente aos raios solares, ocorre grande absorção de energia luminosa, provocando aquecimento do solo e consequente aquecimento do ar,

o que contribui para a elevação de temperatura. O efeito estufa também pode elevar a temperatura dos oceanos, levando a mudanças nas correntes de vento, o que pode afetar vários biomas.



Uma das poucas geleiras estáveis no mundo está localizada na Patagônia e se chama Perito Moreno.

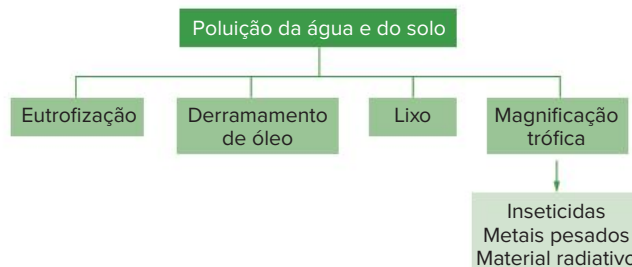
O derretimento de neve e de gelo em áreas continentais promove inundações e elevação do nível do mar. Isso provoca a destruição de habitats e é uma das causas da redução de biodiversidade.

O aquecimento global pode ser reduzido com o emprego de outras modalidades de energia que não desprendem CO_2 , como as energias solar e eólica. O plantio de árvores também favorece a redução do teor de gás carbônico, pois árvores em crescimento realizam mais fotossíntese que respiração e retiram mais CO_2 do que liberam para a atmosfera (processo conhecido como sequestro de CO_2). Nas plantas, o CO_2 é empregado na síntese de matéria orgânica, como celulose e amido.

Como foi estudado, alguns poluentes são responsáveis por mais de um problema ambiental e podem ter diferentes origens.

Poluição da água e do solo

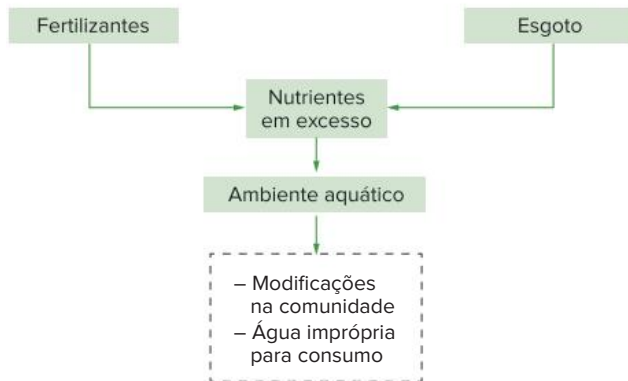
O planeta sofre sérios problemas relacionados à água. Os mananciais estão sendo afetados pelo desmatamento e pelo assoreamento em áreas de nascentes. Além disso, há um aumento do consumo de água em nível doméstico, na indústria e na irrigação de áreas cultivadas. A poluição da água e do solo envolve os vários aspectos, como: eutrofização, derramamento de óleo, lixo e magnificação trófica.



Exemplos de causas da poluição que afeta a água e o solo.

EUTROFIZAÇÃO OU EUTROFICAÇÃO

Eutrofização é o fornecimento de excesso de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio) para um ambiente aquático, capaz de causar grandes modificações na comunidade e tornar a água imprópria para o consumo.



Exemplos de origem dos nutrientes que provocam a eutrofização.

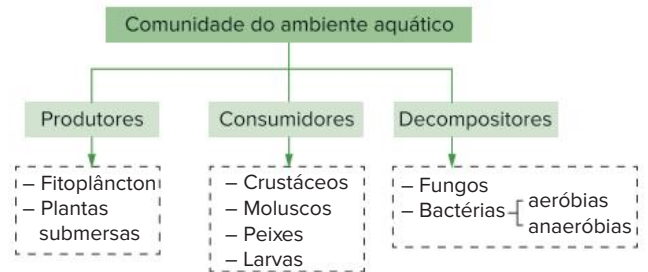
Os nutrientes em excesso chegam na forma de sais minerais ou de matéria orgânica, a qual pode sofrer decomposição e liberar nutrientes na água. Podem ser provenientes de fertilizantes empregados em uma área agrícola próxima ao ambiente aquático; com a chuva, parte dos fertilizantes é carregada para a água. O esgoto sem tratamento também pode ser lançado na água, sendo outra fonte de nutrientes, além de veicular vários organismos causadores de doenças, como vírus, bactérias, protozoários, ovos de vermes etc. Bactérias intestinais, conhecidas como **coliformes fecais**, são indicadoras do nível de contaminação da água por esgotos sanitários.



O despejo do esgoto sem tratamento nos cursos de água representa um grande aporte de nutrientes para o ambiente aquático, o que contribui para a ocorrência de eutrofização.

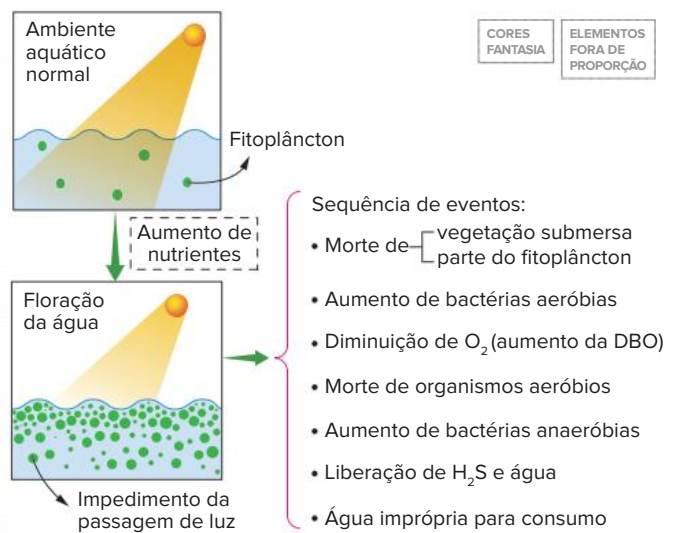
A comunidade aquática tem como produtores o fitoplâncton (algas e cianobactérias) e plantas submersas, muitas das quais ficam ligadas ao fundo do lago ou do rio. Os consumidores compreendem crustáceos, peixes, moluscos,

larvas de insetos e de anfíbios etc. Os decompositores são fungos e bactérias; há bactérias aeróbias (que empregam gás oxigênio) e anaeróbias obrigatórias (que não conseguem sobreviver na presença de O_2). As bactérias anaeróbias são mais abundantes no lodo do fundo do ambiente aquático.



Principais componentes de uma comunidade aquática.

Com o excesso de nutrientes, ocorre intensa proliferação do fitoplâncton (que se concentra na superfície da água), processo conhecido como “floração da água”. Isso diminui a entrada de luz e provoca a morte de plantas submersas, por limitação da realização da fotossíntese, e de uma parte do fitoplâncton, por competição pelos recursos. Assim, o ambiente passa a apresentar grande quantidade de matéria orgânica morta, a qual serve de alimento para decompositores. A quantidade de bactérias decompositoras aeróbias aumenta rapidamente, e elas consomem grande quantidade de gás oxigênio; há uma elevação da demanda bioquímica de oxigênio (**DBO**), que é a quantidade de oxigênio consumida pelas bactérias aeróbias para degradar a matéria orgânica. Como grande quantidade de oxigênio é consumida na decomposição da matéria orgânica, a concentração de O_2 na água diminui, o que pode levar à morte dos organismos aeróbios, como peixes e outros animais, em poucas horas. Essa mortandade acrescenta matéria orgânica na água, que serve de alimento para bactérias decompositoras anaeróbias. Elas realizam a decomposição dessa matéria orgânica e liberam resíduos como o sulfeto de hidrogênio (H_2S), o que torna a água imprópria para consumo. Com o tempo, apenas organismos anaeróbios sobreviverão nesse ambiente.



Representação esquemática do processo de eutrofização da água.

DERRAMAMENTO DE ÓLEO

Acidentes em refinarias, oleodutos e navios podem produzir vazamento de petróleo, que polui a água do mar. O petróleo é menos denso que a água e forma uma película na superfície, impedindo a entrada de luz e comprometendo a fotossíntese. O óleo também adere às brânquias ou às áreas pulmonares de animais, inviabilizando as trocas gasosas e causando a morte. Aves aquáticas podem ficar com as penas embebidas em óleo, e isso impede o voo.

A mancha de óleo pode atingir praias e manguezais, causando a morte de muitos organismos. Enquanto o óleo está na superfície da água, ele pode ser contido e retirado por bombas. Também podem ser empregadas bactérias que realizam a degradação de petróleo. Esse processo constitui a **biorremediação**. Uma pequena fração do petróleo é solúvel em água, porém essa fração é extremamente tóxica, o que afeta o metabolismo de diversos organismos aquáticos.

Andrea Booher/FEMA



Ambiente aquático contaminado com óleo.

Lixo e resíduo

O lixo é o resto gerado pelas atividades humanas que não pode ser reaproveitado. Atividades diferentes geram lixo e resíduos (sobras que podem ser recicladas ou reutilizadas) variados; logo, há uma grande diversidade de materiais descartados que deve ser submetida à triagem, separando-se seus componentes. Uma parte dos resíduos, constituída por materiais orgânicos, é utilizável em **biodigestores**. Esses equipamentos empregam a atividade de microrganismos para gerar gás metano, que é utilizado como combustível; a parte sólida que resta pode ser usada como fertilizante. Outra parte dos resíduos é formada por materiais que podem ser encaminhados à **reciclagem**, como o alumínio, o que ajuda a preservar o meio ambiente, pois diminui a necessidade de extração recursos naturais.

O lixo deve ter a destinação correta, ou seja, deve ser depositado em locais apropriados, de acordo com a sua composição. A matéria orgânica, quando decomposta, dá origem ao **chorume**, um caldo com grande concentração de resíduos orgânicos que pode contaminar os corpos de água. Quando produzido pela decomposição de lixo contaminante, como aqueles contendo metais pesados, o chorume tóxico pode comprometer a qualidade do solo e dos ecossistemas aquáticos.

Antigamente, os materiais descartados sem tratamento eram destinados aos lixões, depósitos a céu aberto, diretamente sobre o solo. Além de poluir água, ar e solo, essa prática contribuía para a disseminação de doenças.

Atualmente, leis brasileiras obrigam a extinção dos lixões ou sua transformação em **aterros sanitários**. Nesses aterros, o lixo é depositado em escavações protegidas por mantas impermeáveis, compactado e enterrado. Há sistemas de tratamento de resíduos e drenagem de líquidos (o que possibilita maior controle do chorume), além de tubulações para a saída de gases, como o metano produzido pela decomposição de matéria orgânica (e que pode ser utilizado na produção de energia).



MAGNIFIER/Shutterstock.com

O lixo hospitalar é composto de seringas e outros materiais contaminados, podendo infectar seres vivos quando não ocorre sua destinação correta.

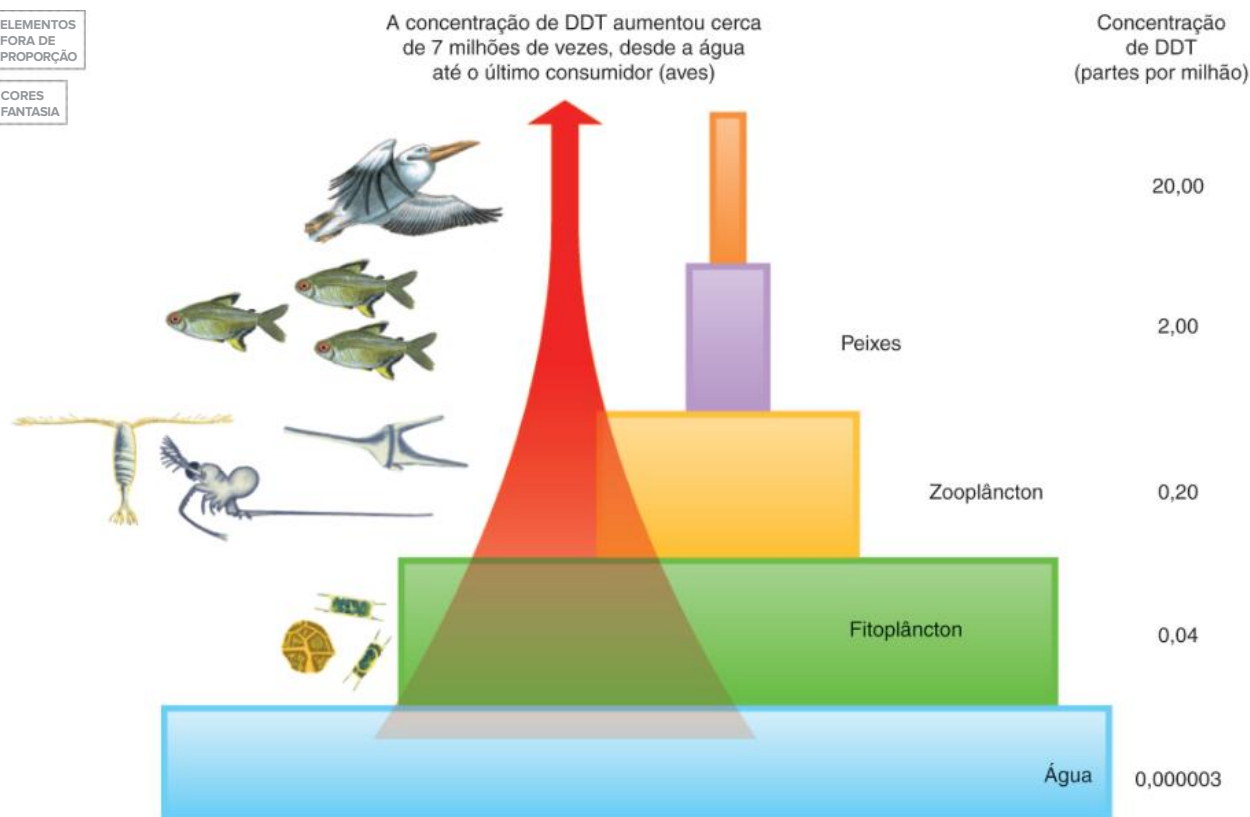
O **lixo nuclear** constitui uma classe especial, pois não tem destinação segura, ou seja, não há maneira de neutralizar seu potencial tóxico. Geralmente, esses resíduos são armazenados em tanques de chumbo, que são enterrados em grossos caixões de concreto, localizados em desertos ou outras áreas não povoadas. Caso esse material entre em contato com algum ser vivo, há grande probabilidade de indução a mutações que podem levar ao câncer, devido à atividade radioativa desse lixo. Regiões que foram contaminadas com lixo nuclear podem levar milhares de anos para se recuperar. Uma das grandes barreiras da utilização de usinas nucleares é a destinação dos resíduos, pois é necessário forte investimento em pesquisa para desenvolver uma maneira segura de lidar com o lixo nuclear.

BIOACUMULAÇÃO E MAGNIFICAÇÃO TRÓFICA

Algumas substâncias são assimiladas e acumuladas no tecido de organismos vivos, processo chamado de **bioacumulação**. Essas substâncias podem apresentar aumento de concentração ao longo dos níveis tróficos, processo chamado de **magnificação trófica**, ou biomagnificação. Isso ocorre com **inseticidas**, **metais pesados** e com **materiais radioativos**. Esses materiais não são biodegradáveis, isto é, não são alterados pelas enzimas dos seres vivos pelos quais eles transitam ao longo da cadeia alimentar. O DDT, por exemplo, é um inseticida sintético não biodegradável; assim, quando o DDT entra no organismo de um animal, ele se acumula em estruturas que apresentam lipídeos; apenas uma pequena parte é eliminada com a urina. Em uma cadeia alimentar, geralmente a biomassa dos produtores é maior do que a dos consumidores primários, que possuem biomassa maior do que os consumidores secundários, e assim sucessivamente. Como o DDT não é degradado ao longo da cadeia alimentar e a biomassa diminui, a concentração do produto fica maior nos níveis tróficos mais distantes dos produtores.

ELEMENTOS
FORA DE
PROPORÇÃO

CORES
FANTASIA



Exemplo de magnificação trófica, em que a concentração de produtos não biodegradáveis aumenta ao longo da cadeia alimentar.

Avaliação de impactos ambientais

A caracterização dos impactos ambientais é feita por meio de alguns parâmetros, como:

- **magnitude:** refere-se à extensão da área impactada;
- **duração:** podem ser de curto período (inferior a um ano) ou prolongar-se por vários anos;
- **reversibilidade:** podem causar alterações reversíveis ou irreversíveis.

Grandes projetos – como a construção de hidrelétricas, refinarias de petróleo, grandes áreas de extração de alumínio – podem causar impactos ambientais de vários tipos. Entre eles, podem ser citados:

- alterações na fauna e na flora – os ambientes aquáticos, por exemplo, são passíveis de grandes mudanças;
- urbanização sem planejamento;
- riscos à saúde da população;
- modificações sociais e culturais da população.

Algumas atividades econômicas no Brasil requerem **licenciamento ambiental** para seu exercício, especialmente aquelas com potencial poluidor ou que possam produzir degradação ambiental. A autorização para instalação e operação de empreendimentos que utilizam ou alteram recursos ambientais só é concedida pelo poder público por meio do licenciamento ambiental. É o caso da mineração e de várias indústrias, como as de papel, borracha, couro e pele; também há necessidade de licenciamento para as atividades de turismo, transporte, construção civil, agricultura, pecuária etc.

O licenciamento ambiental é obtido por meio dos **Estudos de Impacto Ambiental (EIA)**, que fornecem informações para a elaboração do **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)**.

O EIA é examinado por órgãos públicos, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). É feita inicialmente a delimitação da área de influência do empreendimento, determinando a extensão territorial que o projeto vai afetar direta ou indiretamente. Uma fase do processo é de diagnóstico ambiental e consta da avaliação projetiva dos efeitos positivos e negativos decorrentes da atividade.

Posteriormente, é elaborado o RIMA, que deve ser escrito de forma objetiva e compreensível, utilizando mapas, quadros e gráficos. Esse relatório deve ser disponibilizado para a sociedade, incluindo as instituições interessadas na implementação do projeto. O RIMA contém os objetivos do projeto e sua relação com políticas setoriais e planos governamentais; descreve as matérias-primas, as fontes de energia empregadas e os resíduos gerados, apresentando também um programa de acompanhamento e monitoramento dos passos que envolvem a implementação do projeto e seu posterior funcionamento. Além disso, deve necessariamente apresentar os prováveis impactos ambientais da implantação que podem ser causados pelo andamento do projeto, no que se refere aos problemas sociais e/ou ambientais, e os meios para reduzi-los.

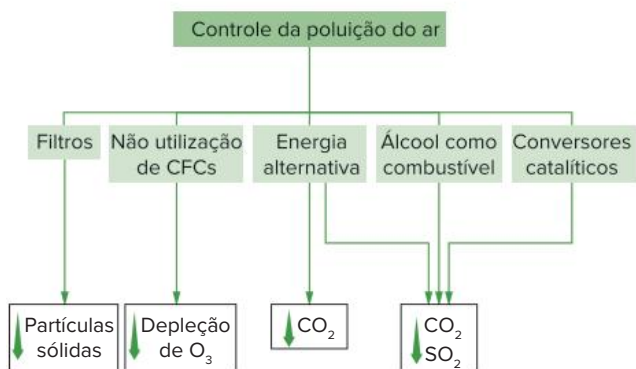
Tecnologias de redução do impacto ambiental

Diariamente, a ciência busca alternativas que reduzam os impactos ambientais causados pela poluição. Até o momento, já foram desenvolvidas algumas soluções viáveis, mas a tendência é de que esse cenário seja aperfeiçoado cada vez mais.

A seguir serão apresentadas algumas dessas tecnologias.

Tecnologias de controle da poluição do ar

Filtros de ar, conversores catalíticos e fontes alternativas de energia são tecnologias que minimizam ou controlam a poluição do ar causada pela ação antrópica.



Algumas soluções para a poluição do ar.

Filtros de ar

Filtros de ar atuam diminuindo a emissão de partículas sólidas. São utilizados principalmente em indústrias.

Conversores catalíticos

Conversores catalíticos são equipamentos que reduzem a emissão de CO e de óxidos de nitrogênio (convertidos em N_2). Esse tipo de equipamento é utilizado principalmente em veículos, porém estudos recentes indicam que os solos próximos a estradas estão contaminados com platina, um elemento químico característico dos conversores catalíticos.

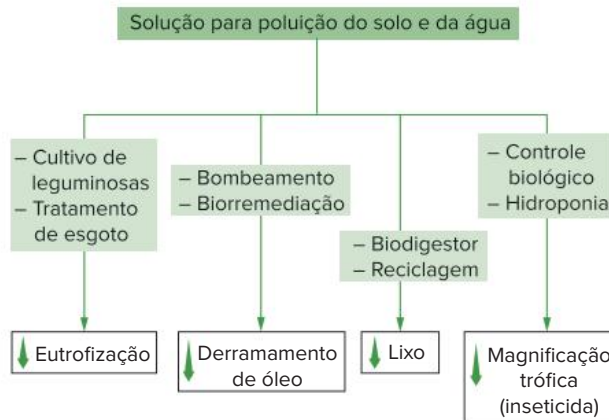
Fontes alternativas de energia

Energia alternativa é aquela produzida por meios alternativos às fontes utilizadas tradicionalmente (hidrelétrica e carvão). Os principais tipos são as energias eólica, solar e maremotriz (produzida pelas marés). Esses métodos de produção de energia diminuem a emissão de poluentes, como CO, CO_2 , óxidos de nitrogênio e SO_2 . Embora esses métodos de produção de energia também tenham impactos

ambientais, principalmente a energia nuclear, eles podem reduzir a geração de poluentes com os quais a atmosfera e o solo já correm risco de saturação.

Tecnologias de controle da poluição do solo e da água

As tecnologias para a mitigação da poluição do solo e da água que serão abordadas são: a técnica de hidroponia, o tratamento de esgoto e do lixo, a utilização de adubos orgânicos e a rotação de culturas.



Algumas soluções para a poluição do solo e da água.

Hidroponia

O método de hidroponia consiste no cultivo de vegetais que utilizam apenas água e nutrientes. Esse método reduz o uso do solo (desmatamento) e de defensivos agrícolas.

Tratamento de esgoto

É um conjunto de medidas físico-químicas que retira/decompõe grande quantidade dos poluentes presentes nos esgotos. O tratamento reduz a veiculação de doenças e diminui a ocorrência de eutrofização em corpos de água que recebem o esgoto. Entretanto, o tratamento produz um resíduo (lodo) que pode ser tóxico e deve ser descartado de maneira correta.

PriceM/Shutterstock.com



Miguel Saavedra/Stock.xchng



Fontes alternativas de energia: solar, à esquerda e eólica, à direita.

Tratamento de resíduos

O tratamento de resíduos permite a obtenção de adubo e gás para uso como combustível, a diminuição da derrubada de árvores (para a produção de papel e alumínio) e a diminuição de contaminação dos lençóis freáticos por chorume. Usinas de Triagem e Compostagem (UTC), por exemplo, separam os materiais recicláveis presentes nos resíduos urbanos e, utilizando o material orgânico descartado, produzem um composto de excelente qualidade para o plantio e a recuperação de solos.

Atualmente, existe o programa dos 5 Rs para o tratamento de resíduos: reflexão, recusa, reutilização, reciclagem e redução. Esses 5 Rs deveriam, então, fazer parte do dia a dia das pessoas, especialmente como forma de reduzir o consumo de bens e de orientar cada atitude que venha a gerar algum tipo de resíduo.



A compostagem doméstica também é possível, reduzindo o volume de resíduos gerados e reaproveitando parte do material orgânico que seria descartado.

Adubos orgânicos e rotação de cultura

A produção de adubos orgânicos e a técnica de rotação de culturas levam à diminuição da eutrofização, pois reduzem a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados e evitam que grande parte dos nutrientes seja levada a corpos d'água. Além disso, a rotação de culturas evita a exaustão do solo, alternando-se as espécies cultivadas, que apresentam diferentes necessidades nutricionais.

A tabela a seguir mostra os principais problemas ambientais e algumas soluções possíveis para eles.

Ações poluentes	Problema gerado	Consequência	Solução
Emissão de CFCs e óxidos de nitrogênio.	Depleção da camada de ozônio	Aumento da entrada de radiação ultravioleta pela atmosfera terrestre, ocasionando mutações no DNA, câncer de pele, catarata, morte do fitoplâncton.	Redução do uso de CFCs e diminuição da queima de combustíveis fósseis (redução de óxidos de nitrogênio). Maior emprego de energias alternativas.
Emissão de gás carbônico, metano, óxidos de nitrogênio e CFCs.	Aquecimento global	Elevação da temperatura, ocasionando derretimento de neve e gelo, inundações, redução de habitats e perda de biodiversidade, alterações climáticas.	Redução do uso de combustíveis fósseis: plantio de árvores; uso de energias alternativas.
Lançamento de esgoto e fertilizantes agrícolas em corpos de água.	Eutrofização da água por excesso de nutrientes	Alteração da comunidade aquática e perda da qualidade da água para consumo humano.	Diminuição do uso de fertilizantes; tratamento de esgoto.
Utilização de inseticidas, metais pesados e materiais radioativos.	Magnificação trófica	Aumento da concentração desses materiais ao longo da cadeia alimentar.	Fiscalização de garimpos e indústrias; controle biológico de pragas.
Queimadas e queima de combustíveis fósseis.	Presença de monóxido de carbono na atmosfera	CO inalado combina-se com hemoglobina do sangue e ocasiona redução do transporte de oxigênio para os tecidos; dano neurológico e morte.	Uso de conversores catalíticos; uso de energias alternativas.
Queima de combustíveis fósseis libera NO ₂ e SO ₂ , que se combinam com água e geram ácidos nítrico e sulfúrico.	Chuva ácida	Lesões na pele, nos olhos e no sistema respiratório. A chuva ácida pode causar prejuízo à biodiversidade terrestre, principalmente plantas (de florestas e de plantações) e do fitoplâncton.	
No inverno, o ar frio fica estagnado próximo ao solo e não se forma corrente de ar ascendente. Ocorre acúmulo de partículas sólidas no ar (poeira, sílica, pó de carvão).	Inversão térmica	Distúrbios na pele, nos olhos e no sistema respiratório. Reações fotoquímicas entre óxidos de nitrogênio e oxigênio produzem ozônio.	Diminuição da liberação de óxidos de nitrogênio; uso de conversores; filtros de ar; diminuição da atividade industrial e da circulação de veículos.
Reações químicas quando há faíscas e raios. Reações fotoquímicas entre oxigênio e óxidos de nitrogênio.	Presença de ozônio na troposfera	Distúrbios na pele, nos olhos e no sistema respiratório.	

Principais poluentes do planeta.

Recuperação de ecossistemas

Além de reduzir os impactos gerados ou conservar e preservar áreas naturais, uma preocupação fundamental é a recuperação de ambientes já degradados. Antes de uma grande alteração ambiental, como a inundação de uma área para a construção de hidrelétricas, pode ser efetuado o resgate de animais e de plantas próprios da região, os quais são encaminhados para outros locais. No entanto, esse tipo de impacto é irreversível, e o ambiente não recupera suas feições originais.

Um ecossistema bastante impactado, mas com capacidade de reversibilidade, pode apresentar problemas como erosão, assoreamento e diversos tipos de poluição, procedentes de esgoto doméstico e/ou industrial, garimpos ou de aterros sanitários. Esses ecossistemas apresentam biodiversidade reduzida, com a seleção de organismos mais resistentes à poluição. É frequente a contaminação da água com microrganismos e substâncias químicas, como metais pesados e defensivos agrícolas. As coleções de água da região também ficam mais sujeitas ao processo de eutrofização, agravando ainda mais as condições do ambiente.

Com essas características, o ambiente favorece a propagação de doenças na população, e há uma expressiva perda de biodiversidade aquática. Além disso, há redução do valor econômico das propriedades da região.

A recuperação das áreas degradadas envolve:

- pesquisas científicas sobre o meio circundante;
- ações diretas, como fiscalização das empresas poluidoras e tratamento de esgoto;
- recuperação das matas ciliares, de grande importância para evitar processos de erosão e fornecer condições para o desenvolvimento da fauna local;
- **educação ambiental**, com a construção de valores sociais, conhecimentos, habilidades e competências voltados para a conservação do meio ambiente.

Os ecossistemas recuperados apresentam o retorno de alta biodiversidade e tornam-se mais estáveis, podendo ser reutilizados de maneira sustentável. A qualidade da água melhora e pode servir para consumo doméstico e industrial e irrigação de plantações; a água também pode ser explorada em atividades recreativas e em transporte.

A manutenção de espécies fora de seu ambiente natural contribui para a perpetuação de organismos que estariam ameaçados de extinção ou que foram retirados de locais cujo habitat foi degradado. É o caso de zoológicos, jardins botânicos, aquíários e bancos de sementes.

Impactos ambientais e desenvolvimento sustentável

A hipótese de Gaia (deusa da mitologia grega) foi desenvolvida por James Lovelock e Lynn Margulis, na década de 1970, e considera a Terra um grande organismo que se mantém em equilíbrio com a interferência dos seres vivos. Com isso, o planeta regula sua estrutura e sua composição. Um exemplo dessa atuação é a liberação de gases por algas marinhas que promovem um núcleo de condensação nas nuvens, desencadeando a precipitação.

Seus idealizadores defendem a ideia de que a superfície da Terra foi modificada pela vida ao longo do tempo. Dessa forma, os seres vivos teriam interferência na temperatura, na composição química e nos aspectos diversos da crosta terrestre, indicando que o planeta e a vida teriam influências mútuas e de modo permanente.

Não importa, aqui, quão fundamentada é essa hipótese, mas, sim, o fato de que ela ressalta a existência de um delicado equilíbrio entre os componentes da natureza, o qual poderia ser comprometido pelas intensas alterações provocadas pela ação antrópica.

A importância da biodiversidade

A fauna, a flora e os microrganismos dos ecossistemas naturais contribuem para a manutenção dos recursos naturais e da biodiversidade por meio de diversos processos, como a fixação de nitrogênio, a reciclagem de nutrientes, a polinização, a dispersão de sementes, a purificação da água e o controle biológico de populações que, potencialmente, poderiam se comportar como pragas em outros ambientes.

A manutenção de áreas naturais traz uma série de benefícios, seja no viés econômico, seja no simbólico. Ambientes como florestas e savanas, por exemplo, têm elevada biodiversidade e representam fontes de diversos recursos, como matérias-primas (látex, medicamentos, corantes), alimentos (variedades de plantas e animais comestíveis) e genes (que podem ser empregados em modalidades de biotecnologia).

A biodiversidade também tem uma importância ética relacionada a valores fundamentais, como a noção de respeito à vida e a de que cada espécie tem direito de existir em condições adequadas. Soma-se a isso o fato de que toda espécie tem um papel essencial na manutenção do equilíbrio da natureza.

Outras características da biodiversidade são o componente estético, que se refere à beleza da natureza e seus efeitos favoráveis às pessoas, e o valor recreativo, com inúmeras possibilidades de lazer para populações locais e turistas.

Desenvolvimento sustentável

O primeiro ponto a ser tratado sobre o desenvolvimento sustentável refere-se a seu aspecto conceitual. A palavra *desenvolvimento* não tem o mesmo significado de “crescimento econômico”, que, nos moldes convencionais, promove um consumo crescente de recursos naturais, com o risco de seu esgotamento. As atividades econômicas, como foi estudado até aqui, costumam ser promovidas de modo insustentável, prejudicando o ambiente e comprometendo, até mesmo, o crescimento econômico que motivou a exploração ambiental.

O desenvolvimento sustentável corresponde à utilização dos recursos naturais de forma a permitir o bem-estar da população atual sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras, preservando as espécies e os recursos naturais. Ao mesmo tempo, visa promover a redução do uso de matérias-primas e produtos e aumentar os processos de reutilização e reciclagem.

Além disso, o desenvolvimento sustentável tem um importante aspecto social, pois visa à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu

conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente. A degradação do ambiente natural gera a desagregação dos modos de vida tradicionais, intimamente ligados às condições da terra natal dessas populações.

Pegada ecológica

Os estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo incluem serviços (transporte, saúde, educação) e produtos (alimentos, roupas, aparelhos elétricos e eletrônicos). O atendimento dessas necessidades demanda um custo ambiental.

O termo “pegada ecológica” pode ser definido como a área de território, expressa em hectares, utilizada para atender às necessidades de manutenção de determinados estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo. Essa área de território inclui três componentes: consumo, processamento de resíduos gerados e interação com as outras espécies. Em geral, as sociedades com maior desenvolvimento industrial têm maior demanda por recursos naturais e geram mais resíduos.

O consumo relaciona-se com a infraestrutura, como a moradia, o transporte, os reservatórios de água, as hidrelétricas etc. Envolve ainda a produção de materiais, o que exige:

- áreas cultivadas para a produção de alimentos, fibras e alimento para o gado;
- pastagens para a produção de leite, carne, couro e lã;
- florestas para a produção de madeira e celulose;
- oceanos, lagos e rios para a pesca.

O processamento dos resíduos decorrentes da atividade humana inclui a reciclagem de resíduos domésticos e a vegetação necessária para o sequestro do carbono gerado na queima de combustíveis fósseis.

A interação com outras espécies, por sua vez, corresponde à área ambiental que deve ser deixada para elas. A ideia é que o ser humano não esgote os recursos de maneira a degradar o ambiente, inviabilizando a sobrevivência de outros organismos.

A aplicação do conceito de pegada ecológica contribui para que a população humana realmente tenha um crescimento sustentável, sem esgotar a capacidade limite do planeta.

Revisando

1. Conceitue superpopulação.

2. Com o número de indivíduos da população humana mundial, são gerados grandes problemas ambientais. Cite os principais decorrentes da:

- a) maior demanda por alimento.

- b) maior demanda por produtos industriais.

3. O que é erosão?

4. O que é lixiviação? Cite danos ambientais que esse processo provoca.

5. Conceitue assoreamento. Qual é a principal causa do assoreamento?

6. O que é fragmentação de habitats? Quais são suas principais consequências?

7. Por que a introdução de espécies exóticas pode causar a extinção de espécies nativas?

8. Cite casos de superexploração de espécies.

9. Conceitue poluição.

10. O que são poluentes primários?

11. Defina poluentes secundários.

12. Por que a inversão térmica ocorre no inverno?

13. Quais são os dois tipos de poluentes relacionados com a depleção da camada de ozônio?

14. O que é efeito estufa? Cite os gases responsáveis por esse fenômeno.

15. Por que o plantio de árvores contribui para a redução da intensificação do efeito estufa?

16. O que é eutrofização?

17. O que significa “floração da água”?

18. Qual é o significado da sigla DBO?

19. Por que o vazamento de petróleo compromete a fotossíntese de um ambiente aquático atingido pelo problema?

20. O que é biorremediação?

21. Conceitue magnificação trófica.

22. Cite as três principais tecnologias que favorecem a redução da poluição do ar.

23. Cite cinco técnicas que podem reduzir a poluição da água e do solo.

24. Defina desenvolvimento sustentável.

25. O que é pegada ecológica? Quais são seus três componentes?

Exercícios propostos

1. **Enem 2012** Suponha que você seja um consultor e foi contratado para assessorar a implantação de uma matriz energética em um pequeno país com as seguintes características: região plana, chuvosa e com ventos constantes, dispondo de poucos recursos hídricos e sem reservatórios de combustíveis fósseis. De acordo com as características desse país, a matriz energética de menor impacto e risco ambientais é a baseada na energia:
- dos biocombustíveis, pois tem menor impacto ambiental e maior disponibilidade.
 - solar, pelo seu baixo custo e pelas características do país favoráveis à sua implantação.
 - nuclear, por ter menor risco ambiental e ser adequada a locais com menor extensão territorial.
 - hidráulica, devido ao relevo, à extensão territorial do país e aos recursos naturais disponíveis.
 - eólica, pelas características do país e por não gerar gases do efeito estufa nem resíduos de operação.
2. **Enem 2012** Para diminuir o acúmulo de lixo e o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três erres: Redução, Reutilização e Reciclagem. Um exemplo de reciclagem é a utilização de:
- garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
 - latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
 - sacos plásticos de supermercado como acondicionantes de lixo caseiro.
 - embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
 - garrafas PET recortadas em tiras para a fabricação de cerdas de vassouras.
3. **Enem Libras 2017** O aumento da pecuária em decorrência do crescimento da demanda de carne pela população humana tem sido alvo de grandes preocupações por pesquisadores e ambientalistas. Essa preocupação ocorre em virtude de o metabolismo de animais como os ruminantes produzirem e liberarem gás metano para a atmosfera. Essa preocupação está relacionada com a intensificação de qual problema ambiental?
- | | |
|-------------------|------------------------|
| a) Eutrofização. | d) Inversão térmica. |
| b) Chuva ácida. | e) Aquecimento global. |
| c) Bioacumulação. | |
4. **Enem 2011** Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, do Ministério das Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por hidrelétrica (80%), termelétrica (19,9%) e eólica (0,1%). Nas termelétricas, esse percentual é dividido conforme o combustível usado, sendo: gás natural (6,6%), biomassa (5,3%),

derivados de petróleo (3,3%), energia nuclear (3,1%) e carvão mineral (1,6%). Com a geração de eletricidade da biomassa, pode-se considerar que ocorre uma compensação do carbono liberado na queima do material vegetal pela absorção desse elemento no crescimento das plantas. Entretanto, estudos indicam que as emissões de metano (CH_4) das hidrelétricas podem ser comparáveis às emissões de CO_2 das termelétricas.

A. S. Moret; I. A. Ferreira. "As hidrelétricas do Rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil". *Ciência Hoje*. v. 45, n. 265, 2009. (Adapt.).

No Brasil, em termos do impacto das fontes de energia no crescimento do efeito estufa, quanto à emissão de gases, as hidrelétricas seriam consideradas como uma fonte:

- limpa de energia, contribuindo para minimizar os efeitos desse fenômeno.
 - eficaz de energia, tomando-se o percentual de oferta e os benefícios verificados.
 - limpa de energia, não afetando ou alterando os níveis dos gases do efeito estufa.
 - poluidora, colaborando com níveis altos de gases de efeito estufa em função de seu potencial de oferta.
 - alternativa, tomando-se por referência a grande emissão de gases de efeito estufa das demais fontes geradoras.
5. **Enem 2011** Um dos processos usados no tratamento do lixo é a incineração, que apresenta vantagens e desvantagens. Em São Paulo, por exemplo, o lixo é queimado a altas temperaturas e parte da energia liberada é transformada em energia elétrica. No entanto, a incineração provoca a emissão de poluentes na atmosfera. Uma forma de minimizar a desvantagem da incineração, destacada no texto, é:
- aumentar o volume do lixo incinerado para aumentar a produção de energia elétrica.
 - fomentar o uso de filtros nas chaminés dos incineradores para diminuir a poluição do ar.
 - aumentar o volume do lixo para baratear os custos operacionais relacionados ao processo.
 - fomentar a coleta seletiva de lixo nas cidades para aumentar o volume de lixo incinerado.
 - diminuir a temperatura de incineração do lixo para produzir maior quantidade de energia elétrica.
6. **Enem 2020** O descarte inadequado do lixo é um problema que necessita ser solucionado urgentemente. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, apenas 25% dos municípios brasileiros dispõem adequadamente seus resíduos. Para regulamentar essa questão, o Projeto de Lei 4 162/2019, que institui o marco regulatório do saneamento básico, estabeleceu um prazo até agosto de 2024 para que todos os lixões existentes no Brasil sejam transformados em aterros sanitários, entre outras providências.

Disponível em: www.gov.br/casacivil. Acesso em: 5 out. 2020 (adaptado).

A medida apontada no texto é necessária porque

- a) a poluição causada pelos aterros sanitários é reduzida pela impermeabilização do solo e tratamento do chorume.
- b) a criação dos aterros sanitários viabilizará o reaproveitamento da matéria orgânica descartada no lixo.
- c) a construção dos lixões envolve um custo mais elevado do que a manutenção dos aterros sanitários.
- d) nos lixões não há a possibilidade de separação de material para reaproveitamento e reciclagem.
- e) as áreas dos lixões desativados poderão ser imediatamente usadas para plantação.

7. **Enem** No ano de 2000, um vazamento em dutos de óleo na Baía de Guanabara (RJ) causou um dos maiores acidentes ambientais do Brasil. Além de afetar a fauna e a flora, o acidente abalou o equilíbrio da cadeia alimentar de toda a baía. O petróleo forma uma película na superfície da água, o que prejudica as trocas gasosas da atmosfera com a água e desfavorece a realização de fotossíntese pelas algas, que estão na base da cadeia alimentar hídrica. Além disso, o derramamento de óleo contribuiu para o envenenamento das árvores e, conseqüentemente, para a intoxicação da fauna e flora aquáticas, bem como conduziu à morte de diversas espécies de animais, entre outras formas de vida, afetando também a atividade pesqueira.

L. Laubier. "Diversidade da Maré Negra".
In: *Scientific American Brasil*. 4(39), ago. 2005. (Adapt.).

A situação exposta no texto e suas implicações:

- a) indicam a independência da espécie humana com relação ao ambiente marinho.
- b) alertam para a necessidade do controle da poluição ambiental para redução do efeito estufa.
- c) ilustram a interdependência das diversas formas de vida (animal, vegetal e outras) e o seu hábitat.
- d) indicam a alta resistência do meio ambiente à ação do homem, além de evidenciar a sua sustentabilidade mesmo em condições extremas de poluição.
- e) evidenciam a grande capacidade animal de se adaptar às mudanças ambientais, em contraste com a baixa capacidade das espécies vegetais, que estão na base da cadeia alimentar hídrica.

8. **Enem** A atmosfera terrestre é composta dos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nítrico (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2 , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

I. F. Brown; A. S. Alechandre. "Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades". In: A.G. Moreira & S. Schwartzman. *As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros*. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000. (Adapt.).

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é:

- a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH_4 .
- c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO_2 da atmosfera.
- d) aumentar a concentração atmosférica de H_2O , molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
- e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

9. **Enem** A abertura e a pavimentação de rodovias em zonas rurais e regiões afastadas dos centros urbanos, por um lado, possibilita melhor acesso e maior integração entre as comunidades, contribuindo com o desenvolvimento social e urbano de populações isoladas. Por outro lado, a construção de rodovias pode trazer impactos indesejáveis ao meio ambiente, visto que a abertura de estradas pode resultar na fragmentação de habitats, comprometendo o fluxo gênico e as interações entre espécies silvestres, além de prejudicar o fluxo natural de rios e riachos, possibilitar o ingresso de espécies exóticas em ambientes naturais e aumentar a pressão antrópica sobre os ecossistemas nativos.

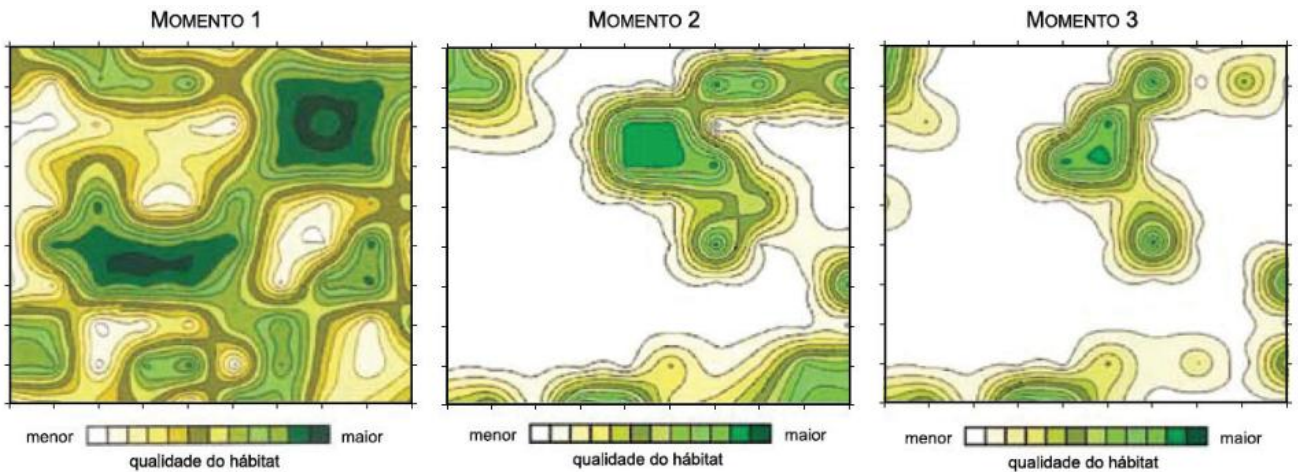
N. P. U. Barbosa; G. W. Fernandes. "A destruição do jardim".
Scientific American Brasil, ano 7, n. 80, dez. 2008. (Adapt.).

Nesse contexto, para conciliar os interesses aparentemente contraditórios entre o progresso social e urbano e a conservação do meio ambiente, seria razoável:

- a) impedir a abertura e a pavimentação de rodovias em áreas rurais e em regiões preservadas, pois a qualidade de vida e as tecnologias encontradas nos centros urbanos são prescindíveis às populações rurais.
- b) impedir a abertura e a pavimentação de rodovias em áreas rurais e em regiões preservadas, promovendo a migração das populações rurais para os centros urbanos, onde a qualidade de vida é melhor.
- c) permitir a abertura e a pavimentação de rodovias apenas em áreas rurais produtivas, haja vista que nas demais áreas o retorno financeiro necessário para produzir uma melhoria na qualidade de vida da região não é garantido.
- d) permitir a abertura e a pavimentação de rodovias, desde que comprovada a sua real necessidade e após a realização de estudos que demonstrem ser possível contornar ou compensar seus impactos ambientais.
- e) permitir a abertura e a pavimentação de rodovias, haja vista que os impactos ao meio ambiente são temporários e podem ser facilmente revertidos com as tecnologias existentes para recuperação de áreas degradadas.

- 10. Enem PPL 2018** O monóxido de carbono (CO) é um gás extremamente tóxico. Ele interfere no processo respiratório dos vertebrados, pois, se o CO estiver presente no ar, haverá no sangue uma “competição” entre o CO e o O₂. Infelizmente, grande parte da população convive diretamente com a presença desse gás, uma vez que ele é produzido em grandes quantidades
- nas queimadas em matas e florestas.
 - na decomposição da matéria orgânica nos “lixões” urbanos.
 - no abdômen de animais ruminantes criados em sistemas de confinamento.
 - no processo de combustão incompleta de combustíveis fósseis.
 - nas chaminés das indústrias que utilizam madeira de reflorestamento como combustível.

- 11. Unesp 2020** As figuras mostram, em três momentos distintos, a distribuição da qualidade do hábitat em uma região.

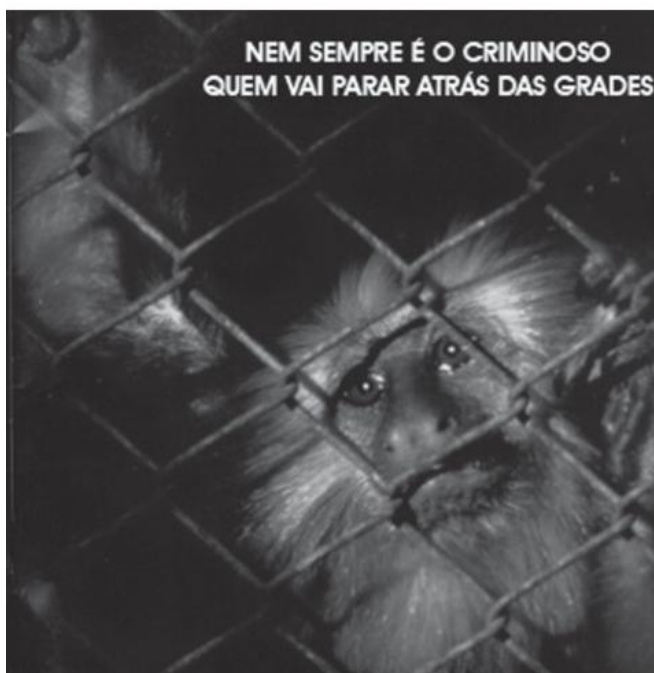


Rui Cerqueira *et al.* “Fragmentação: alguns conceitos”. In: Denise M. Rambaldi e Daniela A. S. de Oliveira (orgs.). *Fragmentos de ecossistemas*, 2003. (Adaptado.)

Considerando conhecimentos de preservação ambiental, uma medida para minimizar os impactos da situação representada pelas figuras é

- o combate à prática de biopirataria.
- a criação de um cinturão agrícola.
- a adoção do sistema de terraceamento.
- o remanejamento de espécies ameaçadas.
- a implantação de corredores ecológicos.

- 12. Enem** A figura a seguir é parte de uma campanha publicitária.



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

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

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

13. **Enem 2020** Uma atividade que vem crescendo e tem se tornado uma fonte de renda para muitas pessoas é o recolhimento das embalagens feitas com alumínio. No Brasil, atualmente, mais de 95% dessas embalagens são recicladas para fabricação de outras novas.

Disponível em: <http://abal.org.br>. Acesso em: 11 mar. 2013.

O interesse das fábricas de embalagens no uso desse material reciclável ocorre porque o(a)

- a) reciclagem resolve o problema de desemprego da população local.
- b) produção de embalagens a partir de outras já usadas é mais fácil e rápida.
- c) alumínio das embalagens feitas de material reciclado é de melhor qualidade.
- d) compra de matéria-prima para confecção de embalagens de alumínio não será mais necessária.
- e) custo com a compra de matéria-prima para a produção de embalagens de alumínio é reduzido.

14. **Enem 2020** O Protocolo de Montreal é um tratado internacional que diz respeito à defesa do meio ambiente. Uma de suas recomendações é a redução da utilização de substâncias propelentes, como os CFCs (Cloro-Flúor-Carbono), em aerossóis e aparelhos de refrigeração.

Essa recomendação visa

- a) evitar a chuva ácida.
- b) prevenir a inversão térmica.
- c) preservar a camada de ozônio.
- d) controlar o aquecimento global.
- e) impedir a formação de ilhas de calor.

15. **Enem 2019** O concreto utilizado na construção civil é um material formado por cimento misturado a areia, a brita e a água. A areia é normalmente extraída de leitos de rios e a brita, oriunda da fragmentação de rochas. Impactos ambientais gerados no uso do concreto estão associados à extração de recursos minerais e ao descarte indiscriminado desse material. Na tentativa de reverter esse quadro, foi proposta a utilização de concreto reciclado moído em substituição ao particulado rochoso grão na fabricação de novo concreto, obtendo um material com as mesmas propriedades que o anterior.

O benefício ambiental gerado nessa proposta é a redução do

- a) extração da brita.
- b) extração de areia.
- c) consumo de água.
- d) consumo de concreto.
- e) fabricação de cimento.

16. **Enem 2017** O fenômeno da piracema (subida do rio) é um importante mecanismo que influencia a reprodução de algumas espécies de peixes, pois induz o processo que estimula a queima de gordura e ativa mecanismos hormonais complexos, preparando-os para a reprodução. Intervenções antrópicas nos ambientes aquáticos, como a construção de barragens, interferem na reprodução desses animais.

MALTA, P. **Impacto ambiental das barragens hidrelétricas**. Disponível em: <http://futurambiental.com>. Acesso em: 10 maio 2013 (adaptado).

Essa intervenção antrópica prejudica a piracema porque reduz o(a)

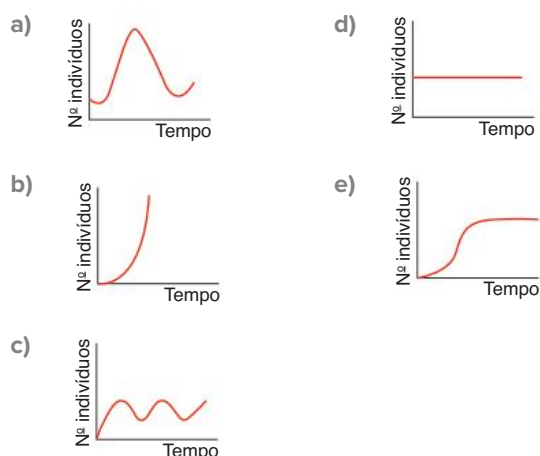
- a) percurso da migração.
- b) longevidade dos indivíduos.
- c) disponibilidade de alimentos.
- d) período de migração da espécie.
- e) número de espécies de peixes no local.

17. **UFG-GO** Leia o texto a seguir.

Achantina fulica é conhecida como caramujo gigante africano e está inserida na lista da União para a Conservação da Natureza como uma das cem piores espécies do planeta devido ao alto poder invasor. Esse molusco foi introduzido no Brasil há cerca de vinte anos como opção para criação de *escargot*. Atualmente, está presente em 15 estados, nos quais já causou danos para o ambiente e para a agricultura. Esses fatos estão estimulando a discussão pelo Ministério da Agricultura de como controlar e erradicar a *A. fulica*.

Ibama. "Ofício n. 006/03", 17 jan. 2003. (Adapt.).

De acordo com o texto, atualmente, a curva de crescimento populacional de *Achantina fulica* é:



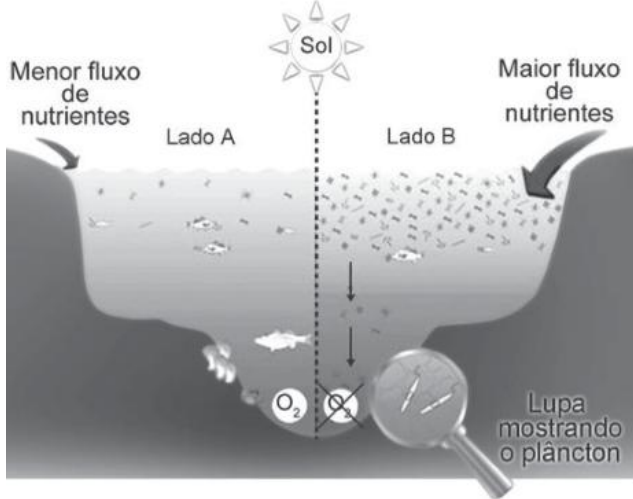
18. **UFPEL-RS** O cultivo de eucalipto visa à obtenção de alguns produtos, dentre eles a celulose, que possui infinitas aplicações econômicas, benéficas às sociedades modernas. Por outro lado, sabe-se que a espécie *Eucalyptus* sp. não pertence às regiões fitogeográficas da América do Sul, sendo, portanto, uma espécie introduzida na nossa biodiversidade. É fato que espécies como essas são potencialmente capazes de promover quebras no equilíbrio ambiental de nossos ecossistemas.

De acordo com o texto e seus conhecimentos, é correto afirmar que esse desequilíbrio ambiental pode ser classificado ecologicamente como:

- a) alteração benéfica do equilíbrio ecológico, com consequente enriquecimento da biodiversidade local.
- b) quebra da sinergia ambiental, com consequentes alterações bióticas da biodiversidade local.
- c) quebra do equilíbrio ambiental, com consequente alteração biótica, pela eliminação de espécies de eucaliptos nativos dos campos limpos.

- d) quebra da sinergia ambiental, com consequentes alterações da biocenose, como modificações no nível hidrostático dos solos.
- e) quebra do equilíbrio ambiental, com consequentes alterações da biocenose, como aumento do nível hidrostático dos solos.

19. Enem PPL 2019 Observe o esquema que ilustra duas situações no ambiente marinho.

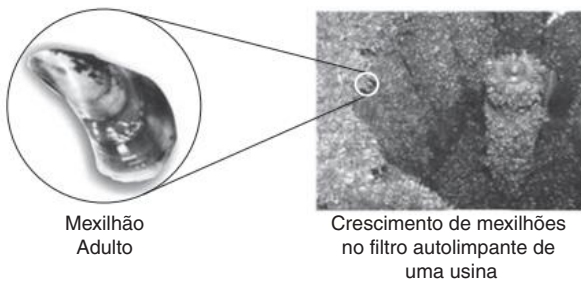


Disponível em: www.teachoceanscience.net.
Acesso em: 7 jul. 2015 (adaptado).

Qual é o processo responsável pela diminuição da concentração de oxigênio no lado B do esquema?

- a) Lixiviação.
- b) Eutrofização.
- c) Volatilização.
- d) Fermentação.
- e) Bioacumulação.

20. UFMG Observe estas figuras:



O mexilhão dourado de água doce, molusco originário do sudoeste da Ásia, é uma espécie invasora do sistema hídrico brasileiro, que provoca sérios problemas em estações de água, indústrias e hidrelétricas. Entre as características que facilitam a disseminação e o aumento da população desse molusco, não se inclui:

- a) o notável controle de sua população por inimigos naturais.
- b) a intensa disseminação de suas larvas.
- c) a sua rápida maturação sexual.
- d) a sua considerável capacidade adaptativa a diferentes ambientes.

21. PUC-Rio Na Linha Amarela, via existente na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, existe uma operação denominada “túnel limpo”, que consiste em promover medidas que evitem que os carros fiquem

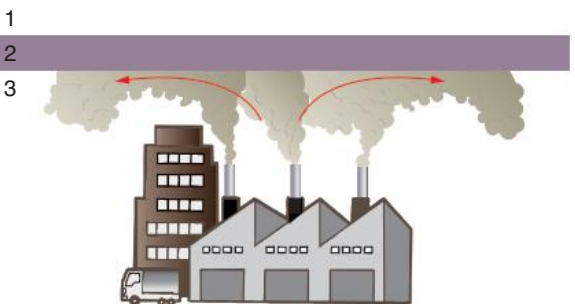
parados e ligados em engarrafamento no interior do túnel. Caso o movimento seja muito grande, o engarrafamento acontece a céu aberto. A razão principal dessa medida é evitar que as pessoas respirem monóxido de carbono produzido pela combustão parcial dos combustíveis. Esse gás é considerado extremamente tóxico porque:

- a) se liga à hemoglobina, competindo com o O_2 .
- b) se combina com o O_2 , formando O_3 e CO_2 .
- c) se liga às células do pulmão, dificultando a hematose.
- d) se complexa a proteínas da cadeia respiratória.
- e) obstrui os brônquios, enrijecendo os alvéolos pulmonares.

22. Enem 2020 Grandes reservatórios de óleo leve de melhor qualidade e que produz petróleo mais fino foram descobertos no litoral brasileiro numa camada denominada pré-sal, formada há 150 milhões de anos. A utilização desse recurso energético acarreta para o ambiente um desequilíbrio no ciclo do

- a) nitrogênio, devido à nitrificação transformando amônia em nitrito. ambiental
- b) nitrogênio, devido ao aumento dos compostos nitrogenados no ambiente terrestre.
- c) carbono, devido ao aumento dos carbonatos dissolvidos no ambiente marinho.
- d) carbono, devido à liberação das cadeias carbônicas aprisionadas abaixo dos sedimentos.
- e) fósforo, devido à liberação dos fosfatos acumulados no ambiente marinho.

23. UFPE No inverno, uma espécie de “manto” de partículas poluentes pode ser formada sobre as cidades, o que dificulta a entrada da luz solar e retarda o aquecimento do solo e do ar. Sendo diminuída a movimentação ascendente do ar, a camada de poluentes permanece por mais tempo sobre essas cidades, fato conhecido por “Inversão Térmica”, ilustrado na figura a seguir. Nessa figura, 1, 2 e 3 representam, respectivamente:



- a) ar frio, ar quente (camada de inversão térmica) e ar frio.
- b) ar quente, ar frio (camada de inversão térmica) e ar quente.
- c) ar muito frio, ar frio e ar muito quente (camada de inversão térmica).
- d) ar muito quente, ar quente (camada de inversão térmica) e ar frio.
- e) ar muito quente, ar frio e ar quente (camada de inversão térmica).

24. PUC-Rio O crescente aumento da temperatura ambiental traz como uma de suas consequências a redução do O_2 dissolvido na água. Em temperaturas mais altas, os seres aquáticos, em sua maioria peço-terísticos (ou de sangue frio), se aquecem e têm sua taxa metabólica aumentada. Esse conjunto de efeitos se torna um problema porque o aumento do metabolismo torna esses seres aquáticos:

- a) menos ativos, exigindo menos energia e menor consumo de O_2 na respiração.
- b) mais ativos, exigindo mais energia e menor consumo de O_2 na respiração.
- c) mais ativos, exigindo mais energia e maior consumo de O_2 na respiração.
- d) menos ativos, exigindo menos energia e maior consumo de O_2 na respiração.
- e) mais ativos, exigindo menos energia e maior consumo de O_2 na respiração.

25. Enem 2017 Os botos-cinza (*Sotalia guianensis*), mamíferos da família dos golfinhos, são excelentes indicadores da poluição das áreas em que vivem, pois passam toda a sua vida – cerca de 30 anos – na mesma região. Além disso, a espécie acumula mais contaminantes em seu organismo, como o mercúrio, do que outros animais da sua cadeia alimentar.

MARCOLINO, B. Sentinelas do mar.
Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>.
Acesso em: 1 ago. 2012 (adaptado).

Os botos-cinza acumulam maior concentração dessas substâncias porque

- a) são animais herbívoros.
- b) são animais detritívoros.
- c) são animais de grande porte.
- d) digerem o alimento lentamente.
- e) estão no topo da cadeia alimentar.

26. UFPeI-RS 2019 Muitos cientistas acreditam que está ocorrendo uma intensificação do efeito estufa devido à interferência humana na atmosfera terrestre. Nos últimos anos, houve aumento considerável nos esforços em pesquisas visando desenvolver substitutos adequados e mais eficientes aos veículos de geração de energia por combustão (queima de combustíveis fósseis), que emitem grandes quantidades de CO_2 na atmosfera. Os veículos elétricos, realidade em diversos países, conquistaram o mercado consumidor e apresentaram uma emissão de CO_2 muito menor em relação aos veículos por combustão.

OGO, Marcela Yaemi. #Contato Biologia, 3 ano.
1. ed. São Paulo. 2016

A utilização de veículos elétricos, em vez de veículos por combustão, pode promover

- a) o aumento da temperatura global, ocasionado pelo efeito estufa, pela não utilização dos combustíveis fósseis, mas sim pelo uso da energia oriunda de usinas hidrelétricas.
- b) um aumento da concentração de CO_2 nos compartimentos internos da Terra.

- c) uma diminuição da concentração de oxigênio (O_2) na atmosfera, ocasionando a morte de diversos seres vivos autotróficos dependentes deste gás na fotossíntese.
- d) um aumento da temperatura da Terra através da impossibilidade da formação do efeito estufa.
- e) uma redução da concentração de CO_2 na atmosfera, levando à diminuição da elevação da temperatura média global.
- f) I.R.

27. Enem PPL 2014 A eutrofização é um dos fenômenos responsáveis pela mortalidade de parte das espécies aquáticas e, em regiões próximas a centros urbanos, pela perda da qualidade de vida da população. Um exemplo é a Lagoa da Pampulha, um dos mais conhecidos pontos turísticos da capital de Minas Gerais, onde as atividades de pesca e nado não são mais permitidas.

Para evitar a ocorrência desse fenômeno em lagos deve-se

- a) manter inalterado seu volume de água.
- b) aumentar a população de algas planctônicas.
- c) diminuir o teor de nutrientes despejados nas águas.
- d) impedir a fotossíntese das algas abaixo da superfície.
- e) aumentar a população de espécies do topo da cadeia alimentar.

28. PUC-Rio 2021 “O número de queimadas no bioma Amazônia, no mês de junho, foi o maior observado para o mês desde 2007, de acordo com dados do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), gerados com base em imagens de satélite.”

Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2020/07/01>>.
Acesso em: 14 ago. 2020.

Sobre os impactos das queimadas, analise as afirmações abaixo.

- I. Redução da cobertura vegetal e, consequentemente, aumento da infiltração da água no solo.
- II. Diminuição das taxas de evapotranspiração.
- III. Aumento de casos de doenças respiratórias, já que afetam a qualidade do ar.

Está correto o que se afirma em

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

29. Fatec-SP (Adapt.)

Novo e maior inimigo do ozônio

O óxido nítrico (N_2O) se tornou, entre todas as substâncias emitidas por atividades humanas, a que mais danos provoca à camada de ozônio, que é responsável pela proteção das plantas, animais e pessoas contra o excesso de radiação ultravioleta emitida pelo Sol. O óxido nítrico superou os clorofluorcarbonetos (CFCs), cuja emissão na atmosfera tem diminuído seguidamente por causa de

acordos internacionais conduzidos com essa finalidade. Hoje, de acordo com pesquisas, as emissões de N_2O já são duas vezes maiores do que as de CFCs. O óxido nitroso é emitido por fontes naturais (bactérias do solo e dos oceanos, por exemplo) e como um subproduto dos métodos de fertilização na agricultura; de combustão; de tratamento de esgoto e de diversos processos industriais. Atualmente, um terço da emissão do gás deriva de atividades humanas. Segundo os pesquisadores, como o óxido nitroso também é um gás de efeito estufa, a redução de suas emissões por atividades humanas seria uma boa medida tanto para a camada de ozônio como para o clima.

Agência Fapesp, 28 ago. 2009. (Adapt.).

Considere as afirmações feitas sobre o texto.

- I. Atividades humanas, como a agricultura, e diversos processos industriais emitem a maior parte do óxido nitroso hoje presente na atmosfera.
- II. Uma das principais medidas para a preservação da camada de ozônio é a redução da quantidade de bactérias do solo e dos oceanos.
- III. A redução das emissões do óxido nitroso é importante para a preservação da camada de ozônio e para a diminuição do aquecimento global.

Está correto o contido em:

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

30. Uerj

Análise da Feema revela: peixes das lagoas da Barra estão contaminados.

Tilápias, vendidas na Ceasa, têm toxina acima do recomendado para consumo.

O Globo, 6 fev. 2007.

O lançamento de poluentes em rios e lagoas pode proporcionar, quando as condições ambientais são favoráveis, um rápido crescimento de organismos fitoplanctônicos na água. Recentemente, o complexo lagunar da Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro, apresentou uma dessas florações, com a presença de grandes quantidades de cianobactérias. Dentre as espécies encontradas, algumas eram produtoras de potente toxina, o que trouxe riscos à saúde da população.

O conjunto de substâncias presentes na água, cujo aumento de concentração favorece o rápido crescimento de cianobactérias, é:

- a) sais minerais.
- b) metais pesados.
- c) matéria orgânica.
- d) óxidos de enxofre.

31. **Fuvest-SP 2020** A combinação entre baixa biodiversidade, altas concentrações de poluentes e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, que é verificada nos rios que passam por grandes centros urbanos no Brasil, deve-se principalmente à(ao)

- a) descarte de garrafas PET e sacolas plásticas, aumentando a cadeia de produção de microplásticos.
- b) aumento de intervenções de engenharia, como a construção de pontes e dragagens.
- c) aquecimento da água do rio devido ao aumento da temperatura média nas metrópoles.
- d) descarte de esgoto doméstico e industrial sem tratamento.
- e) ocorrência mais frequente de longos períodos de estiagem, aumentando a evaporação.

32. **UEM-PR 2020** O crescimento descontrolado da população humana, a urbanização, o desenvolvimento tecnológico e o uso abusivo dos recursos naturais resultaram em consequências negativas para a natureza. Com base em conhecimentos sobre as alterações ambientais que a ação humana tem provocado, assinale o que for correto.

- 01 O dióxido de enxofre (SO_2), produto tóxico liberado na atmosfera a partir da queima industrial de combustíveis, está relacionado diretamente com a destruição da camada de ozônio.
- 02 A temperatura média global é inversamente proporcional ao aumento da concentração de CO_2 na atmosfera.
- 04 Com o despejo de esgoto doméstico sem tratamento adequado em rios e lagos, ocorre a proliferação de organismos autótrofos que promovem uma competição intraespecífica por matéria orgânica, resultando na morte dos organismos aquáticos.
- 08 Na agricultura, usar espécies mais disponíveis e rentáveis para o cultivo pode aumentar a sensibilidade ao ataque de pragas e aumentar as mudanças climáticas, diminuindo a biodiversidade.
- 16 A acelerada devastação da Floresta Amazônica tende a uma diminuição de nichos ecológicos, resultando na possível queda na diversidade das espécies animais.

Soma:

33. **Acafe-SC 2018** Brasil, Tocantins, 18, 19 e 20 agosto de 2010. Encontramos o Brasil pegando fogo. Literalmente. Lamentavelmente. Em pleno século XXI ainda temos uma estação de queimadas. E, com a perspectiva de impunidade prometida pela proposta de um novo Código Florestal, grileiros, agricultores, pecuaristas, invasores, aventureiros, desaventurados, desesperançados avançam sobre a Amazônia e o Cerrado com caixas de fósforos, suas ambições e sua completa falta de respeito com a natureza e os companheiros de espécie, o *Homo sapiens* "cidadensis".

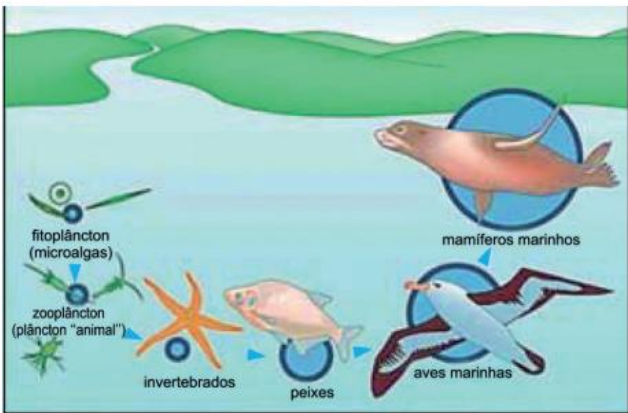
Fonte: BRIDI, Sônia. Diário do clima. Efeitos do aquecimento global: Um relato em cinco continentes. 2012.

Considerando as informações contidas no texto e os conhecimentos relacionados ao tema é correto afirmar, **exceto**:

- a) O aquecimento global ocorre em consequência das alterações ocorridas no planeta, sejam elas de causas naturais ou antropogênicas.

- b) A emissão dos chamados gases de efeito estufa (GEE) é uma das causas do aquecimento global. O gás metano (CH_4) é o GEE mais abundante na atmosfera, sendo produzido pela decomposição da matéria orgânica em aterros sanitários e lixões, por exemplo, e também pela criação de gado e cultivo de arroz. Esse gás apresenta poder de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono.
- c) O aquecimento global pode levar ao desaparecimento de espécies ou grupos de espécies em um determinado ambiente ou ecossistema.
- d) A tendência ao aquecimento tem sido heterogênea em diferentes partes do globo, com algumas regiões aquecendo, outras apresentando elevação de temperatura não muito significativa e outras até mesmo resfriando.

34. Uefs-BA 2018 A figura mostra uma cadeia alimentar em que cada nível trófico está associado a um círculo de diâmetro específico.

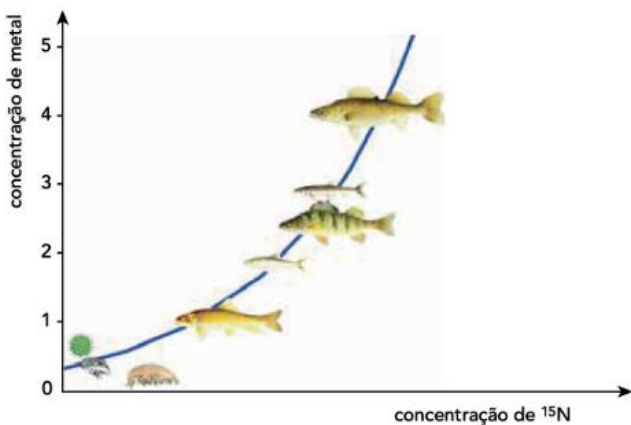


(<https://olharoceanográfico.wordpress.com>. Adaptado.)

Os círculos associados a essa cadeia alimentar quantificam

- a) a energia disponível.
- b) a biomassa disponível.
- c) o número de indivíduos.
- d) a concentração de metais pesados.
- e) a produtividade primária líquida.

35. Uerj 2016



Adaptado de boundless.com

No gráfico, está indicada a concentração de um metal pesado no corpo de vários habitantes de um lago, bem como a concentração do isótopo de nitrogênio ^{15}N , cujos valores mais elevados estão associados a níveis crescentes na cadeia alimentar.

A curva de concentração de metal, nesses seres vivos, pode ser explicada pelo processo de:

- a) magnificação trófica;
- b) eutrofização do lago;
- c) interrupção do fluxo de energia;
- d) retenção de matéria orgânica em consumidores maiores.

36. Unifesp Nos acidentes com derramamento de petróleo em grandes extensões no mar, alguns dos principais impactos negativos estão relacionados à formação de uma camada de óleo sobre a área atingida. Sobre tais acidentes, pode-se dizer que:

- a) a camada de óleo impede a penetração de luz e, com isso, a realização de fotossíntese pelas algas bentônicas, que são os principais organismos fotossintetizantes do sistema oceânico.
- b) o óleo derramado impedirá a dissolução do oxigênio atmosférico na água, causando a morte de peixes em grande extensão, mesmo daqueles que não tiveram contato com o óleo.
- c) ao ser derramado, o óleo forma uma película superficial que não afeta tanto os organismos marinhos, pois eles se deslocam, mas atinge principalmente as aves pescadoras, pois o óleo impregna suas penas e elas morrem afogadas.
- d) a camada de óleo atinge diretamente o plâncton, que é a principal fonte de produção primária para o ambiente marinho e configura-se como a base da cadeia trófica oceânica.
- e) o zooplâncton é a porção mais afetada, pois os organismos morrem impregnados pelo óleo, ao contrário do fitoplâncton, que possui parede celular que os impermeabiliza e permite sua sobrevivência nesses casos.

37. Unesp 2016 Os testes de qualidade de água realizados nos rios atingidos pela lama proveniente do rompimento da barragem de uma mineradora, em Mariana (MG), identificaram metais pesados em proporções fora dos parâmetros permitidos. Nessas águas, os metais identificados em maior quantidade foram o ferro e o manganês, mas alguns testes também apontaram grande quantidade de mercúrio.

(<http://epoca.globo.com>. Adaptado.)

Assinale a alternativa que apresenta um impacto ambiental esperado decorrente da presença de metais pesados nas águas dos rios atingidos.

- a) A lama contendo metais pesados aumenta a densidade da água, o que dificulta o revolver das águas e a incorporação natural de gás oxigênio proveniente do ar atmosférico, diminuindo a concentração deste gás na água.

- b) A grande quantidade de metais aumenta a concentração de partículas em suspensão na água, tornando-a turva o suficiente para impedir a entrada de luz, o que inviabiliza a fotossíntese pelo plâncton.
- c) A presença de grande quantidade de manganês e ferro nas águas favorece o processo de eutrofização, pois há a proliferação de algas que, ao morrerem, são decompostas por bactérias que consomem o gás oxigênio da água.
- d) O excesso de minério de ferro na água provoca a queda da concentração de gás oxigênio dissolvido, uma vez que ocorre reação de oxirredução entre o ferro e o gás oxigênio da água, formando o óxido de ferro.
- e) Os metais identificados na água lamacenta dos rios têm efeitos cumulativos na cadeia alimentar, de modo que os últimos indivíduos ao longo da cadeia contaminada apresentam maior concentração desses metais.

38. Cederj 2018 A floresta amazônica funciona como uma bomba-d'água, puxando para dentro do continente a umidade evaporada do oceano Atlântico. Propelidas em direção ao oeste pelos ventos alísios, parte das nuvens provenientes da evapotranspiração da floresta precipita-se sobre a encosta leste da Cordilheira dos Andes, abastecendo as cabeceiras dos rios amazônicos. Boa parte desse "rio voador" faz a curva e parte em direção ao sul, para as regiões do Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, além de países vizinhos. Estudos promovidos pelo INPA mostraram que uma árvore com copa de 10 metros de diâmetro é capaz de bombear para a atmosfera mais de 300 litros de água, em forma de vapor, em um único dia.

Adaptado de <http://riosvoadores.com.br/o-projeto/fenomeno-dos-rios-voadores/>. Acesso em: 08 set. 2017.

Considerando o avanço da atividade agrícola e pecuária sobre a área de floresta amazônica, o impacto esperado é que

- a) a produção agrícola do Brasil não seria alterada significativamente, desde que a redução da irrigação natural proveniente do "rio voador" fosse compensada com irrigação artificial, utilizando água proveniente de rios próximos.
- b) a produção agrícola brasileira não seria alterada significativamente, pois a evapotranspiração proveniente das áreas de vegetação agrícola compensaria aquela que seria proveniente da vegetação florestal.
- c) apenas a produção agrícola da região mais próxima da bacia amazônica seria reduzida, sem interferência na produção de áreas afastadas.
- d) a produção agrícola do Brasil seria reduzida, pois comprometeria a irrigação natural de grandes áreas agricultáveis do país

39. Unesp 2020

Mortandade de peixes e coloração da água do Rio Tietê preocupam no interior de SP



Rio Tietê está ficando irreconhecível em parte do interior paulista.

A água de cor estranha e o cheiro forte estão preocupando quem mora perto do rio. Pescadores estão voltando para casa com as redes vazias.

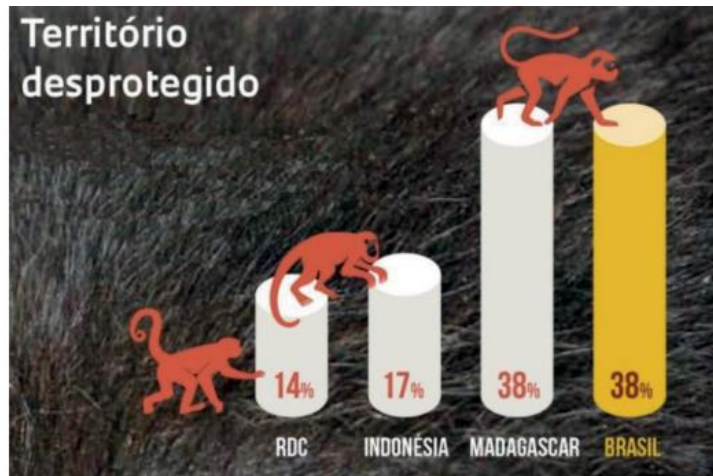
"O que você está vendo são os peixes mortos. Mas não morrem só peixes, morre toda uma cadeia abaixo dos peixes, que são outros microrganismos, pequenos crustáceos, pequenos moluscos que são alimentos dos peixes", explica o biólogo Arif Cais, professor voluntário aposentado da Unesp de São José do Rio Preto.

(<https://g1.globo.com>, 11.05.2019. Adaptado.)

A reportagem faz referência ao fenômeno de eutrofização. Nesse fenômeno, um dos eventos que precedem e um dos eventos que sucedem a mortandade dos peixes são, respectivamente:

- a) despejo de esgotos nas águas e decomposição aeróbica.
- b) proliferação de microrganismos aeróbicos e decomposição anaeróbica.
- c) redução da matéria orgânica disponível e mortandade de crustáceos e moluscos.
- d) turvação da água e redução da matéria orgânica disponível.
- e) produção de gás sulfídrico e proliferação de microrganismos aeróbicos.

40. **UEG-GO 2019** Aproximadamente 60% das espécies de primatas do mundo, incluindo chimpanzés e orangotangos, correm risco de extinção, conforme apresentado a seguir.



ANDRADE, R. O. de. Ameaças aos macacos. *Revista USP*, São Paulo, n. 103, p.13-24, 2014.

Pesquisadores analisaram dados sobre o *status* de conservação das espécies em questão. Diferentes fatores podem justificar a velocidade de extinção dessas espécies, dentre eles:

- a) transformação de fragmentos em áreas contínuas.
- b) estabilidade no uso e ocupação do solo.
- c) expansão das fronteiras agrícolas.
- d) manutenção de áreas preservadas.
- e) controle de natalidade das espécies.

Textos complementares

Mariana e Brumadinho: a repercussão dos desastres do setor de mineração na saúde ambiental

No dia 5 de novembro de 2015, a Barragem de Rejeitos de Fundão (BRF), localizada no município de Mariana/MG e pertencente à Samarco Mineração S.A., rompeu provocando a liberação de aproximados 45 milhões de m³ de rejeitos (correspondente a aproximadamente 90 milhões de toneladas), formando uma onda de cerca de dez metros de altura e deixando um rastro de destruição ambiental e morte de quatorze trabalhadores (treze terceirizados e um trabalhador próprio da Samarco) e cinco moradores (três adultos e duas crianças) do Subdistrito de Bento Rodrigues, localizado a cerca de cinco quilômetros a jusante da BRF. Com a destruição da bacia do Rio Doce até o Estado do Espírito Santo, mais de 10 mil postos de trabalho foram fechados, milhares de agricultores e pescadores ficaram sem trabalho e renda.

A lama de rejeitos que se espalhou pelo vale do Córrego do Fundão e percorreu mais de 600 km de cursos d'água do Rio Doce e seus afluentes, chegou até sua foz no município de Linhares, no Estado do Espírito Santo, em duas semanas. Também foram comprometidos cerca de 1.600 hectares de vegetação. A lama, que aumentou a turbidez da água dos rios da Bacia do Rio Doce, provocou a morte de milhares de peixes e outros animais.

Cerca de 200 edificações foram soterradas no Subdistrito de Bento Rodrigues, com mais de 600 famílias desabrigadas. O fornecimento de água para os moradores de cidades abastecidas pelos rios da região, como Governador Valadares (cerca de 276 mil habitantes), teve que ser temporariamente interrompido por vários dias. [...] Além dos impactos imediatos, como a interrupção do fornecimento de água potável para as populações nas margens dos Rios Gualaxo e Doce, houve um aumento das doenças diarreicas e de dengue na Região.

Estudo realizado nos sedimentos em suspensão ao longo da Bacia do Rio Doce mostrou níveis elevados de mercúrio, arsênio, níquel e chumbo. Os níveis de ferro, arsênio, mercúrio e manganês excederam os limites das diretrizes de qualidade da água.

[...] Após três anos do rompimento da Barragem de Fundão, o Estado de Minas Gerais foi novamente duramente impactado pelo rompimento da Barragem da Mina de Córrego do Feijão, da empresa Vale S.A. localizada no município de Brumadinho, cerca de 60 quilômetros da sua capital (Belo Horizonte). Desta feita foram liberados cerca de 12 milhões de m³ de rejeitos. A lama atingiu as instalações existentes a jusante [...], resultando em 217 mortes confirmadas e 91 desaparecidos.

[...] A lama chegou ao Rio Paraopeba, numa extensão de mais de 100 quilômetros, impactando o fornecimento de água para comunidades indígena e quilombola, e para as cidades de Brumadinho e Pará de Minas, que tiveram a captação de água do Rio Paraopeba interrompida. Também foram atingidas várias propriedades rurais nas margens do Córrego do Feijão e do Rio Paraopeba. As alterações na turbidez e nos níveis de metais na água ainda se fazem presentes e tem sido motivo de preocupação constante das autoridades. [...]

A economia da região foi duramente afetada e o município de Brumadinho perdeu cerca de 60% de sua renda, além de ter suas atividades de comércio e turismo seriamente afetadas. [...]

FARIA, M. P. Mariana e Brumadinho: a repercussão dos desastres do setor de mineração na saúde ambiental. *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho*, 2019.

Retrospectiva 2020: Pantanal teve recordes históricos de queimadas

Severamente atingido pelas queimadas, cerca de 28% do bioma foi consumido pelo fogo nos primeiros 10 meses do ano.

Desde o início de 2020, o Pantanal foi atingido por uma forte estiagem. De janeiro a maio, o volume de chuvas ficou 50% abaixo do normal. Presente em locais isolados e sem chuva suficiente para encher as áreas alagadiças, o bioma ficou mais suscetível aos incêndios. O resultado foi trágico: mais de 21 mil focos de fogo devastaram quase um terço da área do bioma, tornando as queimadas de 2020 as piores já registradas no Pantanal.

Embora o fogo faça parte da dinâmica natural do Pantanal, como ferramenta para a renovação de pastagem nativa, a ocorrência de incêndios na seca está diretamente relacionada ao desmatamento, à limpeza e à reforma das pastagens. Práticas inadequadas e o uso do fogo como ferramenta de manejo sem técnicas de controle são elementos que põem em risco a conservação da maior área úmida tropical do planeta.

Em 2020, os focos de calor começaram a crescer antes mesmo da temporada seca – desde março. E mesmo com a proibição de uso do fogo decretada pelo governo no início do segundo semestre, os números de focos por mês só aumentaram. A seca severa, decorrente das alterações

climáticas, somadas ao mau uso do fogo e ao desmatamento foram fatores que traçaram um cenário favorável para o fogo.

[...]

Segundo o Lasa (Laboratório de Aplicações de Satélites Ambientais), da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), em 2020 as chamas consumiram cerca de 28% do Pantanal, o que corresponde a uma área quase do tamanho da Dinamarca.

RETROSPECTIVA 2020: Pantanal teve recordes históricos de queimadas. *WWF-Brasil*, 23 dez. 2020. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?77589/Retrospectiva-2020-Pantanal-teve-recordes-historicos-de-queimadas>. Acesso em: 30 nov. 2021.

Resumindo

O ser humano, o ambiente e o desequilíbrio ambiental

O crescimento de uma população depende da interação do potencial biótico da espécie (capacidade reprodutiva) e da resistência ambiental (clima, espaço, alimento, parasitas etc.). Capacidade limite é o número máximo de indivíduos de uma população que o ambiente pode manter sem que ocorra degradação ambiental.

Superpopulação corresponde a uma população que ultrapassou a capacidade do ambiente.

A população mundial e os quase 8 bilhões de habitantes

A população humana atual supera o número de 7,9 bilhões. Isso se deve ao grande gerenciamento dos fatores da resistência ambiental pela espécie humana. O resultado é o aumento da geração de resíduos e do consumo de recursos naturais decorrentes da crescente demanda por alimento e produtos industriais. Isso contribui para a diminuição da capacidade limite do ambiente e para a extinção de espécies.

Demanda por alimento

A demanda por alimento gera a substituição de habitats naturais por pastagens e plantações. São alguns problemas decorrentes da atividade agrícola: emprego de defensivos agrícolas, diminuição da biodiversidade, empobrecimento do solo, erosão, lixiviação e assoreamento.

Demanda por produtos industriais

Essa demanda afeta o ambiente por meio de utilização de terras (construção de moradia e indústrias), desmatamento, mineração, extração de petróleo, poluição (ar, água e solo).

Desmatamento e retirada da cobertura original do solo

A vegetação protege o solo da chuva e do vento; sua retirada (por desmatamento, por exemplo) expõe o solo à ocorrência de erosão, lixiviação e assoreamento.

Erosão

É o processo que arrasta parte do solo de uma região para outra, sendo causado pela água ou pelo vento. A erosão retira a camada superficial do solo e afeta sua fertilidade.

Lixiviação

É o carregamento de nutrientes pela água, os quais são arrastados pela superfície do solo ou infiltrados para camadas mais profundas. Por essa razão, as camadas mais superficiais do solo ficam pobres em nutrientes.

Assoreamento

É o acúmulo de sedimentos (argila, areia ou lodo) no fundo de rios, canais ou lagos, reduzindo a profundidade e a velocidade da corrente de água.

O assoreamento é decorrente da erosão. Diversas atividades humanas contribuem para acelerar esse processo, como desmatamento, ocupação urbana, mineração, agricultura e pecuária.

Perda de biodiversidade local

O desmatamento tem como consequência imediata a perda de biodiversidade local, pois várias espécies são mortas ou deixam de ter as condições necessárias para sua sobrevivência.

Extinção de espécies

Ao longo da história da vida no planeta ocorreram grandes extinções. A extinção de espécies, atualmente, tem inúmeras causas: alterações do clima global, poluição, aumento de doenças parasitárias, fragilidade das espécies endêmicas. Outras causas são a fragmentação, a destruição ou a degradação de habitats, a introdução de espécies exóticas e a superexploração de algumas espécies (por meio da caça e da pesca intensivas).

Fragmentação de habitats

É um processo que resulta na descontinuidade de uma ou mais espécies no ambiente. Os problemas decorrentes são a falta de condições para a sobrevivência de muitas espécies e a interrupção do fluxo de genes entre os grupos que ficaram isolados. Alguns fragmentos podem conter espécies endêmicas, apenas existentes naquela parte específica.

A fragmentação de habitats é causada por processos geológicos ou por atividades humanas (construção de estradas, reservatórios de água, plantações, pastagens, áreas urbanas). Corredores ecológicos ligam territórios isolados e permitem o fluxo de genes entre as ilhas formadas.

Introdução de espécies exóticas

Espécies exóticas são aquelas introduzidas em um ambiente onde não são encontradas originalmente. Ocupam nichos ecológicos disponíveis em seu novo meio, podendo tornar-se invasoras, quando apresentam rápido crescimento populacional devido à disponibilidade de muitos recursos e à baixa resistência ambiental. Espécies exóticas podem causar danos às espécies nativas, comportando-se como predadores, parasitas ou competidores.

Superexploração de espécies

É a exploração excessiva de algumas espécies, o que pode causar a sua extinção. Ocorre por meio de caça ou pesca intensivas, em uma intensidade superior à capacidade de reposição das populações naturais.

Poluição

É a contaminação do ar, da água ou do solo com materiais ou energia (calor) em quantidade suficiente para causar desequilíbrio local. Os poluentes podem ser uma substância natural, como o CO₂, ou ter natureza sintética, como muitos inseticidas.

Poluentes primários são gerados diretamente por uma fonte produtora. Poluentes secundários são formados a partir de poluentes primários que reagem com outra substância presente no ambiente.

Poluição do ar

Os tipos principais de poluentes primários são: partículas sólidas, metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), gás carbônico (CO₂), SO₂ e NO₂, clorofluorcarbonos (CFCs). Os principais poluentes secundários são: ozônio (O₃), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido nítrico (HNO₃).

O ácido sulfúrico é formado a partir de SO₂; o ácido nítrico provém do NO₂. Esses ácidos são responsáveis pela chuva ácida.

O ozônio é gerado em reações fotoquímicas, favorecidas quando o ar tem grande quantidade de partículas sólidas em suspensão.

Inversão térmica

No inverno, o ar é frio e mais denso. Devido a isso, ele fica estagnado junto ao solo e não se forma corrente de ar ascendente. Ocorre o acúmulo de vários poluentes e de partículas sólidas no ar.

Depleção da camada de ozônio

A camada de ozônio presente na estratosfera retém grande quantidade de radiação ultravioleta. A rarefação (ou depleção) é determinada pela conversão de O₃ em O₂. Essa conversão é causada por óxidos de nitrogênio, como o NO, e pelos CFCs.

Com a depleção da camada de ozônio, aumenta a entrada de radiação ultravioleta na superfície da Terra. Essa radiação provoca desnaturação de proteínas e causa mutações. Animais podem apresentar catarata, redução de defesas imunitárias e câncer de pele. Os produtores (plantas e fitoplâncton) podem ter diminuição da atividade fotossintética; isso contribui para a elevação dos níveis de CO₂ atmosférico.

Intensificação do efeito estufa

Efeito estufa é a retenção de energia térmica pela atmosfera, necessária para a existência da vida na Terra. Os responsáveis pelo efeito estufa são o vapor d'água, o gás carbônico, o metano, os CFCs e os óxidos de nitrogênio (principalmente o N₂O).

A intensificação do efeito estufa tem sido apontada como a provável causa do aquecimento global e tem como algumas consequências o derretimento de neve e de gelo. Isso provoca a destruição de habitats e é uma das causas da redução de biodiversidade.

Poluição da água e do solo

Os principais problemas relacionados à água são: mananciais afetados (por desmatamento e assoreamento em áreas de nascentes) e aumento do consumo de água (uso doméstico, industrial e em irrigação). A poluição da água e do solo envolve: eutrofização, derramamento de óleo, lixo e magnificação trófica.

Eutrofização, ou eutroficação

Eutrofização é o fornecimento de excesso de nutrientes para um ambiente aquático, capaz de causar grandes modificações na comunidade e tornar a água imprópria para consumo.

Os nutrientes em excesso são provenientes de fertilizantes ou de esgoto sem tratamento. O esgoto também pode veicular vários organismos causadores de doenças. Coliformes fecais são bactérias intestinais empregadas como indicadores do nível de contaminação da água.

Derramamento de óleo

Acidentes em refinarias, oleodutos e navios podem produzir vazamento de petróleo, que forma uma película na superfície da água, impedindo a entrada de luz e comprometendo a fotossíntese. O óleo também adere a animais e pode causar sua morte. A mancha de óleo pode atingir praias e manguezais, causando a morte de muitos organismos. Enquanto o óleo está na superfície da água, pode ser retirado por bombas. Podem ser empregadas bactérias que realizam a degradação de petróleo; esse processo constitui a biorremediação.

Lixo e resíduo

Lixo é o resto gerado pelas atividades humanas e que não pode ser reaproveitado. Resíduo é a sobra de atividades que podem ser recicladas ou reutilizadas. O lixo deve ser depositado em locais apropriados, de acordo com a sua composição.

A matéria orgânica decomposta dá origem ao chorume, um caldo orgânico que pode contaminar corpos de água. Além disso, o chorume pode carregar outros contaminantes capazes de comprometer a qualidade do solo e dos ecossistemas aquáticos.

Bioacumulação e magnificação trófica

Algumas substâncias são incorporadas a cadeias alimentares e apresentam aumento de concentração ao longo dos níveis tróficos. Isso ocorre com inseticidas, metais pesados e materiais radiativos.

Avaliação de impactos ambientais

Os impactos ambientais são caracterizados por sua magnitude, sua duração e sua reversibilidade. Grandes projetos (como a construção de refinarias e hidrelétricas) podem causar impactos ambientais, como alterações na fauna e na flora, riscos à saúde da população e modificações sociais e culturais da população.

No Brasil, para o exercício de algumas atividades econômicas, é necessário o licenciamento ambiental, obtido a partir dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA), que fornecem informações para a elaboração do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Tecnologias de redução do impacto ambiental

A ciência busca alternativas que reduzam os impactos ambientais causados pela poluição.

Tecnologias de controle da poluição do ar

- filtros de ar: diminuem a emissão de partículas sólidas;
- conversores catalíticos: reduzem a emissão de CO e de óxidos de nitrogênio (convertidos em N₂);
- fontes alternativas de energia: os principais tipos são as energias eólica, solar e a produzida pelas marés.

Tecnologias de controle da poluição do solo e da água

- hidroponia: é o cultivo de vegetais que utilizam apenas água e nutrientes. Isso reduz o desmatamento e o uso de defensivos agrícolas;
- tratamento de esgoto: é um conjunto de medidas que retira/decompõe grande quantidade dos poluentes presentes nos esgotos. Reduz a veiculação de doenças e a ocorrência de eutrofização;
- tratamento do lixo: permite a obtenção de adubos e de gás para uso como combustível, a diminuição de derrubada de árvores (para a produção de papel e alumínio) e a diminuição de contaminação dos lençóis freáticos por chorume. Atualmente, existe o programa dos 5 Rs para o tratamento do lixo – reflexão, recusa, redução, reutilização e reciclagem;
- adubos orgânicos e rotação de cultura: são processos que diminuem o risco de eutrofização. A rotação de culturas contribui para evitar a exaustão do solo.

Recuperação de ecossistemas

A recuperação das áreas afetadas envolve: pesquisas científicas, fiscalização das empresas poluidoras, tratamento de esgoto, recuperação das matas ciliares e educação ambiental. Os ecossistemas recuperados apresentam um retorno de alta biodiversidade e tornam-se mais estáveis.

Há também a manutenção de espécies fora de seu ambiente, como zoológicos, jardins botânicos, aquários e bancos de sementes.

Impactos ambientais e desenvolvimento sustentável

Considerando o atual crescimento econômico, que, nos moldes atuais, gera grandes impactos ambientais, é preciso desenvolver processos que utilizem os recursos naturais de forma a permitir o bem-estar da população atual sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras, preservando as espécies e os recursos naturais. Ainda, é fundamental: promover a redução do uso de matérias-primas e produtos; aumentar os processos de reutilização e reciclagem; apoiar a subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

A importância da biodiversidade

Os componentes bióticos dos ecossistemas naturais contribuem para a manutenção dos recursos naturais e da biodiversidade. A manutenção de áreas naturais traz uma série de benefícios e pode estar relacionada a diversos valores, como o econômico, o ético, o estético e o recreativo.

Pegada ecológica

Corresponde à área de território, expressa em hectares, utilizada para atender às necessidades de manutenção de determinados estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo; inclui três componentes: consumo, processamento de resíduos gerados e interação com as outras espécies.

A aplicação do conceito de pegada ecológica contribui para que a população humana realmente tenha um crescimento sustentável, sem esgotar a capacidade limite do planeta.

Quer saber mais?



Sites

<https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/10195-livro-vermelho-da-fauna-ja-esta-disponivel-para-download>

(Acesso em: 19 nov. 2021)

O Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção apresenta informações sobre as 1173 espécies animais do Brasil que correm o risco de desaparecer.

https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/sua_pegada/

(Acesso em: 19 nov. 2021)

O site contém informações complementares sobre pegada ecológica e possibilita o cálculo da pegada ecológica de cada visitantes.

Exercícios complementares

1. **Enem** Há quatro séculos alguns animais domésticos foram introduzidos na Ilha da Trindade como “reserva de alimento”. Porcos e cabras soltos davam boa carne aos navegantes de passagem, cansados de tanto peixe no cardápio. Entretanto, as cabras consumiram toda a vegetação rasteira e ainda comeram a casca dos arbustos sobreviventes. Os porcos revolveram raízes e a terra na busca de semente. Depois de consumir todo o verde, de volta ao estado selvagem, os porcos passaram a devorar qualquer coisa: ovos de tartarugas, de aves marinhas, caranguejos e até cabritos pequenos.

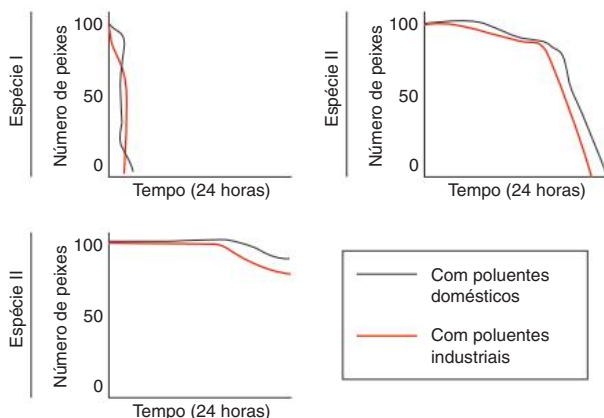
Com base nos fatos acima, pode-se afirmar que:

- a introdução desses animais domésticos, trouxe, com o passar dos anos, o equilíbrio ecológico.
- o ecossistema da Ilha da Trindade foi alterado, pois não houve uma interação equilibrada entre os seres vivos.
- a principal alteração do ecossistema foi a presença dos homens, pois animais nunca geram desequilíbrios no ecossistema.
- o desequilíbrio só apareceu quando os porcos começaram a comer os cabritos pequenos.
- o aumento da biodiversidade, a longo prazo, foi favorecido pela introdução de mais dois tipos de animais na ilha.

2. **Enem** Quando um reservatório de água é agredido ambientalmente por poluição de origem doméstica ou industrial, uma rápida providência é fundamental para diminuir os danos ecológicos. Como o monitoramento constante dessas águas demanda aparelhos caros e testes demorados, cientistas têm se utilizado de biodetectores, como peixes que são colocados em gaiolas dentro da água, podendo ser observados periodicamente.

Para testar a resistência de três espécies de peixes, cientistas separaram dois grupos de cada espécie, cada um com cem peixes, totalizando seis grupos. Foi, então, adicionada a mesma quantidade de poluentes de origem doméstica e industrial, em separado. Durante o período de 24 horas, o número de indivíduos passou a ser contado de hora em hora.

Os resultados são apresentados a seguir.



Pelos resultados obtidos, a espécie de peixe mais indicada para ser utilizada como detectora de poluição, a fim de que sejam tomadas providências imediatas, seria:

- a espécie I, pois sendo menos resistente à poluição, morreria mais rapidamente após a contaminação.
- a espécie II, pois sendo a mais resistente, haveria mais tempo para testes.
- a espécie III, pois como apresenta resistência diferente à poluição doméstica e industrial, propicia estudos posteriores.
- as espécies I e III juntas, pois tendo resistência semelhante em relação à poluição, permitem comparar resultados.
- as espécies II e III juntas, pois como são pouco tolerantes à poluição, propiciam um rápido alerta.

3. **Enem 2018** Corredores ecológicos visam mitigar os efeitos da fragmentação dos ecossistemas promovendo a ligação entre diferentes áreas, com o objetivo de proporcionar o deslocamento de animais, a dispersão de sementes e o aumento da cobertura vegetal. São instituídos com base em informações como estudos sobre o deslocamento de espécies, sua área de vida (área necessária para o suprimento de suas necessidades vitais e reprodutivas) e a distribuição de suas populações.

Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em: 30 nov. 2017 (adaptado).

Nessa estratégia, a recuperação da biodiversidade é efetiva porque

- propicia o fluxo gênico.
- intensifica o manejo de espécies.
- amplia o processo de ocupação humana.
- aumenta o número de indivíduos nas populações.
- favorece a formação de ilhas de proteção integral.

4. **Unesp 2020** Alguns especialistas argumentam que deveria haver rótulos climáticos na comida, da mesma forma que há informações sobre nutrição. Em teoria, os rótulos poderiam ajudar os consumidores a escolher produtos de baixo impacto ambiental e dariam aos agricultores e produtores mais incentivos para mudarem seus produtos.

(The New York Times. “Como fazer compras, cozinhar e comer em um mundo que está aquecendo?”. www.folha.uol.com.br, 06.05.2019. Adaptado.)

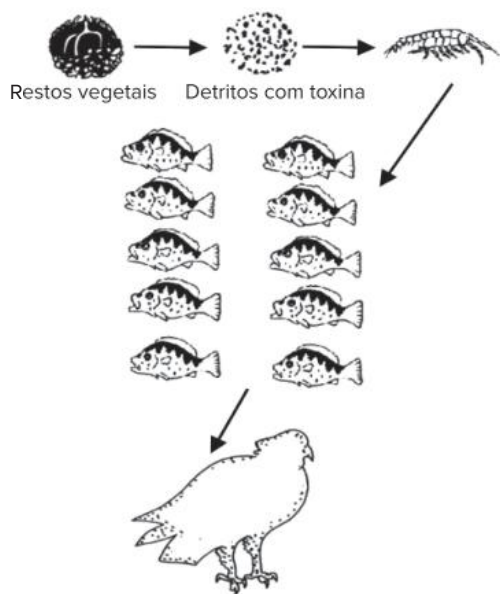
Considerando a proposta apresentada pelo excerto, um dado que poderia constar nos rótulos de alimentos seria

- o débito fluvial.
- a estrutura fundiária.
- o código florestal.
- a pegada de carbono.
- a diversidade ecológica.

5. **UPE/SSA 2017** Inúmeros pesticidas foram desenvolvidos no século passado (incluindo herbicidas, fungicidas, inseticidas e raticidas), com o intuito de controlar organismos indesejados. Esses pesticidas contêm venenos,

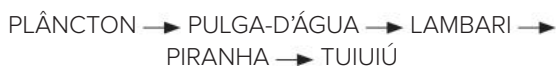
produtos químicos tóxicos, que se concentram no solo, até que são lavados pela chuva ou pela irrigação. Não raramente, por meio de enxurradas, tais substâncias chegam aos rios costeiros ou oceanos. Organismos que vivem nos manguezais, como os anfípodes, se alimentam de matéria orgânica e facilmente absorvem os poluentes concentrados na água. Uma vez ingeridos por organismos maiores, como peixes, as toxinas passam à etapa seguinte da cadeia trófica, representada na figura por uma águia pescadora. Essa contaminação também afeta os humanos, que se alimentam de peixes e de outros seres marinhos.

Adaptado de "Guia Didático Maravilhosos Manguezais do Brasil, Instituto BiomaBrasil, 245 p".



Considerando que um anfípodo ingere um pedaço de detrito contendo 10 unidades de uma determinada toxina, que dez anfípodas servem de alimento para um peixe e, ainda, que dez peixes são comidos por uma águia, é **CORRETO** afirmar que

- o anfípodo reterá 10 unidades de toxina, os peixes reterão 100 unidades, e a águia pescadora reterá 1 000 unidades.
 - todos os representantes dessa cadeia reterão a mesma quantidade de toxina.
 - o anfípodo reterá 1 unidade de toxina, os peixes reterão 10 unidades, e a águia pescadora reterá 10 unidades.
 - o anfípodo reterá 10 unidades de toxina, os peixes reterão 20 unidades de toxina, e a águia pescadora reterá 30 unidades de toxina.
 - apenas os anfípodas e peixes reterão 10 unidades de toxinas, sendo residual a quantidade de toxina retida na águia pescadora.
6. **Enem 2016** Suponha que um pesticida lipossolúvel que se acumula no organismo após ser ingerido tenha sido utilizado durante anos na região do Pantanal, ambiente que tem uma de suas cadeias alimentares representadas no esquema:



Um pesquisador avaliou a concentração do pesticida nos tecidos de lambaris da região e obteve um resultado de 6,1 partes por milhão (ppm). Qual será o resultado compatível com a concentração do pesticida (em ppm) nos tecidos dos outros componentes da cadeia alimentar?

	PLÂNCTON	PULGA-D'ÁGUA	PIRANHA	TUIUIÚ
a)	15,1	10,3	4,3	1,2
b)	6,1	6,1	6,1	6,1
c)	2,1	4,3	10,4	14,3
d)	2,1	3,9	4,1	2,3
e)	8,8	5,8	5,3	9,6

7. **FICSAE-SP 2020** Ao traçarem as origens do conceito de desenvolvimento sustentável, vários autores enfatizam sua utilização, a partir de meados da década de 1980, associando-o a uma mudança de enfoque na definição da problemática ambiental, de visões eminentemente preservacionistas dos anos de 1960 e 1970 para uma visão que relaciona o crescimento econômico à preocupação ambiental.

(Heloísa S. M. Costa. "Meio ambiente e desenvolvimento, um convite à leitura". In: Cássio Eduardo V. Hissa (org.). Saberes ambientais, 2018.)

- Coerente ao novo enfoque sobre a problemática ambiental, o desenvolvimento sustentável
- dialoga com a transgenia dos recursos naturais, que vislumbra a possibilidade de preservação ambiental no desenvolvimento tecnológico.
 - nega a possibilidade de a relação sociedade-natureza inaugurar novas formas de apropriação do meio ambiente, ampliando a reprodução do capital.
 - legitima o desenvolvimento capitalista pautado na rápida e constante transformação de matérias-primas, aumentando a produtividade.
 - destaca a preservação de ecossistemas diante do caráter predatório do sistema capitalista, de modo a salvaguardar a fauna e a flora integralmente.
 - responde ao interesse de se manter a produção, a circulação e o consumo de bens sem comprometer os recursos para futuras gerações.

8. **Enem 2016** Chamamos de lixo a grande diversidade de resíduos sólidos de diferentes procedências, como os gerados em residências. O aumento na produção de resíduos

sólidos leva à necessidade de se pensar em maneiras adequadas de tratamento. No Brasil, 76% do lixo é disposto em lixões e somente 24% tem como destino um tratamento adequado, considerando os aterros sanitários, as usinas de compostagem ou a incineração.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. A. Lixo: desafios e compromissos. **Química Nova na Escola**, maio 2001 (adaptado).

Comparando os tratamentos descritos, as usinas de compostagem apresentam como vantagem serem o destino

- a) que gera um produto passível de utilização na agricultura.
- b) onde ocorre a eliminação da matéria orgânica presente no lixo.
- c) mais barato, pois não implica custos de tratamento nem controle.
- d) que possibilita o acesso de catadores, pela disposição do lixo a céu aberto.
- e) em que se podem utilizar áreas contaminadas com resíduos de atividades de mineração.

9. Enem PPL 2014 Se por um lado a Revolução Industrial instituiu um novo patamar de tecnologia e, com isso, uma melhoria na qualidade de vida da população, por outro lado os resíduos decorrentes desse processo podem se acumular no ar, no solo e na água, causando desequilíbrios no ambiente.

O acúmulo dos resíduos provenientes dos processos industriais que utilizam combustíveis fósseis traz como consequência o(a)

- a) eutrofização dos corpos-d'água, aumentando a produtividade dos sistemas aquáticos.
- b) precipitação de chuvas ácidas, danificando florestas, ecossistemas aquáticos e construções.
- c) mudança na salinidade dos mares, provocando a mortalidade de peixes e demais seres aquáticos.
- d) acúmulo de detritos, causando entupimento de bueiros e alagamento das ruas.
- e) presença de mosquitos, levando à disseminação de doenças bacterianas e virais.

10. Uerj 2016 O Rio Amazonas está sendo ameaçado por um inimigo minúsculo: um pequeno mexilhão invasor originário da China. Desde que chegou à América do Sul, no princípio da década de 1990, o mexilhão-dourado conquistou novos territórios em uma velocidade alarmante, abrindo caminho entre a flora e a fauna nativa e se espalhando por cinco países.

oglobo.com, 06/02/2015.

Espécies invasoras são uma grande preocupação nos dias de hoje: proliferam rapidamente quando introduzidas em novos ambientes, através de meios de transporte cada vez mais eficientes.

Apresente uma importante consequência ambiental negativa da introdução de espécies invasoras, para as populações locais. Em seguida, cite dois fatores bióticos que podem explicar a facilidade com que esses animais se multiplicam em um novo *habitat*.

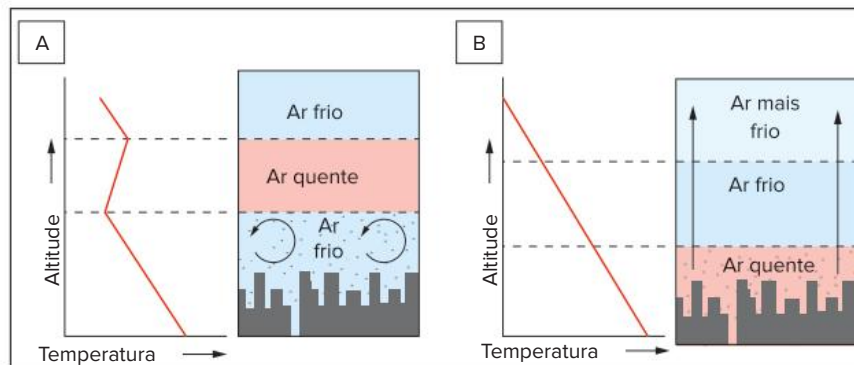
11. Fuvest-SP 2020 Boa parte da floresta amazônica brasileira cresce sobre solos pobres. Sua exuberância, portanto, deve-se ao fato de que uma grande proporção dos nutrientes advindos da própria floresta retorna à vegetação. Quando se derruba a floresta de uma área de dezenas de quilômetros quadrados e, em seguida, ateia-se fogo no local como preparo para o plantio, esse ciclo é interrompido, o que causa uma série de efeitos. Identifique corretamente a relação dos efeitos mencionados em I, II e III com a derrubada e a queima da floresta.

- a) I - Diminuição de curto prazo da fertilidade do solo pela queima da vegetação.
II - Perda de biodiversidade pelo efeito direto do fogo sobre os animais silvestres.
III - Diminuição da evaporação da água da chuva que atinge o solo exposto.
- b) I - Aumento de curto prazo da fertilidade do solo pelo efeito direto do calor do fogo sobre o solo superficial.
II - Diminuição da diversidade de animais silvestres devido à remoção da vegetação.
III - Diminuição da temperatura do solo exposto como efeito direto da remoção da vegetação.
- c) I - Aumento de curto prazo da fertilidade do solo pela deposição de cinzas.
II - Perda de biodiversidade devido à remoção da vegetação.
III - Aumento temporário da evaporação da água da chuva que atinge o solo exposto.
- d) I - Aumento de curto prazo da fertilidade do solo pelo efeito direto do calor do fogo sobre o solo superficial.
II - Perda de biodiversidade pelo efeito direto do fogo sobre a vegetação.
III - Diminuição temporária de absorção da água da chuva pelo solo exposto.
- e) I - Aumento de longo prazo da fertilidade do solo pela deposição de cinzas.
II - Aumento da diversidade de animais silvestres devido à remoção da vegetação.
III - Aumento da erosão do solo exposto devido à remoção da vegetação.

12. UFJF/Pism-MG 2017 No Livro “A queda do céu – Palavras de um xamã Yanomami”, de autoria de Davi Kopenawa e Bruce Albert (Editora Companhia das Letras, 2015), relata-se a contaminação grave do povo Yanomami por mercúrio a partir de garimpo criminoso nas terras que habitam. Sendo os peixes a base da alimentação dos Yanomami, pergunta-se:

- a) Qual é o nome do fenômeno cumulativo de contaminação que atinge os Yanomami?
- b) Com base no enunciado, descreva um exemplo lógico da rota do mercúrio no ecossistema envolvendo a relação entre três espécies.
- c) É possível dizer que o inseticida organoclorado DDT (diclorodifeniltricloreto) possui o mesmo comportamento cumulativo de contaminação que o mercúrio, atuando em um ecossistema terrestre? Explique.

- 13. UFPE** Com relação a diferentes temas, como poluição e preservação da biodiversidade, é correto afirmar que:
- A grande biodiversidade observada em florestas tropicais é importante como fonte de insumos e para a preservação da diversidade genética.
 - O homem provoca a acentuação do efeito estufa e do aquecimento global com a crescente liberação de gás carbônico e de óxido nitroso na atmosfera.
 - Amostras biológicas coletadas no Brasil são constantemente levadas para outros países e, em contrapartida, tem-se uma importante resposta no desenvolvimento científico de nosso país.
 - Na inversão térmica, observa-se a formação de uma camada de ar quente, que se dispõe sobre uma camada de ar frio, esta última carregada de partículas poluentes.
 - Entre os efeitos causados pelo desmatamento estão o esgotamento de nutrientes do solo e a redução da biodiversidade.
- 14. UFU-MG** A figura a seguir ilustra dois padrões de circulação do ar em cidades com grandes atividades industriais. Um desses padrões representa o padrão normal e o outro um padrão alterado que ocorre em certas épocas do ano.

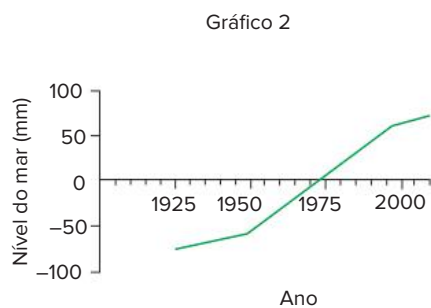
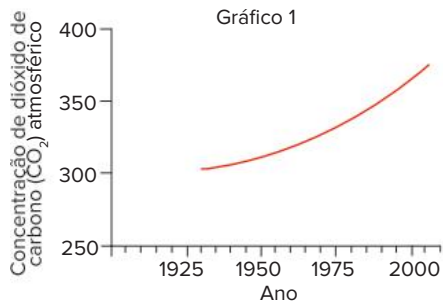


Disponível em: <www.feiradeciencias.com.br/sala02/02_100.asp>. (Adapt.). S. Lopes. Bio. 2 ed. 2003. p. 392-3. v. 3. (Adapt.).

Analise a figura e responda:

- a) qual situação apresentada representa o padrão normal de circulação do ar? Explique o que ocorre quando esse padrão de circulação do ar é alterado.
 - b) como é denominado esse processo? Explique de que forma esse processo afeta a saúde humana.
- 15. Fuvest-SP** Nos últimos anos, tem aumentado o número de espécies de anfíbios em extinção, mesmo quando esses animais habitam áreas pouco exploradas, como as partes mais altas das montanhas.
- a) Ovos ou embriões de certos anfíbios tornam-se inviáveis, quando o pH do meio é igual ou inferior a 5 ou quando há excesso de incidência de raios ultravioleta. Cite dois eventos decorrentes da atividade humana que contribuem diretamente para a intensificação desses fatores ambientais que determinam a mortalidade dos ovos e embriões.
 - b) O aquecimento global tem aumentado a incidência de uma doença de pele causada por fungos (micose) em sapos adultos.
 - Que tipo de relação ecológica ocorre entre o fungo causador da micose e o sapo?
 - Cite uma função vital diretamente afetada pelo comprometimento da pele do sapo.
- 16. UFJF-MG** O desenvolvimento de projetos que visam reduzir a progressiva emissão de gases de efeito estufa é o principal objetivo do Protocolo de Kyoto. O Brasil pode contribuir para que esse objetivo seja alcançado através da preservação das florestas nativas e da implantação de projetos de reflorestamento.
- a) Explique como a manutenção e/ou o replantio dessas florestas podem contribuir para a redução do efeito estufa.
 - b) Em decorrência do grande número de queimadas, o Brasil aparece como um dos países que mais contribui para o aumento do efeito estufa. As queimadas naturais, todavia, são importantes em alguns ecossistemas, como no Cerrado brasileiro. Apresente uma vantagem das queimadas naturais, que ocorrem em menor frequência, e uma desvantagem das queimadas não naturais, geralmente muito frequentes. (Atenção: desconsidere a contribuição dessas queimadas para o aumento do efeito estufa).
 - c) A substituição dos gases clorofluorcarbono (CFCs) utilizados em aerossóis, condicionadores de ar e geladeiras, vem sendo estimulada por ambientalistas desde a realização do Protocolo de Montreal, em 1987. Qual é a ação dos CFCs na atmosfera e qual é a importância da redução na utilização desses gases para os seres vivos?

17. **UFRJ** Os gráficos a seguir mostram as variações na concentração de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico (gráfico 1) e as variações no nível dos oceanos (gráfico 2) em décadas recentes. As medições de CO_2 anteriores a 1950 foram obtidas no gelo da calota polar, e as demais diretamente na atmosfera.



- a) Para cada gráfico, apresente uma causa das variações observadas.
 b) Estabeleça a relação entre os fenômenos representados nos dois gráficos.
18. **Unesp** O Brasil ocupa um confortável 16º lugar entre os países que mais emitem gás carbônico para gerar energia. Mas se forem considerados também os gases do efeito estufa liberados pelas queimadas e pela agropecuária, o país é o quarto maior poluidor.
- Veja*, 21 jun. 2006.
- A atividade agropecuária produz outro gás que contribui para o efeito estufa. Considere a criação de gado e responda. Qual é esse gás e que processo leva à sua formação?
19. **Unesp** Recentemente, constatou-se um novo efeito desastroso do excesso de gás carbônico: os mares estão ficando mais ácidos. As alterações no pH marítimo levam à redução do plâncton, e ameaçam aniquilar os recifes de corais.
- Veja*, 21 jun. 2006.

Estabeleça relações entre a destruição do plâncton e a ameaça à vida de animais marinhos e terrestres.

20. **UFRN** Grande parte do prejuízo causado pelo homem à qualidade da água decorre do despejo de resíduos domésticos em rios e córregos.

Considere que, na figura a seguir, o local indicado pela letra B está situado no mesmo rio, cerca de 100 km após o local indicado pela letra A.



Considerando os locais indicados pelas letras A e B, explique as alterações ambientais que neles podem ocorrer e os efeitos produzidos nos organismos aquáticos.

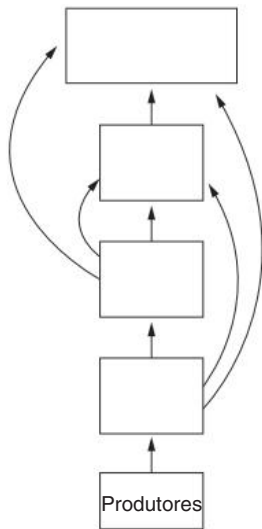
21. **Unicamp-SP 2021** Um estudo monitorou o impacto das medidas de isolamento social na qualidade do ar em áreas urbanas da cidade de São Paulo (Marginal Tietê, Marginal Pinheiros e Centro). O monitoramento diário da composição do ar entre 24 de março e 20 de abril de 2020 detectou uma redução das concentrações de monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO_2) de aproximadamente 53%, 66% e 44%, respectivamente, em comparação com os valores médios registrados no mês de abril nos anos de 2015 a 2019.

(Adaptado de L. Y. K. Nakada e R. C. Urban. Science of the Total Environment, Amsterdam, v. 730, 139087, ago. 2020.)

- a) Explique a relação entre a produção de CO e a utilização de veículos automotores movidos a combustível de origem fóssil. Descreva um benefício ambiental do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) para o Brasil.
 b) A água da chuva é uma combinação da composição química das gotículas que formam as nuvens e das substâncias que se incorporam às gotas de chuva durante a precipitação. Explique como um dos poluentes citados no enunciado pode levar à formação de precipitação ácida. Indique e explique um prejuízo da precipitação ácida para o ecossistema aquático.

22. **Fuvest-SP** A presença do mercúrio foi analisada em populações humanas ribeirinhas e em três espécies A, B e C de animais de um rio da região Amazônica, todos fazendo parte de uma mesma teia alimentar. A tabela a seguir mostra os resultados obtidos.

Amostras	Concentração média de mercúrio (microgramas/g)
Cabelos de seres humanos	19,1
Tecidos de animais da espécie A	8,3
Tecidos de animais da espécie B	0,7
Tecidos de animais da espécie C	0,01



- No esquema anterior, distribua os seres humanos e os animais das espécies A, B e C, de modo a representar corretamente a teia alimentar.
- Não está ainda esclarecido se o mercúrio presente no rio pode prejudicar a saúde das populações ribeirinhas. Como precaução, pensou-se em recomendar que as pessoas deixassem de comer peixe. Sabendo-se que peixe e mandioca (aipim) são os alimentos básicos dessas populações, a retirada do peixe da alimentação pode provocar desnutrição? Por quê?

23. UEG-GO A contaminação do mar por grandes quantidades de petróleo acarreta a morte de muitos seres marinhos, além de aves que buscam alimento no mar. Em adição aos efeitos tóxicos dos poluentes, o petróleo compromete a concentração de oxigênio na água. Sobre os desastres ecológicos envolvendo manchas de óleo, responda ao que se pede.

- Como as manchas de petróleo comprometem a concentração de oxigênio no mar?
- Cite duas maneiras pelas quais os vazamentos de petróleo, bem como outros poluentes marinhos, podem comprometer a vida de aves que buscam alimentos no mar.

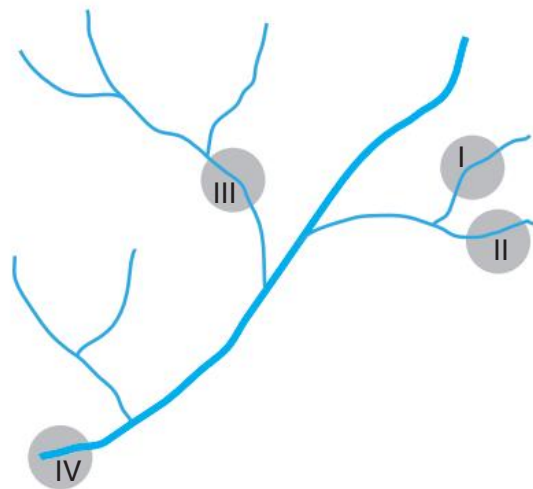
24. UEM-PR 2020 O carbono, o fósforo e o nitrogênio, constituintes de moléculas importantes na manutenção da vida dos seres vivos, também podem favorecer a poluição ambiental provocada por resíduos urbanos, principalmente esgotos doméstico e industrial, e pelo uso de combustíveis fósseis. Sobre esse assunto, assinale o que for correto.

- A energia dos combustíveis fósseis, como o carvão mineral e o petróleo, originalmente foi captada por meio da fotossíntese realizada há milhões de anos.
- A queima completa do carvão mineral em usinas termoelétricas é uma fonte de poluição do ar porque libera hidrocarbonetos aromáticos com, pelo menos, um anel benzênico.

- O monóxido e o dióxido de carbono são liberados da combustão de gasolina, querosene e óleo diesel, frações de hidrocarbonetos que compõem o petróleo.
- As chuvas ácidas são provenientes da reação entre a água da atmosfera e os gases dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, liberados pela queima de combustíveis fósseis.
- Além da eutrofização, decorrente do aumento de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos, o lançamento de esgotos domésticos na água de rios e lagos acarreta a propagação de doenças causadas por bactérias e vírus.

Soma:

25. UFC-CE O esquema a seguir refere-se a um rio (linha espessa) e seus afluentes. Em suas margens, encontram-se diferentes áreas impactadas pela ação humana. A área I representa a atividade de um garimpo clandestino. A área II é ocupada por uma extensa lavoura de milho que utiliza fertilizantes químicos e agrotóxicos. A área III refere-se à ocupação urbana, que utiliza a água do rio para consumo, porém, ainda não realiza tratamento do esgoto doméstico, lançando-o no rio. A área IV refere-se a uma área de preservação ambiental, com mata virgem, e corresponde à nascente do rio. Analise a figura e as áreas mencionadas e responda ao que se pede.



- Qual a principal consequência para a população humana que se alimenta de peixes obtidos na área I?
- Cite a principal consequência, para a fauna aquática local, da liberação de produtos no rio, gerados pela atividade realizada na área II.
- Cite a denominação do processo que será desencadeado no rio, como consequência da liberação dos efluentes gerados pela área III. Cite uma solução para o impacto gerado por essa área.
- Qual a principal consequência para o leito do rio se houvesse um desmatamento na área IV?

26. UFSC O aumento da produção de suínos em vários estados do Brasil, como Santa Catarina, evidencia problemas na adequação e no licenciamento ambiental das propriedades, que podem ser altamente poluentes, caso não utilizem sistemas de tratamento dos resíduos animais. Seja qual for a forma de criação, a suinocultura pode representar importante fonte de degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo. O problema crucial está no apreciável volume de dejetos produzidos, no impacto ambiental e no difícil alcance da sustentabilidade da produção. Estima-se que um animal destinado ao abate, com peso variando de 25 a 100 quilos, produza uma média de sete litros de dejetos a cada dia.

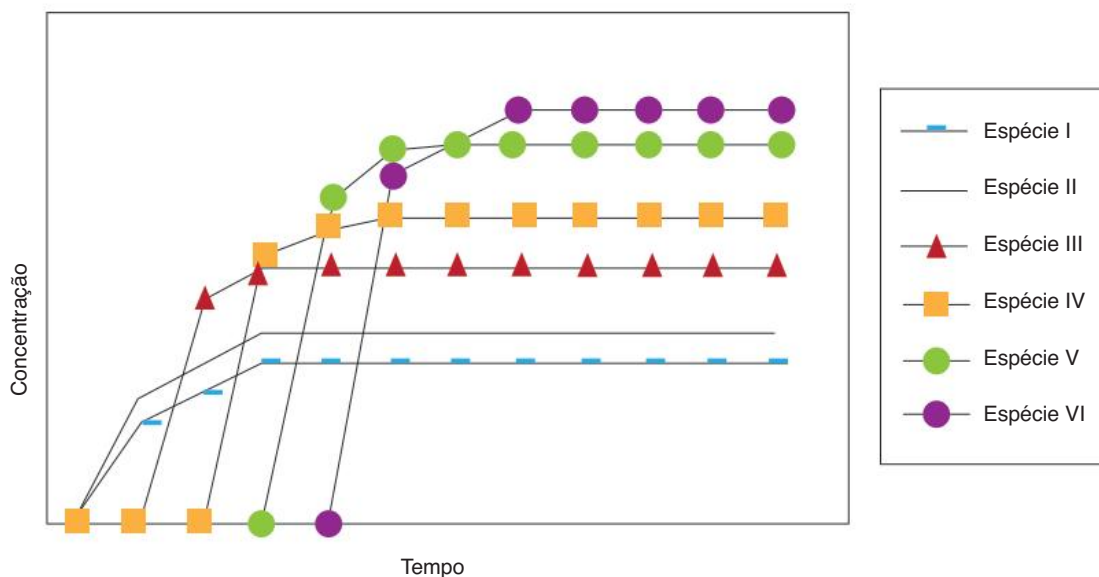
Disponível em: <www.comciencia.br/200405/noticias/4/suinos.htm>. Acesso em: 22 set. 2005. (Adapt.).

Considerando o texto acima e o tema a que se refere, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01** Os resíduos da criação de suínos, assim como de outros mamíferos, englobam as fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e higienização, resíduos da ração, pelos, entre outros.
- 02** Uma das principais causas da poluição é a liberação direta desses dejetos, sem o devido tratamento, em rios e riachos.
- 04** O excesso de matéria orgânica nos resíduos lançados nas águas aumenta o teor de oxigênio dissolvido na água, devido ao surgimento de algas fotossintetizantes, fazendo proliferar os peixes, num fenômeno denominado eutrofização, sendo esta uma vantagem na criação de suínos.
- 08** Pode ocorrer disseminação de patógenos (organismos causadores de doenças), mau cheiro e contaminação de águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos.
- 16** Devido aos resíduos de suínos, as pessoas podem contrair diretamente a teníase, um importante parasita intestinal.

Soma:

27. Unicamp-SP Em um canal foi aplicado um inseticida organoclorado. Pesquisadores preocupados com o meio ambiente rapidamente iniciaram uma avaliação periódica deste composto nos tecidos de animais presentes no canal. Foram coletados, com intervalos regulares de tempo, exemplares da mesma espécie de lagarto, cigarrinha, aranha, gafanhoto, cobra e libélula. Os resultados da concentração do inseticida nos tecidos de cada espécie estão representados no gráfico abaixo.



- a) Explique por que as espécies representadas pelas curvas I e II foram as primeiras a apresentar os compostos nos seus tecidos. Quais dentre as espécies estudadas podem corresponder a estas curvas?
- b) Explique por que as espécies representadas pelas curvas V e VI apresentaram as maiores concentrações nos seus tecidos. Identifique dentre as espécies coletadas quais podem corresponder a estas curvas.

28. UFPR 2015 Uma boa notícia para o meio ambiente. Um relatório da ONU divulgado nesta semana mostrou que a camada de ozônio está dando os primeiros sinais de recuperação após anos de destruição.

Fonte: <http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/camada-de-ozonio-da-sinais-de-recuperacao-segundo-documento-da-onu-13900960>. Acesso em: 12 set. 2014.

- a) Cite duas consequências da destruição da camada de ozônio para o meio ambiente e/ou para a saúde humana.
- b) A que intervenção humana pode ser atribuída essa boa notícia?

- 29. Unesp 2017** Desde a escolha do Rio de Janeiro para sede dos Jogos Olímpicos e Paraolímpicos de 2016, inúmeras reportagens sobre a qualidade das águas da Baía de Guanabara e da Lagoa Rodrigo de Freitas foram veiculadas pelos meios de comunicação. Dentre as preocupações, estão os episódios de mortandade de peixes na lagoa, local das provas de remo e canoagem da Rio 2016.



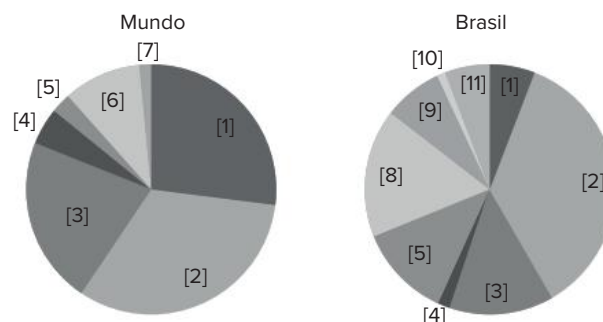
Esgoto e poluição reduzem a quantidade de oxigênio na lagoa, o que mata os peixes. Prefeitura tem monitorado a qualidade da água no local. O governo promete melhorar o saneamento na área.

(<http://esporte.uol.com.br>, 24.03.2013.)

Considerando o processo de eutrofização, explique por que o despejo de esgoto nas águas da lagoa reduz a concentração de oxigênio na água e explique qual é a variação esperada no tamanho das populações dos organismos vertebrados e no tamanho das populações dos microrganismos anaeróbicos que compõem o ecossistema da lagoa.

- 30. FGV-SP** O governo brasileiro é um entusiasta na defesa da produção e uso do etanol obtido a partir da cana-de-açúcar em substituição à gasolina. Do ponto de vista ecológico, e considerando a concentração na atmosfera de gases responsáveis pelo efeito estufa, é mais acertado dizer que:
- é vantajosa a substituição da gasolina pelo etanol, pois para a produção deste último utilizam-se grandes extensões de terra, o que implica extensas áreas com cobertura vegetal, a qual realiza fotossíntese e promove o sequestro de CO_2 da atmosfera, além da área verde promover o aumento na biodiversidade da fauna nativa.
 - é vantajosa a substituição da gasolina pelo etanol, pois a queima deste último devolve para a atmosfera o mesmo carbono que há pouco havia sido retirado dela pela fotossíntese, enquanto a queima da gasolina acrescenta mais carbono à composição atual da atmosfera.
 - não há vantagem na substituição da gasolina pelo etanol, pois ambos apresentam moléculas orgânicas que, quando queimadas pelos motores a combustão, liberam a mesma quantidade de monóxido de carbono para a atmosfera, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa.
 - não há vantagem na substituição da gasolina pelo etanol, pois embora a queima da gasolina produza monóxido de carbono, um gás poluente que se associa de modo irreversível à hemoglobina, a queima do etanol produz dióxido de carbono, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa.
 - não há vantagem na substituição da gasolina pelo etanol, pois este último representa maior consumo por quilômetro rodado, o que provoca um aumento no consumo desse combustível e, proporcionalmente, maior emissão de gases poluentes para a atmosfera.

- 31. Unicamp-SP 2020** Matriz energética é o conjunto de fontes de energia disponíveis. Os gráficos a seguir representam a matriz energética no mundo e no Brasil, mostrando as fontes de energia renováveis e não renováveis.



- [1] Carvão.
 [2] Petróleo e derivados.
 [3] Gás natural.
 [4] Nuclear.
 [5] Energia hidráulica.
 [6] Biomassa.

- [7] Energia solar, eólica e geotérmica.
 [8] Derivados de cana-de-açúcar.
 [9] Lenha e carvão vegetal.
 [10] Outras fontes não renováveis.
 [11] Lixívia (líquido resultante do processamento da madeira para extração da celulose) e outras fontes renováveis.

(Fonte: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acessado em 02/05/2019.)

Considerando seus conhecimentos sobre meio ambiente e as informações fornecidas, assinale a alternativa correta.

- a) A matriz energética brasileira utiliza menor porcentagem de energia renovável que a mundial, com o uso predominante de combustíveis fósseis.
- b) Gás natural, biomassa, energia hidráulica, energia solar, eólica e geotérmica são as fontes renováveis de energia utilizadas na matriz mundial.
- c) A matriz energética brasileira é mais dependente de fontes renováveis de energia do que a matriz mundial, como alternativa ao uso de combustíveis fósseis.
- d) Os biocombustíveis derivados da cana-de-açúcar e do gás natural são as principais fontes renováveis nas matrizes brasileira e mundial, respectivamente.

32. Cefet-SC Desenvolvimento sustentável pode ser definido como um processo dinâmico voltado à satisfação das necessidades humanas, sem comprometer as necessidades das futuras gerações. Assim, espera-se que o desenvolvimento sustentável, integrando princípios ecológicos aos sistemas econômicos vigentes, preserve a estrutura dos diversos ecossistemas da Terra.

Sobre desequilíbrios ambientais verificados nestes ecossistemas, a alternativa correta é:

- a) Dizer que uma substância é biodegradável equivale a afirmar que não existem na natureza organismos capazes de transformar enzimaticamente essas substâncias.
- b) O desmatamento por queimadas é uma boa alternativa para a limpeza de terrenos para pastagem.
- c) A diminuição na concentração do gás carbônico, liberado na queima de combustíveis fósseis, intensifica o efeito estufa, aquecendo cada vez mais o planeta.
- d) A maior incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície da Terra, causada pela destruição da camada de ozônio, provoca aumento na taxa de mutações nos seres vivos, elevando, por exemplo, o número de casos de câncer de pele no ser humano.
- e) Em dias úmidos, o dióxido de nitrogênio liberado na combustão de derivados de petróleo, combina-se com a água da atmosfera e depois de algumas reações origina o ácido sulfúrico, um dos principais componentes das chuvas ácidas.

33. UFPE Em garimpos clandestinos no Brasil, diferentes quantidades de terra são retiradas das áreas exploradas. Para resgatar pequenas partículas de ouro existentes na lama, resultante dos processos de peneiramento e lavagem, utiliza-se o mercúrio. De todo o processo poderão advir como consequências:

- a degradação e poluição do solo.
- o assoreamento de rios e até inundações.
- a interferência no processo de procriação de certos peixes.
- o lançamento de poluentes na atmosfera.
- a destruição da vegetação.

34. PUC-Minas Observe atentamente a charge e as afirmações a seguir.



- I. O aterro sanitário de qualquer município deve possuir licença para funcionamento e expansão.
- II. Um aterro pode representar risco à saúde dos moradores de um município, uma vez que sejam detectadas irregularidades na impermeabilização e escoamento do resíduo líquido (chorume) depositado no local.
- III. Os processos anaeróbios que ocorrem na matéria orgânica dos aterros sanitários podem produzir gás metano e adubo.
- IV. Animais invertebrados e vertebrados podem se beneficiar e participar do ciclo da matéria nos aterros sanitários.

Estão corretas as alternativas:

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

35. UFJF-MG 2020 Segundo a Resolução n. 1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é: “(...) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais”. Avaliar a magnitude do impacto e o tempo de recuperação do sistema socioambiental são tarefas complexas que exigem a consideração de parâmetros diversos como: (i) características físico-químicas do produto; (ii) quantidade do produto derramado ou vazado; (iii): duração e o tipo de descarga dos contaminantes (iv) características biogeofísicas do ambiente onde se deu o impacto; (v) aspectos biológicos envolvidos e (vi) aspectos socioeconômicos.

Qual resposta abaixo exemplifica um aspecto biológico a ser considerado na avaliação da magnitude do impacto e o tempo de recuperação do sistema socioambiental?

- a) A estrutura do substrato atingido.
- b) A reatividade química do produto envolvido no desastre ambiental com outros elementos abióticos presentes no ambiente.
- c) A dinâmica hidrológica do ambiente atingido.
- d) A presença e o tipo de poluentes inorgânicos persistentes capazes de se acumular no ambiente.
- e) A biota da região atingida.

36. UFPE Com relação à interferência humana no meio ambiente, analise as afirmações apresentadas a seguir.

- O poluente óxido nitroso, liberado na queima de combustíveis fósseis, contribui para a acentuação do efeito estufa.
- Quando queima combustíveis fósseis, o homem interfere no ciclo de nitrogênio da natureza, propiciando, principalmente, a produção de nitritos e, em menor escala, de nitratos.
- Embora se constitua no principal fator do aumento da concentração de gás carbônico atmosférico, a queima de florestas não compromete o equilíbrio ecológico.
- A poluição marinha por vazamento de óleo e o desflorestamento contribuem para a redução da captação de gás carbônico por autótrofos fotossintetizantes encontrados nesses ambientes.
- A alternância da plantação de culturas, como soja e feijão, com a plantação de leguminosas, ricas em *Rhizobium* em seus peroxissomos, é uma prática correta na agricultura.

37. Unifesp 2020 (Adapt.) As águas cristalinas do Caribe foram manchadas por uma invasão de sargaço, algas marrons que formam grandes ilhas flutuantes consideradas ecossistemas, onde se alimentam peixes, caranguejos e aves. O principal fator que contribui para a formação dessas ilhas de sargaço é a produção agrícola, com o uso de fertilizantes na região do Rio Amazonas. Os fertilizantes são arrastados pelas chuvas para o rio e chegam ao Oceano Atlântico. Em junho de 2018 a biomassa de sargaço atingiu mais de 20 milhões de toneladas.

(“Agricultura na Amazônia ‘alimenta’ formação de mancha gigante de algas marrons. <https://oglobo.globo.com>, 03.08.2019. Adaptado.)



(www.diariolibre.com)

Como é denominado o fenômeno decorrente do lançamento de fertilizantes no Oceano Atlântico, que contribui para a formação das ilhas de sargaço? Considere que em uma ilha de sargaço se alimentam uma espécie de peixe e uma espécie de ave. Esquematize uma pirâmide ecológica de biomassa que represente essa cadeia alimentar, indicando nessa pirâmide os organismos que a compõem.

1. Espuma com mais de 3 metros de altura cobre leito do Rio Tietê

A espuma é provocada pela poluição ao longo do rio, principalmente de detergente não biodegradável, que tem em sua composição fósforo e nitrato, elementos presentes na maioria dos produtos de limpeza e higiene fabricados no país. O lixo e o esgoto clandestinos jogados ao longo do rio chegam perto da barragem da Usina Hidrelétrica do Rasgão e, com o movimento das águas no local, esse detergente provoca a formação de espuma que pode até se espalhar por toda a cidade com a ação do vento.

Segundo a prefeitura, o problema ocorre há mais de 30 anos e prejudica inclusive o turismo [...] e também a prática de atividades de lazer no rio. Além disso, causa problemas de saúde e mau cheiro. [...]

Em nota, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo paulista, explicou que a formação de espuma, como ocorre frequentemente no Rio Tietê ao longo das cidades de Santana de Parnaíba, Salto e Pirapora do Bom Jesus, está relacionada principalmente à baixa vazão de água e à presença de esgotos domésticos não tratados. [...]

CRUZ, Elaine P.; MOREIRA, Marli; AGUIAR, Valéria (Ed.). *Agência Brasil*, 23 jun. 2015. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-06/espuma-com-mais-de-tres-metros-de-altura-cobre-o-leito-do-rio-tiete>. Acesso em: 29 mar. 2021.

- Qual pode ser a causa do mau cheiro exalado pelas águas de um rio? Suponha, por exemplo, um rio que sofreu eutrofização.
- Como esse tipo de poluição poderia ser evitado? Discuta com seus colegas possíveis soluções para evitar problemas de poluição em rios.

2. Leia trecho de um texto publicado na internet em um site de divulgação científica.

Microplásticos são pequenos fragmentos de plástico que medem menos de 5 milímetros. Alguns tipos são originados de plásticos maiores e são degradados na natureza até atingirem o tamanho microscópico. Outros tipos já são produzidos em tamanhos reduzidos, como pequenas esferas e pelotas, utilizadas em diversos setores da indústria e cosméticos.

De uma forma ou de outra, os microplásticos são um problema produzido pelo ser humano e está afetando a vida aquática. Eles estão presentes em lagos e oceanos, distribuídos na superfície e, principalmente, no fundo marinho.

[...]

RABELO, Jamille. “O que são os microplásticos e como eles afetam a vida marinha?”. *SoCientífica com informações de Live Science, Woods Hole e NOAA*, 14 out. 2020. Disponível em: <https://socientifica.com.br/o-que-sao-os-microplasticos-e-como-eles-afetam-a-vida-marinha/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

- O problema dos microplásticos é um exemplo do que se denomina magnificação trófica. Explique esse fenômeno.
- O problema dos microplásticos ainda não é muito bem conhecido pela ciência. Mas as consequências para a vida marinha da poluição por plásticos maiores já foram bastante estudadas. Como o ecossistema marinho é afetado pela presença de macroplásticos nos oceanos?
- Como o texto menciona, o problema dos microplásticos foi causado pelos seres humanos. Mas será que os seres humanos também podem ser afetados por ele? Explique, representando esquematicamente, de que maneira o problema dos microplásticos pode atingir os seres humanos.

3. Leia o texto.

Cada grau adicional de temperatura vai acelerar a desintegração das geleiras da Antártida, causando um aumento inevitável e cada vez mais rápido do nível do mar – aponta um estudo publicado esta semana.

A temperatura global já subiu 1°C em relação à era pré-industrial, e mais 1°C inevitavelmente causaria um aumento no nível do mar de 2,5 metros, apenas devido ao degelo da Antártica. Três graus, ou mais, significariam um aumento de 6,5 metros, alertam os autores deste estudo publicado na revista *Nature*.

Essa dramática elevação do nível dos oceanos, devastadora para metrópoles costeiras como Mumbai e Miami, ocorreria ao longo de várias centenas e até milhares de anos. [...]

“Para Antártida e nível do mar, cada grau adicional conta, diz estudo”. *Agence France-Presse*, 24 set. 2020. Disponível em: www.istoedinheiro.com.br/para-antartida-e-nivel-do-mar-cada-grau-adicional-conta-diz-estudo/. Acesso em: 11 mar. 2021. © Agence France-Presse.

- Qual(is) pode(m) ser a(s) causa(s) do derretimento de geleiras, não apenas na Antártida, mas também em outros lugares do mundo? Explique.
- Grande parte do gelo marinho flutuante dos polos já derreteu, mas isso não afetou o nível de mares e oceanos. O que pode fazer com que o nível do mar suba e cubra parte do litoral é o derretimento do gelo que está sobre ilhas e continentes, como o que existe na Antártida. Explique a razão dessa diferença.
- Entre os gases de efeito estufa estão os HFCs (hidrofluorcarbonetos), criados em laboratório para substituir outros gases artificiais, os CFC (clorofluorcarbonetos), que eram usados em aerossóis, aparelhos de ar condicionado e refrigeradores, entre outros equipamentos. Por que os CFCs precisaram ser substituídos? Explique.



Eye Of Science/Science Photo Library/Fotostore

Arqueas (*Pyrococcus furiosus* medem cerca de 1 μm de diâmetro) vistas ao microscópio eletrônico de varredura. Essa espécie é capaz de viver a temperaturas de 100 °C.

FRENTE 2

CAPÍTULO

7

Procariontes: bactérias e arqueas

Em qualquer ambiente há procariontes, sejam eles terrestres ou aquáticos. Alguns deles, conhecidos por extremófilos, são encontrados em locais onde as condições ambientais são inóspitas para a maioria dos demais seres vivos; caso, por exemplo, das arqueas da imagem acima. O mar está repleto de bactérias essenciais para a produção de gás oxigênio e, assim, para a sobrevivência humana. As bactérias também fazem parte da nossa biota intestinal, são empregadas nas indústrias de alimentos e de medicamentos, entre outras. Algumas bactérias podem causar doenças, cujo tratamento normalmente é feito com antibióticos. Já as arqueas podem nos ajudar a entender a origem da vida na Terra e até a possibilidade de haver vida em outros planetas.

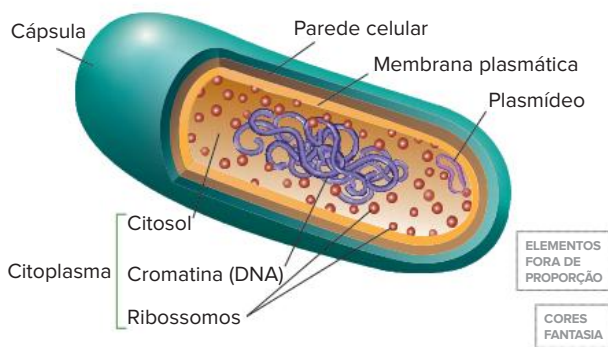
Célula procariótica

Os seres **procariontes** (ou procariotos) são caracterizados pela presença de **células procarióticas**.

As células procarióticas não contêm organelas membranosas nem membrana nuclear (carioteca) envolvendo a cromatina, que fica diretamente mergulhada no citoplasma, em uma região denominada **nucleoide**. A maioria das bactérias também possui **plasmídeos** – DNA circular com material genético adicional que pode contribuir para a sobrevivência do organismo. O DNA bacteriano não contém proteínas associadas, como ocorre no material genético do núcleo de eucariontes.

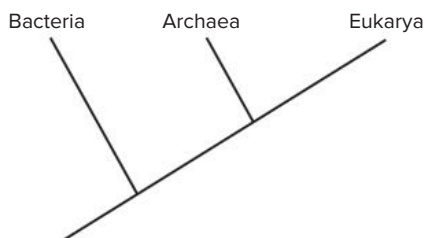
A maioria dos procariontes possui **parede celular**, estrutura que protege externamente a célula e proporciona sustentação. Sob a parede celular, encontra-se a **membrana plasmática**, ou plasmalema, de composição lipoproteica, que tem como principal papel o controle da troca de materiais entre a célula e o meio. A membrana plasmática apresenta invaginações denominadas **mesossomos**, estruturas responsáveis pela respiração celular (função desempenhada pelas mitocôndrias nas células eucarióticas). Como o material genético se liga aos mesossomos, essas estruturas têm também importante contribuição no processo de divisão celular bacteriana.

O **citoplasma** compreende todo o espaço que fica no interior da membrana. Contém citosol, moléculas de DNA (cromatina e plasmídeos) e **ribossomos**, organelas responsáveis pela síntese de proteínas. As trocas gasosas são realizadas por difusão.



Principais componentes de uma célula bacteriana hipotética.

A classificação proposta pelo microbiologista Carl Richard Woese, na década de 1970, agrupa a diversidade de procariontes em dois dos três Domínios (categorias taxonômicas acima de Reino): Archaea e Bacteria são constituídos por seres procariontes, enquanto Eukarya engloba todos os seres eucariontes.



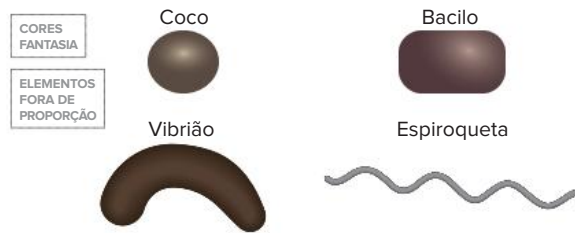
Cladograma com o parentesco evolutivo entre os Domínios propostos por Woese.

Bactérias

Habitat e estrutura

Há bactérias em vários ambientes do planeta: água salgada, água doce, solo, fendas abissais e interior de hospedeiros. O ar também apresenta grande quantidade de bactérias; muitas doenças bacterianas, como a tuberculose e a difteria, são transmitidas por via aérea.

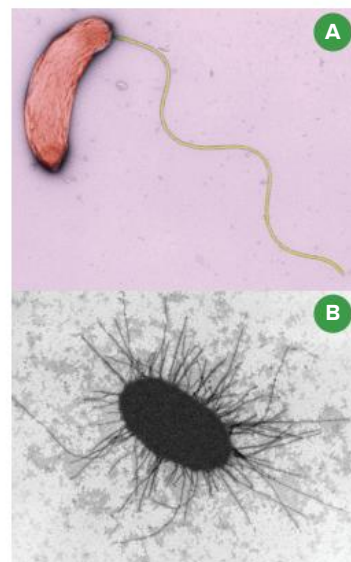
Bactérias em sua maioria são **unicelulares**, porém há algumas espécies **pluricelulares**. Podem ter diferentes formas, como **cocos** (arredondada), **bacilo** (com aspeto de bastão), **espiroqueta** (ou espirilo, com o formato de um bastão helicoidal) e **vibrião** (bastão encurvado). Formas unicelulares podem permanecer agrupadas, constituindo **colônias**.



Exemplos de formas básicas de bactérias.

A parede celular bacteriana tem como principal componente o **peptidoglicano** (constituído por carboidratos e peptídeos). Há bactérias sem parede celular, denominadas **micoplasmas**. Aderida externamente à parede celular, algumas bactérias podem apresentar **cápsula**, estrutura de proteínas e carboidratos que contribui para uma proteção adicional à célula bacteriana.

Muitas bactérias têm **flagelo**, empregado no deslocamento em meio aquático. O flagelo das bactérias tem estrutura diferente dos flagelos de eucariontes, que são derivados de centríolos. Em bactérias, os flagelos são filamentos proteicos ligados à membrana e à parede celular. Bactérias podem ter **fímbrias**, filamentos que se relacionam com adesão celular; já filamentos maiores, como os *pilli*, estão relacionados à reprodução sexuada bacteriana, conhecida como **conjugação**.



Eletronicografias de flagelo no *Vibrio cholerae* (A) e fímbrias na *Escherichia coli* (B) (aumento de aproximadamente 4 mil vezes).

Nutrição

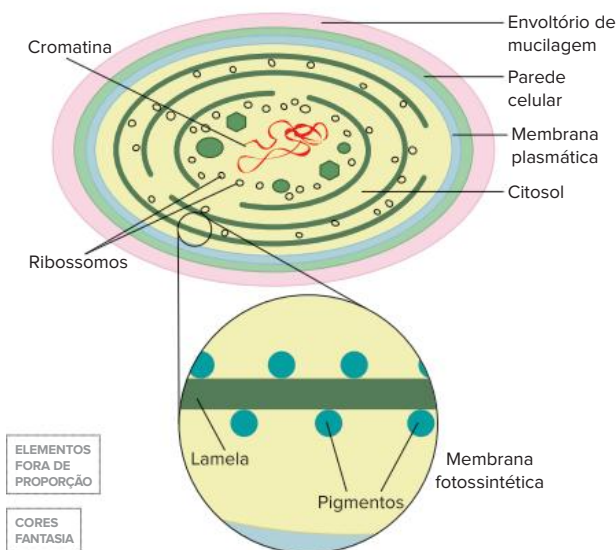
Há duas principais formas de nutrição entre bactérias: autotrófica e heterotrófica. As **bactérias heterótrofas** liberam enzimas digestivas no ambiente e realizam digestão extracorpórea. Os produtos desse processo são absorvidos e utilizados pela bactéria. Entre as heterótrofas, encontram-se as parasitas e as decompositoras.

Bactérias heterótrofas participam de vários tipos de relação interespecífica. Conheça alguns exemplos:

- Comensalismo: bactérias intestinais, que utilizam restos de alimento do hospedeiro.
- Mutualismo: bactérias do estômago de ruminantes, que realizam a digestão de celulose; ou muitas cianobactérias, que, junto com algumas espécies de fungos, formam os líquens.
- Amensalismo: bactérias de vida livre, que sintetizam e liberam substâncias que impedem o desenvolvimento de competidores.

Bactérias autótrofas produzem material orgânico a partir de substâncias inorgânicas. Há dois tipos: as **quimiossintetizantes** e as **fotossintetizantes**. Bactérias quimiossintetizantes empregam energia de reações químicas oxidativas na produção de compostos orgânicos. No ciclo do nitrogênio, bactérias nitrificantes convertem amônia em nitrato; esse processo libera energia para a produção de carboidratos.

A fotossíntese é um processo que utiliza energia luminosa para a síntese de carboidratos. Há diferentes tipos de bactéria fotossintetizante, como as **cianobactérias** e as **sulfobactérias** verdes e púrpuras. Cianobactérias têm pigmentos ligados a lamelas membranosas presentes no citosol; entre esses pigmentos, encontra-se a **clorofila a** (detalhes sobre a bioquímica da fotossíntese são apresentados na frente 1, neste livro). As cianobactérias têm clorofila, mas não apresentam cloroplastos.



Célula de cianobactéria e detalhe de uma de suas lamelas membranosas.

A equação da fotossíntese das cianobactérias pode ser expressa da seguinte maneira:



As sulfobactérias não têm clorofila a; elas têm outro tipo de pigmento, a **bacterioclorofila**. Sulfobactérias não

empregam água como reagente, mas o ácido sulfídrico (H_2S). A equação da fotossíntese dessas bactérias pode ser representada da seguinte maneira:



Liberação de energia

Bactérias podem degradar matéria orgânica e liberar energia por meio de respiração celular ou fermentação.

A **respiração celular** é realizada em duas etapas, uma ocorre no citosol, e outra (conhecida por cadeia respiratória), nos mesossomos. A respiração celular bacteriana pode ser aeróbia ou anaeróbia. Na respiração **aeróbia**, é utilizado o gás oxigênio comoceptor final de elétrons e de hidrogênios, formando-se água ao fim do processo.

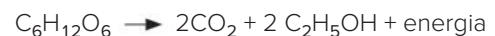


Na respiração celular **anaeróbia**, é utilizado umceptor final de hidrogênios e elétrons diferente do gás oxigênio, como o nitrato ou o enxofre (neste caso, forma-se H_2S , conforme apresentado na explicação do processo de eutroficação da água).



A energia liberada na respiração é armazenada temporariamente na forma de ATP, e uma parte é perdida na forma de calor.

A **fermentação** não emprega gás oxigênio, ocorre apenas no citosol e gera um resíduo orgânico, como etanol, ácido láctico, metano, ácido acético etc. A equação da fermentação alcoólica, por exemplo, é assim indicada:

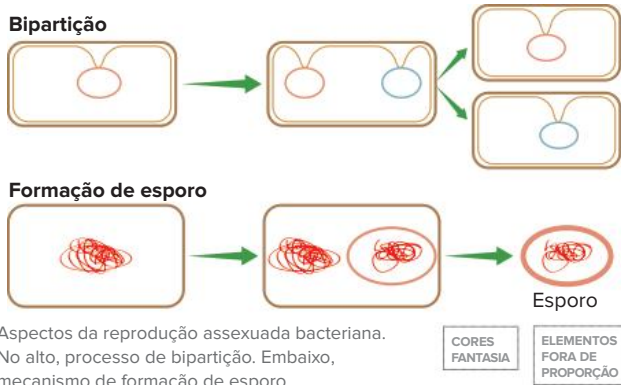


A energia liberada na fermentação é armazenada temporariamente na forma de ATP e uma parte é perdida na forma de calor. A fermentação libera menos energia que a respiração celular. Na frente 1 deste livro, são apresentados detalhes desses dois processos de obtenção de energia.

Reprodução

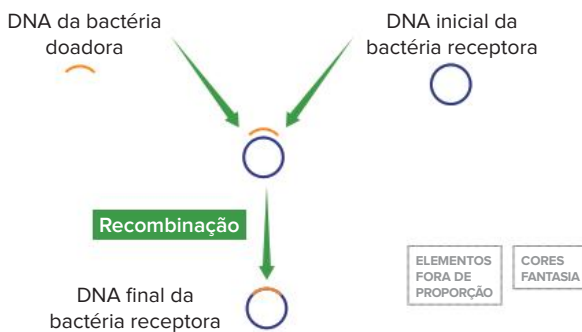
Bactérias geralmente se reproduzem por um **processo assexuado** conhecido como **bipartição**, **divisão binária** ou **cissiparidade**. Uma bactéria sofre replicação do seu material genético, gerando uma cópia idêntica do DNA. A célula fica com duas moléculas de DNA, que se prendem a mesossomos diferentes. Posteriormente, ocorre a alongação da célula, seguida da separação do citoplasma. Dessa maneira, são produzidas duas bactérias geneticamente idênticas entre si e à bactéria genitora. Nesse processo de reprodução, só há variabilidade genética caso ocorram mutações.

Em algumas bactérias, como as do gênero *Clostridium* (causadoras do tétano e do botulismo), são formados **esporos**, o que permite a sobrevivência em condições ambientais adversas, como falta de água ou temperatura inadequada. A bactéria sofre redução de seu volume, espessamento de sua parede celular e diminuição de sua atividade metabólica, passando a apresentar um estado de vida latente. Com o retorno das condições ambientais adequadas, o esporo retorna ao seu estado metabólico normal.



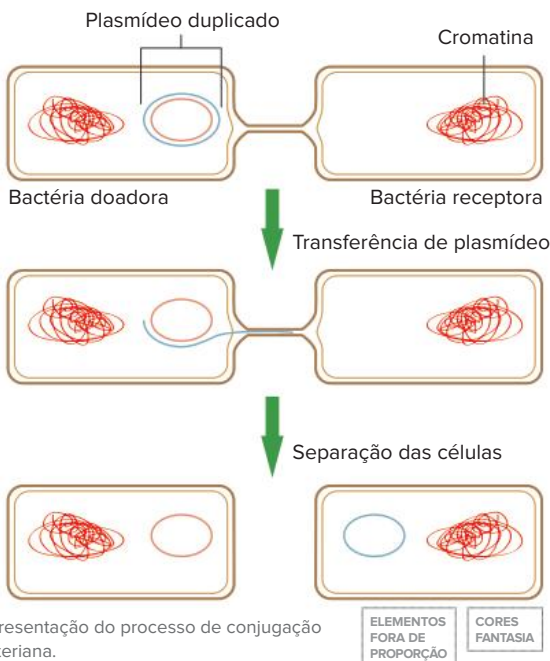
Aspectos da reprodução assexuada bacteriana. No alto, processo de bipartição. Embaixo, mecanismo de formação de esporo.

Bactérias podem também desenvolver a **reprodução sexuada**. Esse processo envolve a transferência de material genético de uma bactéria (doadora) para outra (receptora). Segmentos de moléculas de DNA transferidos são incorporados ao material genético da bactéria receptora, em um processo de recombinação.



Representação da transferência de material genético entre bactérias.

Há três modalidades de reprodução sexuada em bactérias: conjugação, transdução e transformação. Na **conjugação**, duas bactérias compatíveis unem-se por seus *pili*, formando um pequeno tubo, através do qual a cópia de seu plasmídeo é transferida; esse DNA passa a integrar o material genético da bactéria receptora e de suas descendentes.



Representação do processo de conjugação bacteriana.

A **transdução** é efetuada de modo acidental por meio de um vírus bacteriófago. Quando um vírus ataca uma bactéria, ele gera dezenas de novos vírus que contêm DNA viral. Eventualmente, um dos vírus pode carregar DNA bacteriano e pode infectar outra bactéria, injetando nela um segmento de DNA procedente da primeira bactéria infectada.

A **transformação** ocorre quando uma bactéria morre e sofre desagregação de seus componentes, podendo liberar segmentos de DNA no ambiente. Outra bactéria pode absorver um fragmento de DNA da bactéria morta e incorporá-lo.

Importância das bactérias

Além de sua importância inerente à diversidade biológica, as bactérias também têm importância industrial, ecológica e médica.

Importância industrial

Bactérias são utilizadas para a produção de **antibióticos**, substâncias que também podem ser produzidas por fungos e que combatem outras bactérias. Algumas são empregadas por sua capacidade de realizar fermentação, como na produção de álcool etílico, metano, ácido lático e ácido acético (componente do vinagre). O ácido lático de origem bacteriana é muito útil na transformação do leite em queijo, iogurte ou coalhada.

Técnicas de engenharia genética empregam bactérias em vários processos, como na produção de peptídeos (proteínas) úteis, caso, por exemplo, da insulina e do hormônio de crescimento. Um gene humano, como o responsável pela síntese do hormônio de crescimento, pode ser inserido no plasmídeo de uma bactéria com o auxílio de **enzimas de restrição**, que cortam o DNA em sítios específicos. Após essa inserção, a bactéria passa a sintetizar o hormônio, de natureza proteica.

Importância ecológica

As bactérias são fundamentais para a manutenção do equilíbrio ecológico. Há bactérias que realizam **decomposição**, contribuindo para a reciclagem de matéria nos ecossistemas. Contudo, muitas delas atuam como **produtoras** e geram matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas; por exemplo, as cianobactérias, presentes no fitoplâncton ou componentes de líquens. Muitas bactérias têm papel relevante no ciclo do nitrogênio e participam de processos como **fixação biológica**, **nitrificação** e **desnitrificação**.

Agentes patogênicos

Bactérias podem causar doenças em outros seres vivos. A seguir, são citados alguns dos principais modos de transmissão de doenças bacterianas aos seres humanos.

- **Gotículas eliminadas (espirro, tosse, saliva):** acne, antraz, difteria, tuberculose, meningite, escarlatina, pneumonia, amigalite, febre reumática.
- **Água ou alimentos contaminados por fezes:** botulismo, disenteria (shigelose), febre tifoide, cólera, coqueluche.
- **Contato sexual:** IST, como gonorreia, cancro mole, sífilis.
- **Picada de animais:** febre maculosa, peste bubônica, febre Q.
- **Ferimentos:** antraz, gangrena gasosa, tétano.

Micoplasmas são bactérias de tamanho bastante reduzido, que não possuem parede celular e podem causar doenças nos sistemas respiratório e urinário. **Clamídias** e **riquétsias** são parasitas intracelulares. Clamídias podem causar doenças como pneumonia, tracoma (que afeta os olhos) e são sexualmente transmissíveis. Já riquétsias são causadoras de febre Q (transmitida por carrapato) e febre maculosa, que, dependendo da modalidade, pode ser veiculada por piolhos ou pulgas-do-rato.

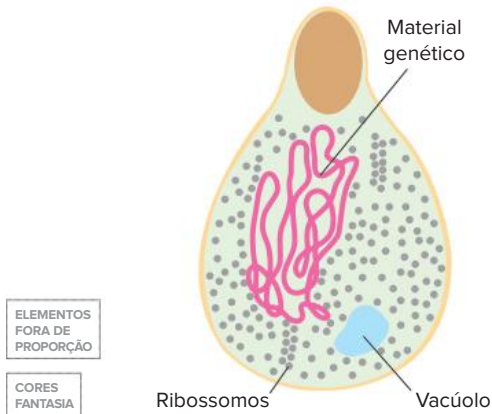
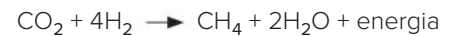


Ilustração de micoplasma, tipo de bactéria sem parede celular.

Arqueas

São **procariontes unicelulares**. Antes eram denominadas arqueobactérias, mas atualmente constituem um grupo (Domínio) à parte. Diferem das bactérias principalmente pelo fato de sua parede celular não ser constituída por peptidoglicano. Apesar de procariontes, as arqueas têm maior semelhança genética com os organismos do domínio *Eukarya* (os eucariontes). As arqueas podem ser classificadas de acordo com as características do ambiente onde vivem:

- **Halófilas:** vivem em regiões de elevada salinidade, como o mar Morto.
- **Barófilas:** são encontradas em locais com pressões elevadas, como ocorre em grandes profundidades marinhas.
- **Termoacidófilas:** toleram ambientes com pH extremamente baixo e temperaturas elevadas, como ocorre em proximidades de fendas vulcânicas.
- **Metanogênicas:** vivem em pântanos e no tubo digestório de alguns animais, onde geram gás metano. São organismos quimiossintetizantes, que produzem matéria orgânica a partir de reações que liberam gás metano, conforme o exemplo representado na equação a seguir:



Revisando

- Quais são os três Domínios de seres vivos?

- Cite alguns exemplos de ambiente em que as bactérias são encontradas.

- Qual é o principal componente da parede celular bacteriana? Que grupo de bactérias não possui essa estrutura?

- O que são mesossomos?

- Quais as formas de material genético encontradas nas bactérias? Cite uma diferença de composição entre o DNA bacteriano e o DNA de seres eucariontes.

- Como ocorre a digestão nas bactérias heterótrofas?

- Cite relações ecológicas das quais bactérias heterótrofas participam.

- Quais são as modalidades de nutrição autotrófica entre bactérias?

- Diferencie respiração celular aeróbia, respiração celular anaeróbia e fermentação.

10. Qual é a principal modalidade de reprodução assexuada das bactérias? Como é possível a ocorrência de variabilidade genética com esse tipo de reprodução?

11. Qual é a importância da formação de esporos para algumas espécies de bactérias?

12. Cite exemplos da importância industrial e ecológica das bactérias.

13. Quais são os modos de transmissão de doenças bacterianas?

14. Cite a principal diferença entre bactérias e arqueas.

Exercícios propostos

1. **Udesc 2018** *Escherichia coli* é comum na flora bacteriana do intestino de humanos e de outros animais, mas que em grandes quantidades pode causar problemas como infecção intestinal e infecção urinária, acontecendo principalmente se o indivíduo consumir água ou alimentos contaminados.

Fonte: KAPER JB, NATARO JP, MOBLEY HLT. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nat. Rev. Microbiol.*, 2: 123-140, 2004

A respeito das bactérias, assinale a alternativa **incorreta**.

- a) Algumas bactérias possuem metabolismos aeróbicos, na presença de oxigênio, e outras anaeróbicas, condição sem oxigênio.
- b) Apenas uma pequena porcentagem das espécies de bactérias causa doenças ao homem.
- c) As bactérias são unicelulares e procariontes e podem viver em formas isolada ou colonial.
- d) Bactérias são seres pluricelulares e eucariontes que podem sintetizar diferentes componentes químicos do meio ambiente ou de seus hospedeiros.
- e) Na atual classificação dos organismos, a bactéria *E. coli* está contida no domínio Bactéria.

2. **UFSCar-SP** A *Escherichia coli* é um organismo procarionte. Isso significa que esta bactéria:

- a) é parasita obrigatório.
- b) não apresenta ribossomos.
- c) não apresenta núcleo organizado.
- d) não apresenta DNA como material genético.
- e) nunca apresenta parede celular (esquelética).

3. **UPE 2018** Os antibióticos estão perdendo a competição para as bactérias. Numa experiência, cientistas ingleses misturaram duas espécies de bactérias, a *Staphylococcus*

aureus e a *Enterococcus*. A primeira era quase imbatível, porque já havia deixado para trás os mais de 200 tipos de antibióticos conhecidos, com exceção da vancomicina; a segunda espécie sabia o que fazer para derrotar justamente a tal vancomicina — e foi esse segredo que transmitiu à *Staphylococcus aureus*, passados alguns dias de convivência em tubo de ensaio. Os remédios antimicrobianos têm várias estratégias para vencer os adversários. Uma delas é a destruição de uma estrutura complexa e resistente, que dá a forma da célula bacteriana.

Fonte: <http://super.abril.com.br/ciencia/antibioticos-x-bacterias-a-corrida-do-seculo/> (Adaptado).

Assinale a alternativa que apresenta a estrutura complexa e resistente citada no texto.

- a) Cápsula de lignina
- b) Glicocálix
- c) Membrana plasmática
- d) Parede celulósica
- e) Parede bacteriana

4. **UFRGS 2020** Considere as seguintes afirmações sobre as Archaea.

- I. São organismos que possuem em seu citoplasma organelas envolvidas por membranas.
- II. Apresentam ancestral comum mais recente com Eukarya do que com o domínio Bacteria.
- III. Utilizam a quimiossíntese como modo de nutrição, processo que usa a luz como fonte principal de energia.

Quais estão corretas?

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

- 5. UFSM-RS 2013** A ideia dos pesquisadores da Universidade de Northumbria, Reino Unido, é de uma simplicidade genial; eles adicionaram à mistura de construções esporos de certa bactéria encontrada em solos alcalinos (como é o cimento). Se houver rachaduras, a água entra pelo concreto e “ressuscita” os bacilos. A bactéria excreta a calcita (tipo de cristal de carbonato de cálcio) tornando a superfície do prédio mais impermeável.

Fonte: Revista Superinteressante, p. 65 ago., 2012. (adaptado)

Para entender melhor, esporo é um(a)

- a) forma inativa de resistência das bactérias.
 - b) tipo de reprodução assexuada das bactérias.
 - c) tipo de célula sexual das bactérias.
 - d) colônia de bactérias.
 - e) célula eucariótica encontrada nas bactérias.
- 6. PUC-Rio 2020** Algumas bactérias do gênero *Lactobacillus* sp. são utilizadas para produção de iogurte na indústria alimentícia. A produção de iogurte depende da fermentação de carboidratos por esses microrganismos e consequente liberação de
- a) gás carbônico
 - b) oxigênio
 - c) ácido lático
 - d) metano
 - e) água
- 7. Famerp-SP 2018** Os domínios Archaea e Bacteria englobam micro-organismos com características morfológicas bem definidas. Estes seres vivos compartilham semelhanças entre si, tais como
- a) membrana plasmática e organelas membranosas.
 - b) inclusões citoplasmáticas e envoltório nuclear.
 - c) moléculas de DNA lineares e plasmídeos.
 - d) material genético disperso e ribossomos.
 - e) citoesqueleto e parede com peptidoglicano.
- 8. UFC-CE** Analise o texto adiante. Nas bactérias, o material genético está organizado em uma fita contínua de _____, que fica localizado em uma área chamada de _____. A reprodução das bactérias se dá principalmente por _____, que produz _____. Assinale a alternativa que completa corretamente o texto:
- a) cromossomos – nucleossomo – brotamento – duas células-filhas idênticas.
 - b) DNA – nucleossomo – reprodução sexuada – uma célula-filha idêntica à mãe.
 - c) plasmídeo – nucleóide – conjugação – várias células-filhas diferentes entre si.
 - d) DNA – nucleóide – fissão binária – duas células-filhas idênticas.
 - e) RNA – núcleo – reprodução sexuada – duas células-filhas diferentes.
- 9. UEPG-PR 2014** Há inúmeras espécies de bactérias que diferem quanto ao metabolismo, ao hábitat e à forma das células. Assinale o que for correto no que

diz respeito às características estruturais e nutricionais das bactérias.

- 01** As bactérias podem apresentar forma esférica (coco), de bastonete (bacilo), espiralada (espirilo), de vírgula (vibrião), etc.
- 02** Muitas espécies de bactérias formam colônias, isto é, associações em que os participantes mantêm sua individualidade, sendo capazes de sobreviver quando separados do grupo.
- 04** As bactérias quimioautotróficas utilizam oxidações inorgânicas como fonte de energia para sintetizar substâncias orgânicas a partir de gás carbônico e de átomos de hidrogênio provenientes de diversas substâncias.
- 08** As bactérias autotróficas dividem-se em fotossintetizantes, quimiossintetizantes, respiradoras e fermentadoras.
- 16** As sulfobactérias realizam um tipo de fotossíntese em que a substância doadora de hidrogênio não é a água, mas compostos de enxofre, principalmente o gás sulfídrico (H₂S).

Soma: _____

- 10. Unifesp** A presença de material genético constituído por uma única molécula de DNA permite a rápida reprodução dos indivíduos. O desenvolvimento de formas de resistência garante a sobrevivência desses organismos, mesmo em condições muito adversas. As características citadas referem-se exclusivamente a:
- a) bactérias.
 - b) fungos.
 - c) protozoários.
 - d) bactérias e fungos.
 - e) fungos e protozoários.
- 11. Enem** Na embalagem de um antibiótico, encontra-se uma bula que, entre outras informações, explica a ação do remédio do seguinte modo: O medicamento atua por inibição da síntese proteica bacteriana. Essa afirmação permite concluir que o antibiótico:
- a) impede a fotossíntese realizada pelas bactérias causadoras da doença e, assim, elas não se alimentam e morrem.
 - b) altera as informações genéticas das bactérias causadoras da doença, o que impede manutenção e reprodução desses organismos.
 - c) dissolve as membranas das bactérias responsáveis pela doença, o que dificulta o transporte de nutrientes e provoca a morte delas.
 - d) elimina os vírus causadores da doença, pois não conseguem obter as proteínas que seriam produzidas pelas bactérias que parasitam.
 - e) interrompe a produção de proteína das bactérias causadoras da doença, o que impede sua multiplicação pelo bloqueio de funções vitais.
- 12. Enem 2016** 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 procarionte.

Para combater a doença, os veterinários devem administrar, nos bovinos contaminados,

- a) vacinas.
- b) antivirais.
- c) fungicidas.
- d) vermífugos.
- e) antibióticos.

13. UFPEI-RS 2019 (Adapt.) Em 1928, Alexander Fleming descobriu por acidente o primeiro antibiótico. Esse acontecimento foi uma revolução para medicina pois doenças bacterianas até então eram fatais. As bactérias estão em todos ambientes.

Sobre as bactérias e a forma de prevenção de doenças bacterianas, é correto afirmar que

- a) as bactérias são encontradas apenas nos organismos vivos agrupadas em colônias e a melhor forma de prevenção é ingerir muita água, lavar bem os alimentos e lavar as mãos após as refeições.
- b) são seres unicelulares com núcleo organizado, de vida livre ou agrupadas em colônias. A prevenção é feita lavando as mãos e alimentos antes das refeições e tomando água filtrada.

- c) as bactérias podem ser encontradas livres ou agrupadas em colônias e as melhores formas de prevenção são os cuidados com a higiene, como: lavar as mãos, tomar água filtrada e lavar bem os alimentos antes de comer.
- d) podemos encontrar as bactérias em colônias no ambiente e a prevenção de doenças causadas por bactérias se dá pela lavagem das mãos e de alimentos. Caso um alimento caia no chão e for pego antes de três segundos não haverá contaminação.
- e) em organismos vivos e no ambiente, é possível encontrar bactérias. Previne-se doenças bacterianas lavando bem as mãos, tomando água filtrada e assoprando os alimentos.

14. PUC-Rio Hoje a classificação dos seres vivos admite 3 domínios: Archaea, Bacteria e Eukarya, que englobam, respectivamente, os seguintes representantes:

- a) metanogênicos, animais e protozoários.
- b) protozoários, microrganismos e vegetais.
- c) cianobactérias, protozoários e vegetais.
- d) vegetais, fungos e animais.
- e) hipertermofílicos, pneumococos e fungos.

Textos complementares

Doenças bacterianas

A seguir, é apresentado um quadro contendo algumas doenças bacterianas.

Doença	Agente causador e patologia	Transmissão
Antraz ou carbúnculo	<i>Bacillus anthracis</i> Doença aguda caracterizada por ulcerações na pele, hemorragia e perda de líquidos serosos em órgãos e cavidades (como nos pulmões). O indivíduo apresenta febre e prostração. Pode levar à morte.	Contato direto com animais infectados ou com seus produtos (carne, lã), inalação de esporos, ferimentos.
Botulismo	<i>Clostridium botulinum</i> A bactéria produz toxinas que podem lesar nervos e músculos. Ocorre paralisia muscular, afetando movimento dos olhos, abaixamento das pálpebras e incapacidade de respirar. Pode levar à morte.	Alimentos contaminados com esporos; frequentemente alimentos em conserva sem a higiene adequada.
Brucelose	<i>Brucella sp.</i> O indivíduo contaminado apresenta febre, suores, calafrios, dores de cabeça e musculares. Pode levar à morte.	Contato direto com animais infectados; consumo de leite e derivados não pasteurizados.
Cancro mole	<i>Haemophilus ducreyi</i> A bactéria causa uma úlcera geralmente na glândula do pênis ou nos lábios da vagina. Também causa inchaço dos gânglios linfáticos.	Relações sexuais.
Cárie	<i>Streptococcus mutans</i> Causa corrosão das camadas do dente, o que pode causar dores e levar à perda do dente.	Acúmulo de alimentos que contenham carboidratos.
Cistite	<i>Escherichia coli</i> Causa inflamação na bexiga.	Gravidez, obstrução urinária, hábitos de higiene inadequados, relações sexuais.
Clamídia	<i>Chlamydia sp.</i> Grande parte das pessoas infectadas não apresenta sintomas, que são secreções vaginais ou penianas e sensação de ardor ao urinar. Pode levar à infertilidade.	Relações sexuais.
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i> Causa intensa diarreia, dores abdominais, hipotensão e taquicardia. Pode levar à morte.	Água e alimentos contaminados.
Coqueluche ou tosse comprida	<i>Bordetella pertussis</i> Mais comum em crianças abaixo de 4 anos. Afeta o epitélio da garganta e a traqueia, onde ocorre aumento da secreção de muco, que se torna espesso. A má oxigenação é um grande problema, decorrente das obstruções e dos acessos de tosse.	Fluidos corporais (saliva, secreções nasais).

Disenteria bacilar ou shigelose	<i>Shigella</i> sp. A bactéria afeta o revestimento do intestino e pode produzir edema ou úlcera. Pode haver febre; é comum a diarreia, podendo apresentar muco e sangue (principalmente em crianças). Ocorre perda de peso e há risco de desidratação.	Água e alimentos contaminados, hábitos de higiene inadequados, moscas.
Difteria ou crupe	<i>Corynebacterium diphtheriae</i> A bactéria ataca membranas da boca e da garganta, provocando inflamação. A laringe pode ser afetada, comprometendo a passagem de ar. As bactérias liberam toxinas, que podem causar lesões no cérebro e no coração.	Fluidos corporais (saliva), contato direto.
Erisipela	<i>Streptococcus pyogenes</i> Infecção cutânea acompanhada de eritema, edema e dor.	Indeterminado (contato ou ambiente).
Escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i> Febre, dores de garganta e eritemas espalhados pelo corpo. Ao longo do seu desenvolvimento, causa descamação da língua.	Saliva, tosse e espirros.
Faringite e amigdalite	<i>Streptococcus pyogenes</i> Inflamação na faringe, que causa dor e dificuldade de deglutição. Pode atingir as amígdalas, o que caracteriza a amigdalite.	Inalação de gotículas.
Febre maculosa	<i>Rickettsia rickettsii</i> Febre, náuseas, vômitos, dores de cabeça, dor abdominal, diarreia. Pode levar a complicações nos sistemas respiratório, nervoso central e urinário.	Picada do carrapato-estrela.
Febre Q	<i>Coxiella burnetii</i> Febre persistente, dores de cabeça e dores musculares. Em casos avançados, pode causar icterícia e levar à morte devido a complicações hepáticas.	Gado adquire por picada de carrapato. Do gado para seres humanos pelo leite. Entre seres humanos por gotículas.
Febre tifoide	<i>Salmonella typhi</i> Febre, fadiga, agitação durante o sono, manchas na pele, diarreia, vômitos, delírios e septicemia. Pode causar morte por choque séptico ou por hemorragia no intestino.	Água e alimentos contaminados, contato direto com animais contaminados.
Gonorréia ou blenorragia	<i>Neisseria gonorrhoeae</i> Infecção que geralmente atinge a vagina ou a uretra, com típico corrimento amarelado e denso. Os olhos, a garganta e o ânus podem ser atingidos.	Relações sexuais, transmissão de mãe infectada para filho durante o parto (pode afetar os olhos do filho).
Hanseníase ou lepra	<i>Mycobacterium leprae</i> A doença provoca lesões na pele, afeta olhos, mucosas (nasal) e nervos periféricos, com perda de sensibilidade à dor.	Fluidos corporais (saliva, secreção nasal), via respiratória.
Leptospirose	<i>Leptospira</i> sp. Os sintomas são muito variados; a maioria dos infectados não apresenta quase nenhum sintoma. Provoca tosse, faringite, dor articular, manchas pelo corpo, náuseas, vômitos, diarreia e casos graves podem apresentar insuficiência renal e hepática, além de hemorragia.	Água, alimentos ou solo contaminados pela urina de animais infectados.
Micoplasmose	<i>Mycoplasma</i> sp. Doenças diversas, causando pneumonia e uretrite.	Gotículas pelo ar ou contato sexual.
Peste negra ou bubônica	<i>Yersinia pestis</i> Doença que afeta os pulmões e causa manchas negras na pele. Dizimou grande parte da população europeia na Idade Média.	Picada de pulga-do-rato, fluidos corporais (saliva, secreções nasais).
Pneumonia	<i>Streptococcus, Staphylococcus, Mycoplasma</i> sp. Febre alta, tosse, dor no tórax, falta de ar, secreção de muco e prostração.	Gotículas pelo ar.
Salmonelose	<i>Salmonella enterica</i> Inflamação da mucosa intestinal, vômitos, náuseas, diarreia e febre. Em casos raros, causa infecção no sangue (septicemia).	Alimentos contaminados, transmissão direta fecal-oral.
Sífilis	<i>Treponema pallidum</i> Provoca sintomas variados, como ulcerações no pênis ou na vagina e erupções cutâneas. Pode causar danos severos ao sistema nervoso central e ao coração e pode levar à morte.	Relações sexuais, transmissão congênita.
Tétano	<i>Clostridium tetani</i> Rigidez e espasmos musculares, taquicardia, suor excessivo.	Corte ou queimadura na pele, objetos contaminados.
Tifo epidêmico	<i>Rickettsia prowazekii</i> Inflamação dos vasos sanguíneos, febre alta e manchas na pele.	Fezes de piolho.

Tifo endêmico	<i>Rickettsia typhi</i> Dores de cabeça, calafrios, febre, dores no corpo e articulações, além de manchas vermelhas.	Picada de pulga-do-rato.
Tracoma	<i>Chlamydia trachomatis</i> Corrimento ocular, pálpebras inchadas e inchaço dos nódulos linfáticos.	Fluidos corporais (saliva, lágrimas, secreções nasais), objetos contaminados.
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> Tosse com catarro, febre, suores noturnos, falta de apetite, emagrecimento e cansaço. Também causa eliminação de sangue pela tosse e acúmulo de pus na pleura pulmonar.	Fluidos corporais (saliva, secreções nasais).
Úlcera	<i>Helicobacter pylori</i> Lesão superficial na parede do estômago. Em casos graves, a lesão pode se aprofundar e causar perfuração estomacal.	Alimentos contaminados; situações estressantes diminuem a resistência e facilitam o desenvolvimento da lesão.

Quadro elaborado para fins didáticos.

Extremófilos

Em 1964, o microbiologista norte-americano Thomas Brock fez uma descoberta que mudou o conceito de vida: ele observou micro-organismos sobrevivendo ao redor de gêiseres do Parque Nacional do Yellowstone (EUA) que lançavam água a 82 °C, uma temperatura muito acima da tolerância dos seres vivos. Mais tarde, em 1967, Brock publicou os resultados de sua pesquisa descrevendo que o micro-organismo, identificado como uma arquea e batizado de *Thermus aquaticus*, não apenas tolerava altas temperaturas, mas também exigia essa temperatura para crescer. Passamos, então, a conhecer um novo grupo de seres vivos – os extremófilos. Muitos pesquisadores começaram a explorar diferentes ambientes à procura de vida, muitos dos quais considerados até então inóspitos por serem ambientes extremos. O conceito ecológico de ambiente extremo está intrinsecamente atrelado ao conceito humano de habitabilidade. Uma ampla gama de ambientes com extremos de calor, frio, pH, salinidade, pressão e radiação é dominada por micro-organismos, cuja divergência genética manifestada em diferenciação metabólica possibilitou a ocupação de nichos considerados improváveis. Esses ambientes podem ser característicos de exoplanetas com potenciais chances de abrigar vida, mesmo que suas condições ambientais sejam diferentes das condições medianas do planeta Terra. [...]

As estratégias microbianas para suportar ambientes extremamente quentes ou frios estão entre os principais assuntos estudados pela Astrobiologia. Existem na Terra inúmeros ambientes quentes que normalmente estão associados a atividades vulcânicas. Fontes termais, gêiseres e mesmo o interior de vulcões já foram explorados e uma ampla diversidade de micro-organismos foi encontrada sobrevivendo em altas temperaturas, denominada termofílica. Muitas bactérias, arqueas e fungos adaptados ao calor extremo conseguem sobreviver nesses ambientes a partir de uma série de adaptações de suas proteínas e estrutura celular, moldadas durante milhões de anos pela evolução. Estudos indicam que o provável ancestral de todos os seres vivos tenha sido uma célula adaptada ao calor extremo, uma vez que 3,8 bilhões de anos atrás a Terra tinha um cenário quase inóspito – muito calor, vulcanismo e diferente composição atmosférica. Uma das mais fortes evidências para a origem da vida em altas temperaturas é a ocorrência de micro-organismos adaptados ao calor nos ramos mais profundos da atual árvore filogenética: muito provavelmente todos os seres vivos compartilham uma origem no calor.

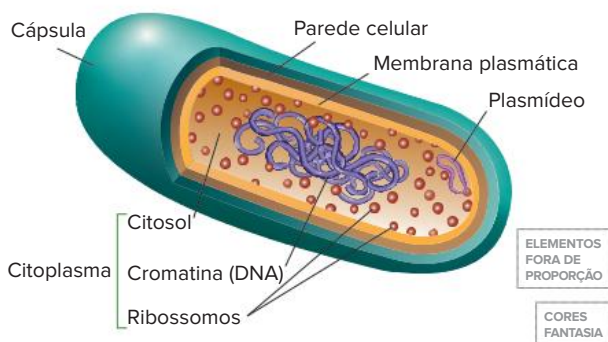
[...]

GALANTE, Douglas (org.) et al. *Astrobiologia: uma ciência emergente* [livro eletrônico]. São Paulo: Tikinet/IAG/USP, 2016. p. 156-157. (Adapt.)

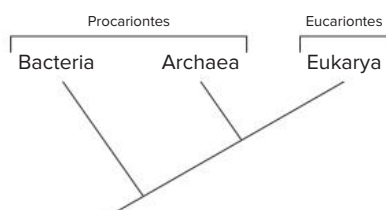
Resumindo

Procariontes

Seres vivos constituídos por **células procarióticas**.



Os procariontes compõem dois dos três Domínios propostos por Carl Richard Woese:



Bactérias

Hábitat e estrutura

Bactérias são encontradas em vários ambientes: água salgada, água doce, solo, interior de hospedeiros e ar. Bactérias em sua maioria são unicelulares; algumas formam colônias. Podem ter formas como: cocos, bacilo, espiroqueta e vibrião. Muitas bactérias têm flagelo, com estrutura diferente dos flagelos de eucariontes. Bactérias podem ter fímbrias e *pilli*, filamentos que participam da conjugação, um processo de reprodução sexuada.

Nutrição

Há duas principais formas de nutrição bacteriana: autotrófica e heterotrófica. As bactérias heterotróficas liberam enzimas digestivas no ambiente, realizando digestão extracorpórea. Entre as heterotróficas, encontram-se as parasitas e as decompositoras; bactérias heterotróficas participam de vários tipos de relação interespecífica, como comensalismo, mutualismo e amensalismo.

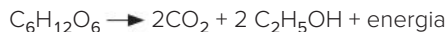
Bactérias autotróficas são de dois tipos: quimiossintetizantes e fotossintetizantes. Há diferentes tipos de bactéria fotossintetizante, como as cianobactérias e as sulfobactérias. As cianobactérias têm clorofila a, mas não apresentam cloroplastos. As sulfobactérias têm bacterioclorofila e não empregam água como reagente, utilizando ácido sulfídrico (H₂S).

Liberação de energia

Bactérias liberam energia por meio de respiração ou fermentação. A respiração celular é realizada nos mesossomos do citosol (a cadeia respiratória). A respiração celular bacteriana pode ser aeróbia ou anaeróbia. Na respiração celular anaeróbia, nitrato ou enxofre podem ser utilizados como aceptor final de hidrogênios e elétrons.



A fermentação não emprega gás oxigênio, ocorre apenas no citosol e gera um resíduo orgânico, como etanol, ácido lático, metano, ácido acético, entre outros. A equação da fermentação alcoólica é assim indicada:



A energia liberada na respiração e na fermentação é armazenada temporariamente na forma de ATP, e uma parte é perdida na forma de calor. A fermentação libera menos energia que a respiração.

Reprodução

Bactérias geralmente desenvolvem reprodução sexuada do tipo bipartição, divisão binária ou cissiparidade. Nesse processo, a variabilidade genética acontece apenas por meio de mutações. A reprodução sexuada pode ocorrer por conjugação, transdução ou transformação.

Em algumas bactérias, como os clostrídios (que podem causar tétano ou botulismo), são formados esporos, permitindo a sobrevivência em condições ambientais adversas.

Importância das bactérias

Importância industrial: bactérias são utilizadas na produção de antibióticos e na fermentação (produção de álcool etílico, metano, ácido lático e ácido acético). O ácido lático de origem bacteriana é muito útil na transformação do leite em queijo, iogurte ou coalhada. Técnicas de engenharia genética empregam bactérias em vários usos, como na produção de peptídeos (proteínas) úteis, como insulina e hormônio de crescimento.

Importância ecológica: há bactérias que realizam decomposição; muitas bactérias atuam como produtoras; um exemplo é o de cianobactérias, presentes no fitoplâncton ou componentes de líquens. Muitas bactérias têm participação no ciclo do nitrogênio (fixação biológica, nitrificação e desnitrificação).

Importância médica: bactérias podem causar inúmeras doenças em seres humanos. Micoplasmas (não possuem parede celular), clamídias e riquetsias são bactérias que se comportam como parasitas intracelulares. As doenças bacterianas podem ser transmitidas por: gotículas contaminadas, água ou alimentos contaminados, contato sexual (IST), picada de animais ou ferimentos.

Arqueas

São organismos unicelulares e procariontes; atualmente constituem o Domínio Archaea. Diferem das bactérias principalmente pelo fato de sua parede celular não ser constituída por peptidoglicano. Apesar de procariontes, as arqueas têm maior semelhança genética com os organismos do Domínio Eukarya (os eucariontes) do que com as bactérias (Domínio Bacteria). As arqueas são classificadas em três grandes grupos: halófilas, barófilas, metanogênicas e termoacidófilas.

Quer saber mais?



Sítio

www.msmanuals.com/pt-pt/casa/infeccoes/tuberculose-e-infeccoes-relacionadas/tuberculose-tb?query=tuberculose
(Acesso em: 30 out. 2021.)

O site fornece informações sobre a tuberculose.



Vídeo

www.nationalgeographicbrasil.com/video/tv/101-extremofilos
(Acesso em: 30 out. 2021.)

O vídeo apresenta informações sobre organismos extremófilos e a importância de estudá-los.

Exercícios complementares

- PUC-Minas** Pasteur foi o primeiro pesquisador a intuir que era possível ocorrer vida na presença ou ausência de oxigênio. Certa vez, colocou uma gota de leite sobre a lâmina de vidro, cobrindo-a com uma lamínula, e observou ao microscópio. Percebeu que a gota fervilhava de bactérias que se concentravam no meio da lâmina e não nas bordas da lamínula. Interprete esses resultados e leia, com atenção, as deduções a seguir.
 - As bactérias dessas duas regiões poderiam apresentar diferentes processos metabólicos.
 - Na região central da lâmina, as bactérias poderiam estar crescendo na ausência de oxigênio.
 - Nas bordas da lamínula, as bactérias poderiam estar utilizando mais facilmente o oxigênio disponível.São deduções corretas:
 - apenas I e II.
 - apenas II e III.
 - apenas I e III.
 - I, II e III.
- UFRGS 2017** O botulismo é uma doença grave, causada pela bactéria *Clostridium botulinum*. As bactérias pertencem a um grupo grande e variado de seres vivos, tradicionalmente agrupados no Reino Monera. A respeito desse grupo de seres vivos, é correto afirmar que
 - têm como envoltórios externos a membrana plasmática e a parede celulósica.
 - não possuem ribossomos, mitocôndrias e lisossomos.
 - se reproduzem principalmente por conjugação, um mecanismo de reprodução assexuada.
 - causam doenças como gripe, herpes e sífilis.
 - a célula bacteriana tem uma molécula de DNA circular.

3. **UFC-CE** Em relação às bactérias, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

■ As bactérias têm sido usadas pela engenharia genética na síntese de peptídios humanos, como a insulina e o hormônio de crescimento.

■ As bactérias causam muitas doenças sexualmente transmitidas, como o herpes simples, a meningite e a sífilis.

■ Em geral, as bactérias trazem mais benefícios do que prejuízos para os seres humanos e para a biosfera.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta.

- a) F, V, F c) F, F, V e) V, V, V
b) V, F, V d) F, V, V

4. **UFSC** Pegue todas as espécies de mamíferos, aves, répteis, anfíbios, peixes e insetos conhecidos da Amazônia. Agora, triture tudo e tente encaixar o que sobrou dentro de um pacotinho de açúcar. Só assim, talvez, seja possível ter uma ideia – ainda que muito distante – da biodiversidade de microrganismos que podem ser encontrados em um único grama de solo: um milhão de espécies de bactérias, segundo um estudo publicado na revista *Science*.

Com relação às bactérias, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

01 As bactérias encontradas em grandes quantidades no solo são responsáveis por todas as doenças microbianas em humanos.

02 O ciclo do nitrogênio depende de alguns desses seres microscópicos.

04 A ciclagem de nutrientes e da energia nos ecossistemas está diretamente relacionada ao metabolismo bacteriano.

08 A diversidade bacteriana é decorrente de sucessivas mutações e da passagem de material genético entre bactérias geneticamente diferentes.

16 As bactérias, juntamente com as algas verdes microscópicas, compreendem o Reino Monera.

Soma:

5. **UFPE** Com relação a bactérias, é incorreto afirmar que:

a) algumas bactérias formam um envoltório protetor (cápsula ou capa).

b) existem bactérias que contribuem para a reciclagem de matéria orgânica em nosso planeta.

c) existem arqueobactérias halófilas e arqueobactérias termoacidófilas.

d) há bactérias capazes de degradar componentes orgânicos do petróleo, tóxicos para a maioria dos seres vivos.

e) quando colocada em ambiente de salinidade alta, a parede bacteriana das eubactérias evita que elas se desidratem devido à osmose.

6. **UFSC 2020** Bactérias da espécie *Klebsiella pneumoniae* são capazes de resistir aos fármacos mais potentes para o tratamento de infecções graves e estão entre os microrganismos que mais causam infecções hospitalares. Ao caracterizar 48 colônias de *K. pneumoniae* de pacientes

ambulatoriais com infecção do trato urinário do município de Ribeirão Preto, localizado no Sudeste do Brasil, o estudo identificou cepas com perfil genético característico daquelas que provocam infecção hospitalar. Os resultados aumentam a preocupação sobre a vigilância epidemiológica relacionada à colonização em pacientes que recebem alta hospitalar, a fim de prevenir a ocorrência e a disseminação de infecções bacterianas multirresistentes na comunidade.

AZEVEDO, P. A. A.; FURLAN, J. P. R.; GONÇALVES, G. B.; GOMES, C. N.; GOULART, R. S.; STEHLING, E. G.; PITONDO-SILVA, A. Molecular characterisation of multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* belonging to CC258 isolated from outpatients with urinary tract infection in Brazil. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, v. 18, p. 74-79, 2019.

Sobre bactérias, é correto afirmar que:

01 as cianobactérias apresentam cloroplastos com a capacidade de realizar a fotossíntese bacteriana, o que auxilia a produção de oxigênio atmosférico.

02 a conjugação bacteriana é um processo de ganho de variabilidade, via recombinação entre duas bactérias (doadora e receptora), que pode promover resistência a determinado fármaco.

04 a parede celular das bactérias tem na sua composição peptidoglicano, uma gordura que possui capacidade impermeabilizante e que torna as bactérias resistentes aos antibióticos.

08 sua principal forma de reprodução é assexuada por brotamento, como na espécie *Escherichia coli*, presente no sistema digestório humano.

16 bactérias de várias formas podem unir-se e formar associações coloniais; destacam-se as colônias de bactérias espiroquetas, causadoras da tricomoníase.

32 seu material genético é constituído de DNA circular, disperso no citoplasma sem nenhuma membrana protetora.

Soma:

7. **Udesc 2014** As doenças bacterianas podem ser transmitidas pelo contato com alimentos e objetos contaminados, pelo contato sexual ou pela saliva dos portadores destas doenças. Assinale a alternativa que contém os nomes de doenças transmitidas apenas por bactérias.

a) doença de Chagas, sífilis, tétano, cólera e dengue.

b) meningite meningocócica, tuberculose, micose, ancilostomíase e giardíase.

c) ascaridíase, ancilostomíase, leishmaniose, sarampo e gonorreia.

d) dengue, leptospirose, giardíase, leishmaniose e herpes.

e) tuberculose, tétano, hanseníase, meningite meningocócica e cólera.

8. **Unicamp-SP** Um dos animais sinantrópicos mais importantes na área de Saúde Pública é o rato. Quando ocorrem enchentes, podem aparecer surtos de leptospirose humana. Qual é a relação entre as enchentes e os surtos de leptospirose?

9. **Unesp** Com relação às cáries dentárias, pode-se dizer que:
- a) todas as cáries produzem, inicialmente, sensações dolorosas que tendem a desaparecer à medida que a destruição atinge a dentina.
 - b) uma vez instaladas, é aconselhável o uso do fio dental no seu tratamento.
 - c) é o resultado de interação entre dente, bactérias patogênicas e dieta alimentar.
 - d) sua evolução não afeta outras partes do organismo.
 - e) as cáries que se instalam em dentes da primeira dentição não necessitam ser tratadas, uma vez que esses dentes serão substituídos pelos dentes da dentição permanente.

10. **Unesp** As doenças sífilis e cólera são causadas por bactérias, mas apresentam diferentes formas de contágio. Quais são essas formas?

11. **Fuvest-SP** Cólera e meningite epidêmica são doenças relativamente comuns no Brasil. Elas são transmitidas, respectivamente, por:
- a) bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos, e vírus, através da inalação de ar contaminado.
 - b) bactérias, através da inalação de ar contaminado, e bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos.
 - c) vírus, através da contaminação fecal de água e alimentos, e vírus, através da inalação de ar contaminado.
 - d) bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos, e vírus, através da contaminação fecal de água e alimentos.
 - e) bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos, e bactérias, através da inalação de ar contaminado.

12. **Unesp 2020** No romance *O amor nos tempos do cólera*, Gabriel García Márquez relata os primeiros contatos do jovem médico Juvenal Urbino, um dos três protagonistas do romance, com o cólera.

O cólera se transformou em obsessão. Não sabia a respeito mais do que aprendera na rotina de algum curso marginal, e lhe parecia inverossímil que há apenas trinta anos tivesse causado na França, inclusive em Paris, mais de cento e quarenta mil mortes. Mas depois da morte do pai aprendeu tudo que se podia aprender sobre as diversas formas do cólera, quase como uma penitência para dar descanso à sua memória, e foi aluno do epidemiólogo mais destacado do seu tempo [...], o professor Adrien Proust, pai do grande romancista. De modo que quando voltou à sua terra e sentiu vinda do mar a pestilência do mercado, e viu os ratos nos esgotos expostos e os meninos se revolvendo nus nas poças das ruas, não só compreendeu que a desgraça tivesse acontecido como teve a certeza de que se repetiria a qualquer momento.

(*O amor nos tempos do cólera*, 1985.)

A partir desse trecho, pode-se inferir que Juvenal Urbino

- a) se preocupou em combater, no século XX, o retorno da epidemia de cólera na França, principalmente em Paris, constatando que a doença era transmitida pela urina de ratos.
- b) tivera seu pai morto pelo cólera ainda no século XIX, o que o motivou a investigar as causas dessa doença, no caso, microrganismos eucariotos transmitidos por ratos que se proliferam nos esgotos.
- c) viveu na Europa da Idade Média, quando ocorria a grande epidemia de cólera e quando ainda se acreditava que a doença era transmitida por vapores pestilentos dos esgotos.
- d) temia uma epidemia de cólera em sua cidade natal e, ainda no século XVIII, aprendeu com seu professor que a falta de saneamento básico favorece os surtos dessa virose.
- e) se interessou pela doença entre o final do século XIX e o início do século XX, percebendo que as pessoas que entravam em contato com fezes contaminadas contraíam cólera, uma doença transmitida por bactérias.

13. **Fuvest-SP 2018** O botulismo provocou a morte de 1,1 mil cabeças de gado, no último mês de agosto, numa fazenda em Mato Grosso do Sul. A suspeita clínica inicial foi confirmada pelo exame das amostras de grãos úmidos de milho fornecidos aos animais, demonstrando a presença da toxina botulínica, que é produzida pela bactéria *Clostridium botulinum*. Considerando que a toxina botulínica bloqueia a transmissão neuromuscular, a morte dos animais deve ter sido decorrente de

- a) infecção generalizada.
- b) hemorragia interna.
- c) desidratação provocada por diarreia.
- d) acidente vascular cerebral.
- e) parada respiratória.

14. **PUC-Campinas** Sobre a sífilis e a gonorreia fizeram-se as seguintes afirmações.

- I. São causadas por vírus.
- II. Transmitem-se através do contato sexual.
- III. São assintomáticas, desde o início, tanto no homem quanto na mulher.
- IV. Gestantes infectadas podem transmiti-las aos filhos.
- V. Afetam apenas os órgãos genitais.
- VI. Não têm cura.

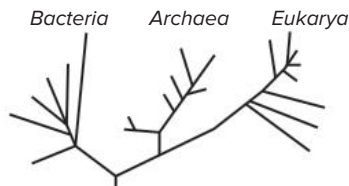
São verdadeiras as afirmações:

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

15. **Uece 2021** Em relação às doenças bacterianas, é correto afirmar que
- o uso inadequado de antibióticos contribui para a seleção de cepas resistentes e mais fáceis de serem tratadas com os antivirais tradicionais.
 - a cárie dentária é uma doença causada por bactérias que proliferam na boca.
 - as bacterioses podem afetar as mucosas, como é o caso da candidíase.
 - acontecem quando as bactérias vivem como parasitas e são combatidas por vacinas.

16. **Mackenzie-SP** Recentemente, surgiram casos de botulismo, devido à ingestão de palmito contaminado. Essa doença ocorre por ação de:
- bactérias.
 - fungos.
 - vírus.
 - protozoários.
 - vermes.

17. **Cespe/UnB-DF**



O esquema acima ilustra o sistema de classificação dos seres vivos com base em aspectos filogenéticos definidos por meio da comparação das sequências de RNA ribossômico de diferentes organismos. Os organismos do domínio Bacteria e Archaea são procariontes e os do domínio Eukarya são eucariontes. Com base nessas informações e no esquema apresentado, é correto afirmar que os organismos

- dos três domínios evoluíram de ancestrais diferentes.
- do domínio Archaea são constituídos de células com envoltório nuclear.
- do domínio Eukarya evoluíram a partir de um organismo do domínio Archaea.
- do domínio Eukarya estão filogeneticamente mais próximos dos organismos do domínio Archaea que dos organismos do domínio Bacteria.

18. **Fuvest-SP** Os antibióticos atuam contra os agentes causadores das seguintes doenças:
- tuberculose, coqueluche e hepatite.
 - tuberculose, sífilis e gripe.
 - tétano, sífilis e gripe.
 - tuberculose, coqueluche e sífilis.
 - coqueluche, sífilis e sarampo.

19. **UFMG** Dona Margarida observou que uma lata de sardinha estava estufada e resolveu não consumir o seu conteúdo. Assinale a alternativa que apresenta uma justificativa incorreta para a atitude de dona Margarida.

- O alimento pode conter toxinas produzidas por microrganismos.
- O alimento pode estar em processo de decomposição.
- Os gases responsáveis pelo estufamento da lata são tóxicos.
- Pode ter ocorrido falta de higiene durante o processo de embalagem.

20. **Fuvest-SP** A tabela seguinte apresenta algumas doenças, seus sintomas, formas de transmissão e agentes transmissores.

Doenças	Sintoma	Transmissão por	Agente transmissor
Tétano	Febre e rigidez muscular	I	II
III	Febre alta, tosse e manchas vermelhas na pele	Contato com indivíduos portadores da enfermidade	IV
Cólera	V	Ingestão de água ou alimentos contaminados	Bactéria

A tabela estará corretamente preenchida quando os espaços I, II, III, IV e V forem substituídos por:

- I – Feridas produzidas por objetos sujos de terra ou de esterco; II – Bactéria; III – Sarampo; IV – Vírus; V – Diarreia e vômitos.
 - I – Feridas produzidas por objetos sujos de terra ou de esterco; II – Vírus; III – Sarampo; IV – Vírus; V – Febre alta e dores de cabeça.
 - I – Penetração ativa através da pele e mucosas; II – Protozoário; III – Meningite; IV – Vírus; V – Diarreia e vômitos.
 - I – Ingestão de água ou alimentos contaminados; II – Bactéria; III – Meningite; IV – Bactéria; V – Febre alta e dores de cabeça.
 - I – Ingestão de água ou alimentos contaminados; II – Bactéria; III – Malária; IV – Bactéria; V – Alterações do sistema nervoso.
21. **UFMG** De acordo com a Unicef, mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo não têm acesso à água tratada e fluoretada, procedimentos reconhecidamente eficazes na redução da incidência de muitas doenças. Todas as alternativas apresentam exemplo dessas doenças, exceto:
- febre tifoide.
 - diarreia.
 - tuberculose.
 - cárie dentária.
22. **Unioeste-PR 2018** A sífilis é uma doença infectocontagiosa que tem causado grande preocupação nos últimos anos devido ao aumento no número de casos diagnosticados em todas as regiões do Brasil. Dados do Ministério da Saúde mostram que o número de casos notificados da sífilis adquirida saltou de 1.249 em 2010, para 65.878 em 2015, um aumento de mais de 5.000%.

(Fonte: Adaptado de <http://g1.globo.com/globo-news/noticia/2017/04/sifilis-volta-ser-uma-epidemia-no-brasil-apesar-do-tratamento-rapido.html>. Acesso: 24-08-2017).

Sobre esta doença, é CORRETO afirmar que

- a) é causada pela bactéria *Treponema pallidum*, pode ser prevenida por vacinação e tratada com antibióticos à base de penicilina.
- b) é uma doença sexualmente transmissível que pode ser transmitida também da mãe para o feto durante a gravidez (sífilis congênita).
- c) é uma doença que não tem cura e a maneira de se evitar é pela utilização de preservativos durante as relações sexuais.
- d) nas fases em que a doença encontra-se latente no organismo, o indivíduo infectado apresenta sintomas, tais como lesões na pele e nas mucosas, mas não transmite a doença.
- e) o estágio inicial, denominado sífilis primária, é caracterizado por alterações no sistema nervoso central, demência, paralisia e cegueira.

23. Unicamp-SP 2018 Em 2016, a Organização Mundial de Saúde (OMS) apresentou novas diretrizes para o tratamento de três doenças sexualmente transmissíveis: sífilis, gonorreia e clamídia. 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.

24. PUC-Campinas Entre as doenças sexualmente transmissíveis, são causadas por bactérias:

- a) a sífilis, a gonorreia e a pediculose pubiana.
- b) o cancro mole, a tricomoníase e a gonorreia.
- c) o condiloma acuminado, a sífilis e a Aids.
- d) a sífilis, o cancro mole e a gonorreia.
- e) a pediculose pubiana, a tricomoníase e a Aids.

25. Unicamp-SP Estima-se que um quarto da população europeia dos meados do século XIX tenha morrido de tuberculose. A progressiva melhoria da qualidade de vida, a descoberta de drogas eficazes contra a tuberculose e o desenvolvimento da vacina BCG fizeram com que a incidência da doença diminuísse na maioria dos países. Entretanto, estatísticas recentes têm mostrado o aumento assustador do número de casos de tuberculose no mundo, devido à diminuição da eficiência das drogas usadas e à piora das condições sanitárias em muitos países.

- a) Qual é o principal agente causador da tuberculose humana?
- b) Como essa doença é comumente transmitida?
- c) Explique por que a eficiência das drogas usadas contra a tuberculose está diminuindo.

26. UEPG-PR Sobre o botulismo, assinale o que for correto.

- 01 A intoxicação é devida à toxina presente no alimento consumido.
- 02 Seu agente é o bacilo *Clostridium botulinum*.
- 04 Causa danos ao sistema nervoso e pode levar à morte.
- 08 Seu agente vive no solo e pode contaminar alimentos manuseados e industrializados em condições precárias de higiene.
- 16 É provocado pela ingestão de uma bactéria que encontra no organismo humano condições ideais para seu desenvolvimento.

Soma:

27. UFPR A peste bubônica é causada por *Yersinia pestis*, um bacilo pequeno, gram-positivo e que, no século XIV, dizimou aproximadamente 25% da população europeia em uma epidemia que influenciou o curso da história.

O reservatório animal são roedores silvestres, como marmotas e esquilos e roedores urbanos, como os ratos. São as pulgas de ratos contaminados que, pelas picadas, transmitem a bactéria para outros ratos e para os homens, ocasionando nestes últimos a peste bubônica. Com a multiplicação extensa das bactérias no pulmão humano, o que resulta em broncopneumonia e em um grande número de bactérias no escarro, a infecção pode se espalhar de pessoa para pessoa através das gotículas das secreções aéreas. Trata-se aí da peste bubônica pneumônica.

Com base nessas informações, é correto afirmar:

- 01 *Yersinia pestis* é um bacilo que utiliza a pulga de roedores urbanos como reservatório.
- 02 A pulga-do-rato é o vetor da peste bubônica.
- 04 A peste bubônica em todas as suas formas é transmitida de pessoa para pessoa.
- 08 A peste pneumônica tem transmissão interpessoal.
- 16 Roedores silvestres e urbanos podem ser portadores de *Yersinia pestis*.

Soma:

28. UFRJ

Surto de cólera atinge centenas de pessoas na cidade paranaense de Paranaguá

Num período de apenas 12 dias, entre 26 de março e 7 de abril, mais de 290 habitantes da cidade de Paranaguá, no estado do Paraná, foram parar em hospitais com forte diarreia e uma perigosa desidratação. O cólera voltou a atacar – e com força.

Época, 12 abr. 1999, p. 68 (Adapt.).

- Identifique o reino a que pertence o agente etiológico do cólera.
- Cite duas formas de prevenção contra essa doença.

- 29. UEL-PR 2018 (Adapt.)** A Peste Negra, ou Morte Negra, era assim chamada porque no seu desenvolvimento provocava hemorragias subcutâneas, que assumiam uma coloração escura no momento terminal da doença. A morte dava-se entre três e sete dias, depois de contraída a patologia, e levava de 75 a 100% dos acometidos. O agente causador da peste era transmitido pelo rato, por meio das pulgas e sua penetração na pele humana causava uma adenite aguda, que recebia o nome de “bubão”, principal sintoma da doença. Daí também o nome de peste bubônica.

(SIMONI, K. De peste e literatura: imagens do Decameron de Giovanni Boccaccio. *Anuário de Literatura Umbral*. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/literatura/article/viewFile/5447/4882>. Acesso em: 27 jun. 2017.)



A dança macabra. Xilogravura italiana de 1486. (FRANCO JUNIOR, H. A idade Média, nascimento do Ocidente. SP: Brasiliense, 2006. p. 30.)

Com base no texto, assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o agente etiológico e o modo de transmissão da Peste Negra.

- Um protozoário, adquirido pelo contato com as fezes da pulga que defeca ao picar.
 - Uma bactéria, transmitida através da picada da pulga contaminada.
 - Um protozoário, transmitido pela saliva da pulga contaminada.
 - Uma bactéria, adquirida pelo contato com as fezes da pulga através do ferimento da picada.
 - Um vírus, transmitido pela picada da pulga contaminada.
- 30. PUC-Minas** O botulismo é uma intoxicação resultante da ingestão de alimentos que contenham uma toxina produzida durante o crescimento da bactéria esporulada *Clostridium botulinum*. Os esporos resistem ao aquecimento a 100 °C por 3-5 horas, mas a toxina, que é uma proteína, é destruída em apenas 20 minutos nas mesmas condições. A toxina botulínica é um dos venenos mais letais conhecidos pelo homem, sendo que 1-2 microgramas são suficientes para provocar a morte. Ela age nas sinapses dos nervos motores e nas junções neuromusculares (placa motora), impedindo a liberação de acetilcolina. Os sintomas aparecem 18-24 horas após a ingestão do alimento tóxico, na forma de visão dupla, dificuldades na deglutição e na fala, e progridem até levar o indivíduo à morte por asfixia. Atualmente, essa toxina, em concentrações extremamente baixas, vem sendo comercializada com o nome de Botox, e usada em terapias para a eliminação de rugas e outras marcas de expressão facial. Com base no texto e em seus conhecimentos sobre o assunto, assinale a alternativa errada.
- O aquecimento do alimento a 100 °C por tempo superior a 20 minutos, imediatamente antes do seu consumo, elimina o perigo de intoxicação pela toxina botulínica.
 - O uso de antibiótico eficiente contra o *Clostridium botulinum* em pacientes que tenham ingerido alimentos contaminados com esse microrganismo é estratégia eficiente para evitar o botulismo em adultos.
 - A asfixia, referida no texto, ocorre por paralisia dos músculos responsáveis pela expansão da caixa torácica.
 - Os esporos bacterianos são formas de resistência que, se não destruídos, podem germinar após o aquecimento.
 - O uso de antitoxina botulínica e a manutenção de ventilação pulmonar por respirador mecânico podem fazer parte do tratamento para salvar indivíduos intoxicados.

- 31. UFSM-RS** As doenças bacterianas são um grave problema de saúde pública, especialmente nas áreas urbanas onde ocorre ocupação desordenada. O acúmulo de lixo, o armazenamento inadequado de grãos em armazéns ou silos, os restos de alimentos perecíveis sem acondicionamento adequado e o esgoto a céu aberto são fatores que favorecem o aparecimento de:
- a) sífilis. b) difteria. c) toxoplasmose. d) leptospirose. e) malária.

- 32. Unesp** A cidade de São Paulo, atravessada por dois grandes rios, Tietê e Pinheiros, e seus inúmeros afluentes, é frequentemente assolada por grandes enchentes nos períodos chuvosos. Após as enchentes, seguem-se casos de leptospirose. Um político, em sua campanha, propõe acabar com a doença, adotando as cinco medidas seguintes.

- I. Exterminar o maior número possível de ratos.
II. Aplicar semanalmente inseticidas nas margens dos rios.
III. Multar as famílias que acumulam água nos fundos dos quintais.
IV. Evitar o acúmulo de lixo próximo a residências e margens dos rios.
V. Desenvolver campanha para estimular o uso de calçados, principalmente em dias de chuva.

As medidas que, de fato, podem contribuir para acabar com a leptospirose são:

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

- 33. Unesp** Na música “Vila do sossego”, composta e gravada por Zé Ramalho, encontramos os versos:

Meu treponema não é pálido, nem viscoso. Os meus gametas se agrupam no meu som.

Os versos aparentemente fazem referência a um microrganismo causador de uma doença sexualmente transmissível.

- a) A qual grupo (vírus, bactéria ou protozoário) e espécie pertence esse microrganismo? Qual a doença que causa?
b) Se essa é uma doença sexualmente transmissível, como explicar o fato de algumas crianças, filhas de mães não tratadas, nascerem com lesões no sistema nervoso central?

- 34. UFSC 2014** No outono de 1347, a frota genovesa regressou à Itália levando nos porões não somente especiarias da Índia, mas também os ratos negros da Ásia, portadores da Peste Negra. Cerca de quatro quintos da população de Florença morreria durante os 12 meses seguintes, despovoando a cidade de tal maneira que foi preciso importar escravos tártaros e circassianos para minorar a escassez de mão de obra [...].

KING, Ross. *O domo de Brunelleschi*. São Paulo: Record, 2013. p. 17.

A Peste Negra, também conhecida como Peste Bubônica, é uma das muitas doenças causadas pela ação de bactérias, especificamente a bactéria *Yersinia pestis*.

Analisar as proposições a seguir e indique a soma da(s) **CORRETA(S)**.

- 01** A *Yersinia pestis* também é o agente causador de doenças como a gonorreia e a sífilis.
02 A transmissão da Peste Negra aos humanos ocorre pela picada de pulgas infectadas com a bactéria *Yersinia pestis*.
04 O controle da Peste Negra na Idade Média só foi possível com o uso de antibióticos.
08 A Peste Negra, com certeza, foi uma pandemia que assolou a humanidade na Idade Média.
16 Nos tempos atuais, devido ao uso de antibióticos, não são mais registrados casos de Peste Negra.
32 O escorbuto, doença comum nos tempos das grandes navegações, era causado por uma bactéria encontrada na água contaminada dos barcos que navegavam por meses em viagens transatlânticas.

Soma:

- 35. Uece 2014** Os seres humanos têm um gosto bastante peculiar. Sol, temperatura amena, ar fresco e bebidas refrescantes podem fazer a alegria de qualquer pessoa, mas seriam desagradáveis e até mortais para outros organismos. É que, na natureza, muitas espécies se especializaram em viver em ambientes tão diferentes do nosso que jamais se contentariam com sombra e água fresca. Para esses bichos, bons mesmo são lugares escaldantes, congelantes, com extremos de pressão, toxinas aos montes, falta de água ou de oxigênio. São os chamados seres extremófilos, os habitantes dos piores lugares do planeta.

Super Interessante. Rafael Kenski. Disponível em:

<http://super.abril.com.br/mundo-animado/vida-extremo444248.shtml>

No que concerne aos seres extremófilos, é correto afirmar-se que

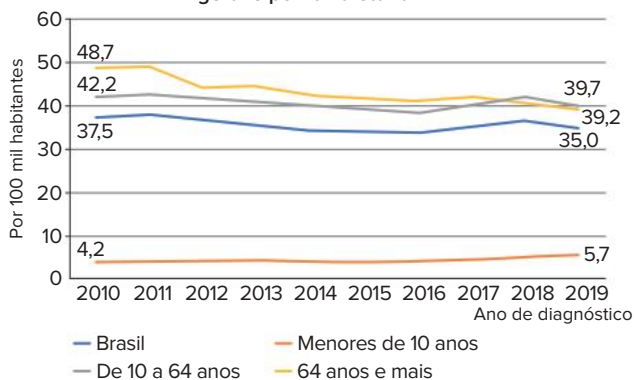
- a) termófilos são organismos que vivem em ambientes com temperaturas extremamente baixas, como nas fontes hidrotermais oceânicas de origem antártica.
b) halófilos são seres que sobrevivem em elevadas concentrações de sais.
c) barófilos são organismos que vivem a pressões muito baixas, como nas fossas submarinas, em grandes profundidades.
d) acidófilos e alcalófilos são os seres vivos que habitam meios muito básicos e muito ácidos, respectivamente.

BNCC em foco

EM13CNT304

1. Em geral, há tosse, com eliminações esporádicas de sangue dos pulmões ao tossir, febre e dificuldade para respirar. Os suores noturnos resultam da elevação da temperatura corporal em razão da febre. Além disso, o doente pode emagrecer bastante e cansa-se mais facilmente.
 - a) O conjunto de sintomas acima indica uma infecção bacteriana, de progressão relativamente lenta. De que infecção se trata e qual é sua causa?
 - b) Como essa doença é transmitida e como pode ser prevenida? Se necessário, faça uma pesquisa.
 - c) Se não tratada, a infecção pode matar; se tratada com antibióticos, por no mínimo seis meses, pode ser eliminada. Acontece que, nas primeiras semanas do tratamento, o paciente sente-se tão bem que, muitas vezes, abandona o tratamento. Explique por que isso pode trazer consequências graves para a sua saúde.
 - d) Observe o gráfico a seguir, com a evolução dos casos dessa doença no Brasil em um período de 10 anos.

Taxa de incidência dessa infecção no Brasil: geral e por faixa etária



Fonte: Boletim Epidemiológico. Secretaria de Vigilância em Saúde. Ministério da Saúde. Disponível em: www.saude.gov.br/images/pdf/2020/marco/24/Boletim-tuberculose-2020-marcas--1-.pdf. Acesso em: 20 nov. 2021.

De acordo com o gráfico, houve um aumento no número de casos da doença em crianças no período. Como isso pode ser explicado?

EM13CNT303

2. Leia o texto.

Um experimento de um ano de duração, conduzido por pesquisadores da Universidade de Arkansas [EUA], mostrou que a probabilidade de haver vida em Marte é maior do que imaginávamos. O experimento comprovou que micróbios seriam capazes de sobreviver no planeta, apesar de seu ambiente pouco convidativo.

O estudo avaliou a capacidade de organismos metanogênicos sobreviverem na atmosfera marciana. Os metanogênicos estão entre as formas de vida mais simples de todas, e recebem esse nome porque produzem metano com sua respiração. Na Terra, eles são encontrados

em pântanos ou manguezais, ou dentro dos intestinos de bovinos. Eles não necessitam de oxigênio ou de luz para viver, pois se alimentam de hidrogênio. Por isso, eles seriam candidatos ideais para sobreviver em Marte.

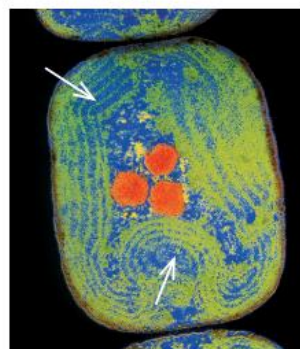
Lá, eles precisariam ficar um pouco abaixo da superfície terrestre para se proteger de radiação ultravioleta. No entanto, a pressão atmosférica nessa região poderia ser um problema: isso porque ela é de cem a mil vezes menor que a pressão atmosférica na Terra (dependendo da época do ano): nessa pressão, a água evapora rapidamente, o que poderia inviabilizar a sobrevivência dos metanogênicos. [...]

SUMARES, Gustavo. Cientistas provam que micróbios podem sobreviver em Marte. *Olhar Digital*, 23 jan. 2017. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/ciencia-e-espaco/noticia/cientistas-provam-que-microbios-podem-sobreviver-em-marte/65519>. Acesso em: 20 nov. 2021.

- a) Os organismos citados no texto são unicelulares e fazem parte de um grupo denominado extremófilo. Como se caracteriza a célula desses organismos? Justifique.
- b) Por que os pesquisadores acreditam que organismos metanogênicos possam viver em Marte?

EM13CNT201

3. Veja a imagem a seguir, que destaca um microrganismo.



Dr. Kari Lounatmaa/Science Photo Library/Fotorena

Eletromicrografia de transmissão, (colorida artificialmente; aumento de cerca de 24 mil vezes).

Os tilacoides, apontados na imagem, constituem um sistema de membranas onde estão dois tipos de pigmentos, a clorofila a e a ficocianina, responsáveis pela coloração verde-azulada desses organismos. A parede celular contém peptidoglicano. As estruturas hexagonais coloridas em laranja no centro da célula são inclusões de polifosfato, polímero de reserva de fosfato inorgânico.

- a) Que tipo de microrganismo é esse? Justifique sua resposta.
- b) O que se pode afirmar a respeito do modo de nutrição desse organismo? Explique.
- c) Nas hipóteses a respeito da origem da vida na Terra, ancestrais desses microrganismos teriam estado entre as primeiras formas de vida do planeta e teriam contribuído para mudar radicalmente o ambiente terrestre. De que maneira isso supostamente aconteceu?



Elctromicrografia de varredura de vírus SARS-CoV-2 (esferas vermelhas), causadores da covid-19, sendo liberados de uma célula (em branco). (Colorida artificialmente. Aumento de cerca de 50 mil vezes.)

FRENTE 2

CAPÍTULO

8

Vírus

Muitas vezes, os cientistas divergem em relação a um tema. No caso dos vírus, alguns cientistas defendem que eles são seres vivos e outros negam essa condição. Mas, sejam ou não seres vivos, os vírus podem causar doenças com enorme impacto na sociedade, como a covid-19. Por isso, entender as características e os mecanismos de ação dos diferentes tipos de vírus que surgem ao longo do tempo se mostra cada vez mais necessário.

Características gerais dos vírus

Uma característica marcante dos vírus é que eles são **acelulares**, ou seja, não são constituídos por células. Sua organização é bem mais simples que qualquer célula existente, pois não possuem citosol, membrana plasmática ou organelas (como ribossomos, mitocôndrias, retículo endoplasmático etc.).

Vírus são **parasitas intracelulares obrigatórios**; comportam-se como parasitas de bactérias (**fagos** ou **bacteriófagos**), de animais ou de vegetais. Há ainda vírus que parasitam fungos, algas ou arqueas.

Os vírus não apresentam metabolismo próprio nem realizam funções vitais como nutrição, respiração e excreção. No entanto, compartilham algumas características dos outros organismos, como capacidade de reprodução (que ocorre no interior de células hospedeiras), material genético e ocorrência de mutações. Além disso, pode-se considerar que os vírus evoluem. Assim, alguns autores consideram os vírus seres vivos muito simples, enquanto outros discordam, já que eles não possuem célula nem apresentam metabolismo próprio.

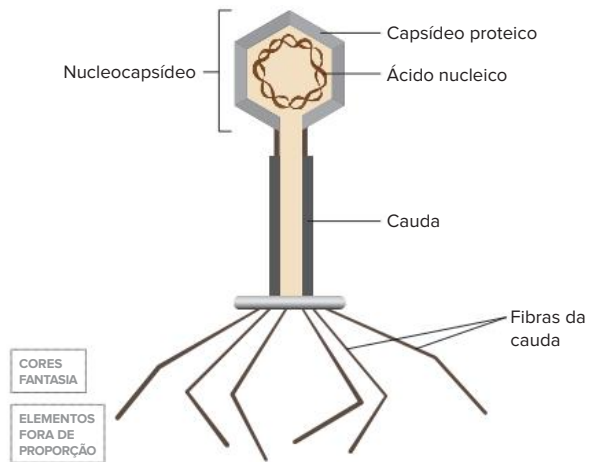
Vírus não podem ser cultivados em meios de cultura que contenham apenas nutrientes. Seu cultivo só é possível em meios de cultura contendo células, já que se trata de parasitas intracelulares obrigatórios. Para pesquisas científicas, muitos vírus são cultivados em células de embrião de galinha.

Os vírus podem causar a ruptura das células que parasitam (efeito citolítico). Há vírus que induzem as células hospedeiras a se dividir (efeito citocinético); em alguns casos, isso pode estar associado ao câncer. O HPV (vírus do papiloma humano) é o agente etiológico de uma infecção sexualmente transmissível (IST) e provoca uma lesão conhecida popularmente como crista de galo (condiloma), que afeta o pênis e o colo do útero. O HPV tem sido relacionado a casos de câncer de colo do útero.

Estrutura dos vírus

Vírião é uma unidade viral completa; é o aspecto que o vírus apresenta quando, por exemplo, encontra-se fora da célula que ele parasita. Tem material genético constituído por DNA ou RNA; raramente um vírus possui os dois tipos de ácido nucleico. Quanto ao ácido nucleico, um vírus pode ser classificado em **retrovírus**, que é aquele que contém a enzima **transcriptase reversa**, uma molécula que sintetiza DNA a partir do RNA viral na célula hospedeira.

Em muitos tipos de vírus, o ácido nucleico é envolvido pelo **capsídeo proteico**. O conjunto constituído por capsídeo e material genético é denominado **nucleocapsídeo**. Em vários tipos de bacteriófago, distinguem-se três partes: cabeça, cauda e fibras de cauda. A **cabeça** é a região mais volumosa e contém o material genético. A **cauda** é cilíndrica e alongada; em sua extremidade encontram-se as **fibras da cauda**, que contribuem para a ligação do bacteriófago à parede da bactéria que o vírus vai parasitar.



Estrutura de um tipo de bacteriófago.

Alguns vírus, como os que causam herpes, apresentam ainda um envoltório denominado **envelope lipídico**. O vírus *Herpes simplex* causa pequenas lesões na região dos lábios e de órgãos genitais, podendo ter transmissão sexual (IST). O envelope viral é obtido na célula em que o vírus foi gerado; em sua superfície há glicoproteínas (associação entre proteínas e carboidratos) que facilitam a interação com uma célula que o vírus vai parasitar.

Podemos identificar duas categorias de vírus: envelopados e não envelopados. Muitos vírus parasitas de animais são **envelopados**, como o do herpes, o HIV (da aids) e o da *influenza* (gripe). Os **não envelopados** são, geralmente, vírus que parasitam plantas e bactérias (bacteriófagos). Alguns vírus de animais são dessa categoria, como o causador de poliomielite (paralisia infantil) e o HPV.

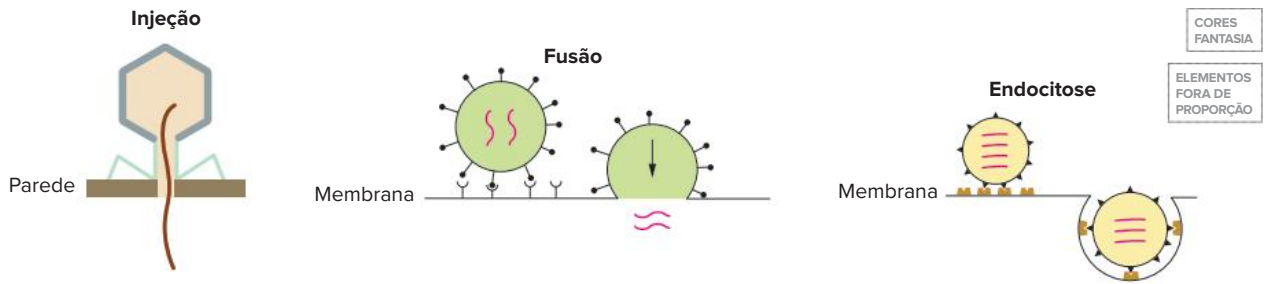
Vírus envelopados (envelope membranoso + capsídeo proteico + ácido nucleico)	Vírus não envelopados (capsídeo proteico + ácido nucleico)
Em sua maioria, são vírus de animais. <ul style="list-style-type: none">• Vírus do herpes• HIV• <i>Influenza</i>	Vírus que infectam diferentes tipos de organismo. <ul style="list-style-type: none">• Vírus de plantas• Bacteriófagos• HPV• Vírus da poliomielite

Características e exemplos de vírus envelopados e não envelopados.

Penetração de vírus na célula hospedeira

A entrada de vírus na célula hospedeira pode ocorrer de três modos principais:

- **injeção de ácido nucleico:** apenas o ácido nucleico penetra na célula hospedeira; o capsídeo fica do lado de fora da célula. Ex.: bacteriófagos.
- **fusão:** o envelope viral funde-se com a membrana plasmática e ocorre a liberação do material genético. Ex.: HIV.
- **endocitose:** a célula engloba o vírus; o material genético viral é liberado. Ex.: *influenza*.



Modos de entrada dos vírus na célula hospedeira.

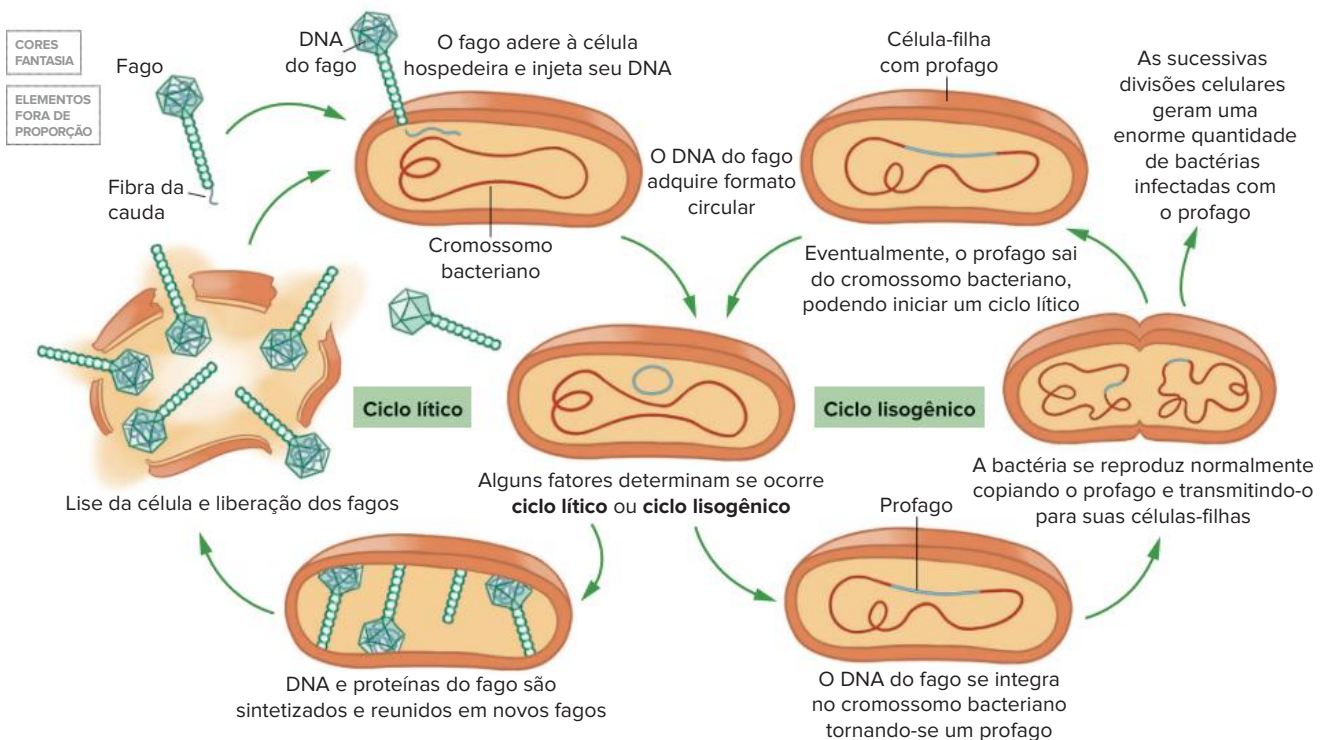
Transmissão de vírus

Com os casos mencionados, já foi possível perceber que a transmissão de vírus pode ocorrer por meio de relações sexuais, como nos casos de HIV, HPV e herpes. No entanto, há outras formas de transmissão de doenças virais, listadas a seguir:

- ar (gotículas): *influenza*, SARS-CoV-2;
- lesões e contato com sangue contaminado: HIV, hepatite B;
- água e alimentos contaminados: hepatite A;
- animais: raiva (cães, gatos, morcegos), dengue e febre amarela (mosquito *Aedes aegypti*).

Bacteriófagos

Bacteriófagos apresentam dois tipos de ciclo de infecção: lítico e lisogênico. No **ciclo lítico**, o vírus invade a célula, multiplica-se em seu interior e provoca a sua ruptura. Esse processo inicia-se com a ligação do vírus à parede da bactéria; depois, o vírus libera de sua cauda certa quantidade da enzima lisozima, que digere parte da parede da bactéria e gera um orifício, por onde o fago introduz seu DNA na célula hospedeira. O DNA viral passa a comandar as atividades metabólicas da célula invadida. Utilizando o equipamento molecular da bactéria, o DNA viral promove sua replicação, gerando dezenas de cópias idênticas. Esse DNA passa a realizar transcrição, gerando moléculas de RNA mensageiro viral, que se unem a ribossomos bacterianos, orientando a síntese de proteínas virais. Quando há proteínas e DNA do vírus no citosol bacteriano, ocorre o processo de montagem das unidades virais, formando dezenas de vírions. A parede bacteriana sofre lise (com a atividade da lisozima) e ocorre a liberação de vírus que poderão infectar outras células bacterianas compatíveis.

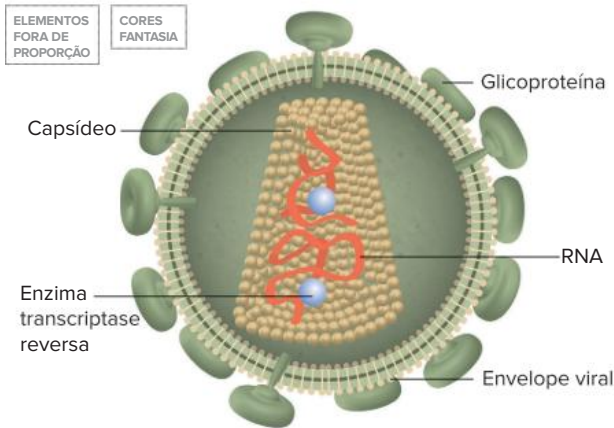


Bacteriófagos podem ter ciclo lítico (representado à esquerda) ou ciclo lisogênico (mostrado à direita).

No ciclo **lisogênico**, o vírus invade uma célula, e seu DNA liga-se ao DNA da célula, formando uma estrutura chamada **profago**. O DNA viral multiplica-se com o DNA bacteriano; são geradas muitas bactérias, todas contendo DNA viral. O vírus na forma de profago não exerce efeito danoso no metabolismo bacteriano e permanece em latência. Em uma das descendentes da bactéria, o DNA viral inicia a formação de novas unidades virais inteiras, passando a apresentar caminho similar ao processo lítico. A célula é rompida, e vírus inteiros são liberados, podendo infectar outras bactérias.

HIV

HIV significa “vírus da imunodeficiência humana” e está relacionado à **aids** ou **sida** (síndrome da imunodeficiência adquirida). O HIV é um vírus envelopado de **RNA**. Seu envoltório lipídico tem glicoproteínas na superfície, o que permite a ligação com receptores da membrana da célula que vai ser parasitada. No interior do envelope viral há o capsídeo proteico, que envolve duas moléculas de **RNA**, junto ao qual se encontram enzimas **transcriptase reversa** e **integrase**.



Estrutura do vírus da imunodeficiência humana.

A transmissão do HIV pode ocorrer por relações sexuais, transfusão com sangue contaminado ou por compartilhamento de seringas e equipamentos (cirúrgicos ou odontológicos) sem a esterilização adequada. Pode ainda ocorrer transmissão de mãe para filho durante a gravidez (via placenta), no parto e depois do nascimento (pelo leite).

Esse vírus tem afinidade por células do sistema imunitário, como os **linfócitos T4** ou **CD4**; essas células constituem um tipo de glóbulo branco ou leucócito. O sistema imunitário será posteriormente estudado em Fisiologia, mas agora são apresentadas algumas noções. Os linfócitos T4 estimulam os linfócitos B do organismo, que se multiplicam e se diferenciam em células conhecidas como plasmócitos, responsáveis pela produção de anticorpos (proteínas de defesa).

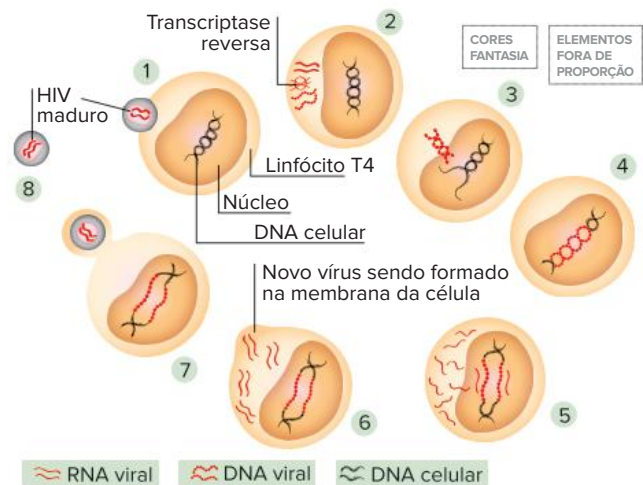
Uma pessoa que contrai o HIV poderá ter redução do número de linfócitos T4, o que compromete suas defesas imunitárias, levando-a a um estado de imunodeficiência, isto é, há uma redução acentuada de sua capacidade de defesa contra qualquer microrganismo ou vírus. Dessa maneira, o indivíduo torna-se mais vulnerável a infecções bacterianas (tuberculose, meningite, pneumonia), por fungos (candidíase ou “sapinho”) ou por vírus. Assim, infecções comuns que em geral são facilmente combatidas pelo sistema imunitário humano passam a causar grandes transtornos e podem levar o indivíduo à morte.



Gráfico representativo do número de linfócitos T4 em indivíduo portador de HIV.

O HIV é um retrovírus: possui RNA e, a partir dele, sintetiza DNA, em um processo de **transcrição ao contrário**, mediada pela enzima transcriptase reversa. O DNA viral une-se ao DNA humano no interior do núcleo, com o auxílio da proteína integrase, e o vírus fica em sua forma mais simplificada, conhecida como **provírus**. Do núcleo, o DNA viral realiza transcrição, servindo de molde para a produção de RNA mensageiro viral, que orienta os ribossomos dos linfócitos T4 na síntese de proteínas virais.

As proteínas produzidas nos ribossomos do linfócito são quebradas pela atividade das enzimas proteases, o que gera proteínas menores, cada uma com função específica: enzimas (transcriptase reversa, protease, integrase), componentes do envoltório lipídico e do capsídeo. O RNA viral é gerado por transcrição no núcleo do linfócito. RNA e proteínas virais agrupam-se em uma evaginação de parte da membrana plasmática do linfócito, gerando o envelope lipídico; os demais componentes são posicionados adequadamente, e é gerado um novo vírion, que se desprende do linfócito de maneira similar a um processo de brotamento. Os vírions gerados poderão atacar outros linfócitos ou ser transmitidos a outras pessoas.

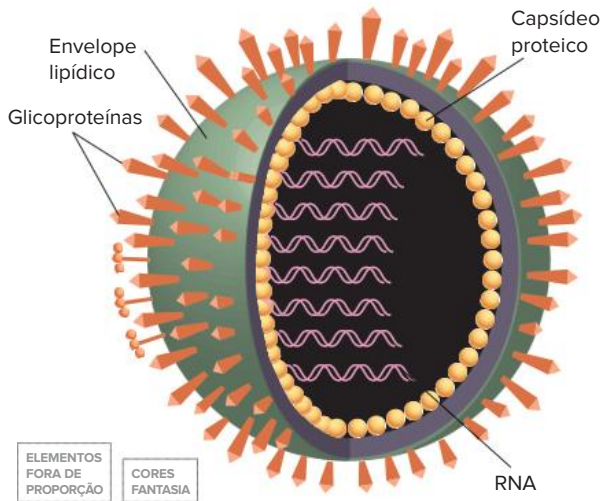


O HIV consegue aderir à célula hospedeira e libera seu RNA. Por ação da transcriptase reversa, é produzido DNA viral, que se liga ao DNA do núcleo da célula hospedeira (provírus). O provírus comanda a síntese de proteínas virais no interior do linfócito T4. Posteriormente, ocorre a montagem de vírions e sua liberação da célula.

Há uma vacina contra a aids, ainda em fase de testes. Porém, ainda não há nenhuma vacina capaz de assegurar proteção completa e segurança aos seres humanos. No entanto, estão disponíveis alguns medicamentos anti-HIV que atuam no ciclo do vírus e impedem seu desenvolvimento. O “coquetel” anti-aids é uma associação de drogas antivirais. Cada medicamento age em um ponto diferente do metabolismo viral, por exemplo, impedindo a atuação da transcriptase reversa ou a ação das proteases. Inúmeros pacientes portadores de HIV que foram medicados corretamente tiveram o bloqueio da multiplicação do vírus e recuperaram as boas condições de saúde. Contudo, a medicação não elimina os vírus, que se mantêm no portador, geralmente na forma de provírus, em células do organismo. Isso significa que aids não tem cura, mas é possível preveni-la e controlá-la.

H1N1

Causador da gripe A, ou gripe suína, o vírus H1N1 é envelopado e dotado de **RNA**. O envelope de lipídeos apresenta glicoproteínas em sua superfície, que permitem a interação com a célula que o vírus parasita. Existem duas modalidades dessas glicoproteínas: **hemaglutinina (H)** e **neuraminidase (N)**. Abaixo do envelope encontra-se o capsídeo proteico, que contém oito moléculas de RNA. A diferença entre os diversos tipos de vírus da gripe (suína, aviária etc.) está nessas oito moléculas, que determinam, entre outras características, o tipo de hemaglutinina e de neuraminidase do vírus, que refletem em maior ou menor capacidade de infecção.



Aspecto tridimensional do H1N1, com suas moléculas de RNA no interior dos envoltórios.

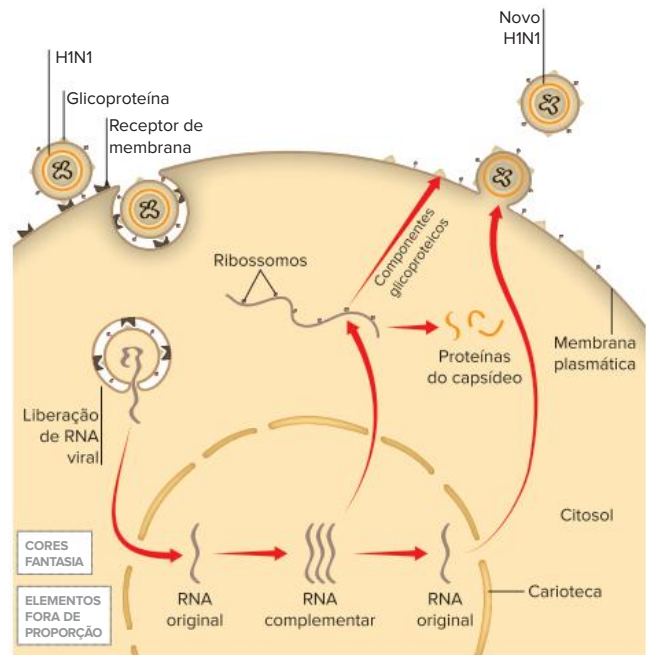
O H1N1 tem afinidade por células do trato respiratório, incluindo a área alveolar, o que pode prejudicar as trocas gasosas e levar o paciente à morte. Sua transmissão é feita por gotículas (tosse, espirro), e o vírus pode permanecer no ambiente por muitas horas, mantendo sua capacidade infectante. Além de veiculado por gotículas no ar, o vírus pode ser transmitido pelo contato entre as mãos infectadas do portador e as mãos de outra pessoa, que pode se contaminar levando a mão aos olhos, ao nariz ou à boca.

Há uma interação entre as glicoproteínas do envelope e os receptores da membrana da célula do trato respiratório. O vírus penetra por um processo de invaginação da membrana (endocitose); seus envoltórios são retirados no interior do citosol, e o RNA viral é liberado.

O RNA original do vírus vai para o núcleo da célula e serve de molde para a produção de RNA complementar, que atua como RNA mensageiro. Há dois destinos para o RNAm viral:

- Um grupo de moléculas vai para o citoplasma e liga-se a ribossomos, orientando a síntese de proteínas virais. Essas proteínas são de dois tipos: as componentes do capsídeo e as componentes das glicoproteínas, que aderem à superfície externa da membrana plasmática e serão empregadas na formação do envelope viral.

- Outro grupo de moléculas de RNAm viral serve de molde para a produção de moléculas complementares, que são do mesmo tipo do RNA original do vírus quando ele ingressou na célula. Essas moléculas produzidas passam para o citoplasma e vão para um ponto da membrana plasmática, já dotada de glicoproteínas; para esse ponto também se dirigem proteínas do capsídeo. Ocorre uma evaginação da membrana, e um novo H1N1 é liberado.



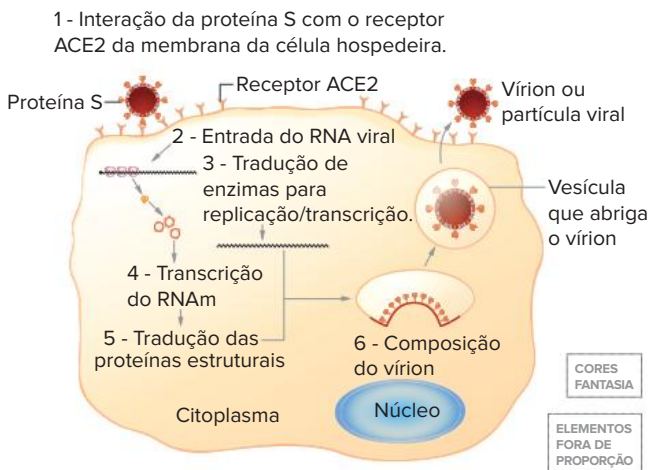
Processo de entrada do H1N1 e produção de novos vírions.

Novos vírus podem atacar outras células do hospedeiro ou ser disseminados para o ambiente por meio de gotículas e infectar outras pessoas. Como se vê, não ocorre a produção de DNA no ciclo reprodutivo do H1N1. Podemos notar que o RNA do vírion de H1N1 serve de molde para a produção de RNA mensageiro; por isso, o H1N1 é considerado um vírus de **cadeia**, pois as bases nitrogenadas do seu RNA são complementares às bases do RNA mensageiro.

SARS-CoV-2

O vírus causador da covid-19 tem **RNA** de fita simples como seu material genético, pertence ao grupo dos coronavírus e é transmitido, principalmente, de pessoa a pessoa por meio de secreções contaminadas, como gotículas de saliva, ou pelo contato com aerossóis carregados com partículas virais. No interior do corpo humano, o SARS-CoV-2 invade principalmente as células do epitélio respiratório, processo relacionado à interação proteica ou endocitose. O envelope do coronavírus é estruturalmente semelhante à membrana das células eucariontes. Proteínas virais S (de "Spike") interagem com a porção polar dos receptores celulares ACE2, permitindo a introdução do material genético viral na célula hospedeira. O vírus utiliza o maquinário celular para produção de suas estruturas, permitindo a tradução

das enzimas necessárias para os processos de replicação e transcrição. Os vírions formados são liberados e possibilitam a contaminação de novas células.



Representação da contaminação de um vírus SARS-CoV-2 em uma célula.

Arbovírus

São vírus transmitidos por artrópodes, principalmente mosquitos. No Brasil, os casos principais são os vírus da **dengue**, da **febre zika** e da **febre amarela**, pertencentes ao grupo dos *Flavivirus*, que são vírus de **RNA** envelopados. Em meio urbano, essas doenças são transmitidas pela picada do mosquito *Aedes aegypti* e, no caso do zika vírus, também do *Aedes albopictus*. A febre amarela tem transmissão, em regiões de floresta ou de cerrado, pelo mosquito *Haemagogus* sp. A dengue só afeta seres humanos, enquanto a febre amarela afeta também alguns macacos, os quais podem ser reservatórios do vírus, que, no caso, pode ser transmitido ao ser humano por meio do *Haemagogus* sp.

São as fêmeas de *Haemagogus* sp. e de *Aedes aegypti* que transmitem os vírus. Esses mosquitos têm uma fase larval aquática. A prevenção dessas viroses envolve o combate aos mosquitos adultos, o uso de repelentes e o cuidado para evitar acúmulos de água (em vasos de plantas, caixa-d'água exposta, pneus velhos, garrafas). Existe vacina contra a febre amarela, mas não contra a dengue nem contra o vírus zika. A vacina da febre amarela contém

vírus vivos e atenuados, conferindo uma proteção de dez anos. Deve ser tomada por pessoas que vão viajar para áreas onde a febre amarela é endêmica, preferencialmente cerca de dez dias antes, para que seu sistema imunitário seja capaz de produzir anticorpos em níveis adequados. Mulheres grávidas e portadores de imunodeficiências não devem tomar a vacina.

O vírus da febre amarela atinge vasos sanguíneos, rins, pulmões, baço e coração. O indivíduo apresenta febre, dores de cabeça, vômito, diarreia, hemorragias e icterícia (acúmulo do pigmento bilirrubina, de cor amarela). Não devem ser tomados medicamentos contendo ácido acetilsalicílico, pois eles podem acentuar as hemorragias.

Há quatro tipos de vírus da dengue: Den-1, Den-2, Den-3 e Den-4. O indivíduo que contrai um tipo não fica imune aos demais. A dengue clássica atinge baço, fígado, medula óssea e vasos sanguíneos. O indivíduo tem febre, dores musculares e manchas avermelhadas na pele. A forma mais severa é a dengue hemorrágica, que pode causar a morte do paciente. Ela provoca hemorragias e perda de plasma, tornando o sangue mais denso; isso gera queda de pressão arterial e dificulta as trocas gasosas nos pulmões. O paciente deve ser bem hidratado e receber medicação para dor e febre. O vírus da dengue é classificado em vírus de **cadeia +**, ou seja, o RNA do vírion tem a mesma sequência de bases nitrogenadas do RNA mensageiro.

O zika vírus causa febre, e a pessoa infectada pode apresentar manchas vermelhas pelo corpo, conjuntivite, dores no corpo, mal-estar ou dor de cabeça. Além disso, caso infecte pessoas grávidas, o zika vírus pode causar microcefalia no feto em desenvolvimento.

Outro arbovírus de importância no Brasil é o que causa a febre **chikungunya**. Trata-se de um vírus de **RNA**, do grupo dos *Alphavirus*, transmitido pela picada dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Entre os anos de 2014 e 2015, um grande surto de chikungunya afetou a América do Sul e, principalmente, o Brasil. Os principais sintomas da doença são febre alta, dores intensas nas articulações, dor de cabeça, dores musculares e manchas vermelhas na pele. Não há vacina para o vírus da chikungunya, sendo o combate ao mosquito transmissor a única forma de prevenção contra a doença.

Revisando

1. Vírus não têm metabolismo próprio. Explique essa afirmação.

2. Cite duas características que os vírus compartilham com os seres vivos.

3. O que é vírion?

4. O que é o nucleocapsídeo dos vírus?

5. Qual é a composição do envelope viral?

6. Como se dá a entrada dos vírus nas células hospedeiras?

7. Cite os modos de transmissão das doenças virais.

8. Quais são os dois tipos de ciclo que os bacteriófagos apresentam? Em qual deles não há ruptura da célula que foi invadida?

9. O que é profago?

10. Qual é o material genético do HIV? Cite duas enzimas presentes no nucleocapsídeo desse vírus.

11. Por que o HIV é classificado como um retrovírus?

12. Qual é o material genético do H1N1? Esse vírus forma outro tipo de ácido nucleico durante sua reprodução?

13. Qual é o material genético dos vírus causadores da dengue, da febre amarela, da febre zika e da chikungunya?

14. Para qual das doenças causadas por arbovírus já há vacina?

15. Como é feita a prevenção da dengue, da febre amarela, do zika vírus e da chikungunya?

Exercícios propostos

1. **Mackenzie-SP 2018** A simplicidade bioquímica dos vírus tem levado alguns cientistas a questionar se eles realmente são seres vivos. Para alguns estudiosos, os vírus são a forma de vida mais simples que existe. Mesmo os que não incluem os vírus entre os seres vivos concordam que eles são sistemas biológicos, uma vez que possuem ácidos nucleicos e utilizam o mesmo sistema de codificação genética que todas as formas de vida conhecidas.

Amabis, J. M.; Martho, G. R. *Fundamentos da Biologia Moderna*. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. p. 251

Julgue como verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmativas sobre os vírus.

- São acelulares e procariontes.
- Seu material genético pode ser DNA ou RNA.
- Não possuem metabolismo próprio; por isso, são parasitas intracelulares obrigatórios.
- São constituídos por um capsídeo duplo com constituição lipoproteica e por uma molécula de ácido nucleico.
- Os retrovírus são portadores de RNA e da enzima transcriptase reversa.

A sequência correta de cima para baixo é

- a) V, V, F, F, V c) F, F, V, V, F e) F, V, V, F, V
b) V, F, F, V, F d) V, V, V, F, V

2. **Fuvest-SP** Os vírus:

- a) possuem genes para os três tipos de RNA (ribossômico, mensageiro e transportador), pois utilizam apenas aminoácidos e energia das células hospedeiras.
- b) possuem genes apenas para RNA ribossômico e para RNA mensageiro, pois utilizam RNA transportador da célula hospedeira.
- c) possuem genes apenas para RNA mensageiro e para RNA transportador, pois utilizam ribossomos da célula hospedeira.

d) possuem genes apenas para RNA mensageiro, pois utilizam ribossomos e RNA transportador da célula hospedeira.

e) não possuem genes para qualquer um dos três tipos de RNA, pois utilizam toda a maquinaria de síntese de proteínas da célula hospedeira.

3. **Fuvest-SP** Um argumento correto que pode ser usado para apoiar a ideia de que os vírus são seres vivos é o de que eles:

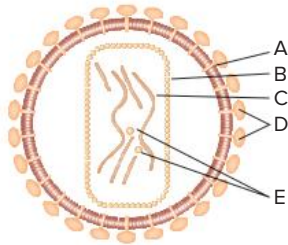
- a) não dependem do hospedeiro para a reprodução.
- b) possuem número de genes semelhante ao dos organismos multicelulares.
- c) utilizam o mesmo código genético das outras formas de vida.
- d) sintetizam carboidratos e lipídeos, independentemente do hospedeiro.
- e) sintetizam suas proteínas independentemente do hospedeiro.

4. **Cefet-CE** É falso afirmar que:

- a) os vírus não são considerados seres vivos, pois eles não são capazes de se reproduzir ou conduzir processos metabólicos sem uma célula hospedeira.
- b) os vírus não conseguem sintetizar suas próprias proteínas, pois não possuem ribossomos, portanto os vírus utilizam os ribossomos das células hospedeiras para esta tarefa.
- c) todos os vírus contêm RNA e DNA, além de proteínas.
- d) os vírus possuem uma camada proteica protetora em torno do material genético, chamada de capsídeo.
- e) muitos vírus possuem uma membrana lipoproteica, envolvendo o capsídeo, a qual é chamada de envelope.

- 5. Ceperj 2020** Vírus não pertencem a nenhum dos cinco reinos ou três domínios dos seres vivos e é provável que tenham se originado de fragmentos de ácidos nucleicos, que se desprenderam de alguma célula e penetraram em outra. Para muitos cientistas, vírus não devem ser considerados seres vivos, pois:
- São formados apenas por um ácido nucleico envolto por membrana plasmática.
 - Em seu processo de replicação não apresentam hereditariedade.
 - Possuem material genético composto exclusivamente por RNA.
 - São acelulares e não apresentam metabolismo próprio.
- 6. Fuvest-SP** Os bacteriófagos são constituídos por uma molécula de DNA envolta em uma cápsula de proteína. Existem diversas espécies que diferem entre si quanto ao DNA e às proteínas constituintes da cápsula. Os cientistas conseguem construir partículas virais ativas com DNA de uma espécie e cápsula de outra. Em um experimento, foi produzido um vírus contendo DNA do bacteriófago T2 e cápsula do bacteriófago T4. Pode-se prever que a descendência desse vírus terá:
- cápsula de T4 e DNA de T2.
 - cápsula de T2 e DNA de T4.
 - cápsula e DNA, ambos de T2.
 - cápsula e DNA, ambos de T4.
 - mistura de cápsulas e DNA de T2 e de T4.
- 7. UEL-PR** O vírus da imunodeficiência humana (HIV) infecta células do sistema imune e é o agente etiológico da AIDS. São características do HIV:
- Genoma constituído de RNA; presença de enzima transcriptase reversa.
 - Presença de membrana citoplasmática; genoma constituído de DNA.
 - Tropismo por células CD4; transmissão via sexual e via sangue contaminado.
 - Presença de ribossoma 80s; genoma constituído de RNA e DNA.
- Assinale a alternativa correta.
- Somente as afirmativas I e III são corretas.
 - Somente as afirmativas I e IV são corretas.
 - Somente as afirmativas II e IV são corretas.
 - Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
 - Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.
- 8. Unisc-RS 2021** Os coronavírus são uma família de vírus comuns capazes de infectar as vias respiratórias de uma série de mamíferos como gatos, morcegos, bovinos, entre outros. Sabe-se que alguns desses coronavírus também podem infectar humanos. Recentemente, tivemos a evolução de um desses coronavírus para o novo coronavírus conhecido como SARS-CoV-2 e causador da pandemia COVID-19. Em relação ao SARS-CoV-2, qual das afirmativas está correta?
- É um vírus do tipo retrovírus.
 - É um vírus de RNA fita simples.
 - É um vírus de DNA fita dupla que realiza ciclo lisogênico na célula invadida.
 - É um vírus de DNA fita dupla que realiza ciclo lítico.
 - É um vírus de DNA fita simples.
- 9. Ufes** Atualmente, muitas doenças têm preocupado a população mundial, tais como a AIDS, a febre amarela, o possível retorno da varíola e, mais recentemente, a Sars. Todas elas são causadas por vírus, e sobre esses organismos é incorreto afirmar que:
- são, estruturalmente, semelhantes às bactérias, podendo apresentar DNA ou RNA como material genético.
 - apresentam ciclos de vida lítico ou lisogênico. No ciclo lítico, determinam a destruição da célula infectada.
 - comandam o metabolismo celular do hospedeiro para a produção de proteínas de seu capsídeo e duplicação do seu material genético.
 - apresentam a enzima transcriptase reversa, quando têm RNA como material genético, que produz um DNA viral para ser integrado ao DNA do hospedeiro.
 - são parasitas obrigatórios, mas alguns podem sobreviver cristalizados por muitos anos.
- 10. UFF-RJ** Relativamente aos vírus afirma-se, corretamente, que:
- no caso dos retrovírus, que causam diversos tipos de infecções, a enzima transcriptase reversa catalisará a transformação do DNA viral em RNA mensageiro.
 - em qualquer infecção viral, o ácido nucleico do vírus tem a capacidade de se combinar quimicamente com substâncias presentes na superfície das células, o que permite ao vírus reconhecer e atacar o tipo de célula adequado a hospedá-lo.
 - no caso dos vírus que têm como material genético o DNA, este será transcrito em RNA mensageiro, que comandará a síntese de proteínas virais.
 - em qualquer infecção viral, é indispensável que o capsídeo permaneça intacto para que o ácido nucleico do vírus seja transcrito.
 - em todos os vírus que têm como material genético o RNA, este será capaz de se duplicar sem a necessidade de se transformar em DNA, originando várias cópias na célula hospedeira.
- 11. IFPE 2017** A campanha de multivacinação 2016 lançada pelo ministério da saúde ocorreu no dia 24 de setembro em todo o país. As salas de vacinação foram disponibilizadas nas unidades de saúde, e foram oferecidas para a população 19,2 milhões de doses dos quatorze (14) tipos de vacinas, denominadas respectivamente: hepatite "A", VIP, meningocócica C, rotavírus, HPV, pneumo 10, febre amarela, varicela, pentavalente, tetraviral, dupla adulto, DTP, tríplice viral e VOP (poliomielite). Em relação a este assunto, é CORRETO dizer que
- os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios.
 - as vacinas são produzidas exclusivamente a partir de vírus e nunca a partir de bactérias.
 - os vírus têm metabolismo próprio.
 - os vírus são constituídos por células simples.
 - os vírus não apresentam material genético.

12. **UFPE** Observe a figura a seguir, onde está representado, esquematicamente, o HIV e analise as proposições quanto à sua correção.



- A – corresponde a uma camada lipídica do envoltório do vírus.
- B – indica o núcleo.
- C – assinala o DNA envolto por proteínas.
- D – mostra proteínas responsáveis pela adesão à célula hospedeira.
- E – indica moléculas da enzima transcriptase reversa.

13. **Urca-CE 2020** O novo coronavírus, *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* ou SARS-CoV-2, é um vírus responsável por causar a doença COVID-19, uma síndrome respiratória aguda grave (SARS), em relação a sua estrutura básica, SARS-CoV-2 é um vírus de ácido ribonucleico, possuindo material genético composto por uma única molécula de RNA positivo. O seu genoma contém menos de 30.000 nucleotídeos, um ácido fosfórico e uma base nitrogenada. É um vírus encapsulado, apresenta aproximadamente 29 diferentes proteínas virais, entre elas, a glicoproteína de pico, conhecida como proteína S, presente na capsula e a proteína N, presente no nucleocapsídeo viral. Em relação a estrutura da partícula viral, considere as afirmativas a seguir:

- I. A estrutura básica de um vírus é composta por dois componentes: um tipo de ácido nucleico e um envoltório feito de proteínas, denominado de capsídeo. Ao conjunto dos ácidos nucleicos com o capsídeo é dado o nome de nucleocapsídeo.
- II. Na estrutura dos vírus, além do nucleocapsídeo, existe um envoltório mais externo de natureza fosfolipídica chamado de cápsula ou envelope, derivado da membrana celular do hospedeiro, ao final do ciclo de replicação.
- III. A presença de cápsula na estrutura de alguns vírus é o motivo pelo qual as medidas de profilaxia incluem o uso do sabão e do álcool 70%. A ação destes agentes químicos remove a cápsula, além de desnaturar os ácidos nucleicos, inativando assim o vírus.
- IV. O genoma viral é o conjunto total de ácidos nucleicos, do tipo ácido ribonucleico (RNA). O padrão mais comum na natureza é uma fita simples de RNA. Mas, alguns vírus, no entanto, fogem a essa regra e podem ter RNA de fita dupla.

Assinale a alternativa correta:

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

14. **Unifesp** Um pesquisador pretende manter uma cultura de células e infectá-las com determinado tipo de vírus, como experimento.

Assinale a alternativa que contém a recomendação e a justificativa corretas a serem tomadas como procedimento experimental.

- a) É importante garantir que haja partículas virais (vírus) completas. Uma partícula viral completa origina-se diretamente de outra partícula viral preexistente.
- b) Deve-se levar em conta a natureza da célula que será infectada pelo vírus: células animais, vegetais ou bactérias. Protistas e fungos não são hospedeiros de vírus.
- c) Deve-se garantir o aporte de energia para as células da cultura na qual os vírus serão inseridos. Essa energia será usada tanto pelas células quanto pelos vírus, já que estes não produzem ATP.
- d) Na análise dos dados, é preciso atenção para o ácido nucleico em estudo. Um vírus pode conter mais de uma molécula de DNA: a sua própria e a que codifica para a proteína da cápsula.
- e) É necessário escolher células que tenham enzimas capazes de digerir a cápsula proteica do vírus. A partir da digestão dessa cápsula, o ácido nucleico viral é liberado.

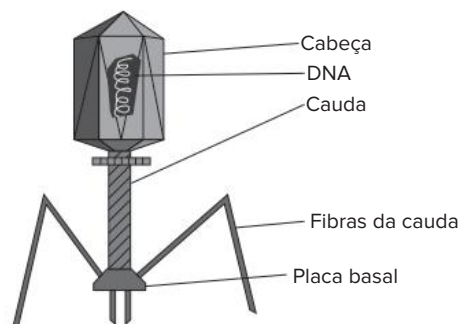
15. **IFPE 2016** Os números de casos de dengue no Brasil em 2015 são 240% maiores em relação ao mesmo período do ano passado. Em média, 215 brasileiros contraem dengue por dia. O número de mortes por casos graves também aumentou. Foram 132 mortes em decorrência de dengue este ano, 29% a mais que em 2014.

Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/saude/casos-de-dengue-aumentam-240-em-2015-saiba-as-razoes>>. Acesso em: 21 set. 2015.

A dengue é uma doença causada por vírus. Com relação aos vírus, é correto afirmar que

- a) não possuem material genético.
- b) causam doenças apenas em humanos.
- c) não possuem organização celular.
- d) reproduzem-se dentro e fora das células vivas.
- e) são parasitas intracelulares facultativos.

16. **Urca-CE 2021** Os vírus que são capazes de infectar bactérias são conhecidos como bacteriófagos ou fagos. Um exemplo é o bacteriófago T4 (imagem abaixo), cujo ciclo reprodutivo ocorre, de maneira resumida, quando o fago T4 associa-se à membrana bacteriana e em seguida injeta o DNA no citoplasma bacteriano.



Fonte: <http://segundocientista.blogspot.com/2014/02/introducao-ao-estudo-dos-virus.html>. Acessado em 01/05/2021.

O processo de replicação desse vírus ocorre em 5 etapas: adsorção, penetração, biossíntese, maturação e liberação. Baseado no processo de replicação viral do fago T4 correlacione as etapas com a coluna abaixo:

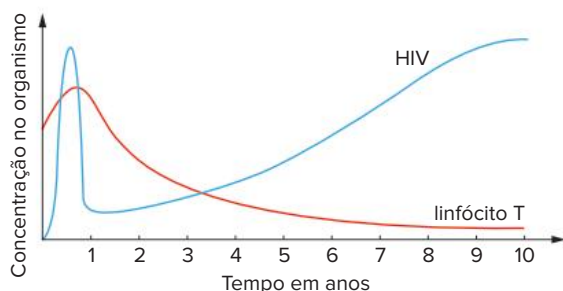
- | | | |
|---------------|----------------|--------------|
| 1. Adsorção | 3. Biossíntese | 5. Liberação |
| 2. Penetração | 4. Maturação | |

- Etapa em que os novos vírus são montados.
- Essa etapa se caracteriza pelo rompimento da célula hospedeira.
- Nesta etapa acontece a injeção do DNA viral na célula hospedeira.
- Essa etapa ocorre devido à presença de receptores na membrana do hospedeiro.
- Direcionamento do metabolismo celular para a produção dos novos vírus.

Assim, a ordem numérica de cima para baixo, é:

- | | |
|--------------|--------------|
| a) 1-4-2-3-5 | c) 2-3-1-5-4 |
| b) 4-5-2-1-3 | d) 2-5-4-1-3 |

17. **Uerj** O gráfico abaixo demonstra, no organismo humano, a relação entre os linfócitos T e o vírus da imunodeficiência humana (HIV), ao longo de dez anos de curso da síndrome da deficiência imunológica adquirida (Aids).



William K. Purves *et al.* *Life: the science of biology*. Massachusetts: W. H. Freeman and company, 1998.

Explique as razões das quedas das concentrações de:

- a) linfócitos T. b) HIV.

18. **Udesc 2016** Nos noticiários há muita ênfase às doenças: dengue, zica, febre amarela, chikungunya e mais recentemente a gripe H1N1 causadas por vírus.

Analise as proposições com relação à transmissão dos vírus.

- I. Alguns tipos de vírus podem ser transmitidos pelo simples toque entre as pessoas.
 - II. Alguns vírus são transmitidos pelas secreções corporais.
 - III. Alguns vírus necessitam de insetos como vetores.
 - IV. Os vírus retêm sua capacidade infectante por pouco tempo, quando fora do organismo hospedeiro.
- a) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
b) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
c) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
d) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
e) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

19. **Unicamp-SP 2021** Arbovírus são assim designados porque parte de seu ciclo de replicação ocorre nos insetos; esses vírus podem ser transmitidos aos seres humanos. O Ministério da Saúde alertou para o controle das arboviroses e o risco de epidemias sazonais no Brasil em 2020.

Assinale a alternativa correta.

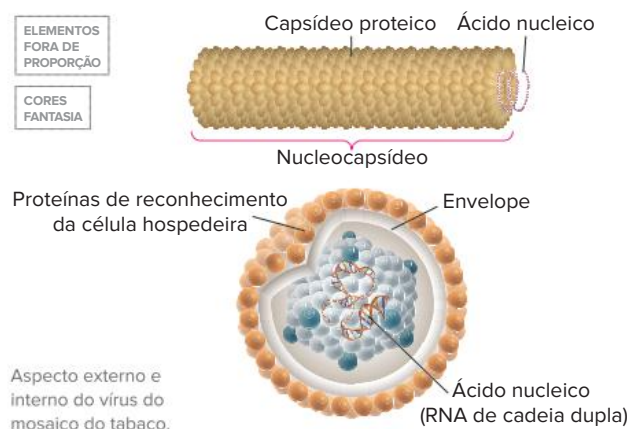
- a) O vírus da febre amarela e o zika vírus podem ser transmitidos pela picada do mosquito *Culex*. Para ambos os casos não existe vacina, sendo considerada profilática a erradicação do inseto vetor e de suas larvas.
- b) O vírus da dengue e o zika vírus podem ser transmitidos pela picada do mosquito *Aedes aegypti*. A eliminação do inseto vetor e a eliminação dos focos de criação das larvas são medidas profiláticas.
- c) O vírus da febre amarela e o da chikungunya podem ser transmitidos pela picada do mosquito *Aedes aegypti*. Para ambos os casos, foram desenvolvidas vacinas e o controle do inseto vetor não é considerado uma medida profilática.
- d) O vírus da chikungunya e o da dengue podem ser transmitidos pela picada do mosquito *Culex*. A erradicação do inseto vetor e a eliminação das larvas são consideradas medidas profiláticas.

Texto complementar

Detalhes da estrutura e transmissão dos vírus

O material genético dos vírus pode ser DNA ou RNA. O DNA dos vírus geralmente apresenta cadeia dupla; assim, são iguais as quantidades de adenina e timina, bem como as de citosina e guanina. No entanto, alguns bacteriófagos têm DNA de cadeia simples. Não há adenina e timina em quantidades iguais, o que também se dá entre citosina e guanina.

O RNA dos vírus geralmente tem cadeia simples; nesse caso, não são iguais as quantidades de adenina e uracila nem as de citosina e guanina. Há vírus com RNA de cadeia dupla, presente nos vírus de plantas, como no mosaico do tabaco. Vírus com RNA de cadeia dupla apresentam a mesma quantidade de adenina e uracila, bem como de citosina e guanina.



A tabela a seguir mostra os tipos de ácido nucleico presentes nos vírus.

Vírus de DNA		Vírus de RNA	
Cadeia dupla	Cadeia simples	Cadeia dupla	Cadeia simples
Maioria A = T G = C	Alguns bacteriófagos. A e T: diferentes quantidades. G e C: diferentes quantidades.	Vírus de plantas. A = T G = C	Maioria A e U: diferentes quantidades. G e C: diferentes quantidades.

Proporções relativas de bases nitrogenadas nos vírus, de acordo com o tipo de material genético.

Podemos agora ampliar um pouco mais o conhecimento acerca dos vírus, relacionando o modo de transmissão de algumas viroses com o material genético que os vírus apresentam, observando algumas doenças virais, na próxima tabela.

Modo de transmissão	Vírus de DNA	Vírus de RNA
Sexo (IST)	HPV; herpes; hepatite B.	HIV; hepatite C.
Animais		Febre amarela e dengue: mosquito. Raiva: cães, gatos, morcegos.
Água/alimento		Hepatite (A, C, D, E); poliomielite, diarreias virais (rotavírus, reovírus).
Ferimentos/sangue	Variola ou bexiga (erradicada); catapora ou varicela; hepatite B.	
Ar (gotículas)	Adenovírus (infecções respiratórias benignas); varíola; catapora (varicela).	Sarampo; caxumba; rubéola; influenza; resfriado (rhinovírus); SARS - síndrome respiratória aguda grave (coronavírus); covid-19 (novo coronavírus SARS-CoV-2).

Os vírus e seus modos de transmissão.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Características gerais dos vírus

Vírus são acelulares; não possuem citosol, membrana plasmática nem organelas, como ribossomos e mitocôndrias. Vírus são parasitas intracelulares obrigatórios; os parasitas de bactérias são denominados fagos ou bacteriófagos. Não apresentam metabolismo próprio nem realizam nutrição, respiração e excreção. Vírus têm as seguintes características apresentadas por seres vivos: material genético, mutações, reprodução e evolução. O cultivo dos vírus só é possível em meios que contêm células. Os vírus podem causar a ruptura de células ou induzir sua multiplicação.

Estrutura dos vírus

Víron é uma unidade viral completa; o material genético é constituído por DNA ou RNA; raramente um vírus possui os dois tipos de ácido nucleico. Ele é envolvido pelo capsídeo proteico; nucleocapsídeo é o conjunto constituído por capsídeo e material genético. Alguns vírus têm um envelope lipídico; em sua superfície, há glicoproteínas (associação entre proteínas e carboidratos) que facilitam a interação com uma célula que o vírus vai parasitar. Há duas categorias de vírus: envelopados e não envelopados.

Penetração de vírus na célula hospedeira

A entrada de vírus na célula hospedeira pode ocorrer de três modos principais: injeção de ácido nucleico, fusão e endocitose.

Transmissão de vírus

A transmissão de vírus pode ocorrer de diversas maneiras: relações sexuais (IST), ar (gotículas), lesões, sangue contaminado, água e alimento contaminados ou animais.

Bacteriófagos

Apresentam dois tipos de ciclo: lítico e lisogênico. No ciclo lítico, o vírus invade a célula, multiplica-se em seu interior e provoca a ruptura da própria célula. No ciclo lisogênico, o vírus invade uma célula, e seu DNA liga-se ao DNA da célula; o DNA do bacteriófago ligado ao DNA da célula é o profago. O DNA viral multiplica-se com o DNA bacteriano; são geradas muitas bactérias, e todas têm DNA viral. Em uma das descendentes da bactéria, o DNA viral inicia a formação de novas unidades virais inteiras, apresentando um caminho similar ao processo lítico; a

célula é rompida e vírus inteiros são liberados, podendo infectar outras bactérias.

HIV

HIV está relacionado com a aids. Ele é um vírus envelopado de RNA. Seu envoltório lipídico tem glicoproteínas na superfície. No interior do vírus, há o capsídeo proteico, que envolve duas moléculas de RNA e as enzimas transcriptase reversa e integrase. Esse vírus tem afinidade por linfócitos T4 ou CD4, um tipo de glóbulo branco (leucócito). Os linfócitos T4 estimulam células do sistema imunitário a produzir anticorpos (proteínas de defesa). A veiculação do HIV pode se dar por relações sexuais, transfusão com sangue contaminado ou seringas e equipamentos (cirúrgicos ou odontológicos) sem a esterilização adequada. Pode ocorrer transmissão de mãe para filho durante a gravidez (via placenta), no parto e depois do nascimento (pelo leite). Uma pessoa que contrai o HIV poderá ter redução do número de linfócitos T4, comprometendo suas defesas imunitárias, o que a leva a um estado de imunodeficiência; por isso, essa pessoa torna-se mais vulnerável a infecções.

O HIV é um retrovírus: possui RNA e a partir dele sintetiza DNA em um processo de transcrição ao contrário, mediada pela enzima transcriptase reversa. O DNA viral une-se ao DNA humano no interior do núcleo, e o vírus fica em sua forma mais simplificada, o provírus. A ligação do DNA viral ao cromossomo humano depende da enzima integrase. Do núcleo, o DNA viral realiza transcrição, servindo de molde para a produção de RNA mensageiro viral, que orienta nos ribossomos a síntese proteica. Não existe ainda uma vacina segura e eficiente contra a aids; há medicamentos anti-HIV que atuam no ciclo do vírus e impedem seu desenvolvimento. O “coquetel” antiaids é uma associação de drogas antivirais; cada medicamento age em um ponto diferente do metabolismo viral. No entanto, a medicação não elimina os vírus, muitos dos quais permanecem na forma de provírus em células do organismo.

H1N1

Causador da gripe A ou gripe suína, o vírus H1N1 é envelopado e dotado de RNA. O envelope de lipídeos apresenta glicoproteínas: hemaglutinina (H) e neuraminidase (N). Abaixo

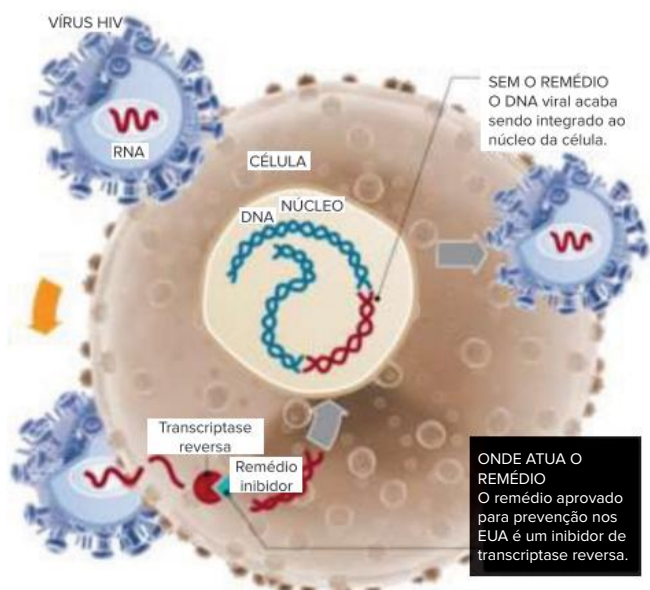
3. **UTFPR** Em 25 anos o HIV matou 25 milhões de pessoas e está presente em outros 40 milhões. É a segunda doença infecciosa que mais faz vítimas no mundo, logo atrás da tuberculose. Em 2005, 3 milhões de pessoas morreram devido à AIDS; dessas vítimas, 570 mil eram crianças. Dentre as características biológicas citadas a seguir, a única que pode ser encontrada no vírus da AIDS é:

- a) parede celular formada por substâncias muco-complexas.
- b) DNA de fita simples.
- c) pequenos anéis de DNA, os plasmídeos, dispersos no capsídeo.
- d) membrana externa lipoproteica.
- e) enzima especial, a transcriptase reversa, para produzir DNA.

4. **PUC-Rio** A dengue continua sendo um problema de saúde pública para o estado do Rio de Janeiro. Assim, conhecendo-se o causador da dengue e seu vetor, podemos usar como medidas profiláticas a:

- a) vacinação em massa da população contra a bactéria causadora dessa doença.
- b) exterminação de ratos vetores do vírus causador dessa doença.
- c) eliminação dos insetos vetores da bactéria causadora dessa doença.
- d) eliminação dos insetos vetores do vírus causador dessa doença.
- e) distribuição de antibióticos contra a bactéria causadora dessa doença.

5. **UFU-MG 2020** O Truvada é o nome comercial da associação entre duas drogas antirretrovirais (anti-HIV). Nos Estados Unidos, ele já é utilizado pelos adultos desde 2012; no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o aprovou em 2017. O esquema abaixo representa o seu funcionamento como terapia preventiva.



<<https://aenfermagem.com.br/noticia/medicamento-que-previne-contra-hiv-sera-comercializado-truvada/>>. Acesso em 14.fev. 2019. (Adaptado).

Qual o mecanismo de ação do Truvada?

- a) Estimular o organismo a gerar uma resposta imunológica ao HIV.
- b) Evitar a entrada do vírus no organismo.
- c) Combater as moléculas de DNA viral das células infectadas.
- d) Inibir que a replicação do vírus seja completada nas células de defesa.

6. **Fuvest-SP 2021** No que diz respeito a infecções sexualmente transmissíveis (ISTs), identifique a relação corretamente grupo causador, um dos seus sintomas e se possui ou não vacina preventiva.

	IST	Causador	Um dos possíveis sintomas	Possui vacina?
a)	Gonorreia	<i>Neisseria gonorrhoeae</i> (bactéria)	Ardor na uretra e secreção purulenta	Sim
b)	Hepatite C	HCV (bactéria)	Comprometimento da função do fígado	Não
c)	AIDS	HIV (vírus)	Erupção cutânea	Sim
d)	Sífilis	<i>Treponema pallidum</i> (verme)	Ferida na genitália externa (cancro)	Não
e)	Condiloma acuminado (crista de galo)	HPV (vírus)	Verrugas na região genital	Sim

7. Os meios de comunicação têm veiculado inúmeras reportagens em que equipes de saúde visitam borcharias, depósitos de ferro-velho e até cemitérios, eliminando recipientes que possam reter água de chuva. Essa condição propicia o aparecimento das seguintes doenças:

- a) doença de Chagas, encefalite e dengue.
- b) dengue, malária e esquistossomose.
- c) febre amarela, doença de Chagas e giardíase.
- d) malária, giardíase e amarelão.
- e) dengue, febre amarela e malária.

8. A aids, ou síndrome da imunodeficiência adquirida, é uma doença causada pelo HIV ou vírus da imunodeficiência humana. Cite duas maneiras pelas quais se pode contrair aids.

9. **Unicamp-SP 2020** Graças às campanhas de vacinação, a poliomielite foi considerada erradicada no Brasil: o último caso foi registrado em 1989. Contudo, o Ministério da Saúde constatou cobertura vacinal alarmante (abaixo de 50%) em 312 municípios brasileiros em 2018. A vacinação é a única forma de prevenção da poliomielite; é uma questão de responsabilidade social contemplada no Programa Nacional de Imunizações do Ministério da Saúde.

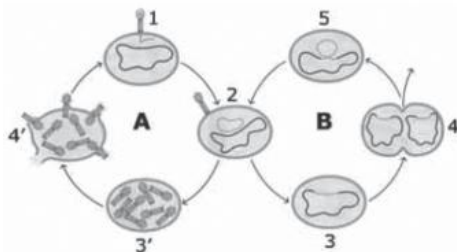
(Fonte: portalms.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/43797-ministerio-da-saude-alerta-parabaixas-coberturas-vacinais-para-polio.)

Assinale a alternativa que caracteriza corretamente a poliomielite.

- É uma doença viral contagiosa, que pode ser transmitida através da ingestão de água ou alimentos contaminados por fezes de doentes.
- A transmissão do vírus ocorre por meio de vetores hematófagos que tenham picado uma pessoa contaminada na fase aguda da doença.
- É uma doença bacteriana transmitida por gotículas de saliva ou de sangue de pessoas contaminadas, com alto risco de contágio.
- A transmissão da bactéria ocorre por meio de vetores artrópodes que tenham picado uma pessoa contaminada na fase crônica da doença.

- 10. Ufes 2015** Em 2014, a imprensa noticiou exaustivamente o surto de febre hemorrágica provocada pelo vírus ebola. Os vírus são organismos bastante peculiares em relação à sua estrutura corporal e à sua reprodução e, muitas vezes, não são considerados seres vivos. No que se refere aos vírus, explique
- o que diferencia o corpo de um vírus do corpo dos demais organismos vivos;
 - como se reproduzem os vírus de RNA;
 - o motivo pelo qual parte da comunidade científica não considera vírus como ser vivo.

- 11. UFSM-RS 2014** Observe a figura:



Fonte: AMABIS, José M.; MARTHO, Gilberto R. *Biologia 2 – Biologia dos Organismos*. São Paulo: Moderna, 2009. p. 59. (adaptado)

Um dos grandes empecilhos no desenvolvimento de drogas para o combate às doenças virais é a variedade de mecanismos de infecção, integração e replicação dos vírus. Os vírus são adaptados a tipos celulares e a hospedeiros específicos. A figura representa dois tipos de ciclos de vida de vírus (ciclos A e B). A partir da figura, é correto afirmar:

- No ciclo apresentado em “A”, ocorre, após a produção de unidades virais na célula hospedeira (3’), a lise dessa célula (4’) e a liberação de novos vírions.
- No ciclo apresentado em “A”, o DNA viral não é liberado para o ambiente após a replicação.
- No ciclo apresentado em “B”, o material genético do vírus é injetado na célula (2), integra-se ao DNA do hospedeiro (3), porém é replicado separadamente, originando vírions.
- No ciclo apresentado em “B”, o material genético do vírus integra-se ao DNA do hospedeiro (3), porém não ocorre a replicação dos seus genes, sendo o vírus inofensivo.
- No ciclo “A”, os vírions produzidos (4’) são incapazes de infectar novas células e, no ciclo “B”, os vírus são incapazes de replicar seu material genético.

- 12. Enem 2019** Na família Retroviridae encontram-se diversos vírus que infectam aves e mamíferos, sendo caracterizada pela produção de DNA a partir de uma molécula de RNA. Alguns retrovírus infectam exclusivamente humanos, não necessitando de outros hospedeiros, reservatórios ou vetores biológicos. As infecções ocasionadas por esses vírus vêm causando mortes e grandes prejuízos ao desenvolvimento social e econômico. Nesse contexto, pesquisadores têm produzido medicamentos que contribuem para o tratamento dessas doenças. Que avanços tecnológicos têm contribuído para o tratamento dessas infecções virais?

- Melhoria dos métodos de controle dos vetores desses vírus.
- Fabricação de soros mutagênicos para combate desses vírus.
- Investimento da indústria em equipamentos de proteção individual.
- Produção de vacinas que evitam a infecção das células hospedeiras.
- Desenvolvimento de antirretrovirais que dificultam a reprodução desses vírus.

- 13. UFSC 2019**

Em outubro de 2015, uma paulistana passava por um momento de extrema tensão. Com o estresse, a sua imunidade baixou e um quadro de herpes-zóster se desenvolveu. Apenas na segunda consulta ela recebeu o diagnóstico e o tratamento adequado, pois na primeira foi receitada uma pomada para herpes simples, de modo que os sintomas se intensificaram, a dor se tornou insuportável e as bolhas aumentaram e começaram a estourar.

Embora tenham nomes semelhantes, herpes e herpes-zóster são doenças totalmente distintas. A primeira é provocada pelo HSV (do inglês, *Herpes simplex virus*), enquanto que a segunda é resultado da reativação da infecção latente do VZV (do inglês, *Varicella zoster virus*), o mesmo vírus responsável pelo desenvolvimento da doença conhecida como catapora.

Segundo Maisa Kairalla, presidente da Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia, herpes-zóster é mais comum após os 50 anos de idade, mas o estresse vem mudando o perfil daqueles afetados pela infecção e fazendo a doença aparecer cada vez mais cedo.

Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-42333161>>. [Adaptado]. Acesso em: 18 ago. 2018.

Sobre vírus, é correto afirmar que:

- tanto o vírus do herpes simples como o vírus do herpes-zóster podem permanecer no estado inativo e se manifestar sob determinadas condições fisiológicas.
- nem todos os vírus são parasitas; os bacteriófagos, por exemplo, são comensais de bactérias.
- herpes, catapora, malária, dengue, poliomielite, raiva, hanseníase e tuberculose são doenças causadas por vírus.
- os retrovírus possuem nas suas células a enzima transcriptase reversa e a molécula de DNA como material genético.
- alguns vírus possuem, além do capsídeo e do material genético (DNA ou RNA), uma membrana derivada da célula hospedeira.

Soma:

- 14. Unesp 2019** A profilaxia pré-exposição (PrEP) ao vírus HIV é um tratamento que consiste no consumo diário do antirretroviral Truvada® e tem como público-alvo pessoas com maior vulnerabilidade a adquirir o vírus. Segundo o Ministério da Saúde, o uso correto do medicamento reduz o risco de infecção por HIV em mais de 90%. Esse uso, porém, não barra a entrada do vírus no organismo, apenas bloqueia a ação da enzima transcriptase reversa.

(<https://g1.globo.com>. Adaptado.)

O tratamento com Truvada®

- a) é profilático porque combate o agente transmissor da AIDS.
 - b) evita que a célula infectada produza moléculas de DNA viral.
 - c) dispensa o uso de métodos contraceptivos de barreira.
 - d) impede a entrada do vírus em células humanas de defesa.
 - e) pode ser eficaz contra outros vírus constituídos por DNA.
- 15. UFSM-RS 2014** Muitas doenças humanas são causadas por vírus, bactérias ou protozoários. Sua transmissão pode ser intermediada por outros organismos, tais como insetos. Assinale a alternativa que contém apenas informações corretas sobre os agentes etiológicos e as formas de transmissão de algumas doenças.
- a) O vírus HIV, causador da AIDS, pode ser transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti*.
 - b) O mosquito *Aedes aegypti* é o agente etiológico de doenças, como febre amarela e dengue.
 - c) Varíola, poliomielite, AIDS e gripe são doenças causadas por vírus.
 - d) Tanto a tuberculose quanto a gripe são causadas por vírus.
 - e) Ebola e Doença de Chagas são doenças tropicais causadas por vírus e transmitidas por mosquitos.
- 16.** O vírus da aids é formado por uma cápsula esférica contendo em seu interior o material genético. Esse tipo de vírus é chamado retrovírus porque:



- a) o RNA produz um “molde” de molécula de DNA.
- b) o RNA torna-se uma molécula autoduplicável.
- c) o DNA possui cadeia simples sem timina.
- d) o DNA possui mecanismos de retroação.
- e) o DNA e o RNA não se pareiam.

- 17.** Considere as seguintes possibilidades de transmissão de um agente patogênico:

- I. transfusão de sangue
- II. aperto de mão e abraço
- III. uso de banheiros públicos
- IV. relações sexuais
- V. uso de seringas, material cirúrgico e agulhas

O vírus da aids pode ser transmitido, comprovadamente, através de apenas:

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

- 18.** A maioria dos morcegos que vemos voando durante a noite, na cidade, é completamente inofensiva ao ser humano. São morcegos frugívoros, ou seja, que se alimentam de frutos. Existem também aqueles que são nectívoros, ou seja, alimentam-se do néctar das flores. No entanto, no meio rural, ocorrem morcegos-vampiros, atraídos pela existência de bois, vacas e cavalos, dos quais sugam o sangue; eventualmente, esses morcegos podem sugar sangue humano. Tal fato é preocupante, pois os morcegos hematófagos são, com frequência, transmissores de uma doença virótica e fatal, se não tratada a tempo.

A doença à qual o texto se refere é:

- a) caxumba.
- b) hepatite.
- c) rubéola.
- d) raiva.
- e) sarampo.

- 19. Uece** Com relação ao vírus da AIDS, as pesquisas científicas revelam que:

- I. ele infecta linfócitos.
- II. o seu RNA tem capacidade de associar-se a uma enzima – transcriptase reversa e “produzir” um molde de DNA.
- III. ele é um retrovírus que debilita drasticamente o sistema imunológico.

Assinale a opção se:

- a) apenas I e III estiverem corretas.
- b) I, II e III estiverem corretas.
- c) apenas II e III estiverem corretas.
- d) apenas III estiver correta.

- 20.** Assinale a alternativa que associa corretamente o tipo de doença, o agente causador e seu respectivo modo de transmissão.

- a) Botulismo, vírus, ingestão de alimentos enlatados, em conserva ou defumados contaminados com a toxina botulínica.
- b) Sarampo, vírus, contato direto com pessoas doentes ou pelo ar e utensílios contaminados.
- c) Cólera, vírus, ingestão de água ou de alimentos contaminados.
- d) Dengue, bactéria, através de picada do mosquito *Aedes aegypti*, contaminado.
- e) Leptospirose, bactéria, contaminação pelo sêmen, pelo sangue, ou por secreções dos olhos.

21. Fatec-SP Os vírus são minúsculos “piratas” biológicos, porque invadem as células, saqueiam seus nutrientes e utilizam as reações químicas destas para se reproduzir. Logo em seguida os descendentes dos invasores transmitem-se a outras células, provocando danos devastadores. A estes danos dá-se o nome de virose, como a raiva, a dengue hemorrágica, o sarampo, a gripe etc.

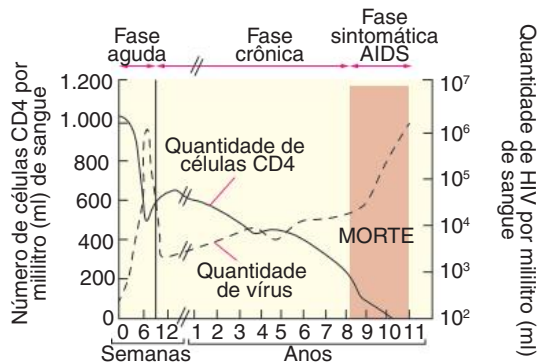
Andrew Scott. *Piratas da célula*. (Adapt.).

De acordo com o texto, é correto afirmar que:

- os vírus utilizam o seu próprio metabolismo para destruir células, causando viroses.
- os vírus utilizam o DNA da célula hospedeira para produzir outros vírus.
- os vírus não têm metabolismo próprio.
- as viroses resultam sempre das modificações genéticas da célula hospedeira.
- as viroses são transcrições genéticas induzidas pelos vírus que degeneram a cromatina na célula hospedeira.

22. Fuvest-SP O HIV, causador da AIDS, é transmitido de pessoa a pessoa através de relações sexuais, por exposição direta a sangue contaminado ou da mãe para o filho, durante a vida intrauterina ou através da amamentação. No corpo, o vírus invade certas células do sistema imunitário – incluindo os linfócitos T auxiliares, ou CD4 –, multiplica-se dentro delas e se espalha para outras células. [...]

John G. Bartlett; Richard D. Moore. *Scientific American*, n. 279, p. 64-7, 1998.



O gráfico indica as quantidades de células CD4 (linha cheia, com escala à esquerda) e de vírus (linha interrompida, com escala à direita) no sangue de um paciente que não recebeu tratamento algum no curso de uma infecção pelo HIV. Esse gráfico mostra que:

- a partir do momento da infecção, a quantidade de vírus aumentou continuamente até a morte do paciente.
- no início da infecção, o sistema imunitário foi estimulado, o que provocou aumento na quantidade de células CD4.
- a quantidade de vírus aumentou sempre que ocorreu aumento de células CD4, onde eles se reproduzem.
- os sintomas típicos da doença apareceram quando a quantidade de células CD4 caiu abaixo de 200 por mL de sangue.
- não existiu relação entre a quantidade de vírus e a quantidade de células CD4 no sangue do paciente infectado pelo HIV.

23. Unicamp-SP 2021 A partícula viral do novo coronavírus (SARS-CoV-2), conhecida como vírion, é constituída por poucas proteínas, uma fita de RNA e um envelope derivado de estruturas celulares, como membrana plasmática e organelas. A Organização Mundial de Saúde recomenda hábitos de higiene para prevenção da contaminação ao SARS-CoV-2, incluindo lavar com frequência as mãos com água e sabão.

(Adaptado de <https://www.bbc.com/portuguese/geral-52096406>. Acessado em 25/07/2020.)

Considerando seus conhecimentos sobre vírus, assinale a alternativa que justifica a recomendação apresentada no texto.

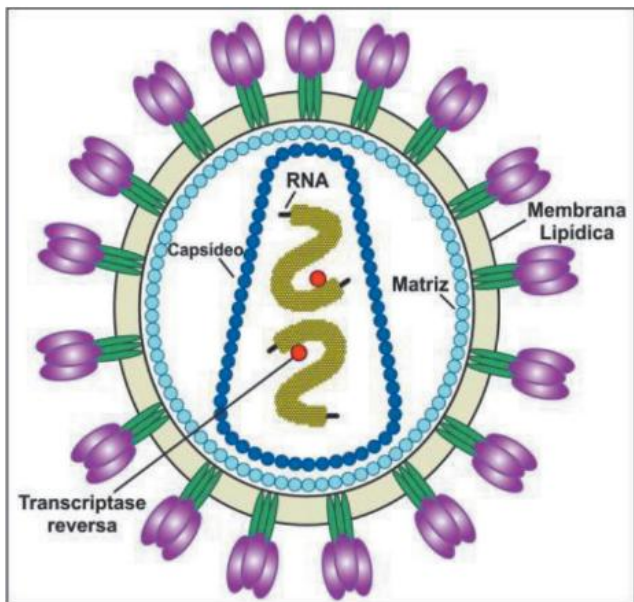
- As poucas proteínas que compõem o nucleocapsídeo são diluídas em contato com sabão e água, na qual existe pouca tensão superficial, e, portanto, a partícula viral não é capaz de infectar a célula humana.
- O envelope viral é formado por lipídios, moléculas anfipáticas, que, em contato com sabão e água (moléculas apolar e polar respectivamente), têm sua estrutura rompida, inativando assim a partícula viral.
- A fita de RNA é formada por nucleotídeos que contêm ribose, açúcar e fosfato, e, em contato com sabão e água, têm sua capacidade de integração ao DNA da célula humana bloqueada.
- As organelas, constituídas por lipídios, carboidratos e proteínas, em contato com sabão e água, são clivadas e perdem a capacidade de produzir moléculas essenciais ao metabolismo viral.

24. UEPG-PR 2020 A palavra vírus deriva do latim e significa “veneno”. Há diversas variedades de vírus causadores de doenças infecciosas humanas. Em dezembro de 2019, uma doença denominada COVID-19, causada por uma nova espécie de vírus, o coronavírus 2 (SARS-CoV-2), foi descrita pela primeira vez na cidade de Wuhan, na China, e se espalhou por todo o globo, caracterizando uma pandemia mundial. Sobre os vírus, assinale o que for correto.

- Os vírus são organismos intracelulares obrigatórios com capacidade de invadir as células de diferentes seres vivos como plantas, bactérias e animais.
- Os vírus bacteriófagos, também chamados de fagos, são pluricelulares e apresentam capacidade de infectar seres humanos, causando doenças graves como a malária.
- A transmissão de doenças causadas por vírus pode ocorrer de diferentes maneiras, entre elas: o contato direto, transmissão por gotículas respiratórias expelidas ao falar, tossir ou espirrar, além da ingestão de água e alimentos contaminados.
- São exemplos de doenças causadas por vírus: AIDS, sarampo, hepatite, gripe, esquistossomose e febre amarela.

Soma:

25. **Fepar-PR 2017** Considere a figura abaixo e faça o que se pede.



- Descreva resumidamente o ciclo reprodutivo do vírus da ilustração.
- Mencione uma conhecida virose humana causada por esse tipo de vírus e três importantes mecanismos de contaminação.

26. Considere as quatro afirmações seguintes.

- O uso de preservativos é dispensável nas relações sexuais entre duas pessoas já infectadas pelo HIV.
- O diafragma usado com espermicida é um método eficiente para se evitar o contágio pelo HIV.
- Uma mulher HIV positiva pode transmitir o vírus ao seu filho durante a gravidez e o parto e pela amamentação.
- Nem todo portador do HIV tem a síndrome da imunodeficiência adquirida (aids).

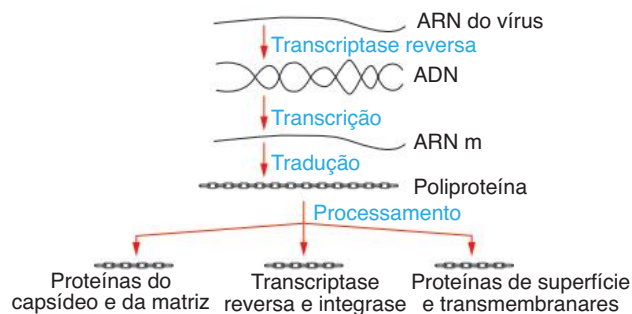
Das afirmações apresentadas, são corretas:

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

27. A revista *Ciência Hoje* (n. 140, 1998) publicou um artigo relatando que pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz desenvolveram uma vela preparada com o bagaço da semente de andiroba, cuja queima é capaz de inibir o apetite das fêmeas do mosquito *Aedes aegypti*.

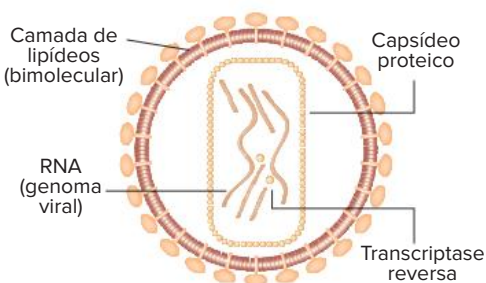
- Cite uma doença transmitida por este mosquito.
- Explique, através do mecanismo de contágio, como a vela de andiroba pode colaborar na diminuição da proliferação desta doença.

28. A figura a seguir mostra o ciclo de replicação do HIV (um retrovírus).



Para o tratamento dos portadores de HIV, administra-se um coquetel de medicamentos que, além do inibidor de transcriptase reversa, contém inibidores de proteases. Explique de que forma os compostos inibidores de proteases possuem atividade terapêutica naqueles indivíduos portadores do HIV.

29. Observe o vírus da aids representado a seguir.



“O vírus da aids é classificado em **retrovírus** e pode ser disseminado no organismo na forma de um **provírus**.” Os dois termos destacados referem-se às características do vírus da aids. Descreva, de modo resumido, o significado destas duas características:

- Retrovírus.
- Provírus.

30. **Enem PPL 2019** As fêmeas do mosquito da dengue, *Aedes aegypti*, têm um olfato extremamente refinado. Além de identificar as coleções de águas para oviposição, elas são capazes de detectar de forma precisa e eficaz a presença humana pela interpretação de moléculas de odor eliminadas durante a sudorese. Após perceber o indivíduo, voam rapidamente em direção à fonte alimentar, iniciando o repasto sanguíneo durante o qual podem transmitir o vírus da dengue. Portanto, o olfato desempenha um papel importante para a sobrevivência dessa espécie.

GUIDOBALDI, F.; MAY-CONCHA, I. J.; GUERENSTEIN, P. G. Morphology and Physiology of the Olfactory System of Blood-Feeding Insects. *Journal of Physiology-Paris*, n. 2-3, abr.-jun. 2014 (adaptado).

Medidas que interferem na localização do hospedeiro pelo vetor por meio dessa modalidade sensorial incluem a

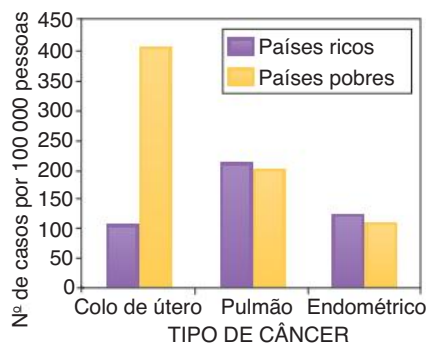
- colocação de telas nas janelas.
- eliminação de locais de oviposição.
- instalação de borrifadores de água em locais abertos.
- conscientização para a necessidade de banhos diários.
- utilização de cremes ou pomadas com princípios ativos.

31. Uerj 2018 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.

32. O HPV (papilomavírus humano) é um vírus sexualmente transmitido, causador do aparecimento de verrugas genitais em homens e mulheres. A infecção pelo HPV em mulheres está diretamente relacionada à incidência de um tipo de câncer que pode ser diagnosticado precocemente por meio de um teste histológico simples e barato, o teste de Papanicolau.

Após a puberdade, esse teste é realizado regularmente pela maioria das mulheres em países ricos, o que não ocorre nos países pobres. Um resultado positivo no teste permite tratamento precoce e é importante para que as mulheres possam evitar a transmissão posterior do HPV.

O gráfico a seguir mostra a incidência de três tipos de câncer em mulheres de países ricos e pobres.

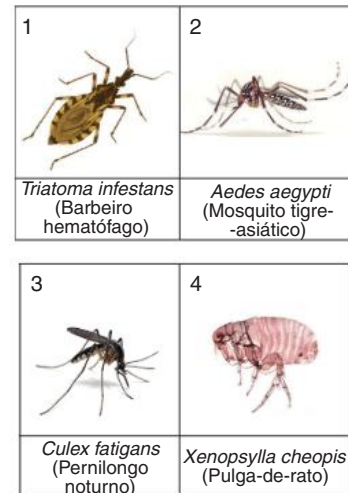


- Identifique o tipo de câncer causado por infecção pelo HPV. Justifique sua resposta.
- Indique um método eficaz para evitar a transmissão do HPV por indivíduos sexualmente ativos. Justifique sua resposta.

33. Uerj Pandemias graves de gripe por vírus *influenza* repetem-se, no mundo, a determinados intervalos de tempo, causando milhões de mortes. Cientistas da OMS alertam para o fato de que a gripe aviária, surgida no Sudeste Asiático, pode provocar uma nova pandemia. O controle do alastramento desse vírus é problemático, não só devido às facilidades de transporte no mundo, mas também porque as vacinas produzidas para combatê-lo podem perder a sua eficácia com o tempo. Essa perda de eficácia está associada à seguinte característica dos vírus *influenza*:

- sofrer alterações em seu genoma com certa frequência.
- inibir com eficiência a produção de anticorpos pelo hospedeiro.
- destruir um grande número de células responsáveis pela imunidade.
- possuir cápsula protetora contra a maioria das defesas do hospedeiro.

34. Os quatro artrópodes (1, 2, 3 e 4) a seguir podem transmitir algumas doenças para o ser humano.



A respeito dos animais apresentados e das doenças que eles transmitem, assinale a afirmativa incorreta.

- O artrópode 1, através de suas fezes, transmite ao ser humano um protozoário flagelado.
- O mosquito 2 pode transmitir ao ser humano duas viroses, malária e febre amarela.
- O mosquito 3 transmite uma verminose que se instala nos vasos sanguíneos do ser humano.
- O inseto 4 é transmissor da bactéria causadora da peste bubônica ou peste negra.

35. Enem O *Aedes aegypti* é vetor transmissor da dengue. Uma pesquisa feita em São Luís (MA), de 2000 a 2002, mapeou os tipos de reservatório onde esse mosquito era encontrado. A tabela a seguir mostra parte dos dados coletados nessa pesquisa.

Tipos de reservatório	População de <i>A. aegypti</i>		
	2000	2001	2002
Pneu	895	1658	974
Tambor/Tanque/Depósito de barro	6855	46444	32787
Vaso de planta	456	3191	1399
Material de construção/Peça de carro	271	436	276
Garrafa/Lata/Plástico	675	2100	1059
Poço/cisterna	44	428	275
Caixa-d'água	248	1689	1014
Recipiente natural, armadilha, piscina e outros	615	2658	1178
Total	10059	58604	38962

Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, out. 2005. (Adapt.).

De acordo com essa pesquisa, o alvo inicial para a redução mais rápida dos focos do mosquito vetor da dengue nesse município deveria ser constituído por:

- pneus e caixas-d'água.
- tambores, tanques e depósitos de barro.
- vasos de plantas, poços e cisternas.
- materiais de construção e peças de carro.
- garrafas, latas e plásticos.

36. Unifesp 2018 No início de 2017, o Brasil registrou uma das maiores epidemias de febre amarela de sua história. Em uma aula de Biologia, a professora dividiu a classe em dois grupos, solicitando que discutissem previamente e apresentassem seus conhecimentos sobre a doença. Os grupos trouxeram as seguintes informações:

Grupo 1 – Trata-se de doença associada ao saneamento precário, à falta de banheiros e ao consumo de alimentos contaminados. Na zona urbana, a transmissão da febre amarela é feita pelo mesmo transmissor de outras doenças, o que potencializa a propagação de várias enfermidades.

Grupo 2 – A forma silvestre da febre amarela encontra-se associada a ambientes abertos e secos, e a expansão da fronteira agrícola contribui para que a doença se espalhe pelas áreas urbanas. A vacinação é a forma mais eficaz para combater a disseminação da doença.

- Com relação às informações apresentadas pelo Grupo 1, identifique a informação que está correta, complementando-a com detalhamentos que confirmem sua veracidade.
- Com relação às informações apresentadas pelo Grupo 2, identifique a informação que está errada, reescrevendo-a de modo correto.

BNCC em foco

EM13CNT301 e EM13CNT303

1. Leia o texto a seguir e faça o que se pede.

A maioria das pessoas provavelmente não precisa pensar muito para distinguir seres vivos dos “não vivos”. Em tese, é fácil: um humano está vivo, uma rocha, não.

A tarefa pode parecer simples, mas é bem mais complexa para cientistas e filósofos, que há milênios ponderam sobre o que faz uma coisa “estar viva”.

Grandes intelectuais, como o grego Aristóteles e o cosmólogo americano [estadunidense] Carl Sagan, debruçaram-se sobre esse problema, em milênios diferentes, e até hoje não há uma definição que agrade a todos.

Literalmente falando, ainda não temos um significado para vida, e a definição ficou ainda mais difícil nos últimos cem anos.

[...]

Nesse sentido, os vírus são um exemplo clássico da dificuldade de estabelecer algo como “vivo” ou “não vivo”.

[...]

“POR QUE é tão difícil definir o que é vida e o que são seres “vivos”.

Folha de S.Paulo com informações da BBC BRASIL, 6 fev. 2017. Disponível em: www1.folha.uol.com.br/ciencia/2017/02/1856204-por-que-e-tao-dificil-definir-o-que-e-vida-e-o-que-sao-seres-vivos.shtml. Acesso em: 21 jul. 2020.

- Cite uma característica dos vírus que dê suporte à ideia de que eles não são seres vivos e uma característica que dê suporte à ideia de que eles são seres vivos.
- O texto afirma que definir o que é um ser vivo “ficou ainda mais difícil nos últimos cem anos”. Elabore uma explicação para esse fato.

EM13CNT305

2. A aids (síndrome da imunodeficiência adquirida) é uma doença que atingiu fortemente populações de diversos países, inclusive o Brasil, principalmente durante as décadas de 1980 e 1990. Naquele período, a doença ficou estigmatizada como a “doença gay”. A resposta da comunidade gay, à época, foi a mobilização e a conscientização dos membros para os riscos de contágio. O estigma da doença e o preconceito:

- eram justificáveis, já que o HIV pode ser transmitido por meio de contato físico com pessoas contaminadas.
- eram justificáveis, já que a aids é uma IST que só é transmitida entre pessoas do mesmo sexo.
- não se justificam, já que a transmissão do HIV ocorre pelo compartilhamento de seringas, e não por relações sexuais.
- não se justificam, já que qualquer pessoa tem o potencial de contrair o vírus e o direito ao tratamento, caso seja infectada.
- não se justificam, já que a principal via de transmissão do HIV ocorre entre mãe e filho, durante a gravidez e no parto.

EM13CNT202 e EM13CNT306

3. Em 2020, uma pandemia surgida no final do ano anterior obrigou as pessoas a se manterem em isolamento social. No mundo inteiro, o comércio fechou, as viagens foram suspensas e países chegaram a fechar fronteiras. Todo o problema foi causado por um vírus, o SARS-CoV-2, causador de uma infecção respiratória grave que recebeu o nome de covid-19.

- Durante a pandemia, o uso de máscaras de proteção de nariz e boca tornou-se obrigatório em diversos lugares do mundo, e grandes aglomerações em shows e estádios de futebol, por exemplo, foram proibidas. Por que essas medidas são importantes para prevenir a infecção por esse vírus?
- Os vírus não “escolhem” infectar seres vivos, mas o fazem porque estão adaptados a fazer isso, infectam seres humanos (ou outros organismos) porque precisam. Que características da biologia dos vírus explicam essa afirmação?
- Quais são os fenômenos responsáveis pelo aparecimento de novas variedades de vírus, mais adaptadas à infecção de um organismo?



imagetist/Shutterstock.com

Diferentes líquens crescendo sobre uma superfície rochosa.

FRENTE 2

CAPÍTULO

9

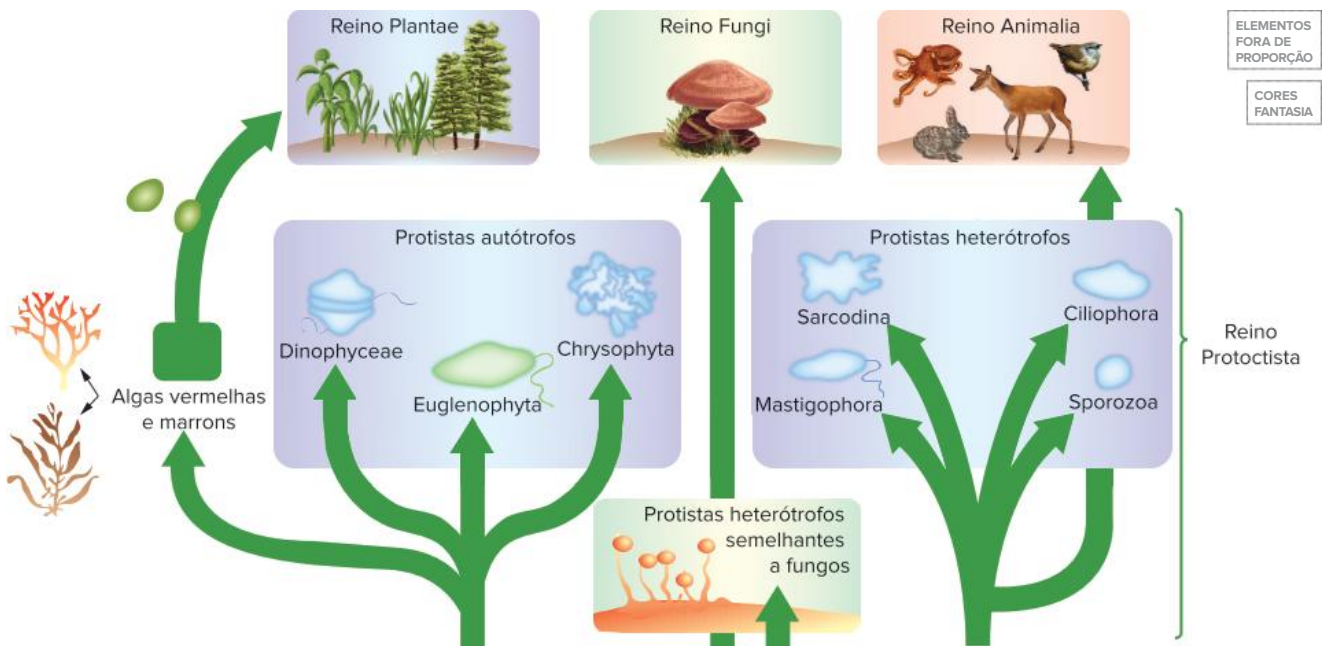
Fungos e algas

Líquens são associações entre fungos e cianobactérias ou algas. Esses organismos desempenham papéis opostos na interação mutualística: algas (seres autótrofos fotossintetizantes) atuam como produtores, fornecendo alimento, enquanto os fungos (seres heterótrofos) são decompositores e consumidores, e o emaranhado de suas hifas mantém a umidade no microambiente.

Reinos Fungi e Protocista

O domínio Eukarya é constituído pelos seres eucariontes, que incluem fungos, plantas, animais, protozoários e algas. O Reino Protocista, que engloba as algas, os protozoários (estudados na frente 3 do livro 1) e os mixomicetos (apresentados no Texto Complementar deste capítulo), é polifilético: constituído por seres que descendem de ancestrais diferentes; isso significa que esse agrupamento não reflete a história evolutiva dos grupos.

Supõe-se que certos grupos de protocistas sejam os ancestrais dos organismos pertencentes aos reinos Fungi, Animalia e Plantae. Os protozoários, por exemplo, estão relacionados à origem evolutiva dos animais, enquanto as plantas originaram-se de uma linhagem de algas verdes. Muitos cientistas consideram que os fungos evoluíram de alguns grupos de protocistas que, até pouco tempo atrás, eram classificados como “fungos primitivos”.



O reino Protocista (grupo polifilético) tem grande diversidade em relação à origem evolutiva de seus integrantes. A partir de certos protocistas evoluíram as plantas, os animais e os fungos.

Fungos

A variedade de fungos é enorme, compreendendo cogumelos, bolores, orelhas-de-pau, leveduras (o fermento biológico) e organismos causadores de micoses, como o “sapinho” e o pé de atleta.



Exemplos de fungos: **A** – cogumelo; **B** – orelha-de-pau; **C** – bolor; **D** – levedura *Saccharomyces cerevisiae* (observada ao microscópio óptico; esses organismos unicelulares têm comprimento médio de 7 μ m).



Algumas espécies de fungo podem parasitar o organismo humano, causando micoses, como as que acometem as unhas e a pele.

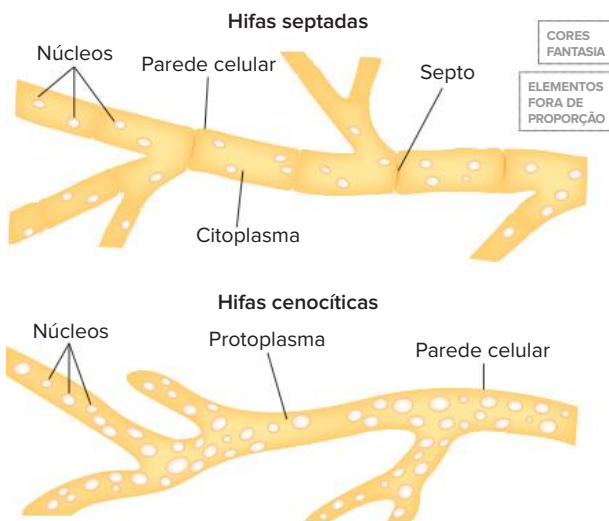
Características dos fungos

Todos os fungos são **eucariontes**; podem ser **unicelulares** (como as leveduras) ou **pluricelulares** (como o cogumelo e a orelha-de-pau). As células dos fungos têm reserva constituída por **glicogênio** (células animais, como as musculares e as hepáticas, também acumulam glicogênio), e sua parede celular é constituída por **quitina** (também presente no exoesqueleto de artrópodes).

Fungos são aclorofilados e não realizam fotossíntese ou quimiossíntese. Todos são **heterótrofos**, e muitos deles se comportam como **parasitas**; inúmeros atuam como **saprofágicos** (decompositores).

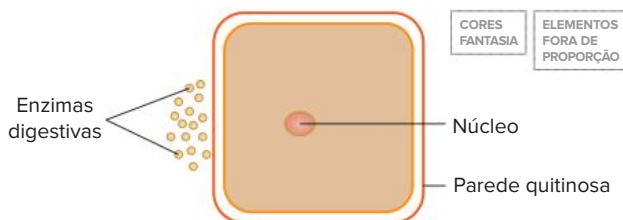
Fungos pluricelulares têm o organismo constituído por filamentos denominados **hifas**. O conjunto de hifas forma o **micélio**. Este pode ser do tipo **vegetativo** (responsável pela nutrição) ou **reprodutivo** (responsável pela reprodução).

As hifas dos fungos podem apresentar separação com paredes transversais, denominadas **septos**; nesse caso, são **hifas septadas**. Em certos fungos, como no bolor preto de pão, as hifas não apresentam septos; são denominadas **hifas cenocíticas**; seu interior é ocupado por **protoplasma** (matéria viva), com inúmeros núcleos.



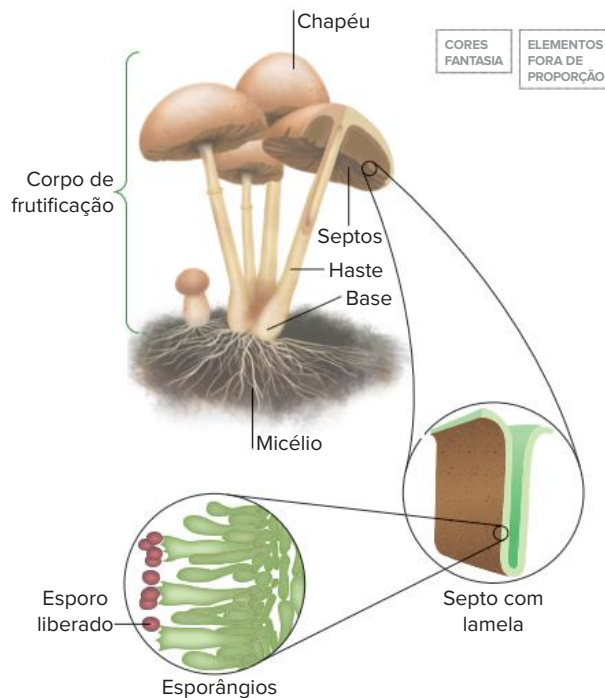
Representação esquemática dos tipos de hifa: septadas (com parede divisória) e cenocítica (sem parede divisória).

As hifas ficam imersas no substrato utilizado pelo fungo, que se desenvolve em locais com disponibilidade abundante de água e matéria orgânica, como esterco, madeira e frutas, ou o corpo de eventuais hospedeiros. Os fungos realizam **digestão extracorpórea**, desprendendo enzimas digestivas para o ambiente, onde é realizada a digestão do alimento. Os produtos da digestão são absorvidos e empregados em seu metabolismo.



Representação esquemática de célula componente de fungo. A liberação de enzimas digestivas relaciona-se com a ocorrência de digestão extracorpórea.

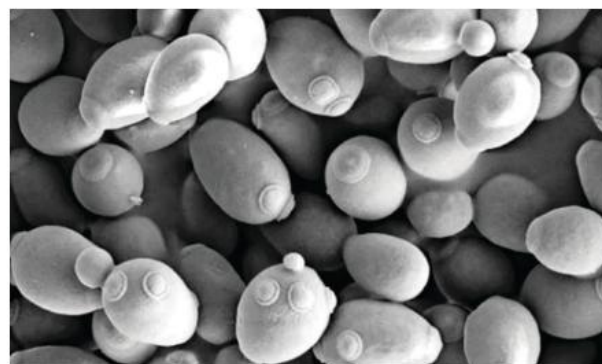
Quando o micélio reprodutivo se desenvolve no substrato, muitas hifas emergem, constituindo a estrutura conhecida como **corpo de frutificação**. No caso de um cogumelo, o corpo de frutificação é a parte visível de seu organismo, formada por uma haste e um chapéu. Sob o chapéu, há placas denominadas **lamelas**, em cujas laterais se formam minúsculos **esporângios**, que são estruturas produtoras de **esporos**.



Representação esquemática da organização de um cogumelo. Corpo de frutificação é a parte visível do cogumelo; ele contém esporângios que produzem esporos.

Os esporos do cogumelo são células reprodutoras, que, carregadas pelo vento, dispersam-se pelo ambiente. Se o esporo cair em um substrato adequado, ele absorverá água e iniciará a formação de novas hifas. A reprodução dos cogumelos é **sexuada** e ocorre quando hifas compatíveis se unem, formando um novo cogumelo.

A reprodução das leveduras pode ocorrer por meio de esporos e também por um processo de **brotamento (reprodução assexuada)**, em que um indivíduo gera um organismo idêntico, porém de menor tamanho, que pode se destacar e formar um organismo independente.



Eletromicrografia de varredura do processo de brotamento em leveduras unicelulares da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (comprimento médio de 7 µm).

Importância dos fungos

Há quatro principais aspectos da importância dos fungos: alimentar, industrial, ecológica e médica (relacionada às doenças que podem causar).

Importância alimentar

Existem diversos cogumelos comestíveis, como o *champignon*, o *shiitake* e a trufa. No entanto, alguns cogumelos são venenosos, e outros, alucinógenos. Por esse motivo, deve-se evitar a ingestão de cogumelos desconhecidos.

Importância industrial

Certos fungos são empregados na produção de antibióticos, como o bolor do gênero *Penicillium*, que produz a penicilina. Os antibióticos são utilizados no tratamento de doenças bacterianas.

Em razão de sua atividade fermentativa, as leveduras são empregadas na produção de álcool e de pães. A conhecida levedura de cerveja é um fungo do gênero *Saccharomyces*.

Importância ecológica

Muitos fungos atuam como **decompositores**, degradando matéria orgânica morta e contribuindo para a reciclagem de matéria na natureza.

Há fungos que participam de associações do tipo **mutualismo**, como micorrizas e líquens. **Micorrizas** são constituídas por fungos associados a raízes de inúmeras espécies de plantas; os fungos absorvem água e nutrientes do solo e os transferem para as raízes, que fornecem a eles alimento orgânico. Assim, as micorrizas potencializam a capacidade de absorção de água e nutrientes das plantas. **Líquens** são associações de fungos com algas ou com cianobactérias que possuem grande importância como espécies pioneiras. A alga ou a cianobactéria fornece matéria orgânica ao fungo, que, por sua vez, disponibiliza proteção e um ambiente úmido.

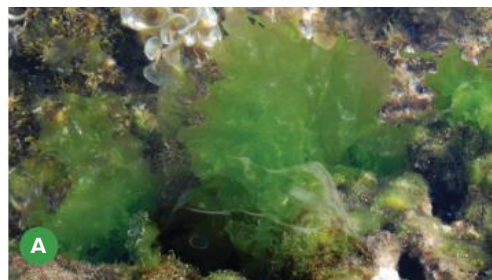
Importância patológica

Alguns fungos causam doenças em seres humanos, genericamente denominadas **micoses**. Há micoses que atingem diferentes partes do organismo, como pele, unhas, cabelos, pulmões, sistema nervoso central e órgãos genitais. A **candidíase**, ou sapinho, é causada pelo fungo *Candida albicans* e pode provocar infecções nos órgãos genitais masculino e feminino. Existem doenças conhecidas como **ferugens** que afetam muitas variedades de plantas e causam prejuízos em importantes culturas no Brasil, como a da soja, a do cacau (conhecida como vassoura-de-bruxa) e a da banana.

Algas

Há uma grande variedade de algas, incluindo os seguintes grupos:

- **Clorofíceas:** são as algas verdes. A maioria das espécies vive em água doce, mas há representantes marinhos e de solo úmido. São consideradas o grupo mais próximo das plantas e compartilham com elas a forma de reserva de glicose: em moléculas de amido. Incluem a *Ulva* sp. (alface-do-mar), o *Volvox* sp. (que forma colônias microscópicas e esféricas) e a *Acetabularia* sp. (alga unicelular visível a olho nu).



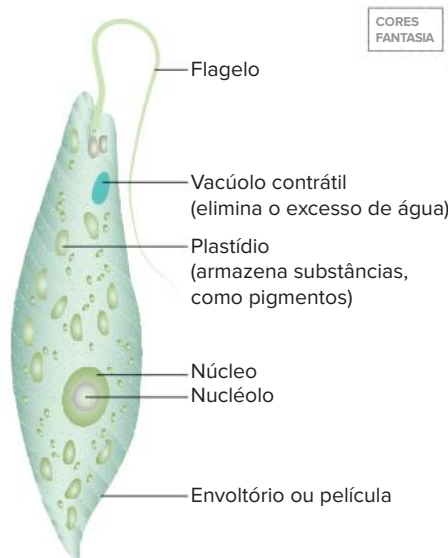
Tigere (CC BY-SA 3.0)/
Wikimedia Commons

Aurora Nedelcu/Volvoxales
Information Project

© Zagor | Dreamstime.com

Exemplos de clorofíceas: **A** – *Ulva* sp., também conhecida como alface-do-mar, é comum em praias brasileiras; **B** – *Volvox* sp. é uma espécie microscópica esférica que forma colônias; **C** – *Acetabularia* sp. é macroscópica, porém unicelular.

- **Euglenofíceas:** são também conhecidas como algas euglenoides; a euglena (*Euglena* sp.) é seu representante mais conhecido. Esses organismos são fotossintetizantes e reservam glicose na forma de grãos de paramilo (carboidrato); quando colocados em locais sem luz, passam a consumir matéria orgânica do ambiente, comportando-se como heterótrofos. Possuem uma estrutura denominada ocelo, que percebe a luminosidade ambiental.



CORES
FANTASIA

ELEMENTOS
FORA DE
PROPORÇÃO

Representação esquemática das estruturas de uma euglenofíceia. Essas algas são envolvidas por uma película e não possuem parede celular.

- **Feofíceas:** são as algas pardas; apresentam o porte mais avantajado entre todas as algas. Incluem o sargaço e a *Laminaria sp.*, comuns no Brasil.



Gręca Gaspar (CC BY-SA 3.0)/Wikimedia Commons

© Anatoly Nkltim | Dreamstime.com

Representantes das algas pardas: **A** – sargaço; **B** – *Laminaria sp.*

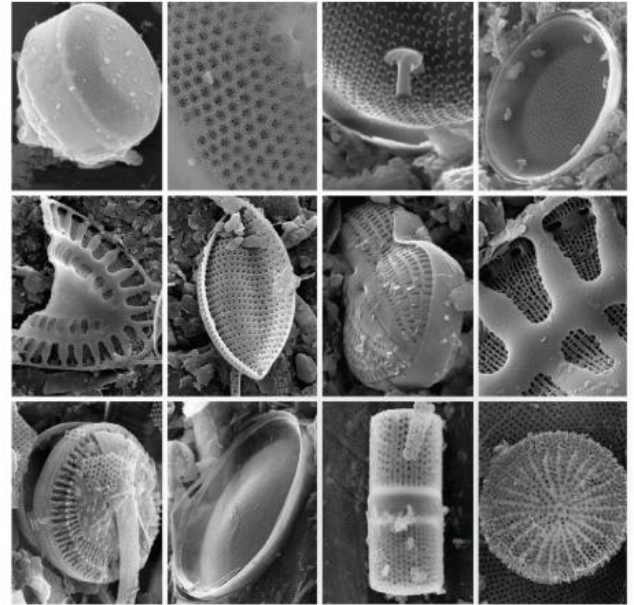
- **Rodofíceas:** são as algas vermelhas. Há várias espécies de interesse alimentar, e algumas são produtoras de ágar, substância utilizada na indústria alimentícia e para fazer meios de cultura de bactérias. Possui reserva energética na forma de amido.



Ed Bierman (CC BY 2.0)/Wikimedia Commons

Rodofíceas destacam-se pela sua coloração avermelhada.

- **Crifíceas (diatomáceas):** abundantes no fitoplâncton; são algas microscópicas que apresentam envoltório de sílica dotado de orifícios (permite a proteção e a realização de trocas de materiais com o ambiente).



© Anna Pišková / Dreamstime.com

As células de diatomáceas têm uma carapaça silicosa dotada de orifícios. O tamanho das espécies de diatomáceas pode variar entre 0,2 e 200 μm .

- **Pirrofíceas:** frequentemente denominadas **dinoflagelados**, são também abundantes no fitoplâncton. Algumas espécies causam a **maré vermelha**, fenômeno resultante da liberação de toxinas devido a estresse ambiental, que pode matar diversos organismos marinhos. A reserva de glicose ocorre nas formas de amido e óleo.



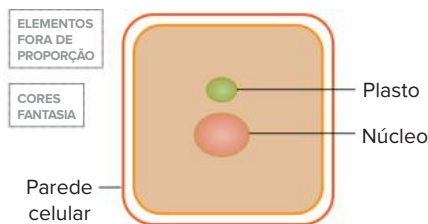
© Pseudolongino | Dreamstime.com

Dinoflagelados são abundantes na superfície do mar; algumas espécies emitem luz (apresentam bioluminescência). Os organismos da foto têm comprimento médio de 70 μm .

Atualmente, a classificação das algas passa por mudanças. Alguns autores consideram que as diatomáceas pertencem ao filo Bacillariophyta e que as algas douradas são do filo Crysochyta.

Características das algas

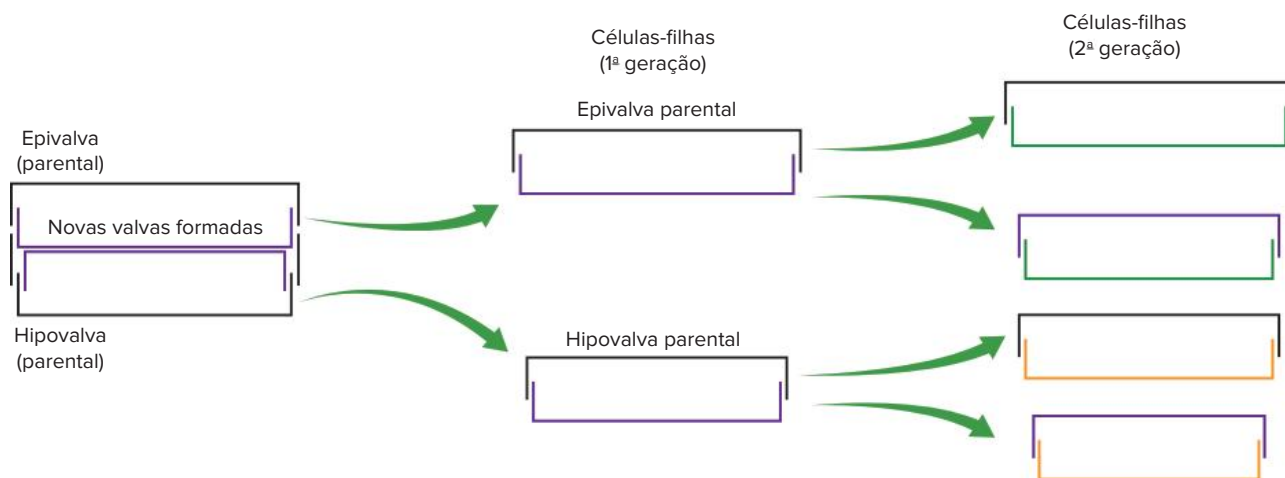
Todas as algas são **eucariontes**. Podem ser **unicelulares**, como euglenófitas, clorófitas, diatomáceas e dinoflagelados ou **pluricelulares**, como clorófitas, feófitas e rodófitas (em sua maioria). Todas as algas apresentam **plastos**, que contêm clorofila e outros pigmentos (carotenóides ou xantofilas). Assim, as algas são **autótrofas fotossintetizantes**. Com exceção das euglenófitas, as algas apresentam **parede celular**. Nas diatomáceas, a parede (ou carapaça) é constituída por **silica**; nos demais grupos, a parede possui **celulose**, que pode estar associada a outra substância: alginato (nas feófitas) ou ágar (nas rodófitas).



Representação esquemática de célula geral da alga.

Algas ocupam ambientes que apresentam umidade e luz. Isso inclui o solo úmido (ocupado por algumas clorófitas) e o meio aquático (mar e água doce). Algas aquáticas podem ocupar a superfície, constituindo o **fitoplâncton**, como ocorre com muitas clorófitas, diatomáceas e dinoflagelados. Certas algas estão presas ao leito do meio aquático, fazendo parte do bento. São algas bentônicas certas clorófitas, feófitas e rodófitas.

As algas apresentam diversas modalidades de reprodução. No entanto, muitas algas unicelulares reproduzem-se assexuadamente, por **bipartição**. Um caso peculiar é o das diatomáceas, que apresentam a carapaça constituída por duas partes (chamadas valvas), uma maior e uma menor. Por meio da mitose, as valvas separam-se, e, nas células-filhas, sempre é produzida uma valva menor, que se encaixa na maior; com isso, há uma redução de tamanho ao longo de algumas gerações. Posteriormente, ocorre reprodução sexuada, gerando indivíduos com o maior tamanho possível para a espécie.



Representação esquemática da bipartição em diatomáceas. A carapaça tem duas metades silicosas (valvas) que se separam; cada metade é complementada por outra valva menor.

Importância das algas

Há três principais aspectos relacionados à importância das algas: alimentar, industrial e ecológico.

Importância alimentar

Muitas algas podem servir de alimento para o ser humano e para o gado, pois possuem importantes nutrientes minerais, vitaminas e proteínas. Entre as algas comestíveis encontram-se espécies de clorófitas, feófitas e rodófitas.

Importância industrial

Algas representam fontes importantes de certas matérias-primas para a indústria. O **ágar** é obtido por meio de rodófitas, sendo empregado na produção de alimentos e de meios de cultura para bactérias. O **alginato** é extraído de certas feófitas, sendo utilizado na produção de sorvete e de diversos tipos de cosméticos.

O **diatomito** é uma rocha silicosa produzida no leito dos oceanos pela agregação de carapaças de diatomáceas. Tem textura porosa, sendo empregado na fabricação de filtros. Em alguns lugares do Nordeste brasileiro, os blocos de diatomito são usados para construir casas. O diatomito também é usado para a produção de polidores de metal e dentífricos; dentistas empregam uma mistura de diatomito com alginato para fazer a massa empregada em moldes dentários.

Importância ecológica

Com as cianobactérias, as algas são componentes do fitoplâncton, grupo de organismos responsável pela maior parte da fotossíntese no planeta.

Alguns dinoflagelados (pirrofíceas) podem causar o fenômeno conhecido como **maré vermelha**. Sob certas condições, há uma intensa proliferação de alguns dinoflagelados (floração da água), os quais liberam uma toxina que pode causar a morte de diversos animais, como peixes, crustáceos, golfinhos e até mesmo seres humanos (quando ingerem alimentos contaminados pelas toxinas). Esse fenômeno caracteriza uma relação ecológica do tipo **amensalismo** ou **antibiose**.



Alejandro Diaz/Wikimedia Commons

Área afetada por maré vermelha.

Revisando

1. Cite exemplos de fungos utilizando nomes populares.

2. Caracterize os fungos quanto à presença de carioteca, ao número de células e à presença de clorofila.

3. Qual é a composição da parede celular dos fungos? Qual é a reserva alimentar dos fungos?

4. Como ocorre a digestão nos fungos?

5. O que é micélio?

6. O que é corpo de frutificação?

7. Cite a importância industrial dos fungos.

8. Qual é a importância ecológica dos fungos?

9. Cite doenças causadas por fungos.

10. Caracterize as algas quanto à presença de carioteca, ao número de células e à presença de clorofila.

11. Em quais ambientes as algas podem ser encontradas?

12. Cite alguns materiais derivados de algas que têm utilidade na indústria.

13. Qual é a importância ecológica das algas?

Exercícios propostos

1. **PUC-GO 2019** Os fungos são organismos que no passado já foram classificados como plantas e hoje, com o avanço da ciência, são classificados em grupo próprio, em função de suas características. Leia atentamente e marque, entre as alternativas a seguir, aquela que contém características gerais de fungos:

- a) Procariotos, pluricelulares, autótrofos e de vida livre.
- b) Procariotos, unicelulares, providos de tecidos verdadeiros e heterotróficos.
- c) Eucariotos, unicelulares ou pluricelulares e heterotróficos.
- d) Eucariotos, pluricelulares, autotróficos e parasitas.

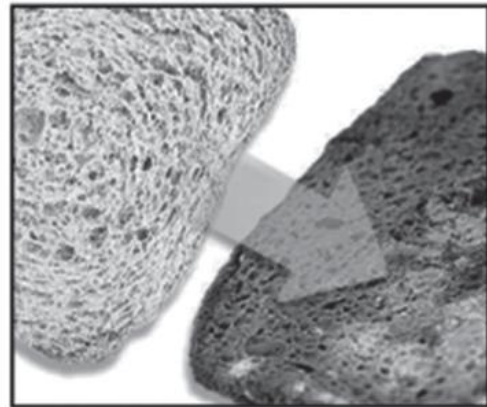
2. **Fuvest-SP 2018** No grupo dos fungos, são conhecidas perto de 100 mil espécies. Esse grupo tão diverso inclui espécies que

- a) são sapróbias, 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.

3. **Udesc** Os fungos são organismos que integram o Reino Fungi e que apresentam as seguintes características:

- a) células procariontes, fotossintetizantes e reserva de amido.
- b) células eucariontes, autotróficas e reserva de amido.
- c) células procariontes, nutrição heterotrófica e reserva de glicogênio.
- d) células eucariontes, heterotróficas e reserva de amido.
- e) células eucariontes, nutrição heterotrófica e reserva de glicogênio.

4. **Udesc 2016** Muitas vezes ao se pegar alguns alimentos, a exemplo, fatias de pão, depara-se com a presença de fungos.



Analise as proposições com relação a estes organismos.

- I. São importantes na natureza como agentes decompositores.
- II. Entram na produção de alimentos de largo consumo como pães, vinhos e alguns tipos de queijos.
- III. Não possuem representantes que possam causar doenças em humanos.
- IV. Alguns representantes podem se associar com algas e formar os líquens.
- V. Pode ocorrer a associação deles com raízes de plantas, sendo esta benéfica para ambos.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I, II, III e IV são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II, III, IV e V são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas III e V são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II, IV e V são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

5. **Ufla-MG** Os fungos são organismos heterotróficos porque:

- a) não são capazes de fixar o CO_2 como fonte de carbono.
- b) não possuem clorofila.
- c) não são capazes de utilizar a energia luminosa.
- d) não são capazes de utilizar glicose como fonte de carbono.
- e) não são capazes de utilizar sacarose como fonte de carbono.

6. **Uece 2019** O Brasil publicou, entre 2014 e 2017, cerca de 53 mil artigos científicos, dos quais 72% são assinados por pesquisadoras mulheres. Em um desses artigos um grupo de seis pesquisadoras de Pernambuco e Alagoas descobriu que “Solos de regiões semiáridas têm grande diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares, mas a identificação de espécies obtidas de amostras de campo é difícil quando o número de esporos é baixo, como ocorre em áreas impactadas da região do Araripe”.

Fontes: <https://socioficial.com.br/2019/03/23/mulheressassinam-72-dos-artigos-cientificos-publicados-pelo-brasil/>; <http://www.scielo.br/pdf/hoehnea/v41n3/07.pdf>

No que concerne a fungos micorrízicos, é correto afirmar que

- compõem uma associação simbiótica mutualista entre fungos e raízes de plantas, em que o fungo se alimenta da matéria orgânica proporcionada pela planta e facilita a absorção de minerais pelas raízes.
 - constituem uma associação simbiótica mutualista entre fungos e algas, em que o fungo se alimenta da matéria orgânica produzida pela alga e facilita a absorção de água e minerais pelas algas.
 - formam uma associação de protocooperação entre fungos e algas, em que os indivíduos envolvidos se beneficiam, mas, como essa associação não é obrigatória, os indivíduos podem viver isoladamente.
 - são microrganismos que compõem grande parte da biomassa microbiana dos solos, contudo, trata-se de uma relação ecológica rara, pois apenas cerca de 10% das plantas se associam simbioticamente com esses fungos.
7. **Fuvest-SP 2020** Várias espécies do gênero *Candida*, que pertence ao grupo de fungos unicelulares, reproduzem-se por brotamento (gemulação), espalhando-se rapidamente. No grupo dos fungos pluricelulares, a rápida colonização de novos ambientes deve-se, em grande parte, ao fato de que esse grupo possui
- esporos haploides que germinam e colonizam o ambiente.
 - reprodução assexuada, produzindo descendentes que são genotipicamente diferentes.
 - zigotos haploides que crescem aceleradamente com mitoses sucessivas.
 - cistos de resistência que encapsulam adultos diploides.
 - fases autotróficas, podendo viver sem disponibilidade de alimento externo.
8. **UFRN** Uma das doenças do algodoeiro é provocada pelo acúmulo de micélios e esporos de um fungo do gênero *Fusarium* no interior dos vasos da planta, prejudicando o fluxo de seiva. Para o fungo, essas estruturas são importantes, pois estão relacionadas, respectivamente, com:
- fixação e digestão.
 - crescimento e reprodução.
 - dispersão e toxicidade.
 - armazenamento e respiração.

9. **Uece 2020** Quanto às micoses, é correto afirmar que
- são infecções causadas por bactérias, que podem ocorrer em todo o corpo.
 - são infecções causadas por fungos, que podem ocorrer na pele, nas unhas, nas mucosas e no cabelo.
 - são tratadas com antibióticos e prevenidas com hábitos de higiene adequados.
 - ocorrem frequentemente nas regiões polares em função das condições ideais de calor e umidade.

10. **PUC-PR** Analise as afirmações relacionadas a seres dos Reinos Monera, Protista e Fungi.

- A associação das bactérias do gênero *Rhizobium* com as leguminosas dá origem a uma simbiose de alto valor econômico e ecológico.
- Penicillium notatum* é um representante do Reino Fungi, do qual Alexander Fleming extraiu um importante antibiótico, conhecido por penicilina.
- As micorrizas constituem um grupo de bactérias que realizam a fixação do nitrogênio da atmosfera.
- O Reino Fungi apresenta espécies comestíveis e espécies tóxicas para o homem.
- As bactérias são seres procariontes, portanto classificadas no Reino Monera.

Estão corretas:

- apenas I, II e III.
- apenas I, II, IV e V.
- apenas I, II, III e V.
- todas.
- apenas II e IV.

11. **PUC-Minas** Um grupo de organismos apresenta as seguintes características entre seus representantes:

- secretam enzimas digestivas que degradam grandes moléculas de alimento do ambiente, depois absorvem os produtos de degradação;
- muitos são sapróbios, absorvendo nutrientes da matéria morta;
- outros são parasitas absorvendo nutrientes de hospedeiros vivos;
- e outros ainda podem manter relações mutualísticas ou simbióticas com outros organismos.

Assinale o grupo que apresenta as características mencionadas.

- Algas.
- Fungos.
- Briófitas.
- Protistas.

12. **IFSC** Os fungos são organismos eucariontes, unicelulares ou pluricelulares, de vida livre ou não, encontrados nos mais variados ambientes, preferencialmente, em lugares úmidos e ricos em matéria orgânica. Em qual das atividades humanas listadas a seguir não há participação de fungos?

- Produção de álcool combustível.
- Produção industrial de iogurte.
- Fabricação de certos antibióticos.
- Indústria da cerveja e do vinho.
- Pesquisas em controle biológico.

13. Acafe-SC 2020

Fungo venenoso é encontrado na Austrália pela primeira vez

Pela primeira vez na Austrália, cientistas encontraram a espécie *Podostroma cornu-damae*, ou *Poison Coral Fire* (“coral de fogo venenoso”, em português), como é apelidada. O organismo é um fungo comum no Japão e nas Coreias — e o segundo mais tóxico do mundo: de acordo com os pesquisadores, apenas tocar no fungo já é perigoso para humanos.

Fonte: Revista Galileu, 04/10/2019.
Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com> (adaptado)

Acerca das informações contidas no texto e nos conhecimentos relacionados ao tema, marque (V) para as **verdadeiras** e (F) para as **falsas**.

- Os fungos produzem inúmeras substâncias, dentre elas enzimas que são importantes para o ambiente, pois auxiliam na degradação de matéria orgânica e, conseqüentemente, ciclagem de nutrientes.
- Substâncias produzidas pelos fungos, conhecidas como metabólitos secundários, têm grande utilização comercial e atuam em setores industriais, como nos ramos alimentícios, farmacêuticos, biorremediação, entre outros.
- Os fungos podem apresentar tanto a reprodução assexuada como sexuada.
- Nos fungos pluricelulares, o corpo é formado por duas partes: o micélio e o corpo de frutificação. O corpo de frutificação corresponde a um emaranhado de filamentos longos e microscópicos chamados de hifas, enquanto o micélio é a estrutura reprodutiva dos fungos.
- Algumas espécies de fungos estabelecem associações que são benéficas tanto para eles quanto para os hospedeiros. Como exemplos dessas associações, podem-se citar os líquens e as micorrizas.

A seqüência **correta**, de cima para baixo, é:

- a) V – V – V – F – V
- b) V – V – V – V – F
- c) F – V – F – V – V
- d) F – V – V – F – F

14. **Unesp 2018** Em uma aula de campo, os alunos encontraram, crescendo sobre um tronco caído na mata, organismos conhecidos como orelhas-de-pau. O fato que chamou a atenção dos alunos foi que alguns desses organismos eram de cor verde, como mostra a figura.



Paula afirmou que o organismo observado era um fungo fotossintetizante e portanto autótrofo.

Gilberto concordou que seria um fungo fotossintetizante, mas, por estar crescendo em um tronco em decomposição, seria heterótrofo necessariamente.

Ricardo sugeriu que o organismo observado, na verdade, eram dois organismos, um autótrofo e outro heterótrofo.

Tiago complementou a ideia de Ricardo, afirmando tratar-se de um musgo, que é uma associação entre um fungo e uma alga.

Fernanda discordou de Tiago, afirmando tratar-se de um líquen, no qual o fungo fornece os carboidratos necessários para o crescimento da alga.

A explicação correta para o fato foi dada por

- a) Fernanda.
- b) Gilberto.
- c) Ricardo.
- d) Paula.
- e) Tiago.

15. **UFPEL-RS** O Reino Fungi abrange organismos eucariontes, aclorofilados, que incorporam alimentos por absorção. Popularmente, são conhecidos como bolores, mofo, fermentos, levedos, orelhas-de-pau, trufas e cogumelos-de-chapéu (Champignon).

Sônia Lopes. Bio, 1994. v. único.

Os exemplos citados ilustram vários tipos e formas de fungos que podem estar voltados diretamente à saúde humana, à produção de alimentos, ao combate a pragas de lavouras, dentre muitos outros usos.

Em termos ecológicos, quanto aos fungos, é correto afirmar que:

- a) obtêm seu alimento autotroficamente, ao decompor organismos mortos, uma condição que os remete à classificação de saprófagos.
- b) podem ser organismos anaeróbicos, por realizarem a fermentação, sendo úteis para o homem na produção de vinho, cerveja e pães.
- c) são predadores, por se alimentarem de substâncias que derivam da biocenose, ou seja, dos restos orgânicos de organismos mortos.
- d) são mutualísticos, ao estabelecerem associações com outros organismos, das quais ambos se beneficiam, como no caso das leveduras, que produzem açúcares por intermédio de processos fotossintéticos.
- e) são parasitas, ao obterem seu alimento por decomposição de restos orgânicos de indivíduos mortos.

16. **PUC-Rio** 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 de uma associação entre:

- a) cianobactérias fotossintetizantes e fungos com grande capacidade de absorção de água e sais minerais.
- b) bactérias anaeróbicas 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.

17. UENP-PR 2019 Os fungos são organismos eucarióticos, heterótrofos e podem ser encontrados nos mais diferentes ambientes. Com base nos conhecimentos sobre fungos, considere as afirmativas a seguir.

- I. A nutrição é heterotrófica e acontece pela digestão extracorpórea realizada pelo próprio fungo, lançando no ambiente enzimas digestivas que transformam moléculas orgânicas complexas em moléculas simples.
- II. A parede celular dos fungos é formada por queratina, um polissacarídeo nitrogenado que a torna impermeável e que aparece também nos esqueletos dos cnidários e nas unhas de alguns mamíferos.
- III. A reprodução é assexuada e ela acontece da fusão das hifas haploides que se fundem e originam hifas diploides (2n), as quais continuam se dividindo por mitose, formando inúmeros esporos que são dispersos no ambiente pelo vento.
- IV. Os fungos, por meio de associações íntimas e permanentes com outros organismos, podem formar os chamados líquens e, nesse caso, os dois organismos formam uma relação ecológica classificada de mutualismo.

Assinale a alternativa correta.

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

18. Uece 2016 Analise as afirmações abaixo.

- I. Algas são seres fotossintéticos, conhecidos como plantas do mar e por esse motivo pertencem ao Reino Plantae.
- II. As algas são responsáveis pela maior parte do gás oxigênio liberado diariamente na biosfera.
- III. Quando há um desequilíbrio dos fatores ambientais, as algas podem se multiplicar descontroladamente por meio de florações.

Está correto o que se afirma em

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

19. UFRGS 2020 Pesquisadores atribuem o aspecto de “mar chocolateado” que ocorre no litoral gaúcho a uma série de fatores, entre eles a floração de algas marinhas unicelulares.

Considere as seguintes afirmações sobre as espécies de algas unicelulares.

- I. Esses organismos constituem o plâncton nos ecossistemas marinhos.

- II. As algas diatomáceas apresentam uma carapaça constituída por sílica.
- III. Algumas espécies de euglenas apresentam uma estrutura pigmentada, o ocelo, que percebe a luminosidade.

Quais estão corretas?

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

20. UEM-PR 2016 Assinale o que for **correto**.

- 01 A reprodução assexuada nas algas e nas bactérias é feita, basicamente, por fissão binária e esporos.
- 02 As algas e as cianobactérias apresentam clorofila e, por isso, são organismos autotróficos.
- 04 Micorrizas são associações entre fungos e raízes de plantas terrestres, que aumentam a capacidade de absorção de sais minerais pelas plantas.
- 08 Cogumelos e leveduras são fotossintetizantes, armazenam glicogênio, possuem queratina nas paredes celulares e são classificados no Reino Fungi, um dos grandes grupos de vegetais.
- 16 Os líquens, organismos pioneiros na sucessão ecológica, são resultantes da associação entre algas e fungos. Essa relação é de mutualismo, ou seja, há benefício mútuo.

Soma:

21. UFC-CE Dentre a imensa diversidade de organismos presentes no ambiente, são apresentados a seguir três importantes grupos. Relacione as colunas de acordo com as características e a utilização dos organismos citados.

Coluna I

- I. Bactérias
- II. Protistas
- III. Fungos

Coluna II

- Pluricelulares, eucarióticos, heterotróficos e utilizados em biotecnologia.
- Unicelulares, sem separação física entre o material genético e o citoplasma e utilizados na limpeza de ambientes degradados.
- Unicelulares, eucarióticos, heterotróficos e utilizados como indicativos de possível presença de petróleo.
- Unicelulares, eucarióticos, autotróficos e utilizados na produção de abrasivos.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta:

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

22. UFPE Em certas regiões do Nordeste brasileiro são utilizados, na construção de habitações rurais, tijolos de diatomitos constituídos por carapaças compactadas de diatomáceas. Esse material corresponde a:

- a) algas feofíceas ou algas pardas (marrons).
- b) algas crisofíceas ou douradas.
- c) artrópodos (quilópodos e diplópodos).
- d) poríferos ou esponjas.
- e) moluscos gastrópodos.

23. Unesp

Maré vermelha deixa litoral em alerta

Uma mancha escura formada por um fenômeno conhecido como “maré vermelha” cobriu ontem uma parte do canal de São Sebastião [...] e pode provocar a morte em massa de peixes. A Secretaria de Meio Ambiente de São Sebastião entrou em estado de alerta. O risco para o homem está no consumo de ostras e moluscos contaminados.

Vale Paraibano, 1 fev. 2003.

A maré vermelha é causada por:

- a) proliferação de algas macroscópicas do grupo das rodófitas, tóxicas para consumo pelo homem ou pela fauna marinha.
- b) proliferação de bactérias que apresentam em seu hialoplasma o pigmento vermelho ficoeritrina. As toxinas produzidas por essas bactérias afetam a fauna circunvizinha.
- c) crescimento de fungos sobre material orgânico em suspensão, material este proveniente de esgotos lançados ao mar nas regiões das grandes cidades litorâneas.
- d) proliferação de líquens, que são associações entre algas unicelulares componentes do fitoplâncton e fungos. O termo maré vermelha decorre da produção de pigmentos pelas algas marinhas associadas ao fungo.
- e) explosão populacional de algas unicelulares do grupo das pirrófitas, componentes do fitoplâncton. A liberação de toxinas afeta a fauna circunvizinha.

Texto complementar

A classificação dos fungos

Os fungos são divididos em quatro classes: zigomicetos, basidiomicetos, ascomicetos e deuteromicetos. Os **zigomicetos** apresentam hifas cenocíticas, enquanto os demais grupos têm hifas septadas. Além disso, a classificação é baseada no tipo de esporângios que os fungos formam.

Os zigomicetos, como o bolor preto de pão (*Rhizopus* sp.), formam hifas que se encontram, gerando um tipo de esporângio conhecido como **zigosporângio**. Os **basidiomicetos**, como o cogumelo e a orelha-de-pau, têm esporângio conhecido como **basídio**; trata-se de uma “base” sobre a qual são gerados quatro esporos (basidiósporos). Os **ascomicetos**, como o bolor rosado de pão e as leveduras, formam esporângio denominado **asco**, que tem o aspecto de uma bolsa; no interior do asco geralmente são gerados quatro ou oito esporos (ascósporos). Os **deuteromicetos**, como a *Candida albicans*, constituem uma classe artificial de fungos, cuja reprodução sexuada ainda não é conhecida. Anualmente, várias espécies de deuteromicetos são realocadas para outra classe, geralmente ascomicetos ou basidiomicetos, com a elucidação da sua reprodução sexuada.

Quatro grupos de organismos eram classificados como fungos: Oomycota, Chytridiomycota, Acrasiomycota e Myxomycota (mixomicetos). A tendência atual é classificá-los em integrantes do Reino Protocista.



Representação esquemática de algumas classes de fungos e seus esporângios.

Mixomicetos

Atualmente esses organismos são classificados em protoctistas. São semelhantes a amebas gigantes e desenvolvem-se em ambientes ricos em matéria orgânica. Resultam de um processo de fecundação, com um zigoto crescendo e dividindo o núcleo várias vezes, sem a ocorrência de separação do citoplasma. Depois de alcançar certo tamanho, a estrutura forma um esporângio, que produz e dispersa esporos pelo ambiente.



Exemplar de mixomiceto crescendo sobre tronco de árvore.

Texto elaborado para fins didáticos.

J-Luc / CC BY-SA 3.0 / Wikimedia Commons

Resumindo

O Reino Protoctista inclui algas, protozoários e mixomicetos. A partir de certos grupos de protoctistas surgiram organismos pertencentes aos reinos Fungi, Animalia e Plantae.

Fungos

São exemplos de fungos: cogumelo, bolor, orelha-de-pau, leveduras (o fermento biológico) e alguns organismos causadores de micoses.

Características dos fungos

Todos os fungos são eucariontes; podem ser unicelulares (como as leveduras) ou pluricelulares. Possuem parede celular de quitina e reserva de glicose em forma de glicogênio. Fungos são aclorofilados e heterótrofos. Há parasitas, e inúmeros são saprofágicos (decompositores).

Fungos pluricelulares têm o organismo constituído por filamentos denominados hifas; o conjunto das hifas forma o micélio. Os fungos realizam digestão extracorpórea: liberam enzimas digestivas para o ambiente, onde é realizada a digestão do alimento; os produtos são absorvidos e empregados em seu metabolismo.

O corpo de frutificação de um cogumelo é a parte visível de seu organismo, formado por uma haste e um chapéu. Sob o chapéu, há placas denominadas lamelas, em cujas laterais se formam minúsculos esporângios, estruturas produtoras de esporos. Esporos são células reprodutoras; quando caem em um substrato adequado, podem formar novas hifas. A reprodução das leveduras também pode ocorrer por brotamento.

Importância dos fungos

Importância alimentar: há muitos cogumelos comestíveis.

Importância industrial: certos fungos são empregados na produção de antibióticos, como o bolor do gênero *Penicillium*, que sintetiza a penicilina. As leveduras, como o *Saccharomyces* sp., são empregadas na produção de álcool e de pães.

Importância ecológica: muitos fungos atuam como decompositores. Há fungos que participam de associações do tipo mutualismo (micorrizas e líquens).

Importância patológica: há fungos que causam doenças em seres humanos, genericamente denominadas micoses. A candidíase, ou sapinho, é causada pelo fungo *Candida albicans* e pode provocar infecções nas mucosas e nos órgãos genitais. Existem doenças, conhecidas como ferrugens, que afetam muitas variedades de plantas, como soja, cacau, banana etc.

Algas

Há uma grande variedade de algas, incluindo os seguintes grupos:

- Clorofíceas: são as algas verdes.
- Euglenofíceas: também conhecidas como algas euglenoides.
- Feofíceas: são as algas pardas.
- Rodofíceas: são as algas vermelhas.
- Diatomáceas: abundantes no fitoplâncton; apresentam envoltório de sílica.
- Pirrofíceas: frequentemente denominadas dinoflagelados, são abundantes no fitoplâncton.

Características das algas

Todas as algas são eucariontes; podem ser unicelulares ou pluricelulares. Apresentam plastos, que contêm clorofila e outros pigmentos (carotenoides ou xantofilas). As algas são autótrofas fotossintetizantes e muitas delas apresentam reserva de glicose na forma de amido. Com exceção das euglenófitas, possuem parede celular. Nas diatômicas, a parede (ou carapaça) é constituída por sílica e, nos demais grupos, a parede possui celulose. Em alguns grupos, a celulose está associada a outra substância, como alginato (nas feófitas) e ágar (nas rodófitas). Muitas algas unicelulares reproduzem-se assexuadamente por bipartição. Algas são encontradas em solo úmido e meio aquático (água salgada ou doce). Algas aquáticas podem ocupar a superfície, constituindo o fitoplâncton. Certas algas estão presas ao leito do meio aquático, fazendo parte do bento.

Importância das algas

Importância alimentar: há muitas algas que podem servir de alimento para o ser humano e para o gado.

Importância industrial: algas representam fontes importantes de certas matérias-primas para a indústria, como ágar, alginato e diatomito.

Importância ecológica: com as cianobactérias, as algas são componentes do fitoplâncton, o responsável pela maior liberação de gás oxigênio para a atmosfera no planeta. Alguns dinoflagelados (pirrófitas) podem causar o fenômeno conhecido como maré vermelha.

Quer saber mais?



Site

<https://revistagalileu.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2021/03/alimentar-gado-com-algas-reduz-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-em-82.html>

(Acesso em: 4 nov. 2021)

Entenda a relação entre uma espécie de alga e a diminuição da emissão de gás metano pelo gado.



Vídeo

<https://www.youtube.com/watch?v=Ril7v3BP1dM>
(Acesso em: 4 nov. 2021)

O vídeo apresenta informações sobre o *Neonothopanus gardneri*, espécie de cogumelo luminescente encontrada no Brasil.

Exercícios complementares

1. **UFRRJ** Um dos armários do laboratório da escola apareceu com pontos e fios brancos em suas portas, do lado interno. Um dos alunos identificou os pontos e os fios brancos como sendo um tipo de mofo. Para eliminá-lo, passou um pano embebido em álcool na porta, até limpá-la totalmente. Na semana seguinte, para surpresa do aluno, os pontos e fios reapareceram.

A partir dos seus conhecimentos a respeito da estrutura e biologia dos fungos, explique por que o mofo reapareceu.

2. **Unicamp-SP** O impressionante exército de argila de Xian, na China, enfrenta finalmente um inimigo. O oponente é um batalhão composto de mais de quarenta tipos de fungos, que ameaça a integridade dos 6.000 guerreiros e cavalos moldados em tamanho natural. Os fungos que agora os atacam se alimentam da umidade provocada pela respiração das milhares de pessoas que visitam a atração a cada ano.

Veja, 27 set. 2000. (Adapt.).

- Ao contrário do que está escrito no texto, a umidade não é suficiente para alimentar os fungos. Explique como os indivíduos do Reino Fungi se alimentam.
- Os fungos são encontrados em qualquer ambiente. Como se explica essa grande capacidade de disseminação?

3. **Urca-CE 2021** Classificações antigas incluíam os fungos no Reino Plantae, mas atualmente estão classificados em um reino próprio (Reino Fungi). As principais características desse reino são:

- São seres procaríotos.
- Podem ser unicelulares ou pluricelulares.

23 - Apresentam na sua constituição filamentos denominados de hifas.

35 - São autótrofos, pois são seres capazes de sintetizar seu próprio alimento.

44 - Utilizam processos de reprodução que ocorrem, em sua grande maioria, por meio da formação de esporos, os quais podem ser produzidos de maneira assexuada ou sexuada.

O somatório das alternativas CORRETAS é:

- a) 56 b) 84 c) 52 d) 70 e) 79

4. **Uerj 2019** Recentemente, uma empresa italiana lançou o Muskin, um “couro vegetal” 100% biodegradável, produzido a partir do corpo de frutificação do *Phellinus ellipsoideus*, uma espécie de fungo macroscópico que cresce sobre os troncos de árvores das florestas subtropicais.

Phellinus ellipsoideus



lifegate.com

Aponte a função do corpo de frutificação presente nos fungos. Em seguida, indique se a retirada dessa estrutura compromete a sobrevivência da espécie *Phellinus ellipsoideus*, justificando sua resposta.

- 5. UFC-CE** O Reino Fungi possui cerca de 70 000 espécies, entre elas fungos de importância ecológica e/ou econômica.
- Explique, sucintamente, por que os fungos, juntamente com as bactérias heterotróficas, são ecologicamente tão importantes?
 - 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?
 - 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.
- 6. Unifesp** Suponha que você queira inventar uma pomada que elimine, ao mesmo tempo, as bactérias saprófitas e os fungos que existem na sola do pé e tenha, para combinar nessa pomada, os princípios ativos e seus modos de ação discriminados no quadro.

Princípio	Modo de ação
M	Destrói polissacarídeos compostos (como do exoesqueleto dos artrópodes).
N	Fragmenta moléculas circulares de DNA.
O	Impede a formação de membranas tilacoides.
P	Impede a síntese de celulose na parede celular.
Q	Degrada o glicogênio presente na célula.

Das combinações relacionadas, aquela que contém somente princípios ativos eficientes para você atingir seu objetivo é:

- M, N e P.
 - N, O e P.
 - O, P e Q.
 - M, N e Q.
 - M, O e Q.
- 7. PUC-SP** Foram feitas três afirmações a respeito dos líquens.
- São organismos pioneiros em um processo de sucessão ecológica.
 - Os dois tipos de organismos que constituem um líquen são capazes de produzir glicose e oxigênio utilizando gás carbônico, água e energia luminosa.
 - Os organismos que constituem um líquen apresentam uma relação mutualística.

Assinale:

- se apenas uma das afirmações estiver correta.
- se apenas as afirmações I e II estiverem corretas.
- se apenas as afirmações I e III estiverem corretas.
- se apenas as afirmações II e III estiverem corretas.
- se as afirmações I, II e III estiverem corretas.

8. Mackenzie-SP

Alga deixa água com gosto ruim

Lavar as mãos, tomar banho, beber água ou um simples cafezinho virou um tormento para quase 4 milhões de moradores das regiões sul e leste de São Paulo.

[...] O desconforto é recorrente. Basta chegar a época de estiagem e as algas proliferam “por causa do excesso de nutrientes nas águas”. Tais “nutrientes” são, na realidade, esgoto.

[...] O problema está localizado na Represa do Guarapiranga (zona sul).

[...] A alga é uma cianobactéria, que libera uma toxina chamada geosmina.

[...] “cheiro e o sabor aparecem após o tratamento com aplicação de carvão ativado em pó e permanganato de potássio”, explicou o gerente da Unidade de Tratamento de Água.

Jornal da Tarde, 19 set. 2008.

Algas e cianobactérias são bem diferenciadas evolutivamente, mas têm algumas características comuns, dentre as quais:

- a presença de clorofila e, portanto, capacidade de realizar a fotossíntese.
- a presença de organelas citoplasmáticas como cloroplastos.
- parede celular, basicamente constituída de celulose e hemicelulose.
- organização filamentosa pluricelular com divisão de trabalho.
- capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico.

- 9. Unesp 2016** 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.



(<http://cogumelos.ind.br>)

Sobre o cogumelo *shimeji*, foram feitas as assertivas:

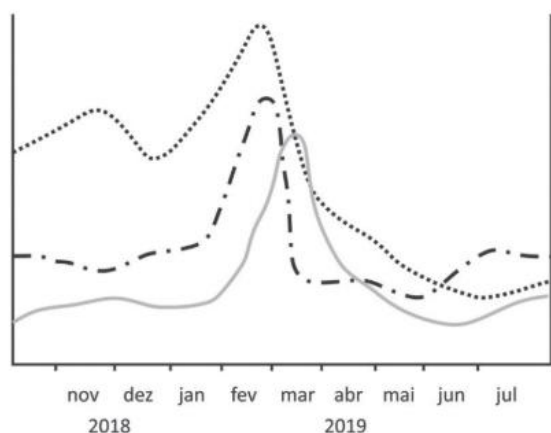
- Trata-se de um fungo, um organismo heterótrofo que não faz fotossíntese e não produz seu próprio alimento.
- Por ser um fungo, não sintetiza proteínas e carboidratos, tendo baixo valor nutricional.

Sobre essas assertivas, é correto dizer que

- 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.
- 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.

10. Fuvest-SP 2020 Ao investigarem as razões para um evento de maré vermelha que ocorreu em uma região costeira do Brasil, os cientistas e técnicos encontraram uma relação entre a pluviosidade na área, o tratamento e destino de esgotos domésticos nos municípios vizinhos e a abundância de algumas espécies de microalgas com toxinas (nocivas à saúde humana) do grupo dos dinoflagelados, segundo o gráfico abaixo.



— Abundância de dinoflagelados (célula/litro de água do mar)
 Pluviosidade (mm de chuva)
 - - - - - Contagem de coliformes fecais (CF/litro de água do mar)

- a) Qual é o mês de ocorrência da maré vermelha?
 - b) Como esse aumento da concentração de dinoflagelados chega na dieta de uma pessoa e como ela pode evitar uma intoxicação?
 - c) Pelo demonstrado no gráfico, qual a razão para o rápido aumento na abundância de dinoflagelados no evento de maré vermelha? E para seu rápido declínio?
- 11. Udesc** O artigo “Algas que movem motores”, publicado na revista *SuperInteressante*, edição 256 de setembro de 2008, registra que as microalgas de águas salinas do Nordeste brasileiro estão sendo estudadas como possíveis biocombustíveis.
- [...] as microalgas que nem sequer são visíveis a olho nu, quando coletadas e tratadas, podem gerar biodiesel com alta produtividade.
- Com base na informação acima:
- a) descreva as três principais características das algas.
 - b) qual é o papel ecológico das algas?
 - c) cite duas outras matérias-primas utilizadas na produção de biocombustíveis.

- 12. UFPE** As algas podem viver fixas, sobre rochas submersas, ou livres, tanto no fundo das águas quanto flutuando. Com relação às algas, analise-as a seguir.
- A *Ulva* (alface-do-mar) ocorre no litoral brasileiro aderida às rochas; são algas verdes pertencentes ao filo Chlorophyta.
 - De algas vermelhas (Rodophyta) podem ser extraídas substâncias utilizáveis em culinária e no preparo de meios de cultura.
 - As algas pardas (Phaeophyta), como por exemplo o *Sargassum*, além da fucoxantina, podem apresentar outros pigmentos.
 - A alternância de gerações é observada em algas verdes, vermelhas e pardas.
 - As diatomáceas são algas rodofíceas, das quais se extrai o ágar. Elas compõem os bentos marinhos.

13. UFJF-MG 2015 Dentro do reino Protista, há um grupo formado por organismos fotossintetizantes, comumente denominados de ALGAS, que colonizam diversos *habitats* aquáticos, como mar, lagoas, rios e lagos. Esses organismos possuem grande importância ecológica, principalmente pela grande atuação no ciclo do carbono.

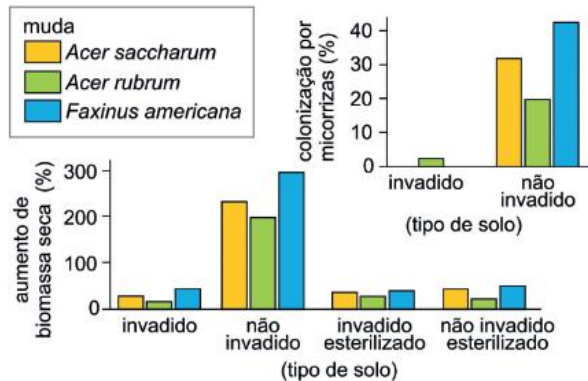
- a) Cite dois filamentos de algas que utilizem amido como polissacarídeo de reserva.
- b) Em um álbum de 1994, Jorge Benjor canta a música *Spyrogyra Story*, que contém os seguintes versos:
 “Espirogiro é Spirogyra, é Spirogyra
 É um bichinho bonito e verdinho que dá na água
 Que Plâncton é esse?
 É o Espirogiro é o Spirogyra”
Spyrogyra é um gênero bem conhecido de alga verde filamentosa, não um “bichinho”, pois, dentre outros caracteres, possui o pigmento citado na música. Qual o nome do pigmento e em qual organela celular ele se encontra?
- c) O que é Maré Vermelha e o que a mesma acarreta ao meio ambiente?

14. UFU-MG 2019 Os fungos apresentam inúmeras funções na natureza. Com base nessa afirmativa, faça o que se pede.

- a) Por milhares de anos, os seres humanos têm usado leveduras para produzir bebidas alcoólicas e pão. Descreva em que condições as leveduras realizam a fermentação, permitindo o crescimento da massa e quais são o substrato e os produtos formados nessa fermentação.
- b) Do ponto de vista da nutrição, os seres desse reino apresentam semelhanças e diferenças com os seres do reino animal. Explique em que esses seres se assemelham e em que se diferenciam.

15. Unesp-SP 2016 Pesquisadores da Universidade de Harvard investigaram o efeito invasivo da planta *Alliaria petiolata* sobre o crescimento de mudas de árvores nativas que apresentam raízes em associação com fungos micorrizas. Eles sabiam que a *Alliaria petiolata* não se

associa às micorrizas. Em um experimento, eles cultivaram mudas de três espécies de árvores: *Acer saccharum*, *Acer rubrum* e *Faxinus americana* em quatro tipos de solos diferentes, garantindo que as demais condições ambientais fossem as mesmas. Duas das amostras de solo foram coletadas de um local invadido por *Alliaria petiolata*, sendo que uma dessas amostras foi esterilizada. As outras duas amostras de solo foram recolhidas de um local não invadido por *Alliaria petiolata*, sendo uma delas esterilizada. Depois de quatro meses de crescimento, os pesquisadores colheram brotos e raízes de todas as plantas e determinaram o aumento de biomassa seca. As raízes também foram analisadas em relação à porcentagem de colonização por micorrizas.



(Jane B. Reece et al. *Campbell biology*, 2011. Adaptado.)

Que efeito a *Alliaria petiolata* causa sobre a colonização das raízes por micorrizas e qual a vantagem deste efeito para a *Alliaria petiolata*?

Como a associação entre as micorrizas e as raízes das mudas influencia o aumento da biomassa seca? Qual vantagem as micorrizas obtêm com essa associação?

16. **UFV-MG** A figura a seguir exemplifica um fungo do grupo basidiomiceto. Alguns representantes desse grupo são comestíveis, enquanto outros produzem substâncias alucinógenas, além daqueles que podem ser letais se ingeridos. Embora a classificação dos fungos ainda mereça mais estudos, os basidiomicetos, ascomicetos,

deuteromicetos e ficomicetos apresentam algumas características em comum. Assinale a alternativa em que se fez incorretamente a caracterização destes fungos.



- a) São organismos heterótrofos.
- b) Incorporam alimentos por absorção.
- c) Reproduzem-se com a formação de esporos.
- d) Armazenam substâncias de reserva na forma de glicogênio.
- e) São produtores na cadeia alimentar.

17. **Univesp 2021** A produção de pães e iogurtes envolve a participação de microrganismos para a realização de processos metabólicos. Nos pães, esses microrganismos geram substâncias relacionadas ao crescimento da massa e, nos iogurtes, promovem a aglutinação de proteínas do leite.

Os microrganismos que atuam nos processos citados são

- a) Os fungos e as bactérias, na fermentação etílica tanto dos pães como do leite.
- b) As leveduras, na fermentação etílica dos pães; e os bacilos, na fermentação láctica do leite.
- c) Os fungos, na fermentação acética dos pães; e as bactérias, na fermentação etílica do leite.
- d) Os cocos, na fermentação acética dos pães; e as leveduras, na fermentação láctica do leite.
- e) Os fungos e as bactérias, na fermentação acética tanto dos pães como do leite.

BNCC em foco

EM13CNT202

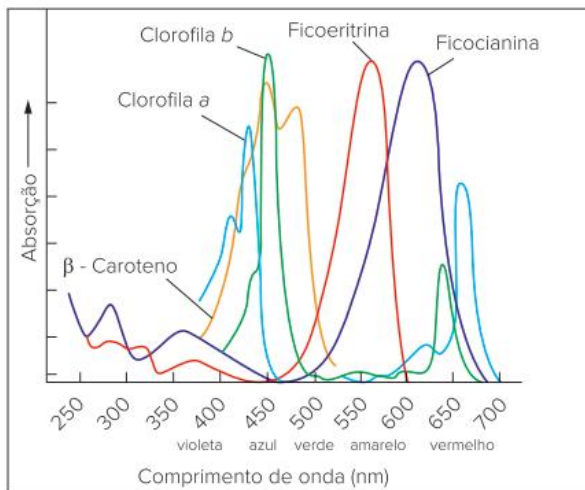
1. Não é nenhuma flor, nem cheira bem como elas, ao contrário, tem cheiro de carniça. Talvez você conheça este organismo, conhecido popularmente como véu de noiva: trata-se de um fungo da espécie *Phallus indusiatus*.
- a) Geralmente avistado pela manhã, o fungo parece ter surgido repentinamente do solo, mas desenvolve-se durante a noite e cresce muito depressa (cerca de 5 mm por minuto). Como é chamada essa estrutura? Qual sua importância para o fungo?
 - b) Apesar de comestível, seu odor é desagradável para muitos animais, que se afastam, mas atrai insetos como moscas e besouros, enganados pelo cheiro de matéria orgânica em decomposição. Comente essa adaptação do fungo explicando sua importância para a espécie.



Fungo da espécie *Phallus indusiatus*, conhecido popularmente como véu de noiva.

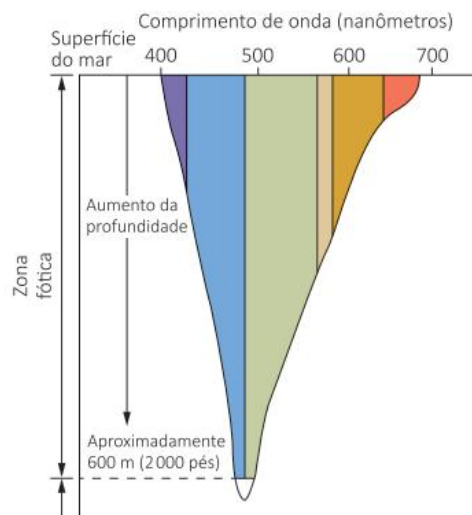
EM13CNT202

2. De modo geral, nas células dos diferentes grupos de algas, como as algas verdes e vermelhas, estão presentes clorofilas e carotenoides, pigmentos que atuam na absorção da energia da luz, com eficiência variável, como mostra o gráfico a seguir. Nas algas vermelhas, porém, há ainda outros pigmentos, a ficoeritrina e a ficocianina, que também captam energia luminosa.



Espectro de absorção de energia das clorofilas a e b, do betacaroteno, da ficoeritrina e da ficocianina.

Adaptado de: <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/7628>. Acesso em: 20 nov. 2021.



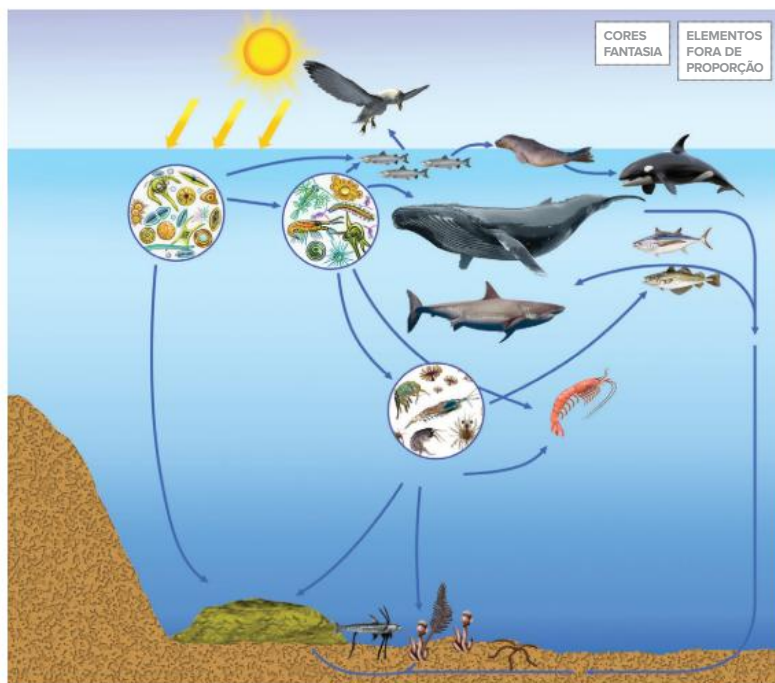
Penetração da luz no ambiente marinho: apenas o verde e o azul conseguem atingir profundidades maiores.

Fonte: GARRISON, T. *Fundamentos de oceanografia*. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 298.

Com base nessas informações, explique por que, de modo geral, enquanto as algas verdes ocupam as regiões de águas mais rasas, as algas vermelhas conseguem viver mesmo em regiões de profundidades relativamente elevadas e, além disso, são muito mais abundantes do que as algas verdes em mares tropicais.

EM13CNT203

3. Analise a figura a seguir.



Fonte: GARRISON, T. *Fundamentos de oceanografia*. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 297.

O esquema representa uma teia alimentar em ambiente oceânico. Para os organismos que participam dessa teia:

- Qual a importância do fitoplâncton?
- Qual a importância das bactérias que vivem no fundo do ambiente?



FRENTE 2

CAPÍTULO


10

Plantas e ciclos reprodutivos

A vida se manifesta de muitas formas e o ciclo de vida dos organismos também apresenta diversas variações. Os animais são diploides e geram descendentes também diploides. Nas plantas, ocorre a alternância de gerações: um indivíduo haploide gera um descendente diploide. Neste capítulo, o estudo das plantas é iniciado e os principais tipos de ciclo de vida que ocorrem entre os eucariontes são apresentados.

Classificação básica das plantas

Há quatro grupos principais de plantas: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. **Briófitas** incluem musgos e hepáticas. **Pteridófitas** têm como representantes a samambaia, o xaxim e a avenca. São exemplos de **gimnospermas** o pinheiro, a sequoia e o cipreste. **Angiospermas** são plantas dotadas de frutos, como a goiabeira, o abacateiro e a laranja.

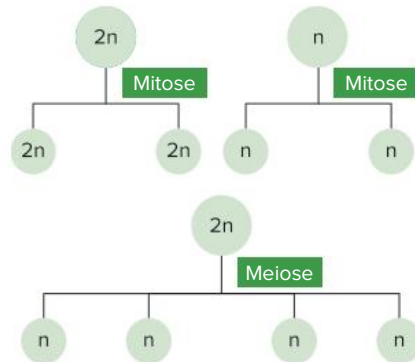
Grupos de plantas	Exemplos
Briófitas Ex.: Musgo e hepática.	 <p>Musgo, uma briófitas.</p>
Pteridófitas Ex.: Samambaia, xaxim e avenca.	 <p>Samambaia, uma pteridófitas.</p>
Gimnospermas Ex.: Pinheiro, sequoia e cipreste.	 <p>Pinheiro, uma gimnosperma.</p>
Angiospermas (plantas com fruto) Ex.: Laranja, videira, pessegueiro.	 <p>Laranja, uma angiosperma.</p>

Os principais grupos de plantas e alguns exemplos significativos.

Todos esses grupos de plantas apresentam o mesmo tipo fundamental de ciclo reprodutivo, com diferenças marcantes em relação ao ciclo dos animais.

Ciclos reprodutivos

Nos ciclos reprodutivos de eucariontes, ocorrem dois tipos de divisão celular: mitose e meiose. Na mitose geram-se duas células-filhas com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe. Logo, na mitose, uma célula diploide gera duas células diploides e uma célula haploide forma duas células haploides. Já a meiose é um tipo de divisão celular em que uma célula diploide produz quatro células-filhas haploides.

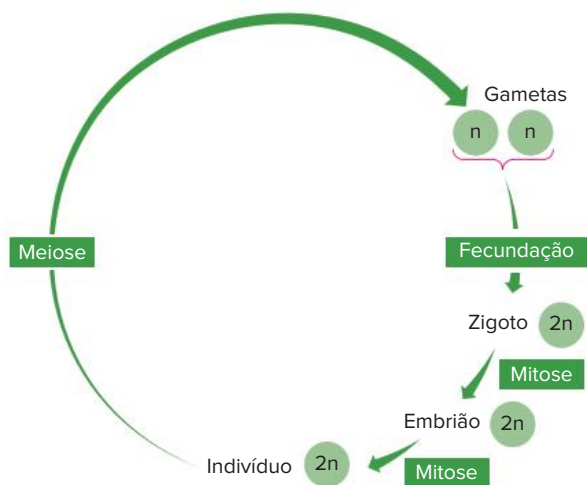


As duas modalidades de divisão celular. Mitose pode ocorrer em células haploides (n) e diploides ($2n$). Meiose ocorre em células diploides ($2n$).

Há três tipos principais de ciclos reprodutivos em eucariontes, os quais serão detalhados a seguir.

Ciclo dos animais e de algumas algas

Tomaremos os animais como modelo desse tipo de ciclo. Na maioria dos animais, um indivíduo diploide produz gametas haploides por meiose; o gameta masculino é o **espermatozoide** e o feminino é o **óvulo**. Nesse caso, eles são produzidos por **meiose gamética**. Os gametas se unem em um processo denominado fecundação, formando um **zigoto**, que sofre mitoses e gera um embrião. O embrião, após divisões mitóticas, dá origem a um organismo adulto diploide.



Representação esquemática do ciclo reprodutivo de animais e de algumas algas: ciclo haplobionte diplonte.

Em geral, o ciclo dos animais apresenta apenas indivíduos diploides. Esse tipo de ciclo é denominado **haplobionte diplonte**; o termo haplobionte significa "ser vivo único" e diplonte quer dizer que o organismo é diploide.

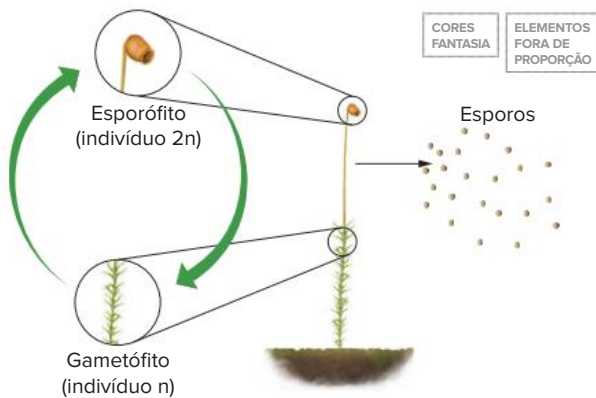
Ciclo das plantas e de algumas algas

Plantas apresentam dois tipos de indivíduos em seu ciclo de vida, um é haploide e o outro diploide, sendo que um origina o outro, por isso, as plantas têm ciclo **diplobionte**. Trata-se, portanto, de um caso de **alternância de gerações**, ou **metagênese**.



A alternância de gerações, ou metagênese, envolve a presença de dois tipos de indivíduos: um haploide e outro diploide.

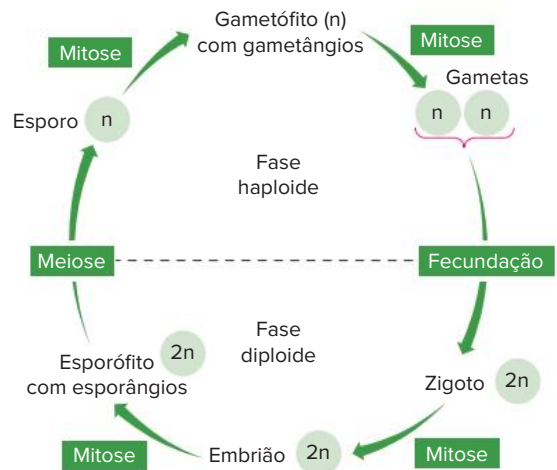
Musgos possuem esses dois tipos de organismos, que podem ser vistos juntos em uma fase de sua vida. O indivíduo da base é haploide e se reproduz por meio de gametas, sendo denominado **gametófito**. Sobre esse indivíduo pode se desenvolver seu descendente diploide. O indivíduo diploide é denominado **esporófito**, pois produz esporos.



À esquerda, representação esquemática da metagênese vegetal. À direita, os dois tipos de indivíduos existentes em musgos: o esporófito que se desenvolve sobre o gametófito e produz esporos por meiose. Quando um esporo cai em solo úmido, pode sofrer mitoses e gerar novos gametófitos.

No ciclo das plantas há, portanto, dois tipos de indivíduos: o gametófito e o esporófito. O gametófito é haploide e forma gametas por mitose; os gametas são produzidos em estruturas denominadas **gametângios**. Os gametas unem-se e formam um zigoto, que gera um embrião, o qual sofre mitoses e origina um esporófito. O gameta masculino de um musgo é denominado **anterozóide**; o gameta feminino é a **oosfera**.

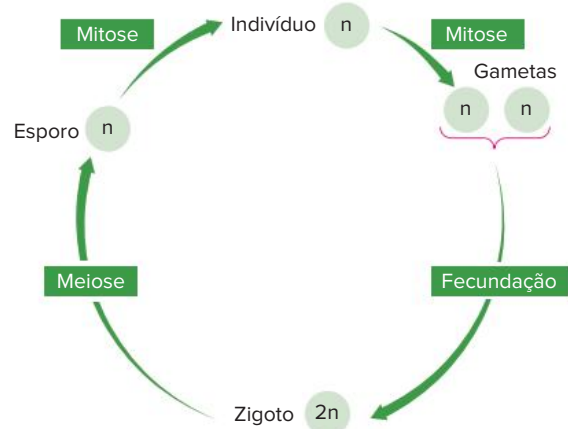
O esporófito é diploide e possui esporângios, estruturas produtoras de esporos. Os esporos são produzidos por meiose; trata-se de **meiose espórica**. Cada esporo pode sofrer mitoses e originar um gametófito.



Representação esquemática do ciclo de vida de um musgo ou de uma samambaia: ciclo diplobionte. O zigoto de plantas sofre mitoses e origina um embrião, que forma um esporófito.

Ciclo de algas haploides

Há espécies de algas que apresentam apenas indivíduos haploides em seu ciclo de vida, denominado **haplobionte haplonte**. Os indivíduos haploides geram gametas por mitose. Com a fecundação é gerado um zigoto (2n), o qual sofre meiose e produz esporos (n); trata-se de **meiose zigótica**, uma vez que ocorre no zigoto. Cada esporo divide-se por mitose e gera um indivíduo haploide. Algas não possuem gametângios nem formam embrião.



Representação esquemática do ciclo de vida de uma alga haploide: ciclo haplobionte haplonte.

Revisando

1. Cite os quatro principais grupos de plantas e dê um exemplo de cada.

2. O que é mitose?

3. O que é meiose?

4. Como é denominado o tipo de ciclo de vida típico dos animais? Nesse ciclo, a meiose gera que tipo de células?

5. O que é metagênese nas plantas?

6. Sobre o gametófito, indique sua carga cromossômica, suas estruturas reprodutoras e o tipo de células que ele gera.

7. Sobre o esporófito, indique sua carga cromossômica, suas estruturas reprodutoras e o tipo de células que ele gera.

8. Como é denominado o tipo de ciclo de vida típico das plantas? Nesse ciclo, a meiose gera que tipo de células?

9. Como são denominados os gametas masculino e feminino do musgo?

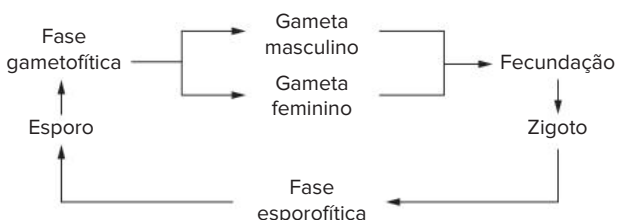
10. Como é denominado o tipo de ciclo de vida das algas haploides? Nesse ciclo, a meiose gera que tipo de células? Qual é a célula que realiza meiose? Como é denominada a meiose nesse ciclo?

Exercícios propostos

1. **Mackenzie-SP 2014** No ciclo de vida dos vegetais, há duas fases de vida, a gametofítica que produz gametas e a esporofítica que produz esporos. A esse respeito, é correto afirmar que

- os gametas são formados por meiose e os esporos são formados por mitose.
- os gametas são formados por mitose e os esporos são formados por meiose.
- tanto os gametas quanto os esporos são formados por meiose.
- tanto os gametas quanto os esporos são formados por mitose.
- os gametas são células haploides e os esporos são células diploides.

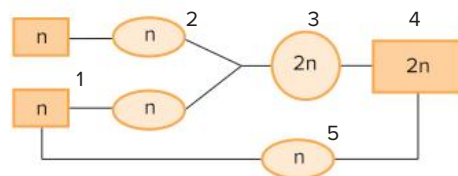
2. **Mackenzie-SP**



O esquema acima é válido:

- para todas as plantas e muitas algas.
- somente para briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.
- somente para angiospermas e gimnospermas.
- somente para as angiospermas.
- para todas as plantas e todas as algas.

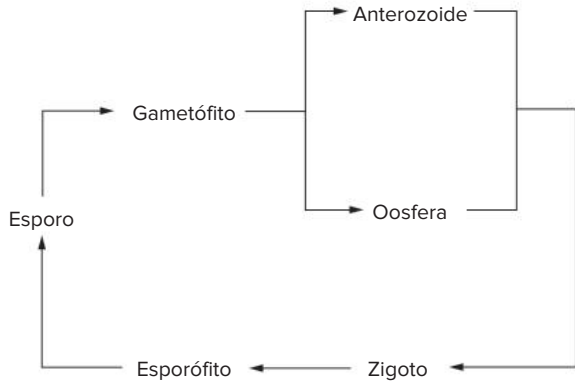
3. **FGV-SP** O esquema abaixo representa o ciclo de vida de um vegetal.



As estruturas 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem, respectivamente, a:

- esporófito, espora, zigoto, gametófito, gameta.
- esporófito, gameta, zigoto, gametófito, espora.
- gametófito, espora, zigoto, esporófito, gameta.
- gametófito, gameta, zigoto, esporófito, espora.
- gametófito, espora, esporófito, zigoto, gameta.

4. **Fatec-SP 2020** O esquema representa o ciclo reprodutivo de uma pteridófito (samambaia).



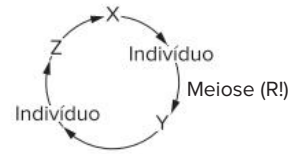
Sobre esse ciclo, é correto afirmar que

- a) a meiose ocorre no gametófito, no processo de formação dos gametas.
- b) a meiose ocorre no esporófito, no processo de formação dos esporos.
- c) o gametófito se origina a partir da união do anterozoide com a oosfera.
- d) o gametófito é diploide e corresponde à geração predominante.
- e) o esporófito é haploide e corresponde à geração predominante.

5. **UFU-MG 2018** Considere o ciclo de vida de uma samambaia. Os soros são um conjunto de esporângios e estão presentes no esporófito. Com base nessas informações, responda.

- a) O esporófito é haploide ou diploide?
- b) Que tipo de divisão celular sofrem os esporângios? Quais células são formadas?
- c) As células formadas a partir da divisão dos esporângios se desenvolvem e originam o gametófito. Essa última estrutura é haploide ou diploide?

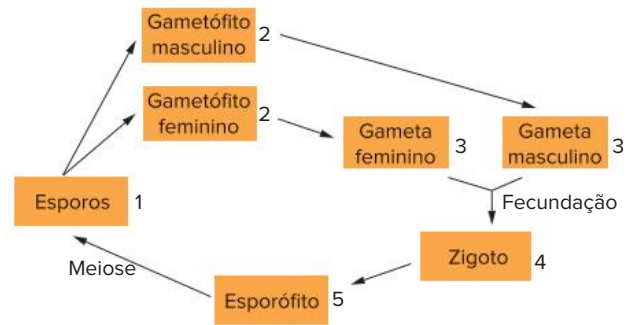
6. **Fuvest-SP** Considere o diagrama a seguir, representativo do ciclo de vida de uma planta.



Qual alternativa completa corretamente o diagrama?

	X	Y	Z
a)	Esporo	Zigoto	Gameta
b)	Esporo	Gameta	Zigoto
c)	Gameta	Esporo	Zigoto
d)	Gameta	Zigoto	Esporo
e)	Zigoto	Esporo	Gameta

7. **Fuvest-SP** O ciclo de vida de uma planta de feijão pode ser representado pelo esquema a seguir.



Um conjunto haploide de genes é encontrado em células do:

- a) embrião que se forma a partir de 4.
- b) endosperma que se forma em 1.
- c) endosperma que se forma em 5.
- d) tubo polínico que se forma em 2.
- e) tubo polínico que se forma em 5.

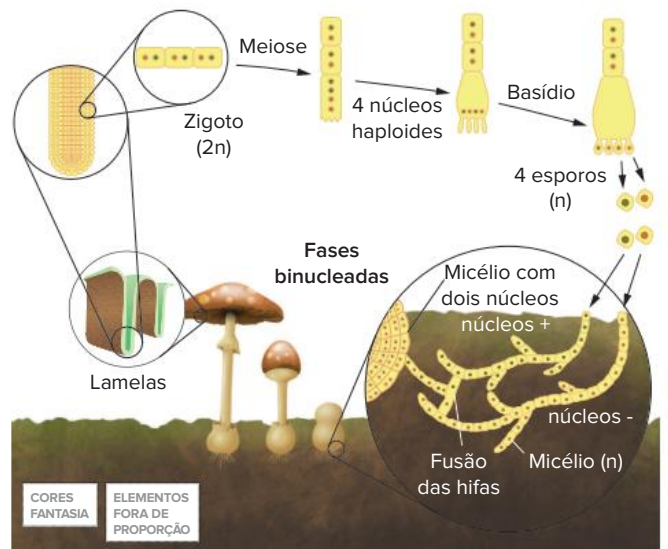
Texto complementar

Casos especiais de reprodução sexuada

Neste capítulo, no estudo dos ciclos reprodutivos, foi dada ênfase aos ciclos de animais, plantas e algumas algas. No entanto, há casos específicos de reprodução sexuada em fungos e em certas algas.

Fungos

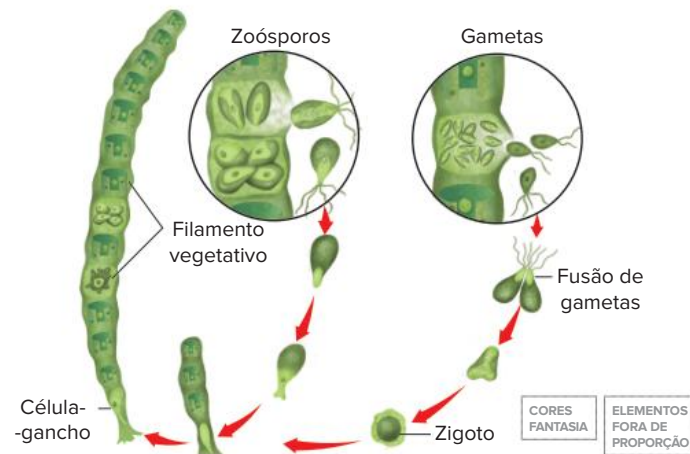
Cogumelos pertencem à classe Basidiomicetos. O corpo de frutificação de um cogumelo é a parte que fica para fora do substrato. Ele forma um chapéu com **lamelas**, em cujas laterais há esporângios (**basídios**), que produzem esporos por meiose. Há esporos (+) e esporos (-) que, liberados pelo cogumelo, podem cair em um substrato com matéria orgânica e umidade. Cada esporo germina e produz um **micélio**, formado por **hifas**. Esporo (+) gera micélio (+) e esporo (-) produz micélio (-). Esses dois tipos de micélio são compatíveis e se fundem, formando um micélio dotado de hifas binucleadas, isto é, com um núcleo (+) e outro (-), sendo que cada núcleo é haploide. As hifas binucleadas geram o corpo de frutificação. Nas lamelas, algumas hifas formam basídios. Ocorre a fusão de dois núcleos (+ e -), gerando um núcleo diploide, que sofre meiose, produzindo quatro esporos haploides, fechando o ciclo. Como se vê, o cogumelo tem alternância de gerações, com hifas uninucleadas e hifas binucleadas, apresentando ainda meiose espórica. Assim, seu ciclo é do tipo diplobionte.



Representação do ciclo reprodutivo de um fungo basidiomiceto.

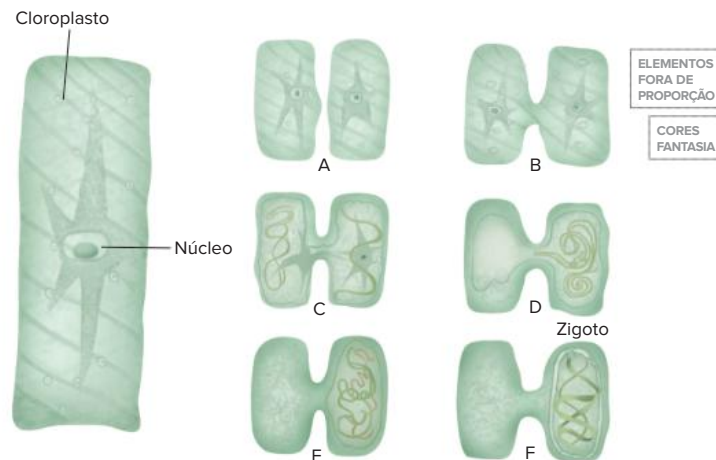
Algas

A variedade de algas é muito grande. Em nosso estudo vamos considerar duas situações particulares. A alga filamentosa *Ulothrix* sp. tem ciclo sexuado do tipo **haplobionte haplonte**, com **meiose zigótica**. No entanto, também apresenta uma modalidade de reprodução assexuada, através de esporos produzidos por mitose e dotados de flagelo (**zoósporos**). Cada zoósporo nada e fixa-se em um substrato, gerando um novo indivíduo geneticamente idêntico ao organismo materno.



Representação dos ciclos reprodutivos assexuado e sexuado de algas *Ulothrix* sp.

As algas do gênero *Spirogyra* têm células dotadas de cloroplasto helicoidal. Dois indivíduos vizinhos compatíveis podem unir suas células por meio de uma ponte citoplasmática, em um processo de **conjugação**. Um indivíduo passa o conteúdo celular para o outro e assim forma-se um **zigoto**, sem a participação de gametas flagelados.



Processo de conjugação em algas do gênero *Spirogyra* sp.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

As plantas são divididas em quatro grupos: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Ciclos reprodutivos de animais, plantas e algas apresentam dois tipos de divisão celular: mitose e meiose. A mitose conserva a carga cromossômica e a meiose reduz à metade o número de cromossomos.

O ciclo haplobionte diplonte ocorre em animais e algumas algas e é caracterizado pela existência de indivíduos diploides apenas; sua meiose é gamética. O ciclo haplobionte haplonte ocorre em algumas algas e é caracterizado pela existência de indivíduos haploides apenas; sua meiose é zigótica. O ciclo diplobionte ocorre em plantas e algumas algas; sua meiose é esporífica.

No ciclo das plantas, há alternância de gerações (metagênese), com a existência de gametófito e de esporófito. O gametófito (n) produz gametas em gametângios; gametas são gerados por mitose. O esporófito ($2n$) produz esporos em esporângios; esporos são gerados por meiose. O gameta masculino do musgo é o anterozoide e o feminino é a oosfera.

Quer saber mais?



Site

<http://www.ibot.sp.gov.br/jardim/tour%20virtual/index.html>
(Acesso em: 4 nov. 2021)

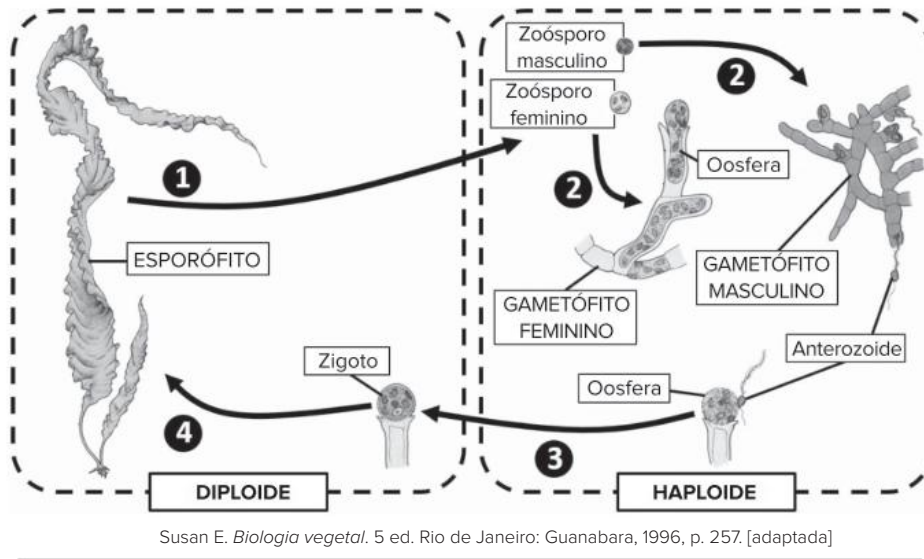
O site apresenta um *tour* virtual pelo Jardim Botânico de São Paulo, área de visitação pública com diversas espécies de plantas do Brasil.

Exercícios complementares

1. **UFSC 2019** A floresta de Kelp é composta por grandes concentrações de algas pardas chamadas kelps gigantes, cujas longas lâminas crescem em linha reta até a superfície. Essas florestas são um dos ecossistemas de maior biodiversidade encontrados em águas marinhas, e ajudam a reduzir a erosão da costa.

MILLER, G. Tyler; SPOOLMAN, Scott E. *Ecologia e sustentabilidade*. São Paulo: Cengage Learning, 2021, p. 111. [adaptado]

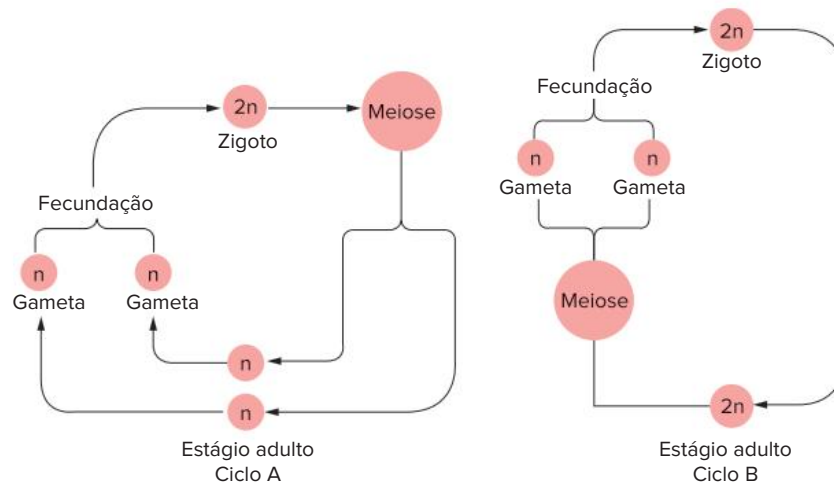
O ciclo de vida da *Kelp* gigante, esquematizado no Quadro 1, apresenta uma alternância de geração, como na maioria das algas pardas.



QUADRO 1

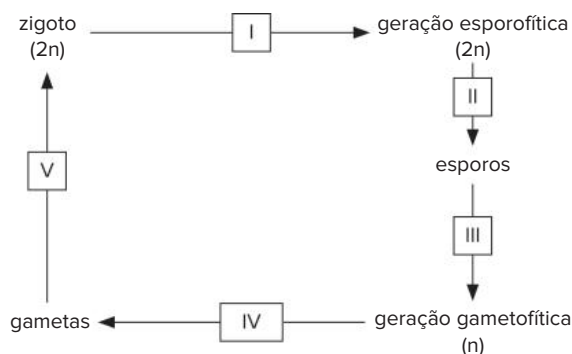
Assinale a alternativa **correta** em relação ao esquema do ciclo de vida da *Kelp* gigante *Laminaria*, mostrado no Quadro 1.

- Os gametófitos masculino e feminino fazem a meiose para formar gametas anterozoide e oosfera, respectivamente.
 - Os anterozoídeos podem atingir a oosfera por meio dos polinizadores ou pelo ar.
 - O número 1 representa a meiose, e os números 2 e 4, a mitose.
 - A alternância de gerações é isomórfica, ou seja, os gametófitos e o esporófito são similares em tamanho e aparência.
 - O zigoto resultante da fecundação, a qual está representada pelo número 3, permanece preso ao gametófito masculino.
2. **Uerj** O ciclo vital de animais e vegetais que se reproduzem sexualmente exige a produção de gametas. A figura a seguir apresenta dois ciclos biológicos de reprodução dos vegetais.



- Cite uma desvantagem da geração haploide como fase mais duradoura do ciclo vital dos vegetais do tipo A.
- Entre os vegetais que apresentam ciclo de vida do tipo B, há alguns que realizam autofecundação e outros em que a fecundação ocorre entre gametas de indivíduos diferentes. Cite uma vantagem para a ocorrência de fecundação entre gametas de indivíduos diferentes.

3. Fuvest-SP 2017 (Adapt.) O esquema representa um ciclo de vida, com alternância de gerações, típico de plantas.



a) Complete a tabela, escrevendo o nome dos processos biológicos que correspondem a I, II, III, IV e V.

Número	Processo biológico
I	
II	
III	
IV	
V	

b) Comparando-se os ciclos de vida, desde briófitas até angiospermas, quanto à dominância das gerações gametofítica e esporofítica, que tendência aparece na evolução das plantas terrestres?

BNCC em foco

EM13CNT202

1. Observe a ilustração a seguir e assinale a alternativa correta.



- A ilustração representa os dois indivíduos que fazem parte do ciclo de vida diplobionte de um musgo.
- A ilustração representa os dois indivíduos que fazem parte do ciclo de vida de um fungo basidiomiceto.
- A ilustração representa os dois indivíduos que realizam meiose no ciclo de vida de um musgo.
- A ilustração representa um dos dois indivíduos que fazem parte do ciclo de vida haplobionte de uma alga.
- A ilustração representa o indivíduo único que faz parte do ciclo de vida diplobionte de um fungo.

EM13CNT202, EM13CNT303

2. Leia o texto a seguir.

A relação de mutualismo que existe entre a figueira e a vespa-do-figo é uma das mais fascinantes da natureza. Os dois têm a sua existência de tal modo entrelaçada que um não pode existir sem o outro. Onde não há vespas-do-figo as figueiras não se reproduzem e vice-versa.

O ciclo de reprodução das vespas-do-figo só ocorre no interior dos figos. Esses, ao longo de dezenas de milhões de anos de evolução, acabaram tão modificados devido à interação com aqueles insetos que hoje são confundidos com frutos. Mas figos não são frutos, são inflorescências invertidas. São involúcros que contêm em seu interior centenas de flores minúsculas que produzem sementes internamente graças ao trabalho de polinização proporcionado pelas vespas. [...]

MOON, P. Nova fase na relação entre figueiras e vespas é desvendada. *Agência Fapesp*, 6 ago. 2018. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/nova-fase-na-relacao-entre-figueiras-e-vespas-e-desvendada/28396/>. Acesso em: 4 nov. 2021.

Embora estejam intimamente relacionados, os ciclos reprodutivos das vespas-do-figo e da figueira apresentam algumas diferenças. Discorra sobre essas diferenças, explicitando os tipos de ciclo e de meiose encontrados em cada organismo.

EM13CNT202

3. Esquematize o ciclo de vida haplobionte haplonte, classificando o tipo de meiose que ocorre nesse ciclo. Indique também um exemplo de organismo no qual esse ciclo ocorre.

FRENTE 2

CAPÍTULO

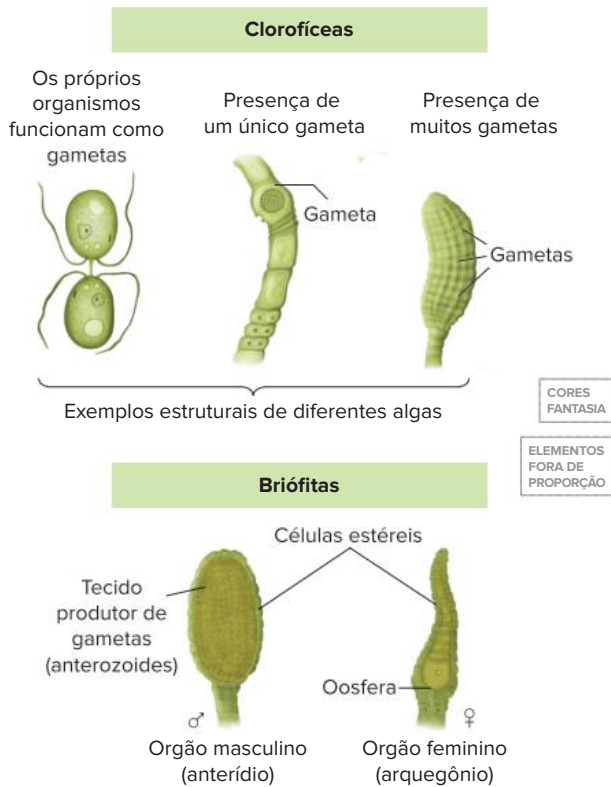
11

Briófitas e pteridófitas

As plantas são essenciais para a sobrevivência dos demais seres vivos, incluindo a dos seres humanos, pelos diversos papéis ecológicos que desempenham. Além disso, elas estão presentes em nosso cotidiano de diversas formas. Um representante das briófitas, por exemplo, já foi utilizado como curativo para ferimentos durante a Primeira Guerra Mundial. Já as pteridófitas são usadas na ornamentação de jardins, mas também foram os seres que, no Paleozoico, deram origem ao carvão mineral.

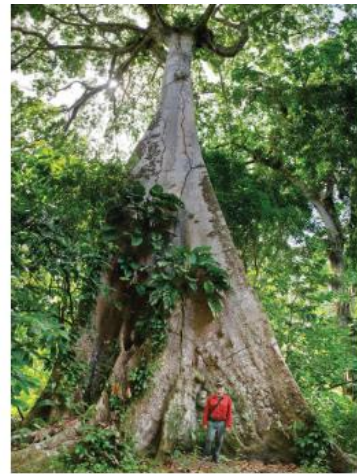
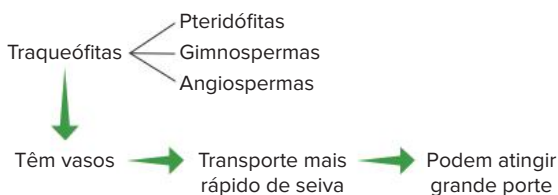
Classificação geral das plantas

Plantas são descendentes de algas clorofíceas e compartilham com elas algumas características, como a presença de parede com celulose, amido como material de reserva e clorofilas *a* e *b*. No entanto, existem diversas diferenças entre esses dois grupos. As algas pertencem ao Reino Protocista, não possuem tecidos, seus gametas não apresentam revestimento celular e não há formação de embrião durante o desenvolvimento. Já as plantas constituem o Reino Plantae, são dotadas de tecidos, possuem estruturas produtoras de gametas revestidas de células estéreis (não relacionadas com a reprodução) e formam embrião durante seu desenvolvimento.



Comparação entre estruturas reprodutoras de clorofíceas e de briófitas (plantas).

Pteridófitas, gimnospermas e angiospermas são plantas vasculares, isto é, têm vasos condutores de seiva e são também conhecidas como **traqueófitas**. Vasos condutores são constituídos por grupos de células, algumas impregnadas por substâncias rígidas, com um grande espaço interno, por onde passa a seiva, de modo rápido e eficiente; isso confere um porte avantajado à planta, como ocorre com os angelins-vermelhos (*Dinizia excelsa*) encontrados no norte do Brasil, que podem ultrapassar os 80 metros de altura.



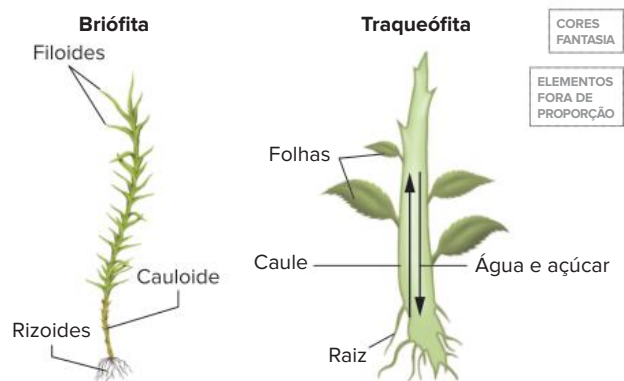
Federico (CC BY-SA 4.0)/Wikimedia Commons

Plantas vasculares, como os angelins-vermelhos (*Dinizia excelsa*), podem ter grande porte devido ao transporte rápido de seiva.

Traqueófitas possuem **raiz, caule e folhas**. As raízes retiram água e sais minerais do solo, que são distribuídos para toda a planta por vasos chamados xilema ou lenho. Geralmente, é nas folhas que ocorre a fotossíntese, processo que produz açúcar, o qual é transportado em direção às raízes por vasos chamados floema ou líber.

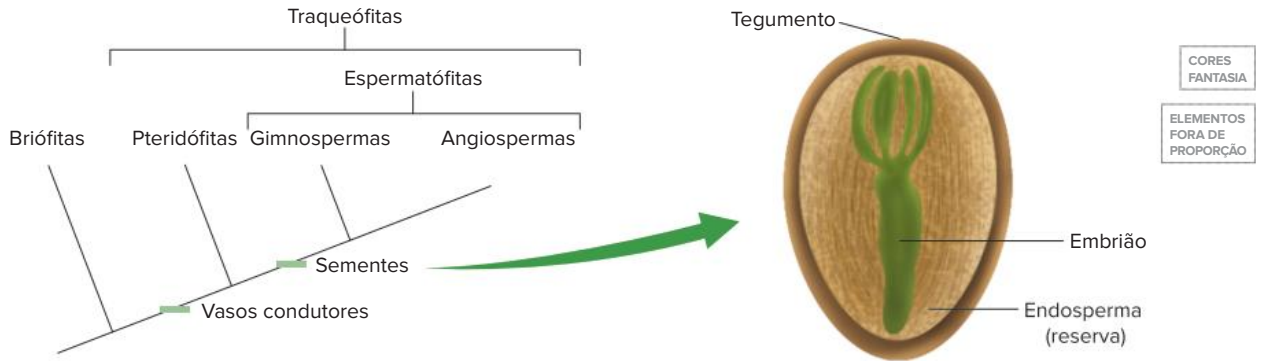
O caule é um eixo que dá suporte às folhas e permite o intercâmbio de materiais entre elas e as raízes.

As **briófitas** são **avasculares**, isto é, não possuem vasos condutores; o transporte de líquido em seu interior se dá de modo lento, por meio de difusão, e isso limita seu crescimento. Assim, briófitas têm, necessariamente, porte reduzido, com apenas alguns centímetros. Seu corpo possui revestimento de cutícula, substância impermeável que minimiza a desidratação, mas não possui raiz, caule nem folhas. Um musgo, exemplo típico de briófitas, é constituído por **rizoides, caulóide e filóides**. Os rizoides são filamentos que fixam a planta ao solo, de onde retiram água e sais minerais. O caulóide é o eixo ao qual se ligam os filóides, estruturas em forma de pequenas lâminas, responsáveis pela realização de fotossíntese. As briófitas vivem em água doce e em ambiente terrestre úmido. Não sobrevivem em ambientes terrestres secos, pois perderiam água para o meio de maneira intensa por evapotranspiração e não conseguiriam repô-la com a velocidade adequada.



Uma briófitas, como o musgo, não tem vasos condutores; seu corpo é constituído de rizoides, caulóide e filóides, que desempenham as funções das raízes, dos caules e das folhas, respectivamente. Traqueófitas possuem vasos que conduzem água e sais do solo às folhas; das folhas, onde ocorre a fotossíntese, água e açúcares são enviados à raiz.

Uma importante adaptação das gimnospermas e das angiospermas são as **sementes**. Plantas que têm semente são **espermatófitas**, antigamente conhecidas como **fanerógamas** (do grego *phanero* = visível/evidente e *gamae* = cruzamento). Briófitas e pteridófitas são plantas sem sementes, por isso eram antigamente chamadas de **criptógamas** (*kripto* = escondido). Uma semente contém três componentes: **embrião**; reserva nutritiva conhecida como **endosperma**, utilizada durante a germinação; e casca protetora, denominada **tegumento**.

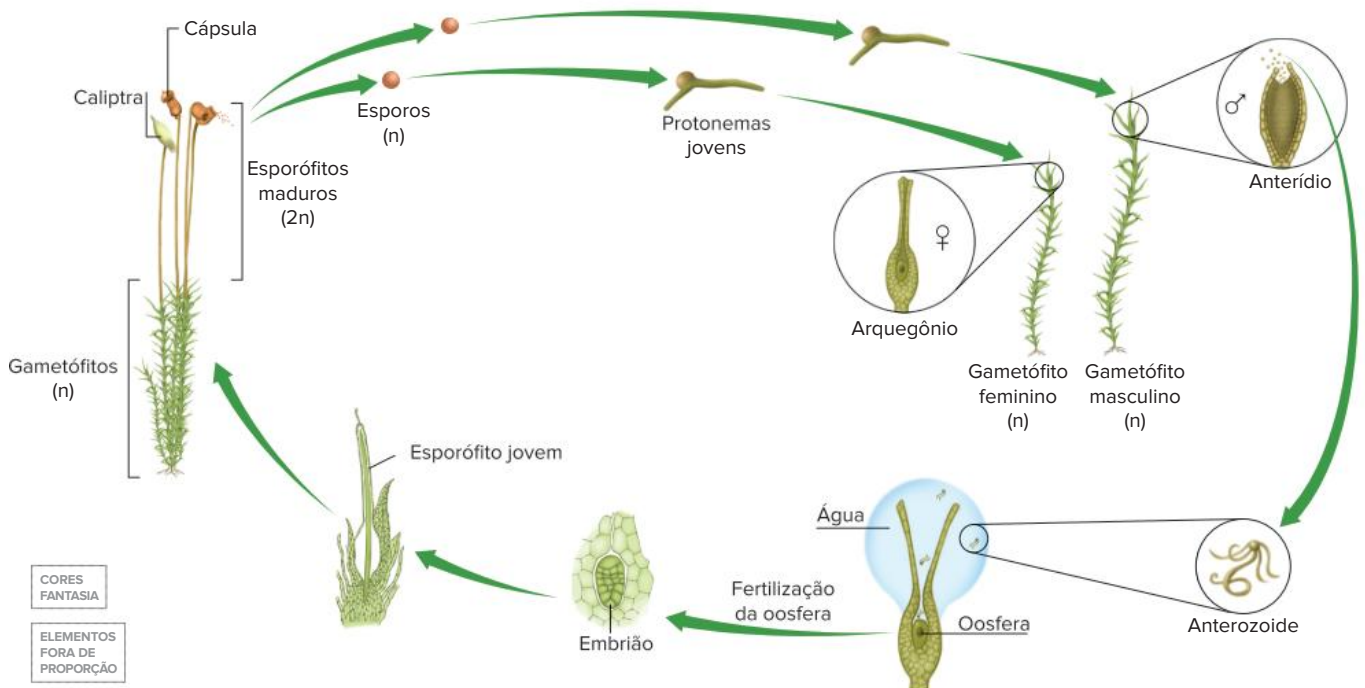


Os grupos de plantas e as principais aquisições evolutivas (com destaque para a semente e suas estruturas).

Briófitas

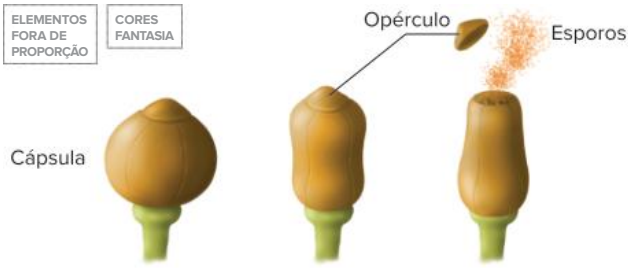
O **gametófito** (n) dos musgos é clorofilado e mais desenvolvido que o **esporófito** (2n), podendo haver espécies de musgos monoicas e espécies dioicas. Na extremidade do caulóide, encontram-se os diminutos gametângios, que produzem gametas por mitose. O gametângio masculino é o **anterídio** e forma **anterozoides**, pequenos e flagelados. O gametângio feminino é o **arquegônio**; em cada arquegônio é gerada uma **oosfera**, relativamente grande e sem flagelos. Os anterozoides deslocam-se em meio aquoso, propiciado por orvalho ou chuva, e, caso atinjam a oosfera, ocorre a fecundação – esse processo no qual um gameta masculino pequeno e móvel fecunda um gameta feminino maior e imóvel é denominado **oogamia**. O zigoto (2n) produzido pela fecundação dos gametas converte-se em um embrião (2n), que se desenvolve em um esporófito (2n), disposto sobre o gametófito. O esporófito é reduzido e depende dos nutrientes fornecidos pelo gametófito.

O esporófito possui uma haste em cuja extremidade fica o **esporângio**, ou **cápsula**. No interior do esporângio são produzidos esporos por meiose. Os esporos são dispersos pelo ar. Quando um esporo cai em substrato adequado, absorve água e germina, constituindo um **protonema**; essa estrutura é formada por vários filamentos, dos quais se desenvolvem novos gametófitos, completando o ciclo.



Ciclo de vida de um musgo. O gametófito é mais desenvolvido, a fecundação depende de água e a meiose gera esporos.

Durante o crescimento do esporófito, sua extremidade desenvolve-se em um esporângio, que fica envolvido por parte do arquegônio, constituindo-se uma capa conhecida por **caliptra**, que acaba caindo com o tempo. O esporângio possui uma tampa, conhecida por **opérculo**; com o amadurecimento do esporângio, o opérculo sai, e os esporos gerados são liberados.



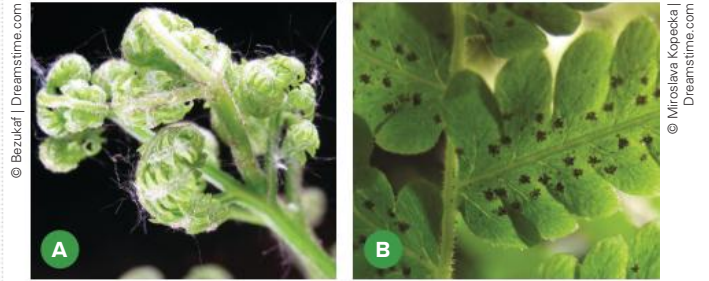
O esporângio (cápsula) apresenta um opérculo que fecha sua extremidade. Os esporos são liberados após a queda do opérculo.

Pteridófitas

Há vários grupos de pteridófitas, como samambaia, avenca e xaxim. As pteridófitas surgiram na era Paleozoica e foram os vegetais dominantes até parte da era Mesozoica, quando surgiram as gimnospermas, que passaram a se expandir e a se diversificar. Os depósitos de carvão do período carbonífero são constituídos principalmente a partir de pteridófitas.

O corpo de uma samambaia tem raiz, caule e folhas; mas ela não apresenta flores, sementes nem frutos. O caule é do tipo **rizoma**, estendendo-se dentro do solo e paralelamente à superfície. Do rizoma saem muitas raízes adventícias (que se originam de folhas ou mesmo das laterais de um caule) e folhas. Uma folha jovem de samambaia é denominada **báculo** e tem extremidade encurvada; folhas adultas são constituídas de lâminas, denominadas **folíolos**. Cada folíolo tem vários **soros**, estruturas arredondadas e escuras, constituídas

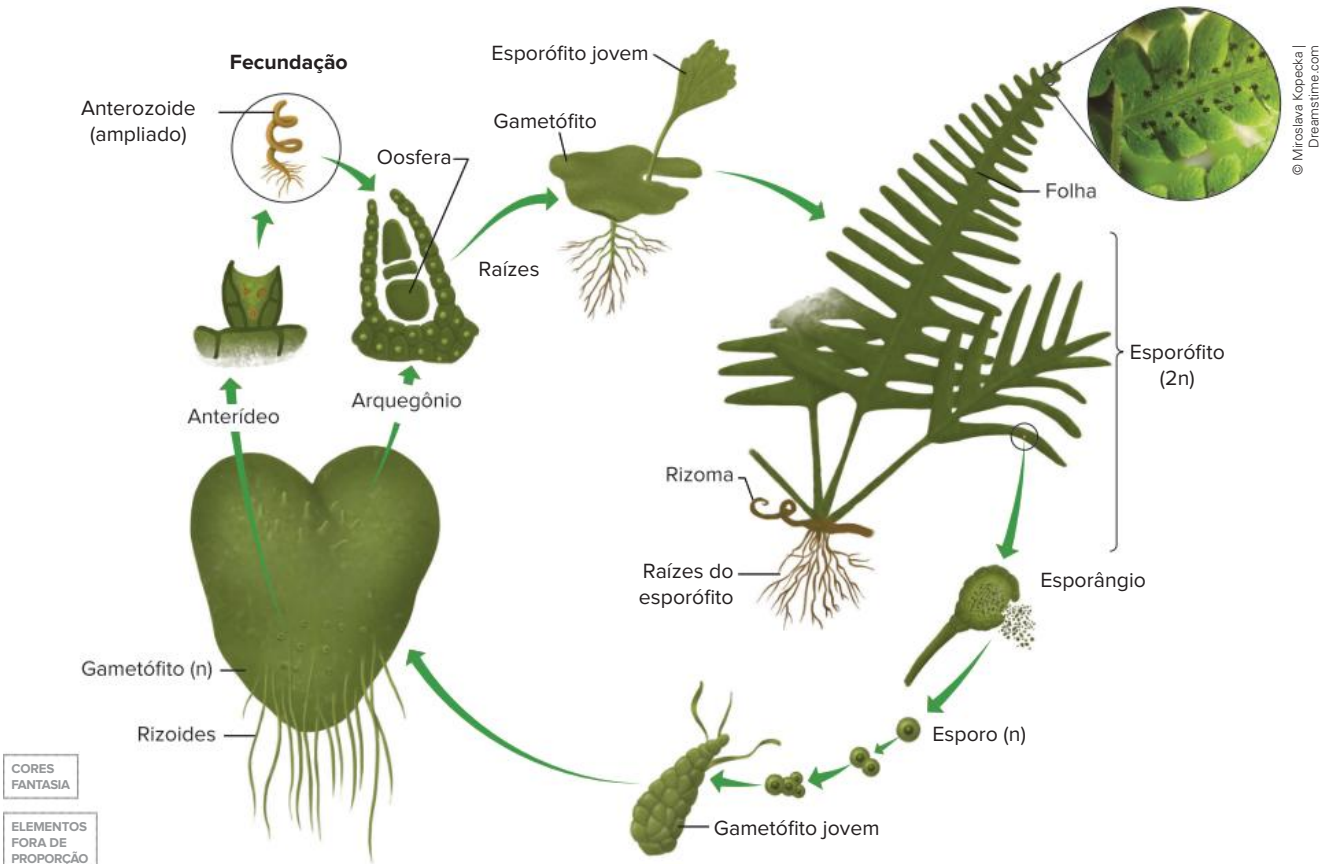
de muitos esporângios de pequeno tamanho. Dentro de cada **esporângio** são produzidos esporos por meiose. Os esporos são liberados no ar e podem cair em substrato adequado, iniciando a germinação; com isso, forma-se o **gametófito** (n).



As folhas jovens de samambaia são os báculos (A), que apresentam aspecto encurvado. As folhas adultas são divididas em folíolos, que possuem soros, visíveis como pontos pretos (B).

O gametófito, também chamado de **protalo**, é avascular, clorofilado, sendo bem delgado e pequeno (com aproximadamente 1 centímetro). Na parte inferior do protalo, há **anterídios** e **arquegônios**; rizoides fixam a planta ao solo e dele retiram água e nutrientes.

Com o gametófito maduro, um **anterozóide** nada em direção a uma **oosfera**, fecundando-a. A fecundação é do tipo oogâmica e depende de água, o que limita a distribuição geográfica dessas plantas. O zigoto (2n) sofre mitose e gera um embrião (2n), o qual se desenvolve em um jovem **esporófito**, a planta diploide que é mais desenvolvida.



Ciclo de vida de uma samambaia. O esporófito é vascular, sendo mais desenvolvido que o gametófito ou protalo (avascular); a fecundação depende de água e a meiose gera esporos.

Revisando

1. Como são genericamente conhecidas as plantas vasculares? Quais grupos estão incluídos nessa denominação?

2. Qual é a relação entre os vasos condutores e o porte das plantas?

3. Quais são as plantas dotadas de sementes? Como elas são conjuntamente denominadas?

4. Quais são os dois grupos de plantas que não possuem sementes? Como elas são conjuntamente denominadas?

5. Com relação ao musgo, indique a fase mais desenvolvida e a fase reduzida.

6. Cite o nome dos gametângios e dos gametas masculinos e femininos das briófitas.

7. O que é oogamia?

8. Que tipo de divisão celular forma os esporos de um musgo?

9. O que é protonema?

10. Com relação à samambaia, indique a fase mais desenvolvida e a fase reduzida.

11. Como é denominado o caule da samambaia? Qual é o tipo de raiz ligada a esse caule?

12. O que é um soró?

13. Qual é o tipo de fecundação da samambaia?

Exercícios propostos

1. **Fatec-SP** Na maioria dos sistemas de classificação, o reino das plantas é dividido em dois filós denominados briófitas e traqueófitas. O filo das briófitas caracteriza-se por:
- apresentar vaso condutor de seiva e não apresentar sementes.
 - não apresentar vaso condutor de seiva e apresentar semente.
 - apresentar raiz, caule, folha e semente.
 - apresentar raiz, caule, folha e não apresentar semente.
 - não apresentar vaso condutor de seiva e não apresentar sementes.
2. **Fatec-SP** Analise a descrição a seguir.
- Grupo de plantas de pequeno porte, encontradas em locais úmidos e sombreados, que crescem no solo ou sobre os troncos das árvores. Há poucas espécies dulcícolas e nenhuma marinha. Esse grupo de plantas apresenta rizoides e não possui vasos condutores.
- Após a análise do texto, assinale a alternativa que apresenta o nome do grupo das plantas com as características apresentadas.
- Briófitas.
 - Angiospermas.
 - Gimnospermas.
 - Dicotiledôneas.
 - Pteridófitas.
3. **Uece 2020** As briófitas são organismos
- vasculares, autótrofos e multicelulares.
 - avasculares, autótrofos e multicelulares.
 - avasculares, heterótrofos e unicelulares.
 - vasculares, heterótrofos e unicelulares.

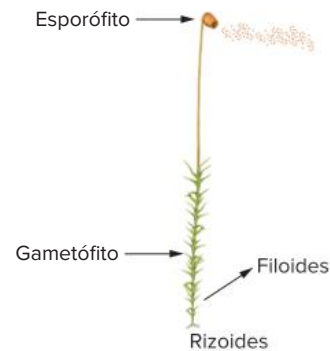
4. **IFPE 2019 (Adapt.)** Alguns seres vivos podem ser utilizados como sensores climáticos. Pequenas alterações ambientais, como umidade e precipitação atmosférica, podem ser percebidas graças ao ciclo reprodutivo de uma briófitas da espécie *Octoblepharum albidum*. “Coletar essa planta na época chuvosa e não encontrar esporófitos maduros é sinal de que o nível de precipitação não foi suficiente para estimular o desenvolvimento dessa estrutura reprodutiva e que houve uma pequena variação climática”. O termo “briófitas” se aplica a um grupo de plantas pequenas, de diferentes espécies, que crescem tanto em ambientes úmidos quanto em lugares mais secos, vivendo sobre o solo, nos troncos de árvores e em rochas. Apesar de não produzirem flores, frutos ou sementes nem possuírem vasos condutores de seiva, apresentam grande diversidade e são bem distribuídas por todo o planeta.

FERNANDES, Mateus. **Espécie de briófitas atua como “sensor climático”**. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: < <https://ufmg.br/comunicacao/noticias/especie-de-briofita-atua-como-sensor-climatico> >. Acesso em: 09 out. 2018 (adaptado).

De acordo com as características descritas no texto, é CORRETO afirmar que também pertencem ao mesmo grupo da *Octoblepharum albidum*

- os musgos.
- as avencas.
- os pinheiros.
- as samambaias.
- as suculentas.

5. **Fatec-SP** A figura a seguir representa um organismo vivo.



Assinale a alternativa que relaciona correta e respectivamente o reino, a divisão (ou filo) e o elemento reprodutivo derivado do esporófito.

- Fungi, Bryophyta e esporo.
 - Plantae, Bryophyta e esporo.
 - Plantae, Pteridophyta e esporo.
 - Fungi, Pteridophyta e semente.
 - Protista, Fungi e semente.
6. **IFBA 2016** 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.
- Lentidão no processo fotossintetizante.
 - Impossibilidade de produção de amido para consumo.
 - Lentidão de condução de seivas em grandes distâncias.
 - Pouca produção de hormônios de crescimento do caule.
 - Pouca produção de glicose para um crescimento satisfatório.

7. **UEPG-PR 2018** As briófitas são plantas que apresentam características de transição do ambiente aquático para o terrestre. Assinale o que for correto sobre este grupo.

01 As briófitas não possuem raízes e a absorção de água do meio ocorre diretamente através da superfície do corpo do gametófito em contato com o substrato, fixo por meio de rizoides.

- 02** As células epidérmicas das briófitas secretam, na superfície exposta ao ar, substâncias que formam uma película protetora e impermeabilizante.
- 04** Os anterozoides em contato com a oosfera originam um zigoto haploide (n), o qual desenvolve-se no anterídio, formando o gametófito ($2n$). Neste local, por meio da meiose, são produzidos e liberados os esporos diploides ($2n$).
- 08** Nos gametófitos, podemos encontrar os gametângios, localizados, muitas vezes, na parte apical do corpo da planta. Há a parte masculina, com anterídio, onde são formados os anterozoides, e a parte feminina, com arquegônio, onde é formada a oosfera.
- 16** Uma característica das briófitas, ligada ainda à dependência em relação à água, é a presença de gametas masculinos flagelados, os quais deslocam-se de modo eficiente em meio líquido.

Soma:

- 8. PUC-Minas** São características das briófitas:
- fase gametofítica dominante, esporófito dependente do gametófito e fecundação dependente da água.
 - fase esporofítica dominante, gametófito dependente do esporófito e fecundação dependente da água.
 - fase gametofítica dominante, esporófito independente do gametófito e fecundação independente da água.
 - fase esporofítica dominante, gametófito independente do esporófito e fecundação independente da água.
 - fase gametofítica dominante, esporófito reduzido a uma célula gamética e fecundação independente da água.
- 9. Unesp** Na aula de Biologia, a professora comentou que as briófitas poderiam ser consideradas “os anfíbios do Reino Vegetal”. Esta afirmação é válida se considerarmos que as briófitas, assim como alguns anfíbios:
- apresentam um sistema de distribuição de água pelo corpo, que se dá de célula para célula, por osmose.
 - reproduzem-se por alternância de gerações (metagênese).
 - têm uma fase do desenvolvimento (gametófito) que ocorre exclusivamente na água.
 - sofrem um processo de metamorfose, durante o qual se alteram os mecanismos de captação de oxigênio.
 - vivem em ambientes úmidos e dependem da água para a fecundação.
- 10. UFSM-RS** Na passagem evolutiva de plantas aquáticas (algas verdes) para o ambiente terrestre, alguns cientistas consideram as briófitas as primeiras a apresentarem características que permitiram que as

plantas invadissem esse tipo de ambiente. No referido grupo (briófitas), uma dessas características é o(a):

- aparecimento da clorofila, dando início ao processo de fotossíntese.
- surgimento de tecidos de condução.
- formação de sementes como o modo mais eficiente de propagação.
- surgimento de rizoides, que assumiram as funções de absorção e fixação.
- eliminação da dependência da água para a fecundação.

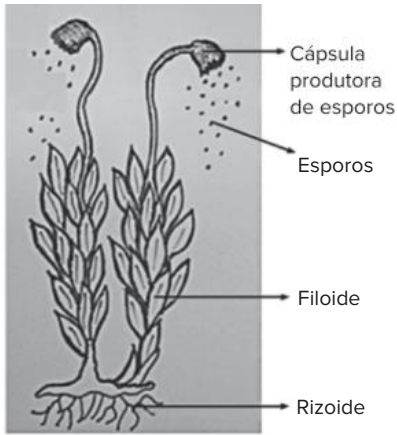
- 11. Fuvest-SP** A figura a seguir mostra a face inferior de uma folha onde se observam estruturas reprodutivas.



A que grupo de plantas pertence essa folha e o que é produzido em suas estruturas reprodutivas?

- Angiosperma; grão de pólen.
 - Briófita; esporo.
 - Briófita; grão de pólen.
 - Pteridófito; esporo.
 - Pteridófito; grão de pólen.
- 12. Fuvest-SP** Um horticultor deseja obter indivíduos geneticamente idênticos (clones) a uma samambaia comercialmente valiosa. Para alcançar esse objetivo ele deve:
- cultivar os esporos produzidos por essa samambaia.
 - induzir artificialmente a autofecundação dessa samambaia.
 - implantar núcleos de esporos dessa samambaia em oosferas anucleadas de outras plantas.
 - introduzir DNA extraído de folhas dessa samambaia em zigotos de outras plantas.
 - obter fragmentos de rizoma (caule) dessa samambaia e cultivá-los.

- 13. Ceeteps-SP 2015** Os musgos são plantas pequenas, geralmente macroscópicas, com alguns centímetros de altura, fotossintetizantes, pluricelulares e sem sementes. Desenvolvem-se em locais úmidos e sombreados, formando tapetes verdes e aveludados. Essas plantinhas não possuem vasos condutores de seiva. Nelas, o transporte de substâncias ocorre lentamente por difusão, de célula para célula, garantindo a matéria-prima necessária à sobrevivência. Possuem um eixo ereto, onde se prendem os filoides, que são estruturas finas, verdes e simples. Os musgos fixam-se ao solo por pequenos filamentos, os rizoides, que também fazem a absorção de água e sais. Essas plantas apresentam sexos separados sendo que, em determinadas épocas do ano, na parte superior da planta feminina desenvolve-se uma haste longa, que apresenta na extremidade uma cápsula produtora de esporos.



Sobre essas plantas é correto afirmar que

- a) possuem raízes desenvolvidas, flores e frutos.
- b) são visíveis apenas com o auxílio de microscópio.
- c) desenvolvem estruturas especiais para a produção das sementes.
- d) têm pequeno porte e se caracterizam pela ausência de vasos condutores de seiva.
- e) parasitam outras plantas das quais retiram os nutrientes necessários para sua sobrevivência.

14. **PUC-RS** Responder à questão com base nas afirmativas a seguir sobre as plantas pteridófitas.

- I. São o grupo mais antigo de plantas vasculares.
- II. Possuem caule chamado de rizoma e folhas normalmente divididas em folíolos.
- III. Suas minúsculas flores podem ser vistas apenas com o auxílio de uma lupa.
- IV. Sua reprodução envolve a produção de esporos.

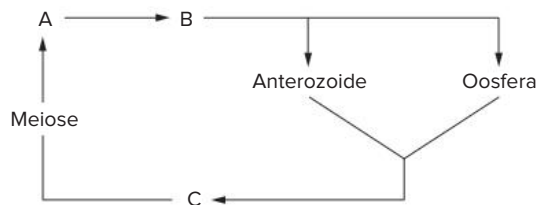
Pela análise das afirmativas, conclui-se que estão corretas as da alternativa:

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

15. **UFJF/Pism-MG 2015** O gênero *Sphagnum* (Anthocerophyta) 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.

16. **Mackenzie-SP** O esquema simplificado a seguir representa o ciclo de vida de uma samambaia.



A, B e C são, respectivamente:

- a) esporófito, gametófito e esporo.
- b) gametófito, esporófito e esporo.
- c) esporo, gametófito e esporófito.
- d) esporófito, esporo e gametófito.
- e) gametófito, esporo e esporófito.

17. **Fuvest-SP 2019** Um organismo multicelular, fotossintetizante, que possui sistema vascular e não possui frutos ou sementes é uma

- a) alga.
- b) briófito.
- c) pteridófito.
- d) gimnosperma.
- e) angiosperma.

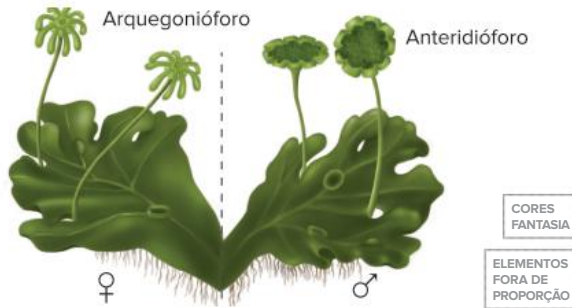
18. **Ceperj 2018** Em 18 de maio de 2006, a Câmara Municipal do Rio de Janeiro publicou o decreto nº 26.516, que dispõe sobre a proibição da comercialização do xaxim e seus artefatos, produzidos a partir da planta *Dicksonia sellowiana*. Três características dessa planta, que corre o risco de ser extinta, são importantes para a sua classificação: seu sistema de transporte de seiva possibilita auto sustentação; as células diploides no esporângio (órgão que produz os esporos) são transformadas, através da meiose, em haploides; e não possuem sementes.

Segundo as informações apresentadas, a *Dicksonia sellowiana* é uma

- a) gimnosperma.
- b) briófito.
- c) angiosperma.
- d) pteridófito.

Detalhes da classificação botânica

O termo “briófitas” atualmente compreende três filios: Bryophyta (musgos), Hepatophyta (hepáticas) e Anthocerophyta (antóceros). Hepáticas têm corpo delgado e formam bifurcações; há espécies de ambiente terrestre úmido e outras de água doce. Os sexos são separados, e, sobre o gametófito, podem ser encontrados conceptáculos dotados de **propágulos**, grupos de células que se destacam e, quando caem em um substrato adequado, geram outro indivíduo, em um processo assexuado.



Hepáticas e suas estruturas reprodutoras.

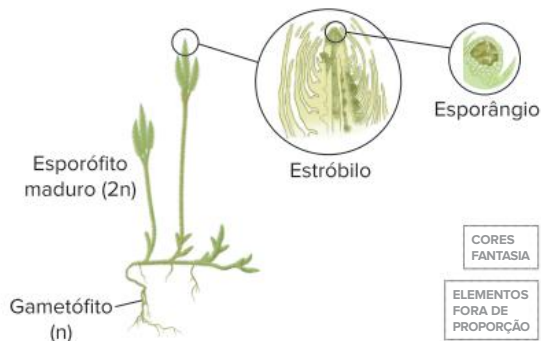
Antóceros têm gametófito delgado e sobre ele pode ocorrer o desenvolvimento de esporófito alongado.



Esquema de um antóceros.

As pteridófitas incluem os seguintes filios: Pterophyta (samambaia, avenca e xaxim), Lycophyta (licopódios e selaginelas), Psilotophyta (*Psilotum* sp.) e Sphenophyta (cavalinha ou *Equisetum* sp.). Licopódios e selaginelas apresentam raízes e um caule ramificado, dotado de folhas curtas. Na extremidade de alguns ramos, há estruturas reprodutoras, constituídas por grupos de esporângios, denominados estróbilos.

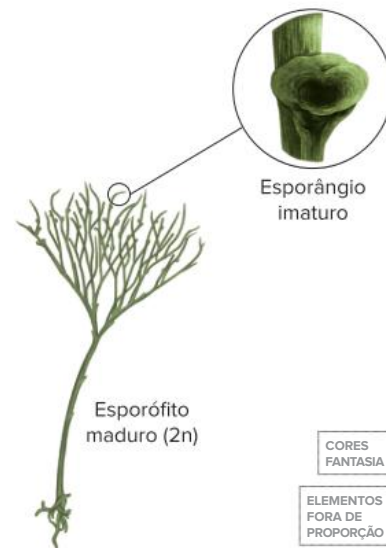
Cavalinhas têm caule segmentado, com áreas em que as folhas reduzidas se concentram; seus esporângios localizam-se nas extremidades de alguns ramos. *Psilotum* sp. apresenta ramos desprovidos de folhas, com esporângios na extremidade.



Estrutura de um licopódio. Detalhe ampliado do estróbilo e do esporângio localizados nas extremidades da planta.



Cavalinha (*Equisetum* sp.) e detalhe de seu estróbilo.



Psilotum sp. e detalhe de seu esporângio imaturo.

Texto elaborado para fins didáticos.

A evolução das plantas e o tempo

As plantas originaram-se de algas clorófitas. As clorófitas apresentavam uma série de adaptações que permitiam a vida no ambiente aquático. A flutuação da alga na água acaba por permitir sua sustentação. Além disso, neste meio, há nutrientes minerais, gases dissolvidos e luz. O corpo de uma alga é bastante delgado, e a distância entre o meio externo e as células internas é reduzida. Assim, as células em todo o corpo recebem facilmente luz, gases e nutrientes minerais por difusão; o gás carbônico gerado na respiração e o gás oxigênio produzido na fotossíntese difundem-se para o ambiente. As células não apresentam divisão de funções, exceto as reprodutoras, e praticamente todas realizam fotossíntese.

A partir de um grupo de clorófitas, foram gerados os ancestrais das plantas, em um processo evolutivo envolvendo variabilidade e seleção natural. Surgiram tecidos especializados, como os de revestimento, os de sustentação, os de condução e os responsáveis somente pela realização de fotossíntese. A minimização da desidratação pelos tecidos de revestimento, a estruturação do vegetal na ausência do empuxo, graças aos tecidos de sustentação, e a condução de materiais entre todas as partes da planta (raízes, caules e folhas) por meio de tecidos de condução (vasos) são alguns fatores que possibilitaram a colonização e a sobrevivência das plantas em meio terrestre.

O quadro a seguir mostra algumas etapas da história evolutiva de alguns autótrofos fotossintetizantes ao longo do tempo:

Era	Período (milhões de anos atrás)	Ocorrências de cianobactérias, algas e plantas	
Cenozoica (conhecida como idade dos mamíferos)	Quaternário (7)		Recente ↑ Antigo
	Terciário (65)	Angiospermas espalham-se por vários ambientes. Desenvolvimento de pradarias e expansão de florestas.	
Mesozoica (conhecida como idade dos répteis)	Cretáceo (136)	Surgimento e diversificação de angiospermas.	
	Jurássico (195)		
	Triássico (225)	Gimnospermas e pteridófitas são dominantes.	
Paleozoica	Permiano (280)	Surgimento de coníferas.	
	Carbonífero (345) (conhecido como idade dos anfíbios)	Florestas espalham-se por vários locais. Formação de depósitos de carvão.	
	Devoniano (395) (conhecido como idade dos peixes)	São formadas as primeiras florestas. Surgem plantas com sementes.	
	Siluriano (435)	Algas mais comuns: verdes, pardas e vermelhas.	
Proterozoica	Ordoviciano (500)	Aparecimento de plantas vasculares.	
	Cambriano (570)	Algas passam a predominar. Algas tornam-se abundantes. Surgimento de algas e fungos pluricelulares. Cianobactérias diversificam-se. Surgimento de eucariontes, como algas e protozoários. Surgimento de procariontes clorofilados.	

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Há plantas avasculares (briófitas) e vasculares (pteridófitas, gimnospermas e angiospermas); plantas vasculares são denominadas traqueófitas.

Plantas que formam sementes são espermatófitas (ou fanerógamas) e compreendem gimnospermas e angiospermas; criptógamas não têm semente, como as briófitas e as pteridófitas.

As briófitas apresentam metagênese. A fase mais desenvolvida do musgo é o gametófito, que possui rizoides, caulóide e filóides. O gametófito tem gametângios produtores de gametas por mitose. O gametângio masculino é o anterídio, que forma anterozoides; o gametângio feminino é o arquegônio, produtor da oosfera. A fecundação depende de água e é caracterizada por oogamia. O zigoto gera um embrião que se desenvolve em um esporófito, que é dependente do gametófito. O esporófito tem esporângio, no qual são produzidos esporos por meiose. Com a germinação de um esporo, forma-se o protonema, que gera vários gametófitos.

As pteridófitas foram os vegetais dominantes do planeta e os principais responsáveis pela formação dos depósitos de carvão do período carbonífero. Um exemplo é a samambaia, que tem metagênese e esporófito (2n) mais desenvolvido que o gametófito. O esporófito tem raiz, caule (rizoma) e folhas divididas em folíolos. Nos folíolos, há soros, que contêm muitos esporângios, nos quais ocorre a formação de esporos por meiose. Um esporo gera um gametófito ou protalo monoico. A fecundação é do tipo oogâmica.

Quer saber mais?



Sites

<http://books.scielo.org/id/z3529/pdf/forzza-9788560035083-07.pdf>

(Acesso em: 21 nov. 2021)

Artigo com os resultados do levantamento de espécies de briófitas brasileiras.

www.umpedeque.com.br/arvore.php?id=672

(Acesso em: 21 nov. 2021)

Conheça melhor o xaxim, espécie de pteridófitas ameaçada de extinção.

Exercícios complementares

1. **Uece 2021** Considerando as características das briófitas e pteridófitas, numere os parênteses abaixo de acordo com a seguinte indicação:

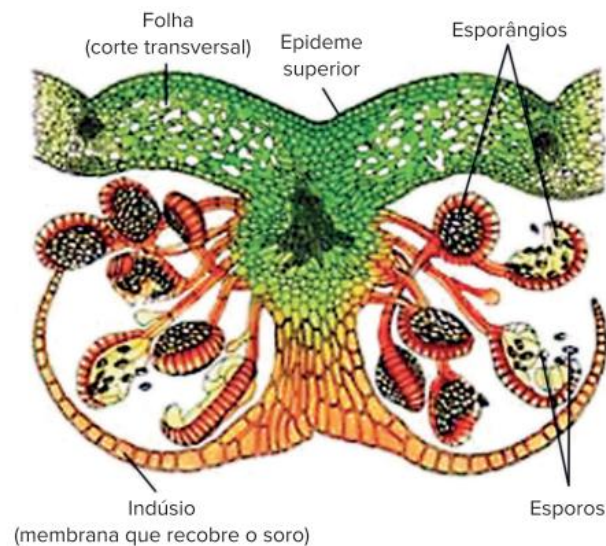
1. briófitas; 2. pteridófitas.

- Seu tamanho está associado à ausência de vasos para a condução dos nutrientes, os quais são transportados de célula a célula por todo o vegetal.
- Samambaias, avencas, xaxins e cavalinhas são alguns dos seus representantes mais conhecidos.
- Os musgos e as hepáticas são seus principais representantes.
- Foram os primeiros vegetais a apresentar um sistema de vasos para conduzir nutrientes.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) 1, 1, 2, 2. b) 2, 1, 2, 1. c) 2, 2, 1, 1. d) 1, 2, 1, 2.

2. **FMABC-SP 2021** A figura ilustra a produção de estruturas de dispersão de integrantes do grupo vegetal das pteridófitas.



(<http://atricolinabiologa.blogspot.com>. Adaptado.)

A produção de tais estruturas ocorre

- a) imediatamente após o processo de fecundação.
 - b) para formação de gametas masculinos flagelados, os anterozoides.
 - c) no interior dos estróbilos masculinos e femininos.
 - d) em função da divisão celular meiótica.
 - e) para formação dos grãos de pólen.
3. **Fuvest-SP** O esquema a seguir representa o ciclo de vida da samambaia. A letra A representa a célula haploide que faz a transição da fase esporofítica para a fase gametofítica; a letra B representa a célula diploide que faz a transição da fase gametofítica para a fase esporofítica.



- a) Descreva resumidamente a aparência das plantas que representam a fase esporofítica e a fase gametofítica.
 - b) Quais são os nomes das células representadas pelas letras A e B?
4. **Unesp 2018** O musgo *Dawsonia superba* pertence à classe Bryidae e apresenta tecidos condutores especializados, conhecidos como hadroma e leptoma, responsáveis pela condução de seiva bruta e elaborada, respectivamente. Entretanto, esses organismos não são considerados plantas vasculares, pois as paredes das células do hadroma não apresentam lignina.

(www.criptogamas.ib.ufu.br. Adaptado.)

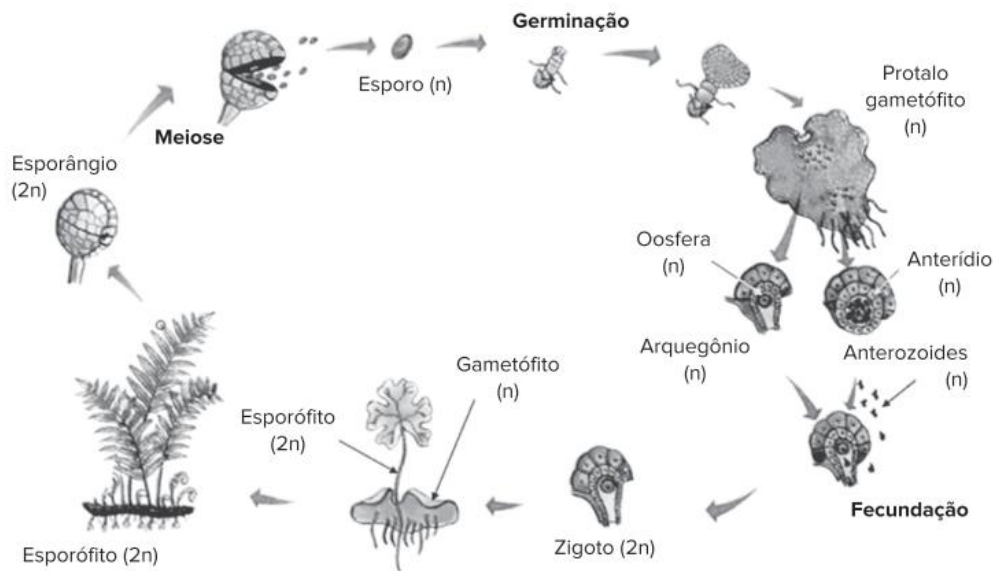
- a) Relacione os dois tecidos que conduzem as seivas nas plantas vasculares com o hadroma e com o leptoma da espécie *D. superba*.
- b) Cite uma vantagem da espécie *D. superba* em relação aos musgos que não apresentam hadroma e leptoma. Qual a importância da lignina para as plantas vasculares?

- 5. UFG-GO (Adapt.)** O ciclo de vida das pteridófitas apresenta mais adaptações ao ambiente terrestre que o das briófitas. Quanto a essas características evolutivas, julgue os itens a seguir como verdadeiros ou falsos.
- As briófitas estão restritas aos ambientes áridos, enquanto as pteridófitas vegetam em vários ambientes, pois são seres ricos em lignina.
 - As pteridófitas são plantas que fazem o transporte rápido da seiva, enquanto nas briófitas o transporte é feito de célula a célula.
 - Nas briófitas, o transporte de água e nutrientes percorre as pequenas distâncias, por difusão, por isso essas plantas têm tamanho reduzido.
 - As pteridófitas, ao contrário das briófitas, apresentam um ciclo de vida com a geração esporófitica bem desenvolvida.
- 6. UFG-GO** As briófitas e as pteridófitas são vegetais característicos de ambientes úmidos.
- a) Explique como ocorre o transporte da água no interior desses organismos.
 - b) Apresente uma razão para o fato de as briófitas serem consideradas organismos importantes na dinâmica das comunidades.
- 7. UFSCar-SP** Muitas das características que surgiram ao longo da história evolutiva das plantas permitiram a conquista do ambiente terrestre. Considere os musgos e as samambaias e:
- a) cite uma característica compartilhada por esses dois grupos que torna essas plantas dependentes da água para a fertilização.
 - b) compare os dois grupos com relação à presença de um sistema vascular para transporte de água e nutrientes.
- 8. UEPG-PR** O Reino Plantae é representado por mais de 300 mil espécies de vegetais. Entre elas estão as pteridófitas, importantes representantes do processo evolutivo vegetal. A respeito dessas plantas, assinale o que for correto e informe a soma correta.
- 01** As pteridófitas deram um grande passo na conquista do meio terrestre, pois foram os primeiros vegetais vasculares, capazes, portanto, de transportar facilmente a água das raízes para seus órgãos aéreos, o caule e as folhas.
 - 02** As pteridófitas são chamadas traqueófitas, porque seu tecido condutor é representado pelas traqueias ou vasos lenhosos (xilema), que transportam água e sais absorvidos pelas raízes e pelos vasos liberianos (floema), os quais, por sua vez, transportam uma solução orgânica com os produtos da fotossíntese.
 - 04** Uma importante especialização dos vasos lenhosos das pteridófitas é a impregnação de suas paredes por uma substância de grande resistência, a lignina, que proporciona a sustentação mecânica do caule e das nervuras das folhas.
 - 08** As folhas das pteridófitas em geral têm função dupla: fotossíntese e reprodução. Na parte inferior dos folíolos estão os esporófitos, responsáveis pela sua disseminação.
 - 16** O mais importante grupo de pteridófitas é o das filicíneas, conhecidas popularmente como samambaias.
- Soma:
- 9. UFJF/Pism-MG 2014** Sobre os processos reprodutivos das briófitas e pteridófitas, é **CORRETO** afirmar:
- a) A reprodução assexuada em briófitas e pteridófitas ocorre por fragmentação, processo em que pedaços de um indivíduo adulto geram novos gametófitos.
 - b) A reprodução sexuada em briófitas e pteridófitas envolve, obrigatoriamente, a formação de micrósporos e megásporos.
 - c) Uma condição comum à reprodução sexuada das briófitas e pteridófitas consiste na produção de anterozoides flagelados no interior de anterídios.
 - d) 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.
 - e) 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.
- 10. Uece 2020** Plantas avasculares apresentam as seguintes características adaptativas:
- | | |
|---|--|
| a) estômatos, gametângios e sementes. | c) xilema, floema e gametângios. |
| b) sementes, cutícula e paredes de esporos grossas. | d) cutícula, gametângios e paredes de esporos grossas. |
- 11. UEL-PR 2015** As samambaias pertencem ao grupo das pteridófitas, as quais possuem características adaptativas que permitiram a conquista do ambiente terrestre com mais eficiência que o grupo das briófitas. Sobre as adaptações morfológicas e reprodutivas que possibilitaram o sucesso das pteridófitas no ambiente terrestre, considere as afirmativas a seguir.
- | | |
|---|--|
| I. A predominância da fase esporófitica. | III. O desenvolvimento de rizoides para fixação. |
| II. O aparecimento dos tecidos xilema e floema. | IV. O surgimento dos esporos para reprodução. |

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II são corretas.
- Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

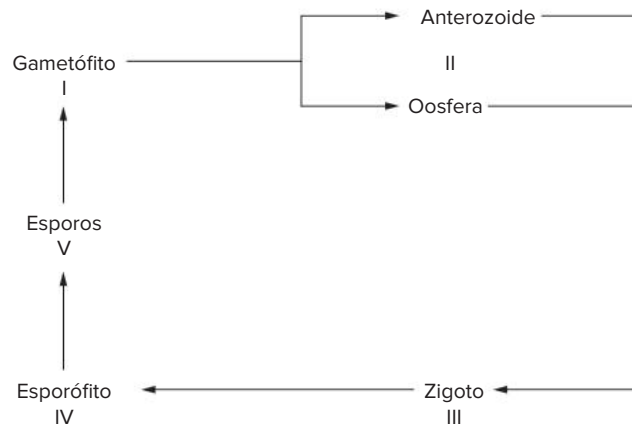
12. Uefs-BA 2017



Observando-se o ciclo de vida do vegetal em destaque, é correto afirmar:

- Esse vegetal é desprovido de um tecido vascular específico devido à dependência da água para sua fecundação.
- A germinação que precede a formação do gametófito ocorre por mitoses sucessivas.
- O esporófito é monoico e pode, por meiose, gerar células gaméticas específicas.
- Os esporos, originados do esporângio, ocorrem por uma divisão sem disjunção cromossômica.
- No ciclo, observa-se que a fase duradoura é gametofítica, e a temporária, esporofítica.

13. Mackenzie-SP O ciclo de vida de briófitas e pteridófitas pode ser representado segundo o esquema a seguir.



A respeito dele, podemos afirmar que:

- a meiose ocorre em I.
- I constitui a geração predominante para os dois grupos vegetais.
- somente II e IV são diploides.
- I constitui a geração predominante para briófitas e não para pteridófitas.
- somente II e IV são haploides.

14. **PUC-Minas** Muitas evidências indicam que os parentes mais próximos das plantas são um grupo de algas verdes chamadas carófitas. As carófitas, junto com algumas outras algas verdes e com plantas, estão em uma linhagem-irmã de *Chlorophyta*, mas ainda não sabemos qual linhagem de carófitas é a irmã verdadeira das plantas. É característica distintiva de briófitas para pteridófitas a:
- a) alternância de gerações.
 - b) presença de esporófito independente.
 - c) dependência de água para reproduzir.
 - d) presença de meiose espórica.

BNCC em foco

EM13CNT202

1. Os primeiros organismos clorofilados a saírem das águas foram provavelmente as algas verdes. A passagem das algas verdes às primeiras plantas aéreas é mal conhecida, porém os mais antigos traços de vegetais especificamente terrestres datam de 470 milhões de anos – característicos das pequenas plantas com esporos, não vascularizadas, comparáveis aos musgos e hepáticas atuais ainda muito dependentes do meio úmido.

COURBON, 2010, p. 32.

A sobrevivência dos organismos clorofilados na transição das águas para os ambientes terrestres teria sido preliminarmente condicionada:

- a) à aquisição, por nova mutação, da informação genética para a síntese da celulose.
- b) ao desenvolvimento da raiz para fixação do organismo e absorção de nutrientes, preparada para enfrentar a vida terrestre.
- c) à invenção da fotossíntese aeróbica, encaminhando os primeiros passos para a evolução da atmosfera oxidante.
- d) às mudanças no desenvolvimento do ciclo vital com o aperfeiçoamento dos mecanismos para a dispersão dos gametas no meio aéreo.
- e) ao potencial de adaptação das algas às condições oferecidas pelas marés a que eram expostas, em períodos intermitentes de maior ou menor umidade.

EM13CNT202

2. A imagem a seguir mostra algumas plantas conhecidas popularmente como musgo, que integram o grupo das Briófitas.



Jordan Roper/Shutterstock.com

- a) Quais as principais características anatômicas dos gametófitos nesse grupo de plantas?
- b) O pequeno porte é uma característica desse grupo de plantas, que, em geral, têm entre alguns milímetros e poucos centímetros de altura. E não poderiam crescer muito além disso. Explique por quê.

EM13CNT202

3. Leia o texto a seguir:

[...] Os fósseis mais conhecidos de briófitas aparecem posteriormente às pteridófitas, o que causou grande confusão a respeito das origens, com alguns autores afirmando que as briófitas seriam versões minúsculas de pteridófitas. A confusão aumenta considerando que só se conhece fósseis de clorófitas que foram encontrados depois do surgimento das briófitas. [...]

Alguns autores acreditam que a pteridófitas sejam um grupo derivado das algas pertencentes ao grupo Coleochaetales do grupo carófitas. Considerando que as algas verdes teriam originado duas linhagens: *Chlorophyta* e *Charophyta*. Acredita-se que as plantas do Devoniano tenham surgido de um único ancestral comum possuidor de elementos condutores.

ROSSETI. *Evolução das plantas: ganhando a terra, mas não em totalidade – parte II*. Piracicaba: ESALQ. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Evolu--o-das-plantas-ocome-o-de-tudo--parte-1.pdf. Acesso em: 25 nov. 2021.

- a) Explique por que a confusão mencionada no texto faz alusão às origens das plantas.
- b) Qual(is) característica(s) encontrada(s) em pteridófitas e não compartilhada(s) com as briófitas sustenta(m) a resposta do item anterior?



Floresta de araucárias (*Araucaria angustifolia* mede cerca de 30 m de altura), plantas do grupo das gimnospermas, em Cambará do Sul (RS).

FRENTE 2

CAPÍTULO

12

Gimnospermas

A árvore *Araucaria angustifolia*, também conhecida como pinheiro-do-paraná, é uma espécie emblemática das regiões Sul e Sudeste do país. Sua semente, o pinhão, fazia parte da alimentação de diversos povos indígenas tradicionais e, atualmente, é considerada um alimento típico da região Sul. A araucária é uma espécie considerada ameaçada de extinção, principalmente devido à derrubada para extração de madeira.

Características das gimnospermas

A araucária pertence ao grupo das **gimnospermas**, plantas vasculares que possuem raiz, caule e folhas. Ela forma **sementes** (pinhões) no interior de **estróbilos** (pinhas), mas não possui fruto. O termo “gimnospermas” significa “semente nua”, devido à ausência de frutos nessas plantas.

A araucária é uma gimnosperma do grupo conhecido como **coníferas**, que também inclui o pinheiro do gênero **Pinus** (pinheiro oriundo do hemisfério norte), o cipreste e a sequoia. Há outros grupos de gimnospermas, que serão apresentados no final do capítulo.



Dois tipos de pinheiro. A araucária (A) é conhecida como pinheiro-do-paraná. O *Pinus* (B) não é nativo do Brasil, mas é um tipo de pinheiro bastante empregado em reflorestamentos.

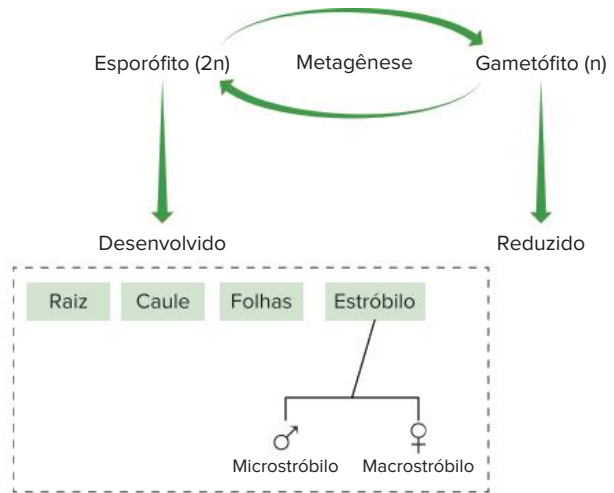
Ciclo reprodutivo

Aspectos gerais

As gimnospermas possuem um ciclo reprodutivo com alternância de gerações, envolvendo esporófito (2n) e gametófito (n). O **gametófito** é bastante reduzido. O **esporófito** corresponde à planta adulta, o pinheiro propriamente dito, com raiz, caule, folhas e estróbilos. O **estróbilos**, também conhecido como cone ou pinha, é a estrutura reprodutora do pinheiro. Há dois tipos de estróbilos: o masculino (**microstróbilos**) e o feminino (**megastróbilos** ou **macrostróbilos**), sendo o feminino maior que o masculino.



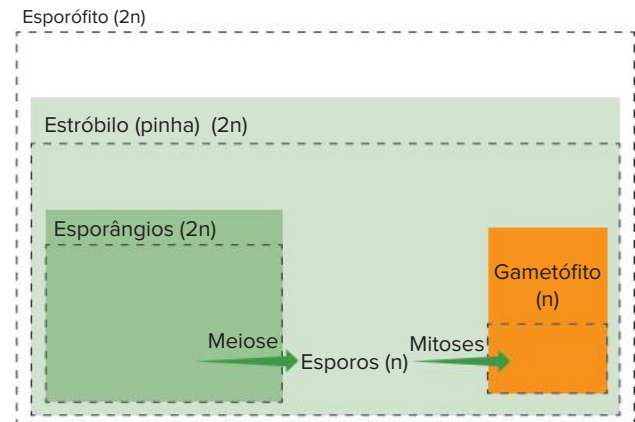
Em (A), um pinhão de araucária, que consiste na semente da planta e contém um embrião. À direita, estróbilos (cones) de pinheiros: os femininos (B) (macrostróbilos ou megastróbilos) são maiores que os masculinos (C) (microstróbilos).



Aspecto geral da metagênese de gimnospermas. O esporófito de uma araucária corresponde ao próprio pinheiro. Os gametófitos são reduzidos e desenvolvem-se no interior dos estróbilos.

Cada estróbilos possui um eixo no qual se prendem placas, em uma disposição helicoidal. As placas estão associadas a **esporângios**, ou seja, um estróbilos contém esporângios. O soró de uma samambaia (uma pteridófita) também possui esporângios, mas o estróbilos do pinheiro é maior e mais complexo.

Nos esporângios, ocorre a produção de esporos (n) por meiose. Um esporo haploide sofre mitose e origina um gametófito (n). O gametófito é muito reduzido e se forma no interior do estróbilos, que faz parte do esporófito. Assim, o gametófito fica contido no interior do esporófito.



Sequência de alguns passos significativos no ciclo de vida de gimnospermas. A meiose ocorre em esporângios contidos nos estróbilos.

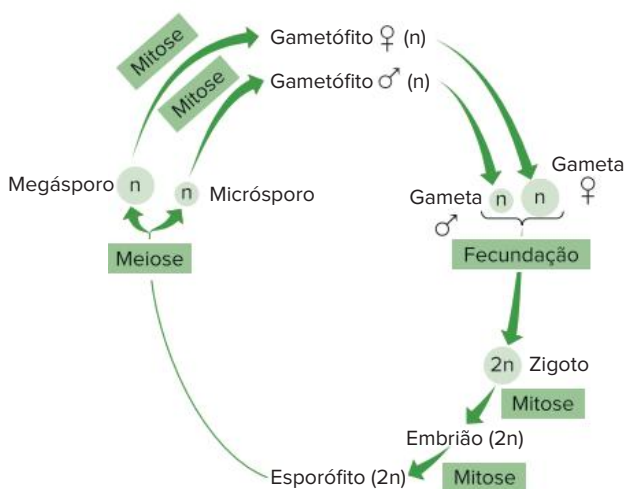
Gametófitos produzem gametas por mitose. Com a fecundação, forma-se um zigoto (2n), que sofre mitose e gera um embrião (2n). O embrião fica no interior da semente (que, no caso da araucária, é o pinhão). Cada semente tem um **embrião**, um **endosperma** (material de reserva) e um **tegumento** (casca). Quando a semente se encontra em solo úmido, ela absorve água, e o embrião inicia seu desenvolvimento, consumindo as reservas. Esse processo é conhecido como **germinação**. Com a germinação, forma-se um novo pinheiro (esporófito jovem), que se desenvolve, tornando-se um pinheiro adulto, dotado de estróbilos e com capacidade de reprodução.



Um novo pinheiro é gerado pelo desenvolvimento de um embrião, o qual provém de um zigoto. A formação do zigoto é resultante da união de gametas produzidos pelos gametófitos.

A formação de esporos

No interior dos megástróbilos, são produzidos esporos conhecidos como **megásporos** ou **macrósporos** (n). Os microstróbilos formam esporos denominados **micrósporos** (n). Megásporos são maiores que micrósporos. A formação de dois tipos de esporos é denominada **heterosporia** e ocorre em gimnospermas, angiospermas e em algumas pteridófitas, como a selaginela. O micrósporo origina o gametófito masculino, e o megásporo forma o gametófito feminino.



No ciclo reprodutivo de gimnospermas ocorre a formação de micrósporos e megásporos, o que se denomina heterosporia. Apesar disso, esse ciclo tem as mesmas características fundamentais do ciclo com metagênese das outras plantas.

Nos musgos e na maioria das pteridófitas, os esporos são de um único formato; isso caracteriza a ocorrência de **isosporia**.

Esporos e gametófitos

A araucária tem dois tipos de indivíduos: os que formam megástróbilos (♀) e os que produzem microstróbilos (♂); tais plantas têm, portanto, sexos separados, ou seja, as plantas são **dioicas**. Já os pinheiros do gênero *Pinus* têm microstróbilos (♂) e megástróbilos (♀) na mesma planta; as plantas são **monoicas**.

Analisaremos o ciclo da araucária. Como mencionado, no interior de cada microstróbilo, ocorre meiose, formando-se micrósporos (n). Cada micrósporo sofre mitose e gera um gametófito masculino, também denominado **microprotalo**, ou **grão de pólen**.

O grão de pólen possui algumas células e é dotado de expansões laterais, permitindo seu transporte pelo vento, comum nas gimnospermas, que não apresentam grande variedade de meios de polinização. Assim, a polinização é feita pelo vento e é denominada **anemofilia**.

Dentro de cada megástróbilo, há vários esporângios conhecidos como **óvulos imaturos**, nos quais ocorre meiose, gerando quatro células haploides; três dessas células degeneram, restando apenas a célula do megásporo (n). O óvulo imaturo é constituído pelo megásporo e pelo seu envoltório, o **tegumento** (2n). A abertura do óvulo é conhecida como **micrópila**.

No interior do óvulo, o megásporo sofre mitoses e origina o gametófito feminino (n), também denominado **megaprotalo**, ou **saco embrionário**. O gametófito feminino tem inúmeras células de menor tamanho (sem função reprodutiva) e possui algumas células grandes, as **oosferas** (gametas femininas). Constituem um arquegônio rudimentar as células que rodeiam cada oosfera. Em resumo, um óvulo maduro tem os seguintes componentes: um tegumento (2n) e um gametófito feminino, que possui algumas oosferas (gametas femininas).

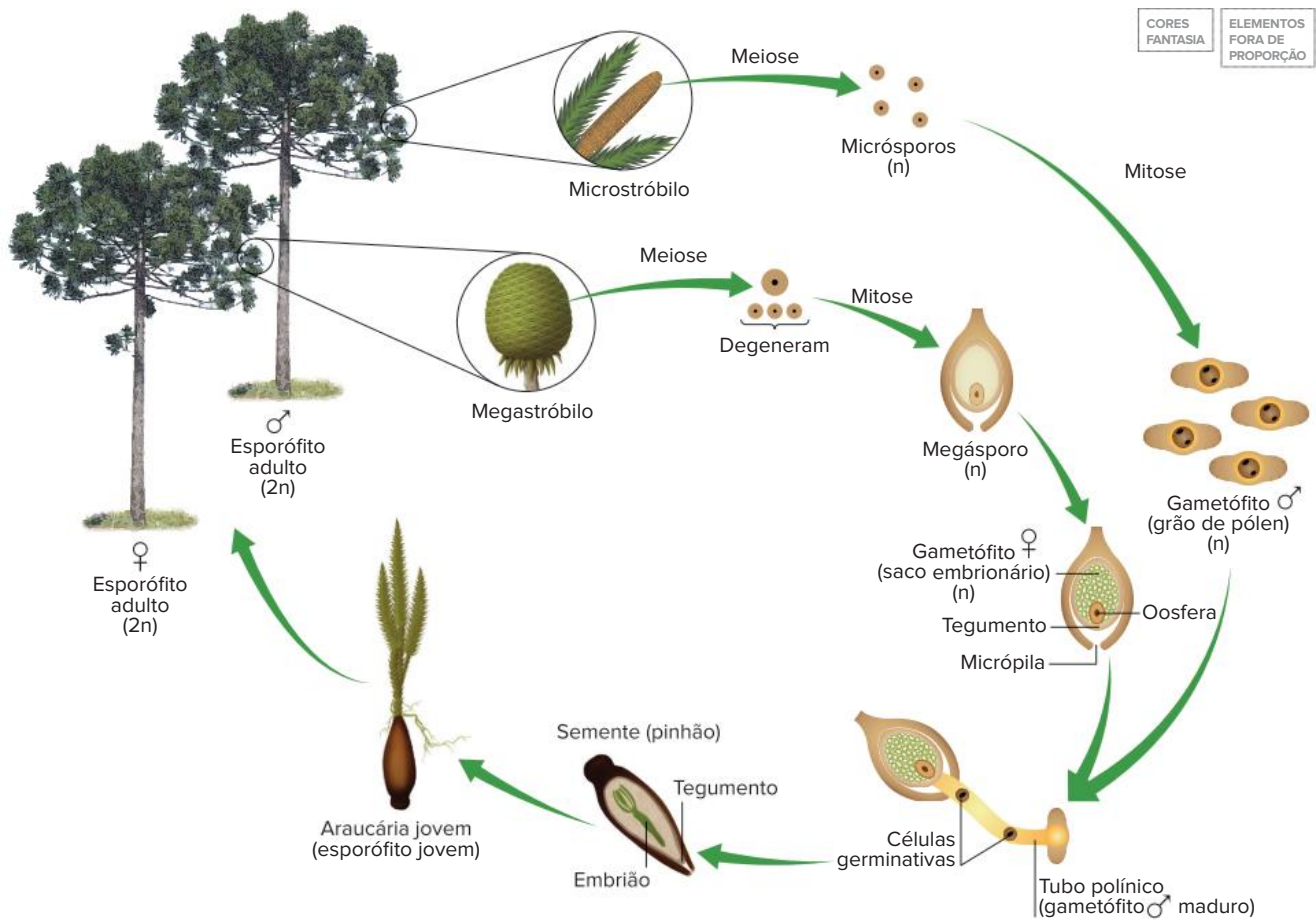
Fecundação

Quando um grão de pólen atinge a micrópila de um óvulo, ele cresce lentamente no interior do gametófito feminino e desenvolve-se formando o tubo polínico, buscando **fecundar o óvulo**.

O tubo polínico corresponde ao gametófito masculino maduro, e dois de seus núcleos correspondem aos gametas masculinos, sendo denominados **núcleos gaméticos**, ou **núcleos espermáticos**. Gimnospermas não apresentam, portanto, anterozoides flagelados, e sua fecundação não depende de água, sendo totalmente adaptada ao ambiente terrestre. Essa fecundação depende do crescimento do tubo polínico em direção à oosfera e é denominada **sifonogamia**.

A fecundação resulta na formação da **semente** (pinhão), que é o óvulo fecundado e desenvolvido. O zigoto (2n) formado sofre mitose e gera um embrião (2n). O gametófito feminino (n), no interior do qual o embrião se desenvolve, passa a atuar como reserva nutritiva, constituindo o **endosperma** haploide.

O óvulo tem apenas um tegumento, que persiste como o tegumento da semente (2n). Com a germinação da semente, ocorre a formação de um novo esporófito.



Revisando

1. As gimnospermas incluem o grupo das coníferas. Cite quatro exemplos de representantes desse grupo.

2. Quais são as partes do corpo de um pinheiro?

3. Qual é o nome popular do estróbilo e da semente de araucária?

4. O que significa a palavra “gimnospermas”? Qual é a razão de os botânicos utilizarem esse termo?

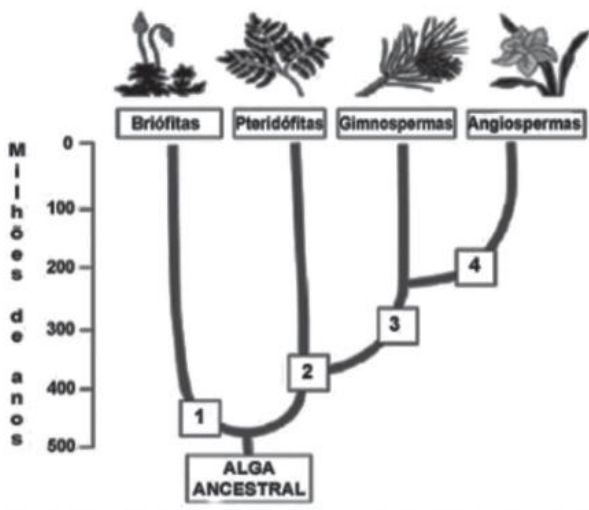
5. No ciclo de vida de um pinheiro, qual é o tipo de divisão celular que gera gametas e esporos?

6. Gimnospermas formam dois tipos de esporos: micrósporos e megásporos. Como é denominada essa característica?
- _____
- _____
7. Quais são os sinônimos de gametófito masculino e de gametófito feminino das gimnospermas?
- _____
- _____
8. Como é denominada a polinização devida ao vento?
- _____
- _____
9. O que é sifonogamia?
- _____
- _____
- _____

10. Quais são os componentes do óvulo maduro de uma gimnosperma?
- _____
- _____
- _____
11. Conceitue semente.
- _____
- _____
- _____
12. Quais são os componentes da semente de um pinheiro? Indique a ploidia de cada um.
- _____
- _____
- _____

Exercícios propostos

1. **Fuvest-SP** O pinhão, estrutura comestível produzida por pinheiros da espécie *Araucaria angustifolia*, corresponde a que parte da planta?
- Cone (estróbilo) masculino repleto de pólen.
 - Cone (estróbilo) feminino antes da fecundação.
 - Fruto simples sem pericarpo.
 - Folha especializada no acúmulo de substâncias de reserva.
 - Semente envolta por tegumento.
2. **UEMG 2016** A classificação dos seres vivos se baseia em uma série de características anatômicas, morfológicas, fisiológicas, bioquímicas, evolutivas, etc. Analise esse cladograma que mostra as principais aquisições evolutivas na classificação das plantas.



O critério presença de sementes estaria indicado corretamente pelo número:

- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4.

3. **Cefet-MG 2015** Na época de Natal é comum ornamentar as portas das casas com guirlandas dos mais diferentes tipos, como mostra a ilustração seguinte.

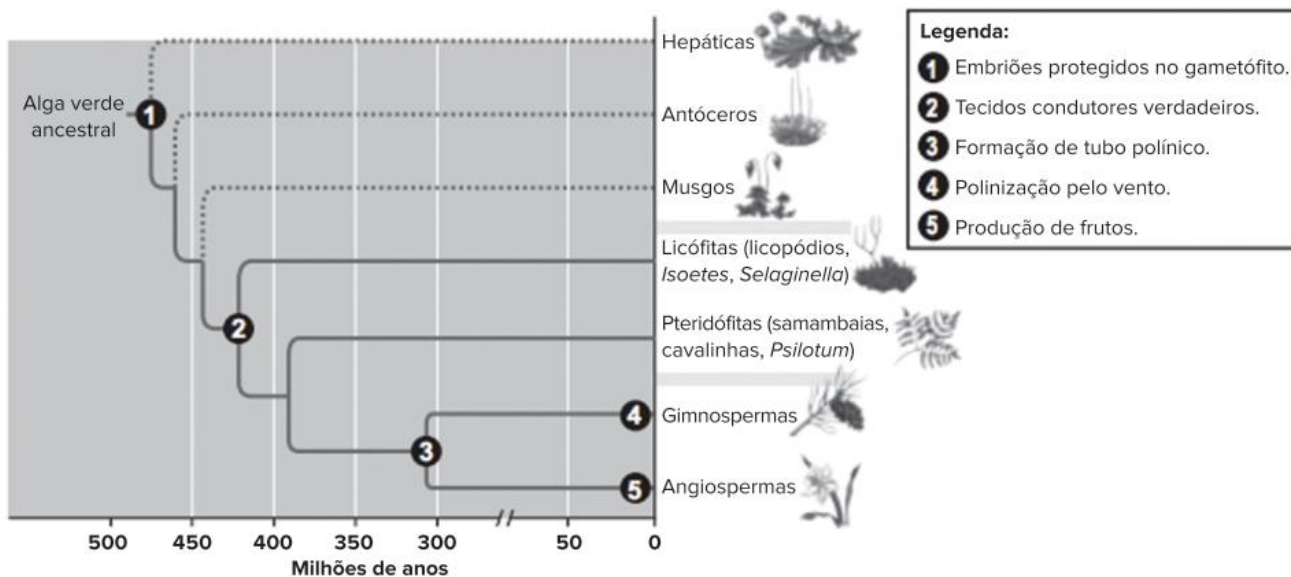


Disponível em: <<http://designparausar.files.wordpress.com/2010/11/n10.jpg>>. Acesso em: 30 set. 2014.

As estruturas vegetais presentes nesse enfeite correspondem a

- folhas jovens de pteridófitas.
- flores agrupadas de dicotiledôneas.
- porções fotossintetizantes de briófitas.
- frutos em espiga de monocotiledôneas.
- estruturas reprodutivas de gimnospermas.

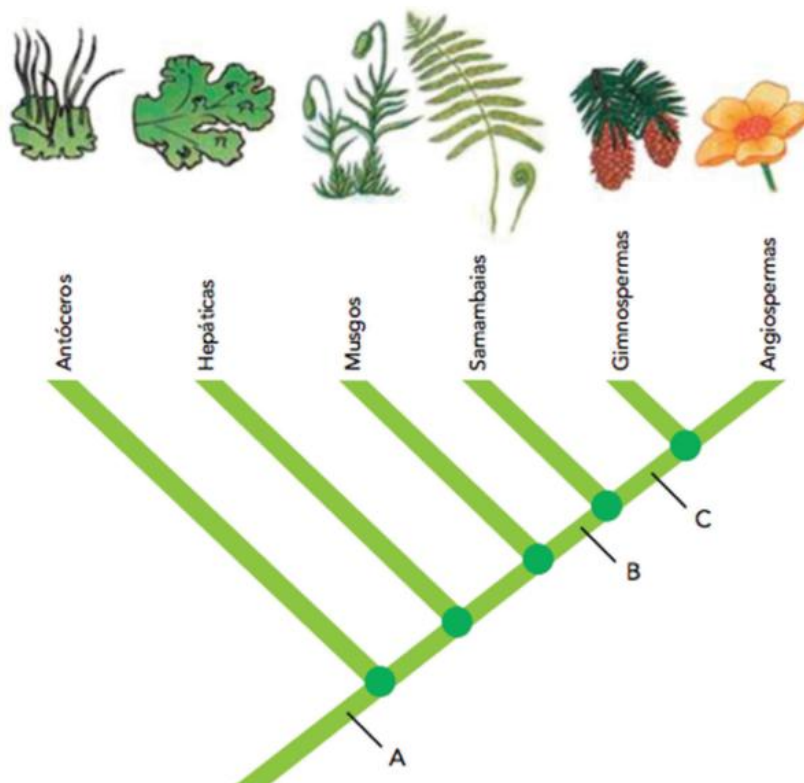
4. **Enem 2019** Durante sua evolução, as plantas apresentaram grande diversidade de características, as quais permitiram sua sobrevivência em diferentes ambientes. Na imagem, cinco dessas características estão indicadas por números.



A aquisição evolutiva que permitiu a conquista definitiva do ambiente terrestre pelas plantas está indicada pelo número

- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4. e) 5.

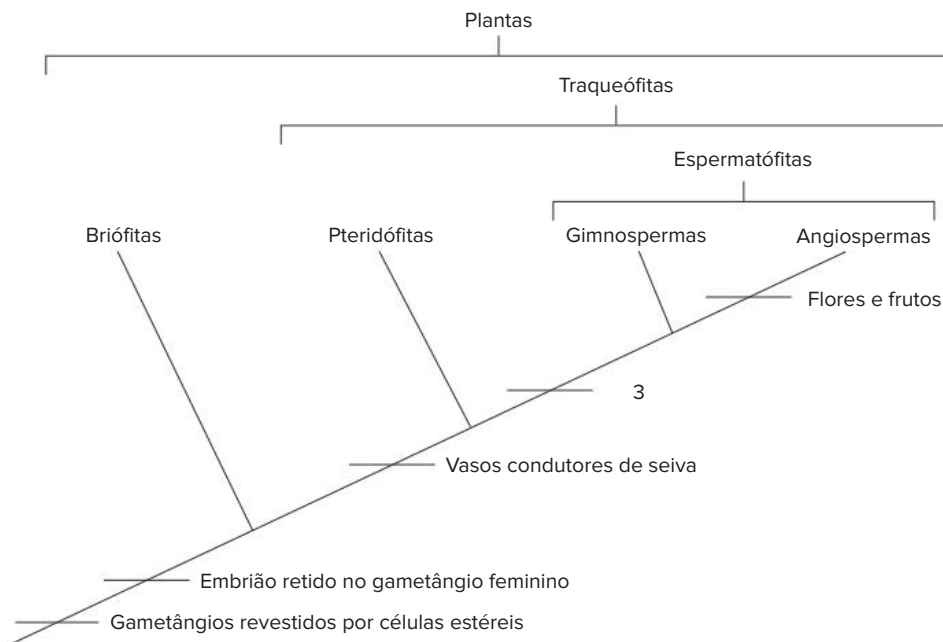
5. **Uerj 2015** No cladograma, está representado o grau de parentesco entre diferentes grupos de vegetais.



As letras A, B e C indicam, respectivamente, o momento em que surgem, ao longo do processo evolutivo, as seguintes características dos vegetais:

- a) cutícula, sementes, tecidos vasculares
- b) embriões multicelulares, esporófito dominante, frutos
- c) esporófito dominante, embriões multicelulares, frutos
- d) gametângios multicelulares, tecidos vasculares, sementes

6. **FGV-SP 2017** 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
- e estróbilos femininos de uma mesma árvore, realizado por insetos e pássaros.
 - de uma árvore e estróbilos femininos de outra árvore, realizado pelo vento.
 - e estróbilos femininos (hermafroditas) de árvores diferentes, realizado pelos insetos.
 - e estróbilos femininos (hermafroditas) de uma mesma árvore, realizado por morcegos e pássaros.
 - e estróbilos femininos (hermafroditas) de árvores diferentes, realizado pelo vento e pelos animais.
7. **UFSM-RS** As plantas que, ao atingirem a maturidade sexual, formam ramos reprodutivos chamados estróbilos masculinos e estróbilos femininos pertencem ao grupo das:
- angiospermas, apenas.
 - gimnospermas, apenas.
 - briófitas.
 - pteridófitas.
 - angiospermas e gimnospermas.
8. **UFSM-RS** Analise a citação: "O nadar dos anterozoides é substituído pelo crescer do tubo polínico". Em que grupo vegetal esse fenômeno de substituição se processou pela primeira vez?
- Briófitas.
 - Pteridófitas.
 - Gimnospermas.
 - Angiospermas – Monocotiledôneas.
 - Angiospermas – Dicotiledôneas.
9. **UFRGS 2020** Assinale com **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) as afirmações abaixo, referentes ao cladograma do Reino Plantae.



- As briófitas e pteridófitas têm um ancestral comum diferente das espermatófitas.
 - As pteridófitas e as espermatófitas são chamadas de plantas vasculares, por apresentarem xilema e floema.
 - O número 3 refere-se ao surgimento das sementes.
 - As briófitas apresentam, no tecido vascular, traqueídeos e placas crivadas.
- A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é
- F – V – F – V.
 - F – V – V – F.
 - V – V – V – F.
 - V – F – F – V.
 - V – V – F – F.

10. **Uece** No processo de reprodução de uma gimnosperma:
- não há formação de tubo polínico.
 - os óvulos, de tamanho microscópicos, estão contidos em grandes ovários.
 - os óvulos não estão contidos num ovário.
 - há formação de frutos sem sementes.

Evolução e classificação de gimnospermas

O surgimento de répteis e gimnospermas ocorreu na era Paleozoica, e a diversificação desses grupos se deu na era Mesozoica.

Répteis e gimnospermas têm notáveis similaridades em relação à adaptação ao meio terrestre. Nos dois grupos, a fecundação não depende da água presente no ambiente: répteis têm fecundação interna e as gimnospermas apresentam sifonogamia, com o encontro de gametas propiciado pelo crescimento do tubo polínico.

Répteis possuem ovo com casca, contendo reservas alimentares e um embrião. Esse tipo de ovo assegura o desenvolvimento do embrião mesmo em meio terrestre seco. Gimnospermas formam semente, também constituída por casca, reserva e embrião. A semente pode ter atividade metabólica muito baixa (estado de vida latente) se as condições ambientais forem desfavoráveis, como em ambiente seco, temperatura baixa ou ausência de gás oxigênio. Com isso, a semente pode passar por períodos muito longos sem germinar. Apenas quando as condições ambientais são favoráveis é que ocorre sua germinação, possibilitando o desenvolvimento de uma nova planta. A semente é, portanto, uma adaptação ao ambiente terrestre, sujeito a uma série de variações em suas condições físicas e químicas.

Na era Cenozoica, gimnospermas e répteis são superados em seu domínio pelas angiospermas e pelos mamíferos, respectivamente.

A classificação das gimnospermas passa por grandes mudanças. As coníferas, ou Coniferophyta, constituem um filo.

Atualmente, as gimnospermas compreendem outros filios:

- Cycadophyta: semelhantes a palmeiras (palmeiras verdadeiras são angiospermas).
- Ginkgophyta: com uma única espécie no mundo, o *Ginkgo biloba*.
- Gnetophyta: incluindo efedra e *Welwitschia* sp. (encontrada apenas no deserto do Kalahari).

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

As gimnospermas incluem as coníferas, como o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), o *Pinus* sp., o cipreste e a sequoia. Elas têm raiz, caule, folhas, estróbilos, sementes e não possuem frutos.

Gimnospermas têm metagênese, com esporófito ($2n$) desenvolvido e gametófito (n) reduzido. O esporófito é o próprio pinheiro. O estróbilos contém esporângios que produzem esporos (n) por meiose. Cada esporo forma um gametófito (n). Gametófitos produzem gametas por mitose; a união dos gametas é a fecundação, que forma um zigoto. O zigoto desenvolve-se tornando-se um embrião, contido na semente (pinhão). A semente germina e, assim, forma-se um novo pinheiro.

Gimnospermas apresentam heterosporia, isto é, produzem dois tipos de esporos: micrósporos e megásporos. O micrósporo origina o gametófito masculino (grão de pólen, ou microprotalo). O megásporo forma o gametófito feminino (saco embrionário, ou megaprotalo). O óvulo maduro é constituído por um tegumento ($2n$) e pelo saco embrionário, que possui algumas oosferas (gametas femininos). Polinização é o transporte dos grãos de pólen da parte masculina para a feminina de plantas diferentes. Nos pinheiros, esse processo é realizado pelo vento, sendo denominado anemofilia.

O grão de pólen cresce em direção à oosfera, formando o tubo polínico (gametófito masculino maduro). O tubo polínico carrega o gameta masculino conhecido como núcleo gamético, ou núcleo espermático. A fecundação não depende de água e é denominada sifonogamia. Semente é o óvulo fecundado e desenvolvido. A semente da araucária é o pinhão, o qual possui: tegumento ($2n$), endosperma (n) e embrião ($2n$).

Quer saber mais?



Site

<https://piaui.folha.uol.com.br/o-povo-que-fez-do-pinhao-uma-floresta/>

(Acesso em: 21 nov. 2021)

Uma pesquisa revelou que as matas de araucárias no Sul do Brasil foram plantadas por tribos Jês há mil anos.

Exercícios complementares

1. **UEL-PR 2018** A Araucária, árvore símbolo do Estado do Paraná, é uma gimnosperma. Com base nessas informações, esquematize e descreva o ciclo reprodutivo dessa planta.

2. **FGV-SP** As plantas portadoras de frutos surgiram na Terra depois das coníferas, provavelmente há cerca de 135 milhões de anos. A análise dos fósseis indica que a quantidade de angiospermas foi rapidamente aumentando na Terra, enquanto as gimnospermas foram se tornando menos abundantes. Assim, as coníferas

dominaram a paisagem dos ecossistemas terrestres em tempos passados, mas as angiospermas dominam a paisagem atual, com cerca de 250 mil espécies conhecidas.

W. R. Paulino. Biologia atual.

Usando as afirmações do texto e os conhecimentos sobre botânica, pode-se afirmar que:

- a) no período anterior a 135 milhões de anos do presente só havia coníferas e, portanto, não havia plantas com frutos, com flores ou com produção de sementes.

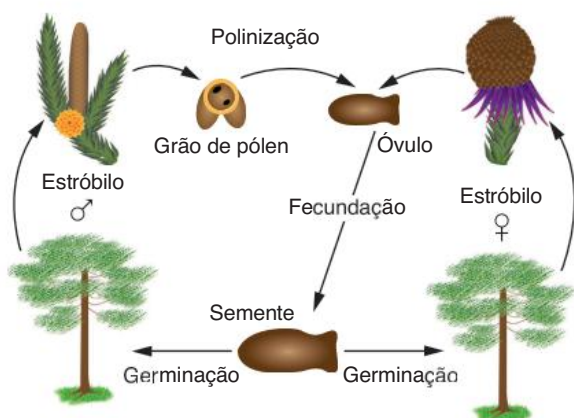
- b) ao longo dos últimos 135 milhões de anos, as estruturas flor, fruto e semente surgiram nessa sequência evolutiva, dando origem às angiospermas, com cerca de 250 mil espécies conhecidas.
- c) as coníferas, embora não produzam flores, frutos ou sementes, puderam propagar-se e chegar aos dias atuais graças aos mecanismos de reprodução vegetativa.
- d) as coníferas, presentes apenas no registro fóssil, são as ancestrais das atuais gimnospermas e angiospermas.
- e) as coníferas, ou gimnospermas, não se extinguíram e constituem-se na vegetação dominante de algumas formações florestais atuais.

3. **UFRGS** A *Araucaria angustifolia*, gimnosperma nativa da região Sul do Brasil, produz anualmente cerca de 80 cones femininos, cada um originando em média 90 pinhões. Com base nessas informações, preencha as lacunas a seguir. As plantas femininas das araucárias produzem _____, cada um deles originando muitos pinhões. O pinhão corresponde _____, que é constituído(a) por casca, _____ e _____.

Assinale a alternativa que preenche corretamente essas lacunas, na ordem em que aparecem.

- a) megásporos – ao fruto – ovário – endosperma
 - b) estróbilos – à semente – embrião – endosperma
 - c) estróbilos – ao fruto – semente – cotilédone
 - d) megasporângios – à inflorescência – embrião – tegumento
 - e) megásporos – à semente – zigoto – cone
4. **Unesp** Um estrangeiro, em visita à região Sul do Brasil, teve sua atenção voltada para uma planta nativa, de porte arbóreo, com folhas pungentes e perenes e flores reunidas em inflorescências denominadas estróbilos. Dessa planta, obteve um saboroso alimento, preparado a partir do cozimento em água fervente.
- a) Qual o nome popular dessa planta e a que grupo pertence?
 - b) O alimento obtido corresponde a que parte da planta?

5. **Unesp** Observe o ciclo reprodutivo do pinheiro.



- a) Em que estágios desse ciclo ocorre redução do número de cromossomos?
- b) Indique as estruturas citadas no ciclo que correspondem às palavras em destaque na seguinte estrofe popular:
Pinheiro me dá uma PINHA
Pinha me dá um PINHÃO
Menina me dá um beijo
Que eu te dou meu coração.

6. **Unesp** Em visita a um Jardim Botânico, um grupo de estudantes listou os seguintes nomes de plantas observadas: ipê-amarelo-da-serra, seringueira, ciprestes, jabuticabeira, orquídea, hepáticas, coco-da-baía, avenca, palmeira-dos-brejos, ou buriti, e sequoias. Dentre as plantas observadas no Jardim Botânico:

- a) indique aquelas que pertencem ao grupo das gimnospermas. Cite uma característica reprodutiva particular desse grupo.
- b) cite um exemplo de planta do grupo das pteridófitas. Mencione uma aquisição evolutiva desse grupo em relação às briófitas.

7. **Unesp** Um turista chega a Curitiba (PR). Já na estrada, ficou encantado com a imponência dos pinheiros-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). À beira da estrada, inúmeros ambulantes vendiam sacos de pinhões. Um dos vendedores ensinou-lhe como prepará-los:

– Os frutos devem ser comidos cozidos. Cozinhe os frutos em água e sal e retire a casca, que é amarga e mancha a roupa.

O turista percebeu que embora os pinheiros estivessem frutificando (eram muitos os ambulantes vendendo seus frutos), não havia árvores com flores. Perguntou ao vendedor como era a flor do pinheiro, a cor de suas pétalas etc. Obteve por resposta:

– Não sei, não, senhor!

- a) O que o turista comprou são frutos do pinheiro-do-paraná? Justifique.
- b) Por que o vendedor disse não saber como são as flores do pinheiro?

8. **UFJF-MG 2020** As plantas são organismos caracterizados por apresentarem embriões que recebem alimento diretamente do corpo da planta-mãe, ao qual permanecem unidos durante as fases iniciais do desenvolvimento, sendo, portanto, também chamadas de Embriófitas. Porém, ao longo do processo evolutivo, foram expressando modificações em sua constituição vegetativa e reprodutiva. Basicamente, por essas modificações, hoje conhecemos as plantas como pertencentes a diferentes grupos. A seguir são listadas algumas informações peculiares às plantas:

- I. na alternância de gerações a fase haploide é a mais desenvolvida e persistente
- II. desenvolvimento de tubo polínico
- III. dependência de água no estado líquido para a fecundação

- IV. embrião envolto por tecido de reserva e tegumentos formando a semente
- V. presença de tecidos condutores de seiva bruta e elaborada
- VI. gameta masculino flagelado

Ao analisar estas informações, indique a alternativa **CORRETA** que apresenta características representativas do grupo das briófitas (B), ao qual pertencem os musgos, e do grupo das gimnospermas (G), que tem como exemplos os pinheiros:

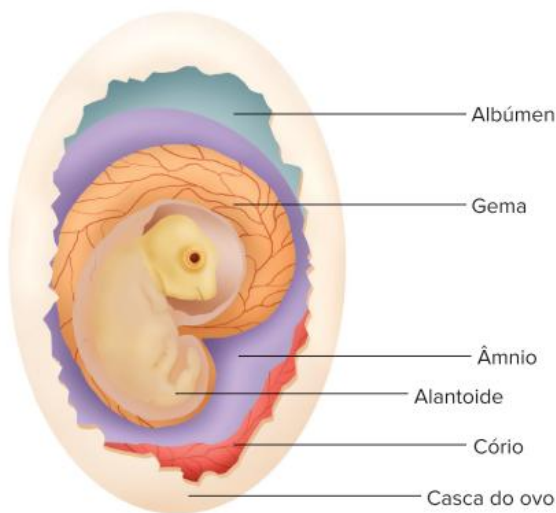
- a) B (II, IV, V) e G (I, III, VI)
- b) B (I, III, V, VI) e G (I, IV, V)
- c) B (I, III, VI) e G (II, IV, V)
- d) B (III, IV) e G (I, II, V)
- e) B (I, III, V) e G (III, IV, V, VI)

9. **Fuvest-SP 2015** No processo de adaptação ao ambiente terrestre, animais e plantas sofreram modificações morfológicas e funcionais. Considere a classificação tradicional das plantas em algas, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.
- a) Qual(is) desses grupos de plantas independe(m) da água para a fecundação? Que estrutura permite o encontro dos gametas, em substituição à água?
 - b) As briófitas, primeiro grupo de plantas preponderantemente terrestre, têm tamanho reduzido. As pteridófitas, surgidas posteriormente, são plantas de grande tamanho, que chegaram a constituir extensas florestas. Que relação existe entre o mecanismo de transporte de água e o tamanho das plantas nesses grupos?

BNCC em foco

EM13CNT202

1. Ao longo da evolução dos vertebrados, uma grande conquista foi o ovo amniótico, que surgiu com os répteis. Diferenciando-se dos anfíbios, que dependem da água para a reprodução, com o ovo com casca os répteis libertaram-se dessa dependência e ocuparam o interior dos continentes, dominando o planeta por mais de 150 milhões de anos, até o final do Cretáceo.



Fonte: Museu de Paleontologia e Estratigrafia da Unesp. Disponível em: www.rc.unesp.br/museupaleonto/carbonifero.htm. Acesso em 19 Jun. 2020.

Ovo de um réptil. O ovo abriga o embrião e contém reservas de água (clara ou albúmen) e nutrientes (vitelo ou gema) necessários ao seu desenvolvimento. A casca porosa permite a troca de gases com o ambiente e protege o embrião contra a perda de água.

- a) Na história evolutiva das plantas, que estrutura pode ser comparada ao ovo amniótico? Explique comparativamente.
- b) Em relação à reprodução, que grupos de plantas podem ser comparados aos anfíbios? Por quê?
- c) Qual foi o primeiro grupo de plantas com essa aquisição evolutiva?

EM13CNT202

2. No Brasil, uma espécie de gimnosperma, a *Podocarpus sellowii*, conhecida popularmente como pinheirinho-bravo, pode ser encontrada em certas áreas da mata atlântica. Observe a imagem.



Estruturas reprodutoras presentes em *Podocarpus sp.*

- a) Há uma espécie de mesmo gênero, *Podocarpus macrophyllus*, que não é brasileira e é muito usada em paisagismo. Em um site especializado nessa área, a estrutura avermelhada é chamada de fruto. Essa afirmação está correta? Explique.
- b) O vermelho é uma cor que costuma atrair a atenção de aves. Qual pode ser a vantagem dessa adaptação?

EM13CNT202 e EM13CNT206

3. As araucárias, principal espécie de gimnosperma no Brasil, já foram relativamente comuns no Sul e Sudeste do país, formando o ecossistema denominado mata de araucárias. Atualmente, a araucária está na categoria "criticamente em perigo" na lista das espécies ameaçadas da IUCN (*International Union for Conservation of Nature*). Qual é a consequência do desaparecimento dessa espécie? Dê exemplos.



spns-eva/Shutterstock.com

Abelha (*Apis mellifera*, mede cerca de 1,5 cm de comprimento) polinizando uma flor de macieira. As abelhas são animais fundamentais para a polinização de diversas plantas.

FRENTE 3

CAPÍTULO

5

Zoologia dos invertebrados II

Um dos desafios da humanidade é a produção de alimentos para mais de sete bilhões de pessoas que habitam a Terra. Essa produção depende, em larga medida, das relações estabelecidas entre os seres vivos. Por exemplo, a ação dos agentes polinizadores, com destaque para as abelhas, é fundamental para a produção de laranja, café, maçã, entre outras culturas. O declínio das populações de abelhas, observado nos últimos anos, está relacionado a ações antrópicas, como desmatamentos e queimadas, e tem sido motivo de preocupação, já que uma das consequências é o comprometimento da produção de alimentos. Neste capítulo, continuaremos o estudo dos animais invertebrados, incluindo os artrópodes, filo do qual as abelhas fazem parte.

Moluscos

O filo Mollusca (do latim *mollis*, mole), com mais de 100 mil espécies viventes conhecidas, é o segundo filo mais diversificado do reino animal, atrás apenas do filo dos artrópodes (discutido mais adiante neste capítulo). Os moluscos são animais de **corpo mole, não segmentado** e, em certos casos, dotados de uma **concha** calcária. A maioria é marinha e de **vida livre**, como o polvo e a lula, mas existem muitas espécies de água doce – cerca de 8 mil – e terrestres – cerca de 28 mil espécies – como lesmas e caracóis. São **triblásticos, celomados, protostômios** e exibem **simetria bilateral**. Os moluscos, além de terem sistemas nervoso, digestório e excretor, também presentes nos platelmintos e nos nematódeos, apresentam os sistemas circulatório e respiratório.

Morfologia e fisiologia

O corpo de um molusco é tipicamente organizado em três regiões: a **cabeça**, região geralmente dotada de estruturas sensoriais, como tentáculos e olhos, pode ser bem desenvolvida em certos moluscos, mas reduzida ou ausente em outros; o **pé** muscular, importante à locomoção; e a **massa visceral**, região onde está a maioria dos órgãos internos do molusco.

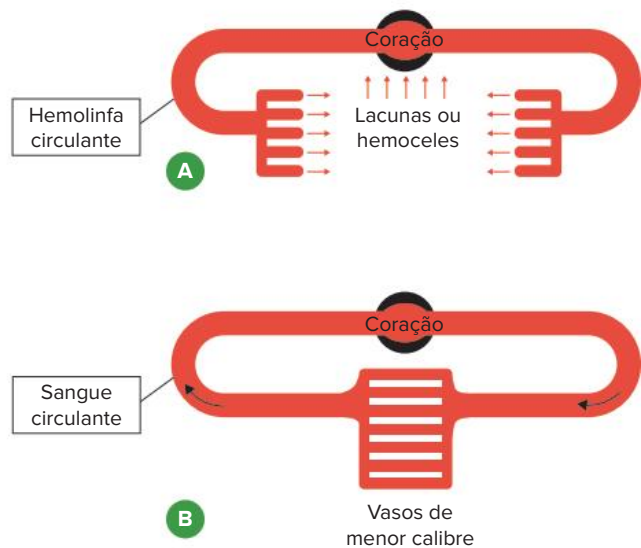
A concha é secretada pelo **manto**, uma dobra especializada do epitélio dorsal com atividade secretora, que pode se estender, resultando na formação de uma câmara chamada **cavidade do manto** ou **cavidade palial**. Nessa cavidade, podem ser encontradas as estruturas respiratórias, o ânus e os poros excretores. Os moluscos possuem **tubo digestório completo** com **digestão extracelular**. Na massa visceral, é encontrado o **hepatopâncreas**, ou glândula digestiva, que desemboca no estômago responsável pela secreção de enzimas digestivas.

Todos os moluscos apresentam **sistema circulatório**. Nos gastrópodes (caracóis, caramujos e lesmas) e bivalves (ostras e mexilhões) é encontrado o sistema circulatório aberto, enquanto os cefalópodes (polvos e lulas) têm sistema circulatório fechado.

Na **circulação aberta**, também chamada de lacunar, o fluido circulatório, denominado **hemolinfa**, é bombeado pelo coração por meio de vasos até atingir cavidades localizadas entre os órgãos. Nessas cavidades, chamadas **lacunas** ou **hemocèles**, acontecem as trocas entre a hemolinfa e as células do corpo. O relaxamento do coração contribui para o retorno da hemolinfa e os movimentos corporais auxiliam sua circulação. A pressão e a velocidade da circulação do fluido na circulação aberta são baixas, limitando o fornecimento de O_2 e de nutrientes aos tecidos corporais. Isso explica, em parte, o menor porte e a menor taxa metabólica de animais com sistema circulatório aberto, quando em comparação com animais de sistema circulatório fechado.

No **sistema circulatório fechado**, o fluido, denominado **sangue**, está confinado ao interior dos vasos. Um ou mais corações impulsionam o sangue por meio de grandes vasos, que se ramificam em vasos de menor calibre e se infiltram nos órgãos, permitindo as trocas com os tecidos.

Os vasos mais finos se reúnem em vasos maiores que conduzem o sangue de volta ao coração. Na circulação fechada, a pressão e a velocidade da circulação são maiores em comparação à circulação aberta. Isso resulta em maior aporte de O_2 e nutrientes às células do animal. Assim, espera-se que o porte e a taxa metabólica do organismo sejam maiores quando o animal apresentar circulação fechada. Em certos moluscos, o fluido circulatório pode apresentar proteínas chamadas de **pigmentos respiratórios**. Essas substâncias aumentam a quantidade de O_2 transportada na circulação. Um exemplo é a hemocianina, pigmento azulado associado a átomos de cobre encontrado nos cefalópodes.



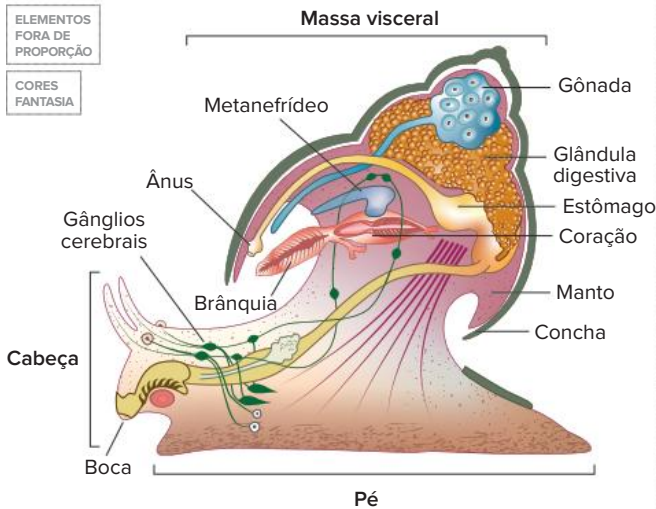
Representação esquemática comparativa da circulação aberta (A) e da circulação fechada. (B)

As estruturas respiratórias variam de acordo com o hábitat do animal. Nos moluscos terrestres, a cavidade do manto é bastante vascularizada, úmida e permeável, permitindo as trocas gasosas com a atmosfera e funcionando como um **pulmão rudimentar**. Entre os moluscos terrestres, há também situações nas quais se observa **respiração cutânea**, como em algumas lesmas. No meio aquático, existem moluscos que têm respiração pulmonar, a exemplo dos caramujos planorbídeos, hospedeiros intermediários do verme causador da esquistossomose, e outros que apresentam **brânquias** na cavidade do manto. As brânquias são projeções vascularizadas especializadas em realizar as trocas gasosas com a água.

As estruturas especializadas na excreção são os **metanefrídios** ou, simplesmente, nefrídios. Essas estruturas recolhem os resíduos metabólicos, sobretudo resíduos nitrogenados, diretamente do celoma. Nos moluscos adultos, o celoma está restrito a uma cavidade reduzida ao redor do coração chamada cavidade pericárdica. Os resíduos recolhidos pelos metanefrídios são eliminados por um poro excretor, geralmente localizado na cavidade do manto.

O sistema nervoso dos moluscos é constituído por **gânglios cerebrais** localizados na região anterior, que se conectam, por meio de cordões nervosos, a outros gânglios localizados em outras regiões do organismo, como o

pé e a massa visceral. Nos moluscos, o sistema nervoso é especialmente desenvolvido nos polvos e lulas.



Representação em corte da organização corporal de um molusco usando um caramujo aquático como modelo. Nos moluscos terrestres, a cavidade do manto funciona como um pulmão rudimentar.

Classificação e reprodução

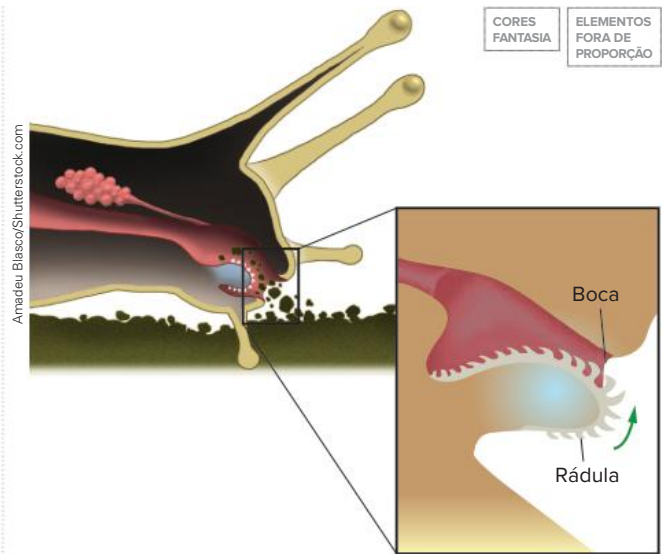
As classes mais diversas do filo dos moluscos são Gastropoda (gastropodes), Bivalvia (bivalves) e Cephalopoda (cefalópodes). Entre os representantes de classes menos diversas estão os escafópodes e os polioplacóforos. Os escafópodes possuem uma concha com uma abertura em cada extremidade, enquanto os polioplacóforos (quítons) têm corpo ovalado e concha com oito placas dorsais. A seguir, trataremos dos representantes das principais classes e das suas formas de reprodução.

Gastropodes

As lesmas, os caracóis e os caramujos são os representantes dessa classe. Podem apresentar uma **concha única** (univalves) espiralada, a exemplo dos caracóis e dos caramujos, ou não apresentar concha, como é o caso das lesmas terrestres. Os gastropodes apresentam diversos hábitos alimentares, podendo ser carnívoros (predadores), herbívoros, onívoros ou detritívoros. Na boca desses moluscos existe uma estrutura raspadora conhecida como **rádula**.



Lesma terrestre, molusco gastropode desprovido de concha.



Representação da rádula em detalhes. A rádula é formada de dezenas de denticulos constituídos por quitina.

Em geral, os gastrópodes são monoicos (hermafroditas) e realizam fecundação cruzada e interna. A troca de gametas ocorre por meio do poro genital. Os gastrópodes terrestres exibem desenvolvimento direto, enquanto os marinhos exibem majoritariamente desenvolvimento indireto, com formação da larva trocófora.

Estabelecendo relações

Na década de 1980, o caramujo-africano (*Achatina fulica*) foi trazido ao Brasil para fins culinários. A ideia era criar uma alternativa mais barata ao *escargot*, molusco muito utilizado na culinária francesa, porém de alto custo. A adaptação gastronômica não foi bem recebida e indivíduos de caramujo-africano foram abandonados no ambiente. Nesse contexto, um problema ambiental começou a se instalar. Esse caramujo não possui predadores naturais no Brasil e, devido às condições ambientais favoráveis, se reproduz rapidamente. Atualmente, o *Achatina fulica* é considerado uma espécie invasora, causando sérios problemas em lavouras e competindo por recursos com espécies nativas de caramujos. Esse molusco também está ligado à transmissão de doenças, como um tipo de meningite.

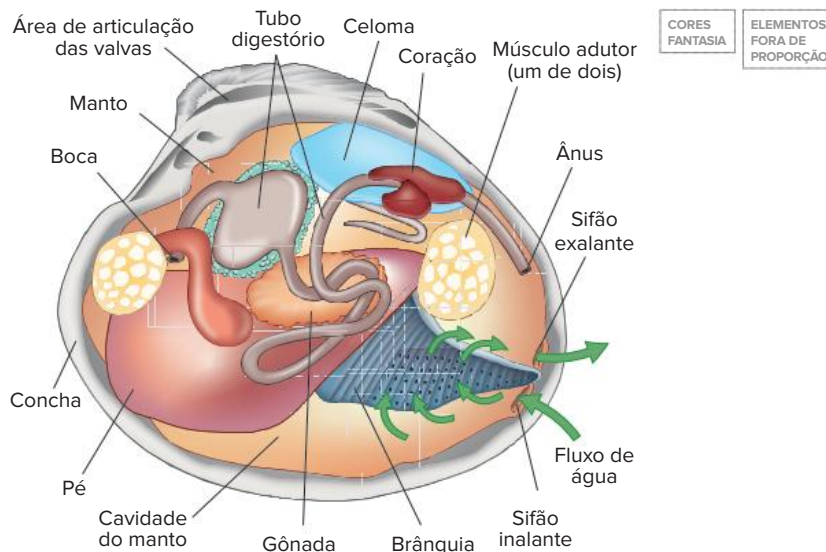


Caramujo-africano (*Achatina fulica*, mede cerca de 15 cm de comprimento).

Outro caso de espécie invasora envolve o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), molusco bivalve nativo da China. Essa espécie foi introduzida principalmente após ser transportada pela água de lastro de navios cargueiros. No Brasil, o mexilhão-dourado tem sido registrado em diversas localidades, causando impactos econômicos e à biota nativa nos locais de sua introdução.

Bivalves

Os bivalves, antigamente chamados de pelecípodes, são representados por ostras, mexilhões, mariscos e vieiras. A concha desses moluscos é composta por **duas peças (valvas) articuladas** que podem abrir e fechar. São exclusivamente aquáticos, normalmente sedentários, dotados de pé e massa visceral, mas a cabeça é reduzida ou ausente e a boca não possui rádula. Os bivalves são animais **filtradores**, e se alimentam principalmente de microalgas do fitoplâncton. A cavidade do manto dos bivalves apresenta **brânquias** que atuam nas **trocãs gasosas** e na **retenção de partículas alimentares** que, posteriormente, são encaminhadas à boca. A água entra na cavidade do manto pelo **sifão inalante** (sifão de entrada), passa sobre as brânquias, que retêm o alimento em suspensão, e sai da cavidade pelo **sifão exalante** (sifão de saída), levando fezes, excretas e, eventualmente, gametas.



Representação da anatomia interna de um bivalve. Os músculos adutores promovem o fechamento das valvas, em oposição à área de articulação, que promove sua abertura.

Em geral, os bivalves são **dioicos** e lançam seus gametas na água. A fecundação pode ocorrer na água ou na cavidade do manto da fêmea. Exibem **desenvolvimento indireto**, no qual há a formação de uma larva ciliada, chamada de **trocófora**, que nada ativamente, e pode se desenvolver em outra forma larval, chamada de **véliger**, na qual há formação do pé e da concha.

Saiba mais

Bivalves importantes aos seres humanos

Os moluscos bivalves têm grande importância alimentar para os seres humanos, pois muitas espécies são usadas cotidianamente na alimentação de muitas populações.

Diversas espécies, especificamente de bivalves, têm também importância comercial, ligada ao fato de existirem espécies dessa classe capazes de produzir **pérolas**. Essa produção é decorrente de um mecanismo de defesa do animal: quando uma partícula estranha, como um grão de areia, se instala entre a concha e o manto do bivalve, o animal mobiliza seu manto e envolve a partícula invasora com camadas de nácar (substância brilhante usada na produção da concha), resultando na formação das pérolas.



Ostra com pérolas. Note que há algumas pérolas expostas e outras ainda encobertas pelo manto.

Cefalópodes

Cefalópodes são moluscos **aquáticos**, exclusivamente marinhos, **predadores** e bastante ativos, podendo ou não apresentar concha. As **lulas** têm concha reduzida e interna, enquanto os **náutilos** possuem concha externa. Já os **polvos** são cefalópodes desprovidos de concha. O pé dos cefalópodes parte da cabeça e é modificado em tentáculos com ventosas, que atuam na locomoção e na captura de presas. Mesmo nos representantes sem concha, a massa visceral dos cefalópodes é coberta pelo manto.

A locomoção ativa e rápida dos cefalópodes envolve um mecanismo propulsor, por meio do qual a água que entra na cavidade do manto é expulsa fortemente pelo sifão exalante. Esse mecanismo ajuda o molusco a caçar suas presas e a escapar de predadores.



Muitas espécies de lulas, como a *Sepioteuthis* sp. da fotografia, não atingem 1 metro de comprimento. Entretanto, a lula-gigante (*Architeuthis dux*) é uma espécie cujas fêmeas podem atingir até 13 metros de comprimento.



Náutilo (*Nautilus pompilius*, mede cerca de 20 cm de comprimento), único exemplo de cefalópode com concha externa.



Polvo (*Octopus vulgaris*, mede cerca de 40 cm de comprimento).

No final do intestino, podem apresentar uma **glândula de tinta** que libera um líquido escuro na água quando o cefalópode se sente ameaçado, despistando um possível predador. A boca é dotada de **rádula** e **bico córneo**. O bico é usado para morder as presas e a rádula atua na raspagem da carne. Os cefalópodes têm órgãos sensoriais e cérebro desenvolvidos, conferindo a eles capacidade

de aprendizagem e grande complexidade comportamental. Quanto à reprodução, são animais **dioicos**; o macho deposita seus espermatozoides na cavidade do manto da fêmea, onde a fecundação normalmente ocorre. Não são observados estágios larvais; dessa forma, exibem **desenvolvimento direto**.

Anelídeos

O filo Annelida (do latim *annelus*, anel) contém representantes vermiformes, cujo corpo cilíndrico é formado por anéis unidos ao longo do eixo ântero-posterior do animal. Cada anel representa um segmento ou metâmero, por isso os anelídeos são chamados de animais **metamerizados** ou **segmentados**. Uma das principais vantagens da metameria é a segmentação da musculatura, que permite ao animal realizar uma grande variedade de movimentos. A metameria também é observada nos artrópodes e nos cordados, animais que serão analisados adiante. Os estudos evidenciam que a metameria surgiu independentemente, por convergência adaptativa, nas linhagens ancestrais dos filos que atualmente exibem a segmentação corporal. Assim, essa característica não reflete o parentesco evolutivo entre esses grupos.

Os anelídeos são majoritariamente animais de vida livre que habitam o meio aquático, tanto marinho quanto dulcícola, e terrestre úmido. Também há representantes parasitas. Assim como os moluscos, são animais **triblásticos**, **celomados**, **protostômios** e exibem **simetria bilateral**. Esses animais apresentam os sistemas digestório, nervoso, excretor e circulatório, além de especializações ligadas às trocas gasosas.

Morfologia e fisiologia

Para analisarmos a morfofisiologia dos anelídeos, tomaremos como modelo uma minhoca, representante mais conhecido do filo.

O tubo digestório dos anelídeos é completo e a digestão é extracelular. O sistema digestório apresenta regiões diferenciadas, como faringe, esôfago, papo, moela e intestino com **tiflossole**. O papo é a diferenciação responsável pelo armazenamento temporário e amolecimento do alimento, a moela é uma região musculosa importante à trituração do alimento e o tiflossole corresponde a uma dobra da parede intestinal que aumenta a superfície de absorção dos nutrientes.

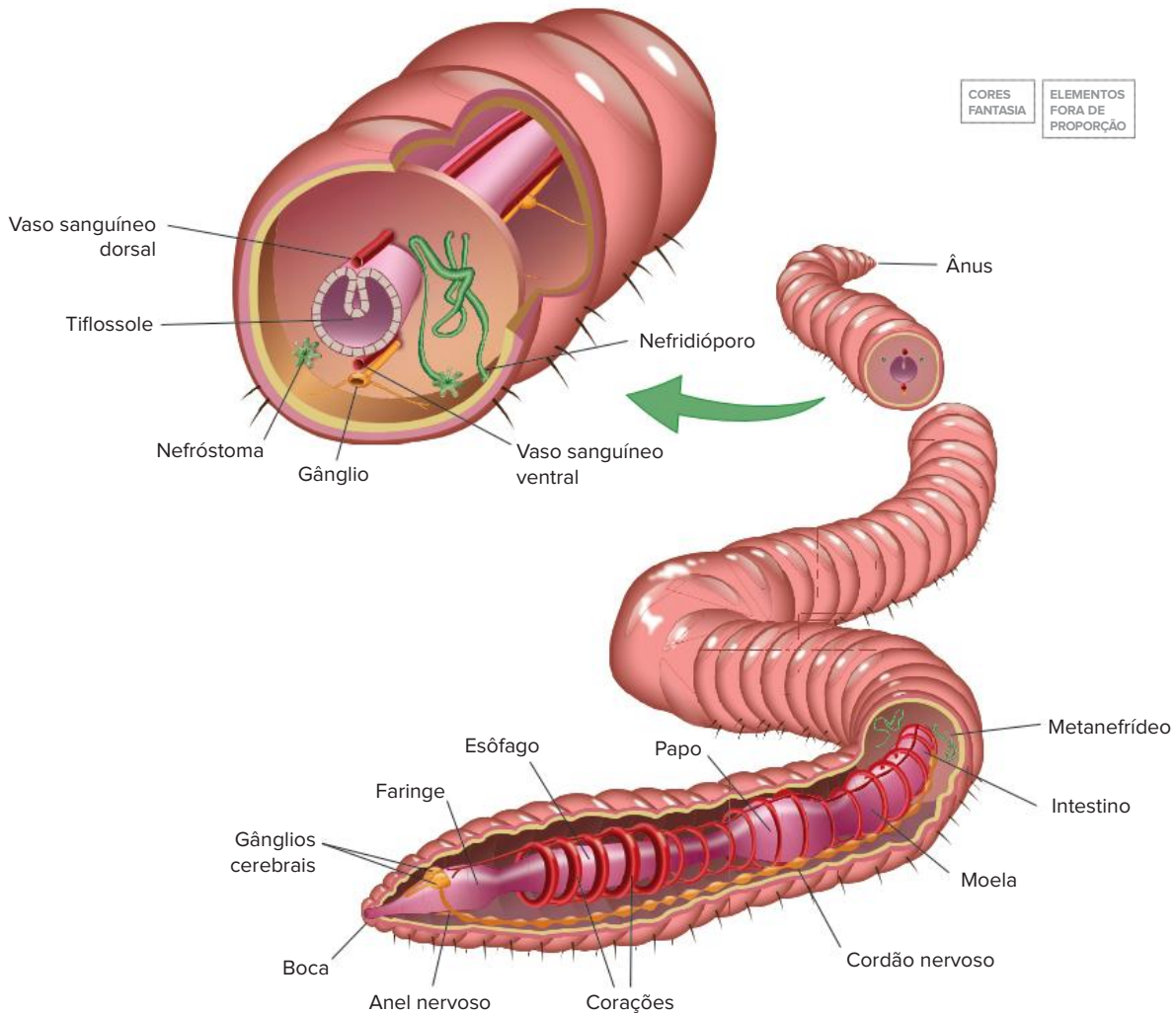
O **sistema circulatório** é **fechado** e dotado de dois vasos sanguíneos principais, um dorsal e um ventral, ligados pelos corações. Esses vasos se ramificam em vasos menores que originam os capilares, vasos mais finos que permitem trocas de materiais entre células e sangue. No sangue dos anelídeos pode ser encontrado o pigmento respiratório **hemoglobina**.

As trocas gasosas das minhocas, assim como as das sanguessugas (anelídeos que serão apresentados mais adiante), são feitas por **respiração cutânea**. O revestimento corporal dos anelídeos exhibe características que facilitam e potencializam as trocas gasosas pela pele. A epiderme secreta uma cutícula muito fina e permeável, permitindo o

trânsito de O_2 e CO_2 através dela. Além disso, o revestimento corporal dos anelídeos é ricamente vascularizado e úmido. Existem células especializadas na epiderme que produzem um muco que contribui para a manutenção dessa umidade. Em anelídeos do grupo dos poliquetos, a respiração pode ocorrer por meio de brânquias.

A excreção ocorre por meio dos **metanefrídeos** (nefrídeos). Nos anelídeos, é encontrado um par de metanefrídeos por segmento corporal. Essas estruturas possuem uma abertura ciliada, chamada **nefróstoma**, voltada para o celoma do animal. O batimento dos cílios recolhe o líquido celomático com excretas para um tubo envolto por uma rede de capilares. Ao longo dos metanefrídeos, substâncias são reabsorvidas de volta para o sangue. Os resíduos metabólicos são eliminados por meio de um orifício, chamado **nefridiópore**, que desemboca na superfície corporal.

Nos anelídeos é observado um **sistema nervoso ganglionar ventral**, dotado de gânglios cerebrais e de um anel nervoso que circunda o tubo digestório na região anterior do corpo. Dessa região, partem cordões nervosos ventrais, com um par de gânglios por segmento. Dos gânglios, partem nervos que se conectam a outras estruturas do organismo, a exemplo dos músculos.



Representação da anatomia interna de uma minhoca, mostrando órgãos dos sistemas nervoso, circulatório, digestório e excretor.

Classificação e reprodução

Tradicionalmente, o filo dos anelídeos é dividido em três classes: Oligochaeta (oligoquetos), Hirudinea ou Achaeta (aquetos ou hirudíneos) e Polychaeta (poliquetos). O principal critério utilizado nessa classificação é a presença e a quantidade de **cerdas quitinosas** na superfície do corpo do animal. Essas cerdas, quando presentes, podem ser empregadas, por exemplo, na locomoção e no acasalamento.

Oligoquetos

A **minhoca** é um representante dessa classe. Trata-se um anelídeo de vida livre que habita o meio terrestre úmido. Esses animais apresentam poucas cerdas em seu corpo, característica da qual deriva o nome do grupo (do grego *oligos*, pouco; *chaité*, pelo longo; cerda). Outro exemplo de oligoqueto é o minhocuçu, animal que pode atingir até 3 metros de comprimento.

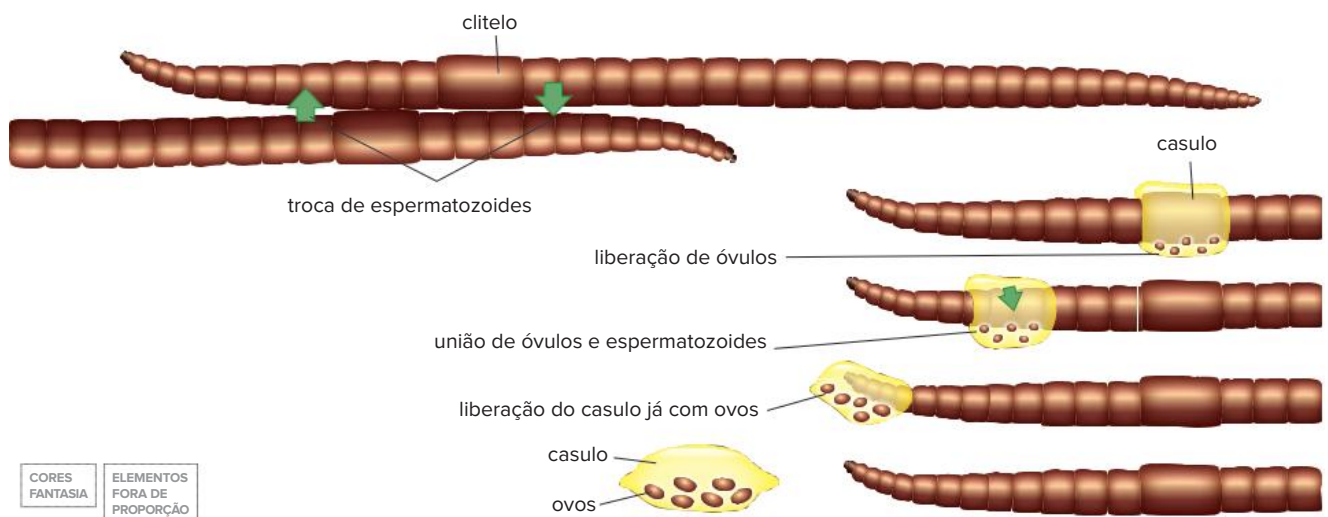


gallatin/Shutterstock.com

Minhoca (*Eisenia fetida*, mede cerca de 5 cm de comprimento), um anelídeo oligoqueto.

As minhocas são importantes à **aeração** e à **fertilização do solo**. Esses animais são detritívoros, isto é, se alimentam de matéria orgânica presente no solo. Essa atividade resulta na abertura de túneis no solo, facilitando a entrada e a circulação de ar e a infiltração de água. Assim, os solos nos quais são encontradas minhocas têm maior disponibilidade de oxigênio e água para o desenvolvimento de plantas. O material não digerido e/ou não absorvido pelo sistema digestório das minhocas é eliminado por meio do ânus. As fezes das minhocas, ricas em nutrientes, adubam o solo e constituem parte do **húmus**, matéria rica em sais minerais importantes para as plantas.

Quanto à reprodução, as minhocas são animais **monoicos** que praticam **fecundação cruzada e externa**. Na época reprodutiva, as minhocas encontram um parceiro sexual, emparelham o corpo e trocam espermatozoides. Próximo à região anterior do corpo, é encontrada uma estrutura glandular chamada **clitelo**. Posteriormente localizado em relação ao clitelo está o **poro genital masculino**, orifício pelo qual são liberados os espermatozoides, enquanto na porção ventral do clitelo estão os **poros genitais femininos**. Aberturas denominadas **receptáculos seminais**, cuja função é receber espermatozoides de outra minhoca durante o acasalamento, estão localizadas à frente do clitelo. A atividade glandular do clitelo produz o **casulo**, envoltório mucoso que recebe os óvulos. O casulo desliza em direção à extremidade anterior do corpo da minhoca e, ao passar pelos receptáculos seminais, recebe os espermatozoides fornecidos pela outra minhoca. Nele ocorre a fecundação e a formação dos ovos. O casulo com ovos é liberado e de cada ovo eclode uma pequena minhoca, caracterizando o **desenvolvimento direto**.



Representação esquemática da reprodução praticada pelas minhocas.

Hirudíneos ou Aquetos

As **sanguessugas** são os representantes mais conhecidos dessa classe. Encontrados principalmente na água doce, esses anelídeos não apresentam cerdas sobre seu corpo (do grego *a*, ausência; *chaité*, pelo longo; cerda). As sanguessugas são ectoparasitas e se alimentam do sangue de vertebrados, incluindo seres humanos. Apresentam uma ventosa oral e uma ventosa anal, estruturas que atuam na locomoção do animal e na fixação em hospedeiros. Além da ventosa, a boca

desses animais apresenta lâminas que cortam a pele de seus hospedeiros. Contudo, o hospedeiro geralmente não sente dor, porque a saliva das sanguessugas contém um poderoso anestésico, além de um anticoagulante, a hirudina, que permite ao animal se alimentar de grandes volumes de sangue – às vezes, mais de dez vezes seu peso corporal.

Até meados do século XIX, as sanguessugas eram utilizadas em uma prática médica chamada sangria, aplicada, por exemplo, em pacientes hipertensos. Orbitava ao redor dessa prática a crença de que as doenças seriam removidas do organismo por meio da retirada do sangue. Atualmente, esses animais são usados no tratamento de hematomas e inchaços pós-cirúrgicos, e é possível produzir hirudina utilizando-se a técnica do DNA recombinante, com a finalidade de usar o composto em pacientes nos quais se deseja evitar ou controlar a coagulação sanguínea.

Martin Pelanek/Shutterstock.com



Sanguessuga (*Hirudo medicinalis*, mede cerca de 10 cm de comprimento).

Quanto à reprodução, as sanguessugas são **monoicas**, praticam **fecundação cruzada** e **externa** e apresentam **desenvolvimento direto**.

! Atenção

As minhocas e as sanguessugas possuem clitelo, e são anelídeos pertencentes a um grupo mais abrangente denominado Clitellata (clitelados).

Poliquetos

Os poliquetos são anelídeos majoritariamente aquáticos, sobretudo marinhos, e correspondem à classe mais diversa dos anelídeos. Esses animais são dotados de muitas cerdas (do grego *polys*, muitos; *chaité*, pelo longo; cerda) associadas a expansões laterais que partem de cada segmento corporal, os **parapódios**. Os parapódios podem auxiliar a locomoção dos poliquetos e, devido à grande quantidade de vasos sanguíneos, atuar como superfície de trocas gasosas (respiração branquial). A região da cabeça é diferenciada e dotada de estruturas sensoriais, como olhos, tentáculos, palpos etc. Há poliquetos, como os popularmente conhecidos como vermes-de-fogo, que se deslocam no ambiente, chamados de **errantes**, e existem também os poliquetos sésseis, denominados **tubícolas**, que vivem em tubos construídos por eles mesmos.



Allixandar/Shutterstock.com

Verme-de-fogo (*Hermodice carunculata*, mede cerca de 30 cm de comprimento), um poliqueto errante.



Vajce/Shutterstock.com

Branchiomma luctuosum (mede até 10 cm de comprimento), um poliqueto tubícola.

No que tange aos aspectos reprodutivos, a maioria dos poliquetos é **dioica**, com **fecundação externa** e **desenvolvimento indireto** devido à presença de larva trocófora.

A presença da larva trocófora é uma das características que marcam o próximo parentesco evolutivo entre moluscos e anelídeos.

Artrópodes

O filo Arthropoda é o maior do reino Animalia em número de espécies. Atualmente, mais de um milhão de espécies de artrópodes já foram descritas, equivalendo a aproximadamente 80% do total de animais conhecidos. Representantes deste filo podem ser encontrados em praticamente todos os habitats do planeta.

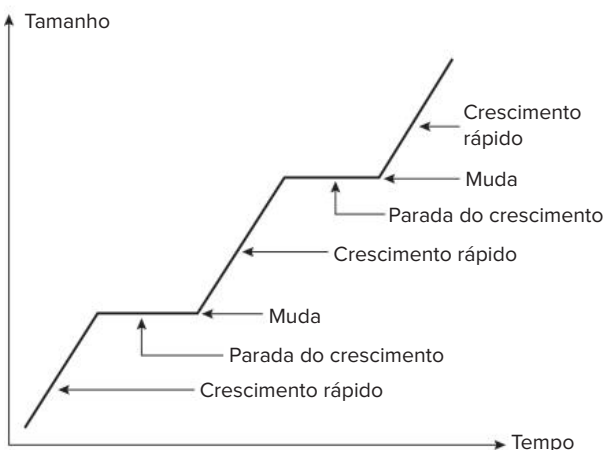
São animais **triblásticos**, **celomados**, **protostômios** e apresentam **simetria bilateral**. Possuem sistema digestório completo com digestão extracelular, sistema nervoso ganglionar ventral – com constituição geral semelhante ao sistema nervoso dos anelídeos –, sistema circulatório aberto e estruturas especializadas na excreção e na respiração.

O corpo dos artrópodes é **metamerizado**. Ao longo do desenvolvimento, ocorre fusão de metâmeros, resultando na formação de **tagmas**, como a cabeça de um inseto.

Além disso, os artrópodes apresentam **apêndices articulados** (do grego *arthron*, articulação; *podos*, patas, pernas, pés) como pernas locomotoras, antenas e peças bucais. Outra característica marcante dos artrópodes é a presença de um **exoesqueleto** formado principalmente pelo polissacarídeo nitrogenado **quitina**. A presença do exoesqueleto confere **proteção** ao animal, tanto mecânica quanto contra a desidratação, e fornece **apoio aos músculos**. A presença de apêndices articulados associados a músculos apoiados em pontos flexíveis do exoesqueleto permite aos artrópodes realizar uma grande variedade de movimentos. Em algumas espécies, sobretudo de crustáceos, o exoesqueleto pode ser reforçado com carbonato de cálcio, aumentando sua resistência. Existem casos nos quais o exoesqueleto é recoberto por cera, característica que aumenta a proteção contra a desidratação. Assim, o exoesqueleto rígido fornece aos artrópodes grande vantagem evolutiva na ocupação de diversos habitats.

Por ser rígido e envolver todo o corpo dos artrópodes, o exoesqueleto impede o crescimento do animal. Dessa forma, o crescimento de um artrópode depende de trocas do exoesqueleto pequeno por um novo e maior. Esse processo de trocas periódicas do exoesqueleto é chamado de **muda** ou **ecdise**, e sua ocorrência é controlada, principalmente, pelo hormônio ecdisona. Na ecdise, o artrópode secreta o novo exoesqueleto, ainda fino e flexível, que permite o seu crescimento; o esqueleto antigo é rompido e o artrópode o abandona. Em um intervalo de tempo relativamente curto, o animal cresce e o novo exoesqueleto finaliza sua maturação. A ecdise é um fenômeno de alto custo energético e, enquanto o novo esqueleto não está completamente formado, o artrópode fica vulnerável a predadores e outros perigos, como a desidratação. Em decorrência das mudas, o crescimento dos artrópodes é descontínuo, pois são observados períodos de crescimento rápido alternados com períodos nos quais não ocorre crescimento.

Vale lembrar que, devido à realização das ecdises, atualmente os artrópodes fazem parte do grupo Ecdysozoa (ecdisozoários). Os nematódeos também realizam ecdises, fazendo parte, portanto, desse mesmo grupo. O compartilhamento dessa característica entre artrópodes e nematódeos faz com que, evolutivamente, os artrópodes sejam considerados mais próximos dos nematódeos que dos anelídeos.



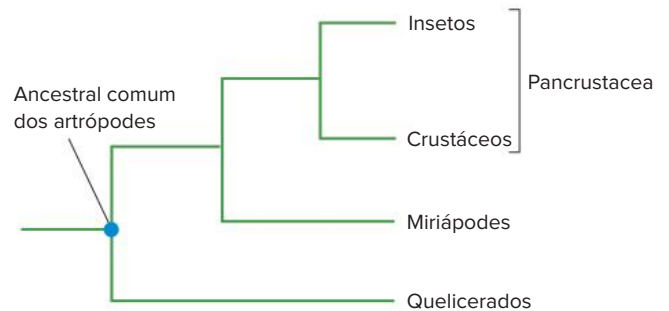
Curva de crescimento dos artrópodes, mostrando que o crescimento é descontínuo e ocorre apenas após as mudas.



Cigarra realizando a ecdise. O exoesqueleto que foi abandonado é chamado de exúvia.

Classificação

As evidências obtidas por meio de estudos sobre a morfologia e aspectos moleculares indicam que os artrópodes atuais são formados por três linhagens principais: Pancrustacea (pancrustáceos, grupo recentemente definido, muito diversificado, que inclui os insetos e os crustáceos); Chelicerata (quelicerados, inclui aranhas, escorpiões, ácaros e carrapatos) e Miriapoda (miriápodes, inclui quilópodes e diplópodes).



Filogenia dos artrópodes existentes atualmente. O registro fóssil sugere que os artrópodes surgiram entre 535 e 525 milhões de anos atrás.

Crustáceos

Os crustáceos são os representantes do subfilo Crustacea e são encontrados principalmente no meio aquático, sobretudo no ambiente marinho. São alguns exemplos os crustáceos chamados de **decápodes**, como camarões, lagostas, siris e caranguejos, e as cracas, crustáceos sésseis. Entre as espécies terrestres, destaca-se o tatuzinho-de-jardim. Há ainda crustáceos microscópicos que fazem parte do zooplâncton, como os copépodes, e também algumas espécies parasitas.



Cracas são crustáceos sésseis e filtradores que se alimentam de partículas retiradas da água. Cada indivíduo mede cerca de 1 cm de comprimento.



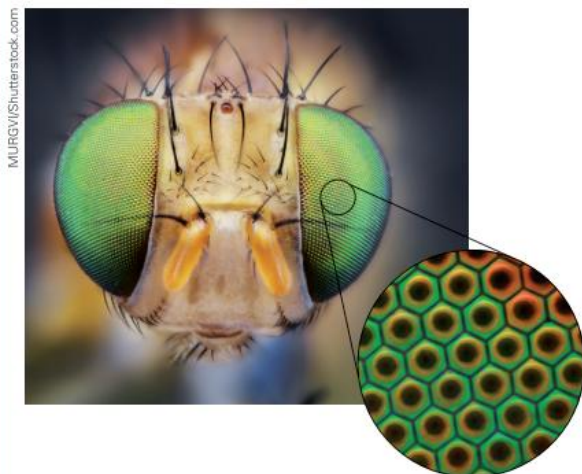
Tatuzinho-de-jardim (mede cerca de 1 cm de comprimento), crustáceo encontrado no ambiente terrestre úmido.

O corpo de um crustáceo é dividido em dois tagmas: **cefalotórax** (resultante da fusão de segmentos da cabeça e do tórax) e **abdome** (com segmentação bastante evidente). Na porção anterior do cefalotórax são encontrados apêndices bucais articulados complexos, como mandíbulas e maxilas, ligados à manipulação e à mastigação do alimento. Além dos apêndices bucais, nessa mesma região do cefalotórax há **dois pares de antenas** com função sensorial e um par de olhos compostos. Devido à presença de quatro antenas, os crustáceos são chamados de tetráceros.

Saiba mais

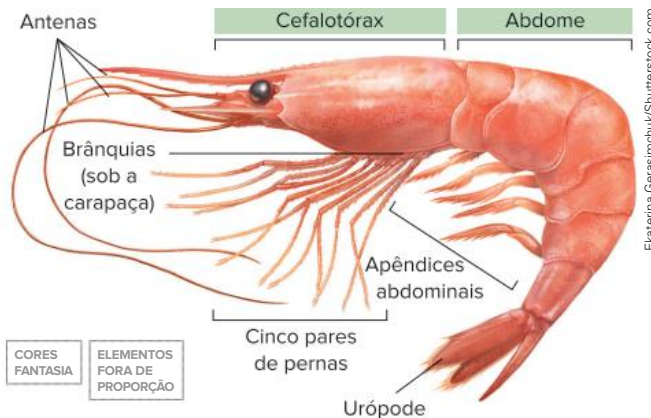
Olhos compostos

Os olhos compostos, encontrados nos crustáceos e nos insetos, são formados por unidades fotossensíveis, os **omatídeos**. Cada omatídeo contém a sua própria lente e detecta a luz proveniente de uma pequena parte do campo visual. Assim, olhos compostos são muito eficientes na percepção de movimentos e proporcionam um amplo campo de visão.



Olhos compostos de um inseto, com destaque para os omatídeos.

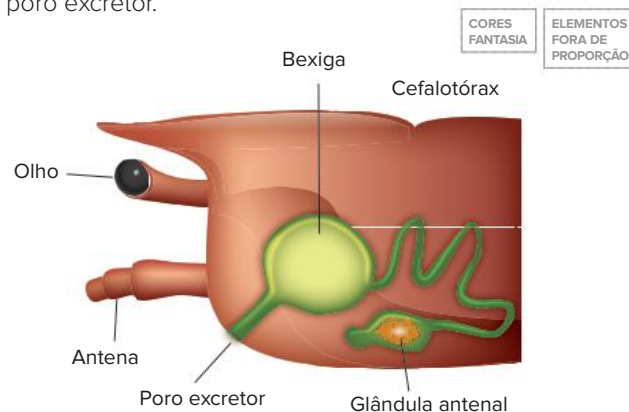
Ainda no cefalotórax, tomando como referência um decápode, são encontrados **cinco pares de pernas locomotoras**. Nos crustáceos, também são encontrados apêndices abdominais, que contribuem para a natação do animal. O último par de apêndices é chamado de urópode, e tem forma de leme.



Representação da morfologia externa de um camarão.

Como vimos, todos os artrópodes têm sistema circulatório aberto, pelo qual flui a hemolinfa. Nos crustáceos, a hemolinfa pode apresentar o pigmento respiratório **hemocianina**, que aumenta a capacidade de transporte de O_2 . As trocas gasosas ocorrem por meio de **brânquias** localizadas na base das pernas.

A excreção de resíduos nitrogenados, sobretudo amônia, ocorre principalmente por meio das **glândulas verdes**, também chamadas de **glândulas antenais**, localizadas na base das antenas. Essas glândulas removem os resíduos metabólicos da hemolinfa e sua eliminação é feita por um poro excretor.



Representação esquemática do sistema excretor nos crustáceos, formado principalmente pela glândula antenal.

Quanto à reprodução, a maioria dos crustáceos é **dioica**, mas, nas cracas, existem casos de hermafroditismo. Nos decápodes, o macho transfere espermatozoides à fêmea, que libera seus gametas na superfície corporal, onde ocorre a fecundação, caracterizando a **fecundação externa**. Contudo, há também crustáceos que praticam fecundação interna. Em certas espécies, pode ocorrer **desenvolvimento direto**, porém é mais comum a existência de estágios larvais, caracterizando o **desenvolvimento indireto**. Em certos crustáceos, bem como em representantes de outros grupos de artrópodes, ocorre partenogênese. Nesse fenômeno, óvulos não fecundados originam animais adultos.

Insetos

Os insetos formam a maior classe do filo dos artrópodes, a classe Insecta. Com aproximadamente 1 milhão de espécies conhecidas, são animais encontrados em

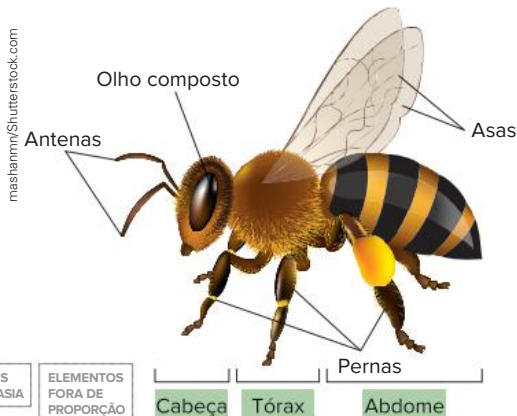
praticamente todos os habitats terrestres. Também podem ser encontrados associados à água doce e, mais raramente, ao ambiente marinho. Muitos insetos têm capacidade de voo, característica que possibilita a exploração de diferentes habitats, favorecendo a obtenção de alimento, o encontro de parceiros sexuais e a ocupação de nichos. Besouros, abelhas, borboletas, gafanhotos, baratas, libélulas, formigas e cupins são alguns dos muitos exemplos de representantes da classe dos insetos.



Libélulas são um dos exemplos de insetos que vivem associados à água doce, onde depositam seus ovos.

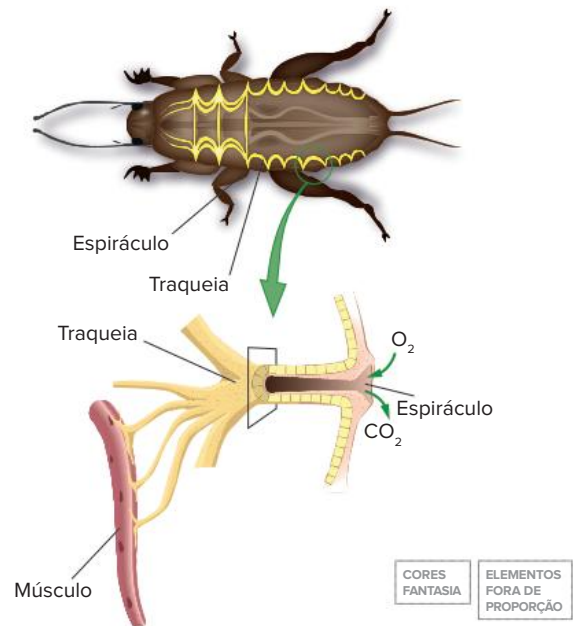
O corpo de um inseto apresenta três tagmas: **cabeça, tórax e abdome**. Na cabeça há **um par de antenas** (por apresentarem duas antenas, são animais díceros) com função sensorial, um par de olhos compostos e ocelos. Na região da boca estão os **apêndices bucais**, muito diversificados e adaptados ao tipo de alimento consumido pelo animal. As peças bucais podem incluir mandíbulas, aplicadas na mastigação, como as encontradas nos gafanhotos e nas baratas. Em outros insetos existem peças bucais adaptadas em lambar (como em moscas), perfurar (como em mosquitos) e sugar (como em borboletas).

Associados ao tórax, estão os **três pares de pernas locomotoras**, totalizando seis pernas. Essa característica permite chamarmos os insetos de animais hexápodes. Emergindo da porção dorsal do tórax, podem ser encontradas as **asas**. Em geral, os insetos apresentam dois pares de asas, embora haja representantes com apenas um par e outros que não apresentam essas estruturas.



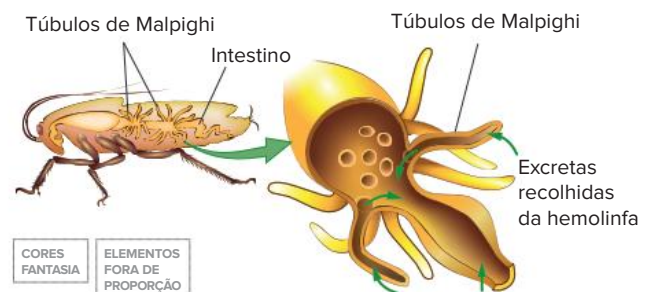
Representação da morfologia externa de um inseto, utilizando a abelha como modelo.

Nas regiões torácica e, principalmente, abdominal são encontrados os **espiráculos**, aberturas do sistema respiratório, chamado de **sistema respiratório traqueal**, que permitem a entrada de ar. Nesse sistema, o ar percorre tubos ramificados revestidos por quitina que se infiltram no corpo, levando O_2 diretamente às células e promovendo rápida oxigenação dos tecidos. O CO_2 resultante da respiração celular faz o caminho contrário, ou seja, é conduzido dos tecidos diretamente para o meio externo. Por conta da respiração traqueal, não há participação do sistema circulatório no transporte de O_2 e CO_2 , e a oxigenação promovida por esse sistema permite aos insetos manter a atividade metabólica elevada e realizar movimentos rápidos, mesmo sendo dotados de sistema circulatório aberto.



Representação de detalhes do sistema respiratório traqueal dos insetos.

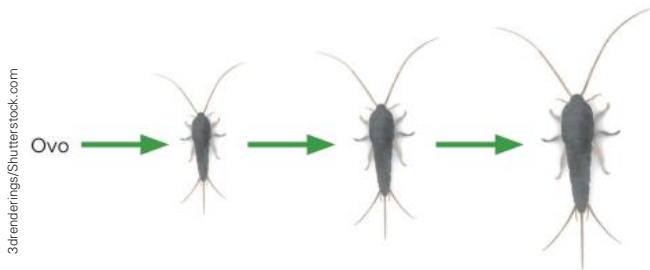
A excreção é realizada por projeções ligadas ao tubo digestório chamadas **túbulos de Malpighi**. Esses túbulos removem os resíduos metabólicos da hemolinfa, lançando-os no intestino do inseto. Dessa forma, os resíduos são eliminados junto com as fezes. O principal resíduo metabólico nitrogenado eliminado pelos insetos é o ácido úrico. Esse composto tem baixa toxicidade e baixa solubilidade em água. Consequentemente, sua eliminação promove grande economia de água, caracterizando essa forma de excreção como uma importante adaptação ao meio terrestre.



Representação da estrutura dos túbulos de Malpighi dos insetos.

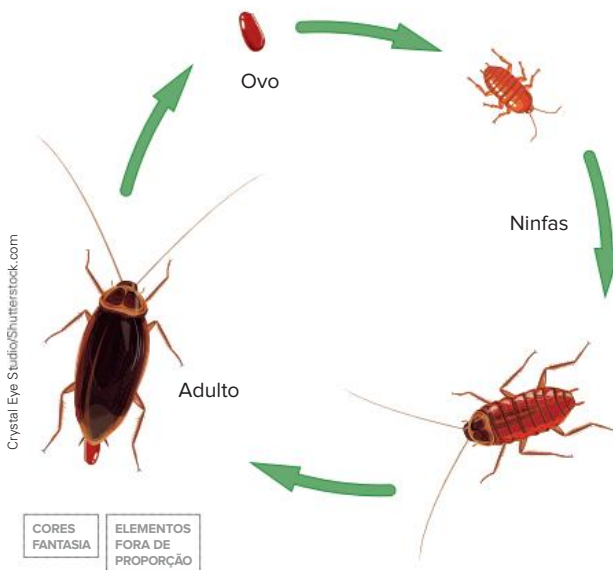
Acerca da reprodução, os insetos são animais **dioicos** e realizam **fecundação interna**. Existem espécies nas quais é observada partenogênese, como nas abelhas. Neste caso, óvulos não fecundados da abelha-rainha originam machos haploides. Quanto ao desenvolvimento, os insetos podem ser organizados em três tipos.

Os insetos **ametábolos** são aqueles nos quais não ocorre metamorfose. Nesse caso, o desenvolvimento é direto, pois do ovo eclode uma forma jovem muito semelhante ao adulto. Um exemplo de inseto ametábolo é a traça-do-livro.



Representação do desenvolvimento ametábolo da traça-do-livro.

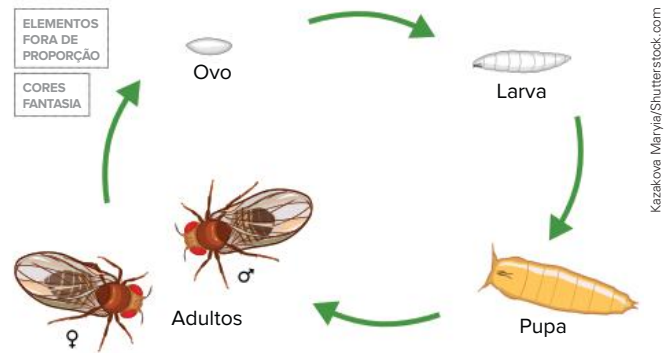
Nos insetos **hemimetábolos** ocorre desenvolvimento indireto com metamorfose incompleta. Nesse caso, a eclosão do ovo libera uma forma jovem, chamada **ninfa**, que, apesar de ter algumas semelhanças com o adulto, não possui asas desenvolvidas e é sexualmente imatura. Com o desenvolvimento, ocorre a maturação sexual e o desenvolvimento das asas, originando o animal adulto. Gafanhotos, baratas, grilos e percevejos são exemplos de insetos hemimetábolos.



Representação do desenvolvimento hemimetábolo de uma barata.

Por fim, nos insetos **holometábolos** acontece desenvolvimento indireto com metamorfose completa. Nesse tipo de desenvolvimento, a eclosão do ovo libera uma **larva** que, após se alimentar bastante, atinge o estágio de **pupa**, ou **crisálida**. Nesse estágio, profundas modificações ocorrem, resultando na formação do adulto, ou imago, sexualmente maduro. É comum o nicho ecológico ocupado pela larva ser diferente daquele ocupado pelo adulto, resultando em

diminuição da competição intraespecífica por recursos do meio. São exemplos de insetos holometábolos as borboletas, os besouros, as moscas, os mosquitos, as pulgas e as abelhas, entre outros.



Representação do desenvolvimento holometábolo de uma mosca.

Aracnídeos

Os aracnídeos pertencem à classe Arachnida, inserida no subfilo Chelicerata (quelicerados), grupo que compreende artrópodes dotados de **quelíceras**. As quelíceras são apêndices ligados à alimentação. Os aracnídeos são animais terrestres que incluem, principalmente, aranhas, escorpiões, ácaros e carrapatos. Aranhas e escorpiões são aracnídeos peçonhentos e predadores, e há também espécies parasitas, como os carrapatos. Um importante exemplo é o carrapato-estrela, parasita de animais vertebrados que transmite a febre maculosa, grave infecção bacteriana, ao ser humano.



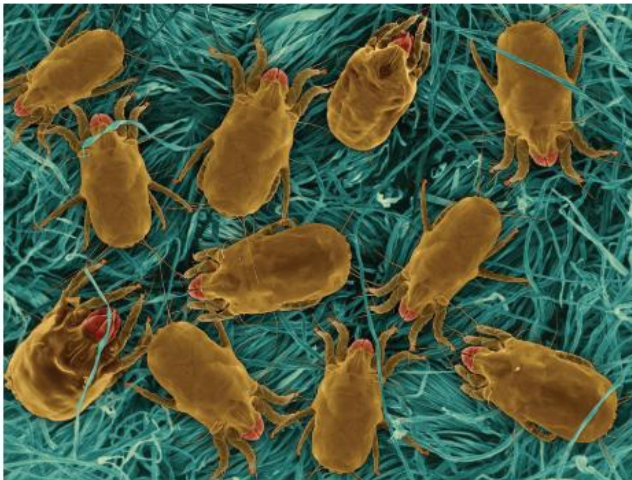
Aranha do gênero *Nephila* (mede cerca de 7 cm de comprimento).



Escorpião *Parabuthus granulatus*, uma espécie africana (mede cerca de 7 cm de comprimento).



Carrapato na ponta do dedo de uma pessoa (mede cerca de 1 mm, mas pode chegar a 1 cm de comprimento após sugar sangue de seu hospedeiro).



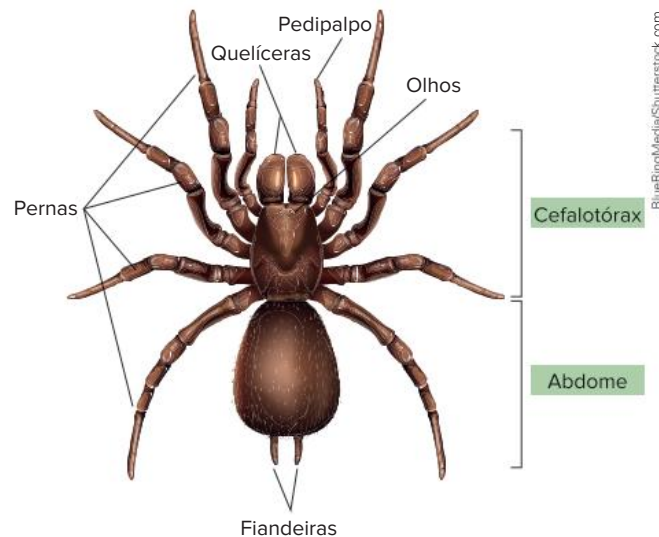
Ácaros da poeira (em amarelo; medem cerca de 0,3 mm de comprimento), vistos ao microscópio eletrônico de varredura (colorido artificialmente). Esses aracnídeos microscópicos estão relacionados a diversos casos de alergia.

O corpo de um aracnídeo típico é dividido em **cefalotórax**, neste caso também chamado de **prossoma**, e **abdome**, também denominado **opistossoma**. São **desprovidos de antenas**, por isso, são chamados de **áceros**, e a maioria possui olhos simples. Partindo do cefalotórax, são encontrados **quatro pares de pernas locomotoras, um par de pedipalpos e um par de quelíceras**.

Os pedipalpos são estruturas sensoriais que atuam na manipulação do alimento, na defesa e na reprodução. Nas aranhas, o macho utiliza os pedipalpos para transferir gametas à fêmea.

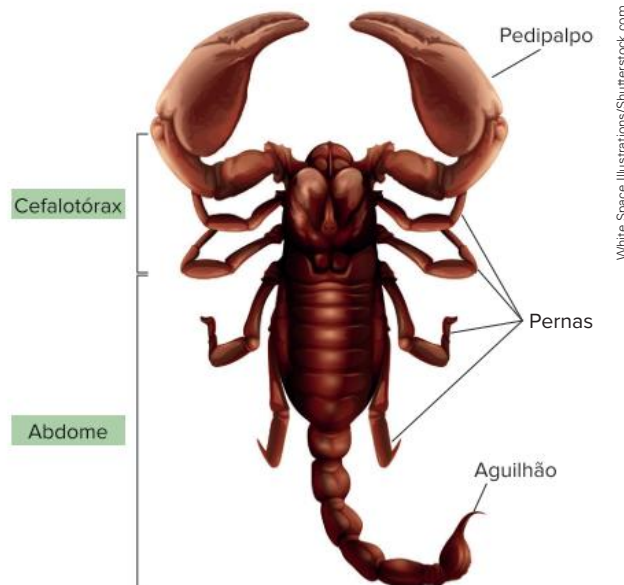
As quelíceras das aranhas possuem glândulas de veneno usadas no ataque às presas. O veneno inoculado na presa contém enzimas digestivas que iniciam a digestão do alimento ainda fora do corpo da aranha, caracterizando a **digestão extracorpórea**. Dessa forma, a aranha ingere o alimento parcialmente digerido e a finalização da digestão ocorre no interior do tubo digestório. Em outros aracnídeos, as quelíceras não estão ligadas à inoculação de veneno. Nos escorpiões, por exemplo, elas atuam na mastigação.

A porção posterior do abdome das aranhas pode apresentar **fiandeiras**, apêndices associados a glândulas sericígenas. Em contato com o ar, a secreção proteica produzida por essas glândulas forma fios elásticos e resistentes, empregados na construção de teias. As aranhas utilizam as teias na captura de presas, na proteção dos ovos, na fuga de predadores, entre outras funções.



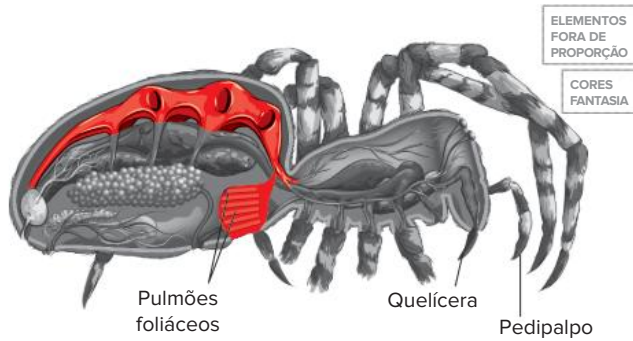
Representação da morfologia externa de uma aranha.

O abdome dos escorpiões é dividido em abdome anterior (pré-abdome) e abdome posterior (pós-abdome), popularmente chamado de cauda. Na extremidade do pós-abdome é encontrado o aguilhão, estrutura responsável pela inoculação de veneno, associado ao télson (encontrado na extremidade do último segmento abdominal).



Representação da morfologia externa de um escorpião. Nesses aracnídeos, os pedipalpos têm forma de pinça e são utilizados na defesa e na captura de alimento.

Existem aracnídeos que apresentam respiração traqueal, similar à dos insetos. Contudo, na maioria das aranhas, a respiração é realizada por **pulmões foliáceos**, caracterizando a **respiração filotraqueal**. Os pulmões foliáceos são encontrados em uma câmara interna localizada na porção anterior do abdome. Com ampla superfície, os pulmões foliáceos permitem que haja intensas trocas gasosas entre ar e hemolinfa. Portanto, na respiração filotraqueal o sistema circulatório participa do transporte de O_2 e CO_2 . Nos aracnídeos, pode ser encontrado o pigmento respiratório **hemocianina**, aumentando o potencial de transporte de O_2 aos tecidos.



Representação do sistema respiratório filotraqueal em aranhas, com pulmões foliáceos.

Com relação à excreção, os aracnídeos podem apresentar túbulos de Malpighi e **glândulas coxais**. Essas glândulas recolhem resíduos metabólicos da hemolinfa e os eliminam por meio de poros situados na base das pernas.

Sobre a reprodução, os aracnídeos são **dioicos**, em certos casos com dimorfismo sexual, praticando **fecundação interna** e exibindo **desenvolvimento direto**. Existem casos nos quais é observada reprodução por partenogênese, como é o caso do escorpião-amarelo (*Tityus serrulatus*), espécie envolvida em muitos acidentes nos quais pessoas são picadas.

Quilópodes

A classe Chilopoda (quilópodes), pertencente ao grupo Myriapoda (miriápodes), é representada pelas **lacrarias**, ou **centopeias**. São artrópodes terrestres e predadores carnívoros que se alimentam de minhocas, insetos e pequenos roedores.

O corpo dos quilópodes é dividido em **cabeça** e **tronco segmentado**. Apresenta **um par de antenas** e **um par de forcípulas**, apêndices inoculadores de veneno associados ao primeiro segmento do tronco. Cada segmento do tronco apresenta **um par de pernas locomotoras**.



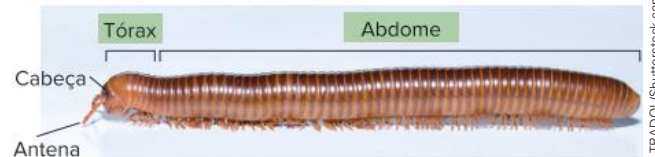
Morfologia externa de uma lacraia do gênero *Scolopendra* (mede cerca de 8 cm de comprimento).

Os quilópodes têm **respiração traqueal** e a excreção é feita por **túbulos de Malpighi**. São animais **dioicos** que realizam **fecundação interna** e apresentam **desenvolvimento direto**.

Diplópodes

A classe Diplopoda (diplópodes), também pertencente ao grupo Myriapoda (miriápodes), tem como representante mais conhecido o **piolho-de-cobra**. São animais terrestres que se alimentam de plantas e animais mortos. Não são peçonhentos como as lacraias, mas, quando ameaçados, enrolam-se em espiral e podem liberar uma substância de odor forte, protegendo-se e afugentando possíveis predadores.

O corpo dos diplópodes é dividido em **cabeça** (com um par de antenas), **tórax** (com **um par de pernas por segmento**) e **abdome** (com **dois pares de pernas por segmento**). Cada segmento do abdome é o resultado da união de dois segmentos, originando um **diplosegmento**.



Morfologia externa de um piolho-de-cobra (mede cerca de 8 cm de comprimento).

A respiração ocorre por meio de um sistema respiratório **traqueal** e a excreção é realizada por **túbulos de Malpighi**. Assim como os quilópodes, os diplópodes são **dioicos** que praticam **fecundação interna** e apresentam **desenvolvimento direto**.

Equinodermos

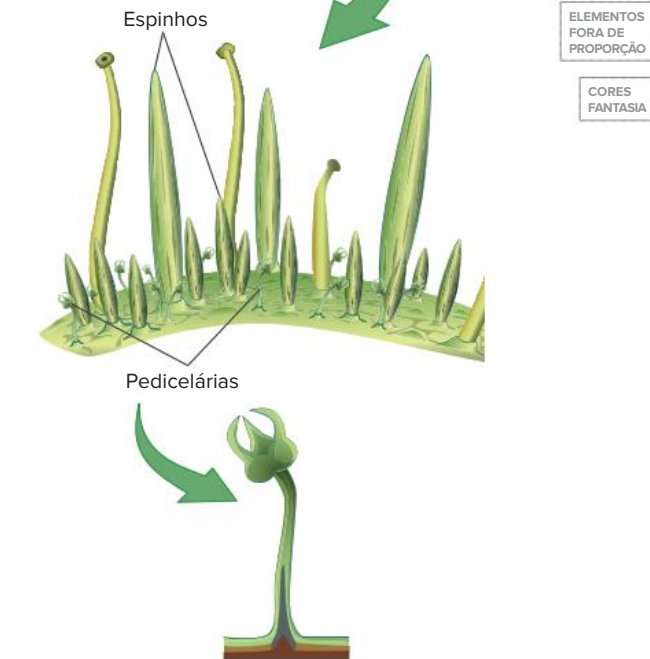
O filo Echinodermata (do grego *echinos*, espinhos, e *derma*, pele), cujo representante mais conhecido é a estrela-do-mar, abrange animais de **vida livre** e **exclusivamente marinhos**. São **triblásticos**, **celomados** e **deuterostômios**, ou seja, ao longo do desenvolvimento embrionário, o blastóporo origina o ânus, diferentemente dos protostômios, animais nos quais o blastóporo forma a boca. Quanto à simetria, há um aspecto importante – enquanto a larva desses animais apresenta **simetria bilateral (simetria primária)**, os adultos exibem a simetria radial, mais precisamente **simetria pentarradial (simetria secundária)**. Nesse tipo de simetria, cinco planos de corte, ou múltiplos de cinco, que passam pelo centro do corpo do animal, o dividem em partes similares.

Apresentam sistema digestório completo e um sistema nervoso relativamente simples. Não há sistema circulatório.

Morfologia e fisiologia

Como o nome do filo indica, os equinodermos são dotados de **espinhos** na superfície corporal, recobertos por uma fina epiderme. Apresentam **endoesqueleto calcário** de origem mesodérmica, responsável pela proteção das estruturas internas e pela manutenção da forma do corpo. A região onde está a boca é chamada de **face oral** e, em geral, está voltada para baixo (ou para o substrato), enquanto a região onde é encontrado o ânus, normalmente voltada para cima, é chamada de **face aboral**.

Na superfície corporal de algumas estrelas-do-mar e ouriços-do-mar, entre os espinhos existem estruturas móveis, com extremidade em forma de pinça, conhecidas como **pedicelárias**, cuja função é a remoção de detritos.



Visão externa de um ouriço-do-mar, com detalhamento da superfície corporal, enfatizando os espinhos e as pedicelárias.

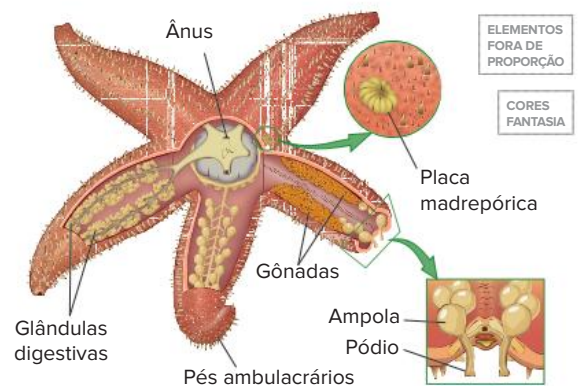
O tubo digestório pode apresentar especializações, a exemplo da **lanterna de Aristóteles**, encontrada na boca do ouriço-do-mar. Essa estrutura é formada de cinco dentes, com os quais o animal raspa e tritura o alimento.



Detalhe da estrutura da lanterna de Aristóteles em um ouriço-do-mar.

Nas estrelas-do-mar ocorre eversão do estômago. Dessa forma, o animal lança enzimas digestivas sobre o alimento, e a digestão tem início fora do corpo, caracterizando a **digestão extracorpórea**. O alimento é ingerido parcialmente digerido e a finalização da digestão ocorre no tubo digestório após o recolhimento do estômago.

O transporte de substâncias ocorre por meio do líquido celomático e com o auxílio de um sistema, exclusivo dos equinodermos, chamado **sistema ambulacrário**, conhecido também como sistema ambulacral ou vascular aquífero (hidrovascular). O sistema ambulacrário é uma rede de canais pelos quais circula água do mar. A água adentra o sistema por meio da **placa madreporica**, localizada na face aboral, próxima ao ânus. Existem canais nesse sistema que estão associados aos **pés ambulacrários**. Um pé ambulacrário consiste em uma ampola e um pódio (porção do pé). A compressão da ampola força a água para o interior do pódio, que se expande e toca o substrato. Para se desprender do substrato, os músculos do pódio se contraem, forçando o retorno da água para a ampola e resultando no encurtamento do pódio. Esse mecanismo é o responsável pela locomoção da maioria dos equinodermos. Além de atuar na distribuição de substâncias e na locomoção, o sistema ambulacrário também contribui às trocas gasosas, à excreção e auxilia na obtenção de alimento.



Representação da anatomia interna de uma estrela-do-mar com detalhes de estruturas do sistema ambulacrário.



Pés ambulacrários de uma estrela-do-mar. Note que alguns deles estão aderidos ao substrato, enquanto outros se encontram retraídos.

As trocas gasosas ocorrem principalmente por meio de pequenas **brânquias**, também denominadas pápulas, localizadas na superfície corporal do animal. No ouriço-do-mar, as brânquias estão dispostas nos arredores da boca. Por meio das pápulas também é feita a eliminação de resíduos metabólicos nitrogenados, principalmente a amônia. Tanto as trocas gasosas quanto a excreção ocorrem por difusão.

O **sistema nervoso**, pouco desenvolvido, é constituído por um anel nervoso localizado ao redor do tubo digestório. Desse anel nervoso, partem os nervos radiais em direção a outras regiões do organismo.

Quanto à reprodução, nos equinodermos podem ser observados mecanismos assexuados e sexuados. Uma forma de

reprodução assexuada conhecida nesses animais é a **regeneração**. Por exemplo, as estrelas-do-mar podem regenerar completamente um braço perdido. Da mesma forma, a partir de um braço isolado, é possível gerar um animal completo.



Estrela-do-mar em processo de regeneração, no qual um animal completo é regenerado a partir de um único braço.

No que tange à reprodução sexuada, em geral, os equinodermos são **dioicos** que realizam **fecundação externa** e exibem **desenvolvimento indireto**, com existência de um ou mais estágios larvais. Vale lembrar que as larvas dos equinodermos têm simetria bilateral, enquanto o adulto apresenta simetria pentarradial. Essa característica é uma evidência de que os equinodermos se originaram de ancestrais com simetria bilateral.

Classificação

Os representantes do filo dos equinodermos estão distribuídos em cinco classes: Asterozoidea, Echinozoidea, Holothurozoidea, Crinozoidea e Ophiurozoidea.

A classe Asterozoidea é aquela à qual pertencem as **estrelas-do-mar**. Esses equinodermos têm cinco braços que irradiam da região central do corpo. Na superfície inferior dos braços estão os pés ambulacrais, importantes no deslocamento e na captura de presas, como ostras e mariscos.



Estrela-do-mar (*Oreaster reticulatus*, mede cerca de 30 cm de diâmetro) sobre um recife de corais.

Na classe Echinozoidea são encontrados os **ouriços-do-mar** e as **bolachas-da-praia**, equinodermos desprovidos de braços. São dotados de cinco fileiras de pés ambulacrais e, nos ouriços-do-mar, os espinhos podem se movimentar, auxiliando na locomoção, além de serem importantes à proteção. O corpo de um ouriço-do-mar tem aspecto esférico, enquanto a bolacha-da-praia é um disco achatado.



Ouriço-do-mar (*Lytechinus variegatus*, mede cerca de 9 cm de diâmetro), um representante da classe Echinozoidea.



Bolacha-da-praia (mede cerca de 8 cm de comprimento). Em algumas praias do Brasil, é comum encontrarmos apenas o endosqueleto calcário desses animais enterrado na areia.

A classe Holothurozoidea tem os **pepinos-do-mar** como representantes. Diferentemente dos demais equinodermos, os pepinos-do-mar são desprovidos de espinhos e seu endosqueleto calcário é reduzido, formado por pequenas peças separadas. Possuem corpo alongado e cinco fileiras de pés ambulacrais. Ao redor da boca, alguns pés ambulacrais originam tentáculos usados na obtenção de alimento.



Pepino-do-mar (*Iostichopus badionotus*, mede cerca de 40 cm de comprimento). Os pepinos-do-mar têm uma estratégia de defesa curiosa: quando ameaçados, esses equinodermos podem evertir parte dos órgãos internos e, enquanto o predador se alimenta das partes evertidas, o pepino-do-mar foge. As estruturas perdidas se regeneram posteriormente.

Os **lírios-do-mar**, animais que vivem fixos ao substrato, são os representantes da classe Crinozoidea. Esses equinodermos usam seus braços para se alimentar de partículas suspensas na água. Nos lírios-do-mar, os braços podem estar presentes em grandes quantidades (sempre múltiplos de cinco), e a boca encontra-se voltada para cima.



Lírio-do-mar (mede cerca de 20 cm de diâmetro, com os braços) em um recife de corais.

Na classe Ophiuroidea são encontradas as **serpentes-do-mar**, também chamadas de estrelas-serpentes. São equinodermos dotados de braços longos e flexíveis, cuja movimentação se assemelha aos movimentos realizados por uma serpente.



Serpente-do-mar (*Ophiothrix suensoni*, mede cerca de 10 cm de diâmetro) sobre a superfície de uma esponja.

Cordados

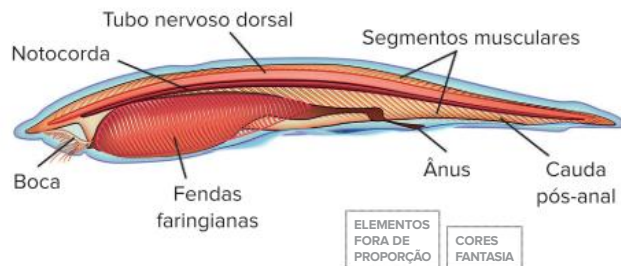
O filo Chordata inclui dois grupos de animais invertebrados, cefalocordados e urocordados (ou tunicados), e os animais vertebrados. Trata-se de um filo muito diversificado no que tange a habitats e nichos ocupados por seus representantes. Também há grande diversidade morfológica e fisiológica entre os cordados.

Os cordados são **triblásticos**, **celomados** e **deuterostômios**. Apresentam **simetria bilateral** e **segmentação corporal**. Possuem sistema digestório completo, com digestão extracelular, sistemas circulatório, respiratório, excretor e nervoso. Os cordados podem apresentar esqueleto interno e de origem mesodérmica.

! Atenção

A deuterostomia e a presença de endoesqueleto mesodérmico são características que aproximam evolutivamente os equinodermos e os cordados. Assim, os equinodermos estão evolutivamente mais próximos dos cordados do que de todos os animais estudados até agora.

Todos os cordados compartilham um conjunto de características derivadas encontradas apenas nos representantes desse filo. São elas: **notocorda**, **tubo nervoso dorsal (tubo neural)**, **fendas faringianas** e **cauda pós-anal**. É importante salientar que muitas espécies de cordados apresentam essas características somente durante o desenvolvimento embrionário.



Representação de um anfioxo. Nessa imagem, estão destacadas as características exclusivas dos cordados em relação aos demais animais.

Os cordados são assim chamados devido à presença de **notocorda**. Essa estrutura é uma haste flexível de origem mesodérmica que se estende longitudinalmente pelo corpo do animal, entre o tubo digestório e o cordão nervoso. A notocorda é observada na fase embrionária de todos os cordados e em alguns cordados invertebrados adultos, atuando como elemento de sustentação e conferindo apoio aos músculos.

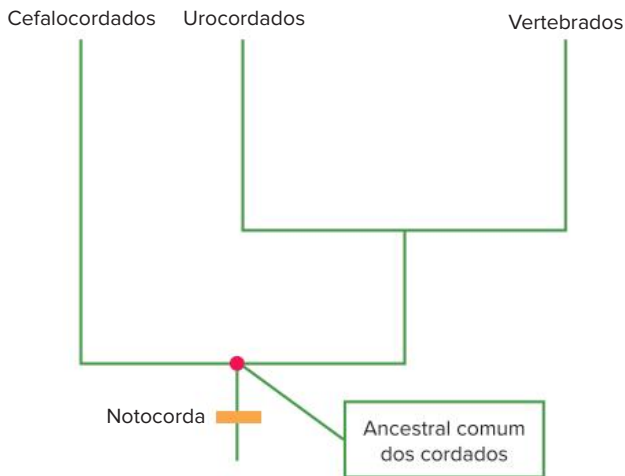
O **tubo nervoso dorsal** é um cordão nervoso oco encontrado na região dorsal do organismo, diferentemente dos cordões nervosos de outros animais, que são maciços e ocupam, geralmente, posição ventral no organismo. É a partir dessa estrutura que o sistema nervoso dos cordados se desenvolve.

No tubo digestório dos cordados, a região encontrada imediatamente após a boca é a faringe. Nessa região, são encontradas aberturas, as **fendas faringianas**. Nos cordados invertebrados, essas fendas atuam na alimentação, por meio da retenção de partículas em suspensão na água, e contribuem às trocas gasosas.

Localizada posteriormente em relação ao ânus encontra-se a **cauda pós-anal**. Em diversos vertebrados, essa cauda desaparece durante o período embrionário. Já em algumas espécies aquáticas nas quais ela não desaparece, essa cauda contribui para a natação.

Classificação

O filo dos cordados compreende três subfilos: Cephalochordata (cefalocordados); Urochordata (urocordados ou tunicados) e Vertebrata ou Craniata (vertebrados ou craniados). Os cefalocordados, representados pelo **anfioxo**, e os urocordados, representados pelas **ascídias**, formam o grupo dos protocordados, termo sem valor taxonômico usado na designação dos **cordados invertebrados**. Os vertebrados, ou craniados, são animais que possuem crânio e vértebras. Detalhes sobre os animais vertebrados serão analisados no próximo capítulo deste livro. Agora, trataremos com detalhes dos cordados invertebrados.



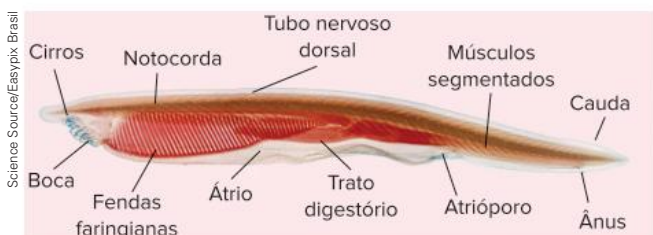
Filogenia dos cordados. Evidências moleculares sugerem que os urocordados são mais próximos evolutivamente dos vertebrados do que os cefalocordados.

Cefalocordados

Os anfioxos são animais marinhos que mantêm as características exclusivas dos cordados durante toda sua vida; por esse motivo, esse representante é usado como modelo para a apresentação dessas características. O corpo do anfioxo é achatado lateralmente, similar a uma lâmina. Na fase adulta, passa a maior parte do tempo com a porção posterior do corpo enterrada, expondo apenas a região anterior, onde se localiza a boca. Ao redor da boca, há pequenas projeções tentaculares denominadas **cirros bucais**. A ação dessas estruturas suga a água para a boca do anfioxo e partículas alimentares presentes na água ficam retidas nas fendas faringianas, sendo posteriormente encaminhadas para o intestino. Portanto, o anfioxo é um animal **filtrador**. A água que entra pela boca e passa pelas fendas faringianas chega até uma câmara chamada **átrio** que se abre para fora do corpo do animal em um orifício chamado **atrióporo**. As fendas faringianas também atuam nas trocas gasosas, mas apenas de forma secundária, uma vez que as trocas gasosas ocorrem principalmente por meio da superfície corporal.

O **sistema circulatório** não possui coração, mas apresenta vasos contráteis que impulsionam o sangue. A **excreção** é feita por pares de nefrídios dispostos ao longo dos segmentos corporais. Os nefrídios recolhem excretas do líquido celomático e as eliminam junto com o excesso de água pelo **atrióporo**.

Com relação à reprodução, os cefalocordados são **dioicos**, com **fecundação externa** e exibem **desenvolvimento indireto**.



Anfioxo (mede cerca de 6 cm de comprimento) visto ao microscópio de luz (colorido artificialmente). Os anfioxos vivem com a porção posterior do corpo enterrada na areia. Os músculos segmentados produzem movimentos que permitem que o anfioxo nade curtas distâncias.

Urocordados ou tunicados

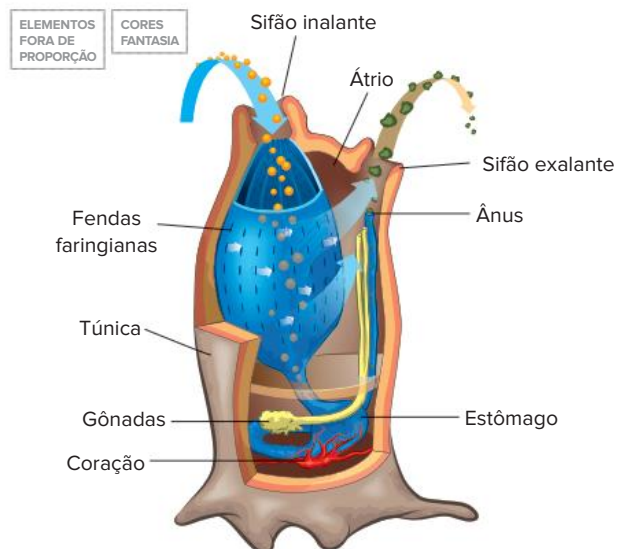
As ascídias são animais **marinhos**, normalmente **sésseis**. São chamadas de urocordados (do grego *uros*, cauda) porque, no estágio larval, a notocorda se estende ao longo cauda da larva, estando praticamente restrita a essa região. A designação “tunicados” refere-se à presença no animal adulto de um envoltório protetor, a **túnica**. No processo de metamorfose que resulta na formação do adulto, a cauda e a notocorda são reabsorvidas e o tubo neural dorsal modifica-se, originando um gânglio nervoso.

Os tunicados adultos são animais **filtradores**. Pelo sifão inalante, a ascídia suga a água do meio; a água passa pelas fendas faringianas, atinge o átrio e é expelida pelo sifão exalante. As partículas alimentares retidas na faringe seguem pelo tubo digestório. As fendas faringianas também são as responsáveis pelas trocas gasosas. A água que passa pelo corpo do animal recebe excretas por difusão, sendo eliminadas pelo sifão exalante. Além de resíduos metabólicos, a água expelida contém fezes e, eventualmente, gametas. O sistema circulatório inclui um coração.

A respeito da reprodução, os urocordados são animais monoicos (hermafroditas), com fecundação externa e desenvolvimento indireto.



Ascídias (*Rhopalaea fusca*, chega a 4 cm de comprimento).



Representação da anatomia interna de uma ascídia.

Revisando

1. Existem moluscos que possuem circulação aberta, enquanto outros apresentam circulação fechada. Compare esses dois tipos de circulação quanto ao funcionamento do sistema circulatório e quanto à capacidade de oxigenação dos tecidos.

2. Cite as três principais classes de moluscos, mencionando, ao menos, um de seus representantes.

3. Mencione as três classes de anelídeos, indicando, ao menos, um de seus representantes.

4. Explique como as minhocas contribuem para a fertilização e a aeração do solo.

5. Indique as importâncias do exoesqueleto para os artrópodes e explique como ocorre o crescimento desses animais.

6. Caracterize os crustáceos quanto ao número de antenas e à divisão corporal.

7. Compare insetos e aracnídeos com relação ao número de pernas, divisão corporal e número de antenas.

8. Explique as diferenças entre os três tipos de desenvolvimento observados nos insetos.

9. Indique as principais funções desempenhadas pelo sistema ambulacral.

10. Aponte as características exclusivas dos cordados em relação aos demais animais.

Exercícios propostos

1. **Udesc 2018** Moluscos são animais do Filo Mollusca, do latim molluscus, que significa 'mole'; portanto, molusco é um animal de corpo mole que pode ser recoberto por uma concha ou não, apresenta uma simetria bilateral e, em idade adulta, um corpo não segmentado.

Fonte: RUPPERT & BARNES, 2005.

Analise as proposições em relação aos moluscos, e assinale (V) para verdadeira e (F) para falsa.

- As lesmas são cefalópodes com o corpo constituído por manto, pé e cabeça com um par de tentáculos ópticos e um par de tentáculos sensoriais. São adaptadas ao ambiente terrestre e possuem respiração cutânea.
- As ostras do mangue são bivalves marinhos com respiração branquial e filtradores, que se alimentam principalmente de fitoplâncton.
- Os polvos são cefalópodes marinhos, sem presença de concha e apresentam respiração branquial.
- Os caramujos possuem concha em espiral, com voltas ou giros no mesmo plano, esses gastrópodes terrestres apresentam respiração pulmonar.
- Os mexilhões são gastrópodes sésseis que vivem fixos pelo bisso às rochas costeiras e têm o hábito alimentar herbívoro raspador de algas.

Assinale a alternativa correta, de cima para baixo.

- a) V – V – V – F – V
- b) F – V – V – V – V
- c) F – V – V – V – F
- d) V – F – F – F – V
- e) F – V – F – V – F

2. **Cefet-MG 2018** (...) Mas, sem saber, a odeia: deseja que ela suma, que um disco voador a rapte e que, por um encanto ou até, quem sabe, por obra de algum poderoso veneno, se dissolva, assim como ocorre com as lesmas, quando ele as cobre de sal.

Riter, Caio. *Eu e o silêncio de meu pai*. São Paulo, Biruta, 2011. p.14.

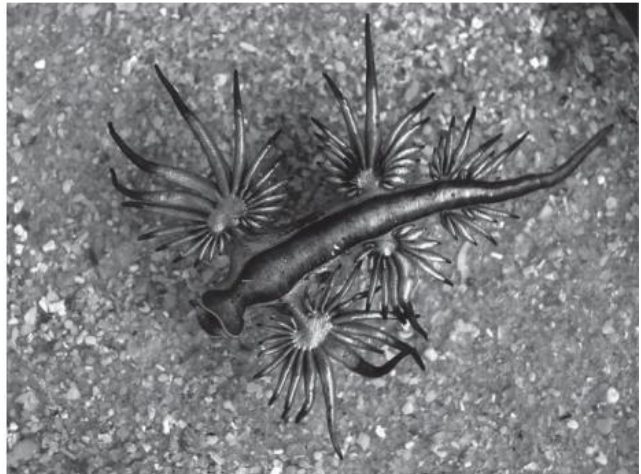
Essa substância depositada sobre as lesmas causa sua morte porque, em nível celular, provoca

- a) desnaturaçãõ das proteínas, impedindo suas funções.
- b) absorçãõ de água do citoplasma, desidratando o organismo.
- c) bloqueio da absorçãõ de oxigênio, intoxicando esses animais.
- d) acidificaçãõ do meio intracelular, dissolvendo esses moluscos.

3. **Uerj 2017** Esponjas e mexilhões podem ser considerados bioindicadores, uma vez que a análise de seus tecidos revela a concentraçãõ de poluentes na água. Isso ocorre porque, no meio aquático, esses animais são caracterizados, em sua maioria, como:

- a) filtradores
- b) raspadores
- c) predadores
- d) decompositores

4. **Unisinos-RS 2017**



Indivíduo de dragão-azul (*Glaucus* sp.)

Disponível em: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/cf/45/e4/cf45e469182d7b636fbfd77b35568a0c.jpg>. Acesso em 29 abr. 2017.

No último verão, o aparecimento do dragão-azul (*Glaucus* sp.) no litoral gaúcho impressionou, e até assustou, alguns veranistas. Embora o animal não produza toxinas, ele se alimenta de pequenos cnidários flutuantes (*Velella velella* e *Porpita porpita*) sem ser afetado por suas estruturas urticantes, que ficam armazenadas em seu corpo. Entretanto, o dragão-azul não oferece sérios riscos de acidentes com humanos. Este animal é um molusco pequeno, com dimensões de 3 a 4 cm de comprimento, pertencente ao grupo das lesmas-do-mar (nudibrânquios).

Sobre os moluscos, considere as proposições a seguir.

- I. Os moluscos possuem sistema excretor formado por metanefrídeos.
- II. O sistema respiratório dos moluscos pode ser pulmonar, cutâneo ou branquial.
- III. Os moluscos podem se reproduzir de forma sexuada ou assexuada.

Sobre as proposições acima, é correto afirmar que

- a) apenas I está correta.
- b) apenas II está correta.
- c) apenas I e II estão corretas.
- d) apenas I e III estão corretas.
- e) I, II e III estão corretas.

5. **Uece 2016** Nas areias das praias de todo o mundo, as conchas, estruturas de proteção típicas dos moluscos, são objetos de desejo de muitas pessoas fascinadas por sua beleza e diversidade. Sobre os moluscos, pode-se afirmar corretamente que

- a) suas conchas são produzidas por glândulas localizadas sob a pele, em uma região denominada umbo.
- b) todos os moluscos possuem uma estrutura chamada rádula, que é formada por vários dentes de quitina, os quais servem para raspar o substrato para obtenção de alimentos.

- c) dentre os moluscos, os cefalópodes possuem representantes com uma concha interna, como as lulas; representantes com uma concha externa, como os náutilos; e representantes sem concha, como o polvo.
- d) os bivalves, representados por espécies exclusivamente marinhas, são conhecidos por sua capacidade de produzir pérolas, como resposta à entrada de partículas estranhas no interior de suas valvas.

6. Mackenzie-SP A respeito dos moluscos, é correto afirmar que:

- a) são de simetria bilateral, celomados e não-segmentados.
- b) são encontrados, unicamente, no ambiente marinho.
- c) todos apresentam sistema circulatório aberto.
- d) a maioria é hermafrodita (monoicos).
- e) têm excreção por túbulos de Malpighi.

7. Uece Nos moluscos, o órgão constituído de uma membrana epidérmica, que possui glândulas responsáveis pela secreção da concha é o(a)

- a) rádula.
- b) papo.
- c) manto.
- d) pé.

8. UEG-GO Sobre as características de alguns grupos de invertebrados, é INCORRETO afirmar:

- a) Nos platelmintos, encontramos os vermes de corpo achatado e vida parasitária, muitos dos quais são responsáveis por várias doenças que acometem o ser humano.
- b) Nos moluscos, o tubo digestório é incompleto, podendo existir uma estrutura denominada rádula cuja função é a captura de presas.
- c) Nos equinodermos, a simetria observada é a radial, ou seja, existem vários planos de divisão do corpo em partes simétricas.
- d) Alguns representantes dos celenterados apresentam ciclo de vida com alternância de gerações, sucedendo-se reprodução assexuada e sexuada.

9. PUC-SP 2017



A "casa" que os animais representados na tirinha possuem é fabricada naturalmente

- a) pela rádula.
- b) pelo clitelo.
- c) pelo sifão.
- d) pelo manto.

10. Unicamp-SP 2015 O filo Mollusca é o segundo maior do reino animal em número de espécies. É correto afirmar que os moluscos da classe Gastropoda

- a) são exclusivamente marinhos.
- b) possuem conchas, mas não rádula.
- c) são exclusivamente terrestres.
- d) possuem pé desenvolvido e rádula.

11. Cefet-MG 2015 O mexilhão-dourado, originário da Ásia, chegou acidentalmente ao continente sul-americano trazido pela água de lastro dos navios. Por ter uma grande capacidade reprodutiva e dispersiva e pela ausência de predadores na fauna brasileira, causa desequilíbrios ambientais e prejuízos econômicos. Esse molusco é considerado uma espécie

- a) exótica. c) comensal.
- b) parasita. d) predadora.

12. FGV-SP 2015

O mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei*, é um bivalente originário da Ásia. A espécie chegou à América do Sul provavelmente de modo acidental na água de lastro de navios cargueiros.

Durante a fase larval, o bivalente é levado pela água até que termina por se alojar em superfícies sólidas, onde se fixa e crescer formando grandes colônias.

Podemos citar como prejuízos causados pelo mexilhão dourado: a destruição da vegetação aquática; a ocupação do espaço e a disputa por alimento com os moluscos nativos; o entupimento de canos e dutos de água para irrigação e geração de energia elétrica, dentre outros.

<http://www.ibama.gov.br>. (Adaptado)

Colônia de mexilhão dourado em tubulação



(www.ebanataw.com.br)

É correto afirmar que o mexilhão dourado

- a) é uma espécie pertencente ao filo dos moluscos, cuja classe é a mesma dos caramujos, lesmas, polvos e lulas.
- b) demonstra elevada capacidade de dispersão em função da reprodução assexuada de sua fase larval aquática.
- c) estabelece uma relação de inquilinismo e comensalismo com os moluscos nativos dos ecossistemas da América do Sul.

- d) ao destruir a vegetação nativa ocupa o primeiro nível trófico das cadeias e teias alimentares anteriormente equilibradas.
- e) representa elevado impacto ambiental, por ser uma espécie exótica capaz de ocupar novos nichos ecológicos.

13. UEPG-PR 2018 Os anelídeos são animais que pertencem à linhagem dos celomados com metameria. A segmentação do corpo é a característica que deu nome ao filo Annelida. Sobre esse grupo, assinale o que for correto.

- 01** Os anelídeos têm sistema digestório com boca e ânus e sistema excretor formado por metanefrídios. O sistema circulatório é do tipo fechado e a respiração pode ser cutânea ou ocorrer por meio de projeções especiais do corpo que formam brânquias modificadas.
- 02** As minhocas e as sanguessugas são exemplos de representantes do grupo. Apresentam clitelo, uma estrutura relacionada com a reprodução sexuada presente nestes animais.
- 04** Todos os representantes do grupo são hermafroditas, apresentam fecundação externa e desenvolvimento embrionário indireto, com fase larval dependente de ambiente aquático.
- 08** Os representantes do grupo apresentam sistema nervoso bem desenvolvido, com gânglios concentrados apenas na região cefálica do corpo, onde podemos encontrar também um par de olhos bem desenvolvidos.

Soma:

14. Uefs-BA 2018 A sustentação do corpo é fundamental para que um animal possa interagir no seu hábitat e atuar em seu nicho ecológico. A minhoca é um organismo integrante do grupo dos anelídeos e apresenta sustentação corporal por intermédio de um esqueleto

- a) calcário.
- b) quitinoso.
- c) ósseo.
- d) hidrostático.
- e) cartilaginoso.

15. Imed-RS 2015 A alternativa que contempla a principal novidade evolutiva dos anelídeos em relação aos moluscos, platelmintos, nematelmintos e cnidários é:

- a) Metameria.
- b) Brânquias.
- c) Gânglios nervosos.
- d) Rádula.
- e) Celoma.

16. UEL-PR É comum, quando pessoas entram em lagoas do Pantanal, anelídeos sanguessugas se fixarem na pele para se alimentarem. Para isso, utilizam uma ventosa oral que possui pequenos dentes afiados que raspam a pele, provocando hemorragia. Com relação às sanguessugas, considere as afirmativas a seguir.

- I. Contêm um par de nefrídio individualizado para cada segmento corporal.
- II. São celomados com inúmeros segmentos iguais separados internamente por septos transversais membranosos.
- III. Da mesma forma que as minhocas, as sanguessugas apresentam cerdas para a locomoção.
- IV. Assim como nas minhocas, os órgãos são irrigados por uma rede contínua de capilares que se estende sob a epiderme.

Assinale a alternativa correta.

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

17. Udesc Assinale a alternativa **incorreta** quanto ao reino animal.

- a) Os animais, em sua maioria, são celomados.
- b) Os platelmintos são organismos acelomados.
- c) Os anelídeos são organismos pseudocelomados.
- d) Os nematódeos são organismos pseudocelomados.
- e) Animais diblásticos possuem apenas dois folhetos embrionários: ectoderma e endoderma.

18. Uece Em uma aula de campo na Serra de Baturité, um estudante de biologia coletou um animal de aspecto vermiforme. Porém, ao chegar ao laboratório para realizar a identificação do material, o aluno ficou em dúvida se o mesmo era representante do Filo Annelida ou Nematoda. Para decidir entre as duas opções o estudante deverá observar a presença de

- a) simetria bilateral.
- b) segmentação corporal.
- c) sistema digestivo completo.
- d) sistema nervoso presente.

19. UFPel-RS As minhocas pertencem à Classe Oligochaeta e são representadas pelas espécies *Pheretyma hawayana* (minhoca brasileira), *Lumbricus terrestris* (minhoca europeia) e *Eisenia phoetida* (minhoca vermelha da Califórnia). Todas as espécies participam ativamente na produção de húmus, o que contribui para o aumento da fertilidade do solo. Além disso, cavam inúmeras galerias subterrâneas que são responsáveis pela drenagem e aeração do solo.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que as minhocas são organismos

- a) monoicos, isto é, cada indivíduo apresenta apenas um órgão sexual; triploblásticos, isto é, possuem os três folhetos embrionários; protostômios, isto é, a cavidade anal é originada do blastóporo; armazenam o esperma recebido de outra minhoca no interior do clitelo.
- b) dioicos, isto é, cada indivíduo apresenta tanto órgãos sexuais masculinos como femininos;

diploblásticos, isto é, possuem apenas dois folhetos embrionários; deuterostômios, isto é, apresentam a cavidade oral originada do blastóporo; armazenam o esperma na cavidade celomática.

- c) dioicos, isto é, cada indivíduo apresenta tanto órgãos sexuais masculinos como femininos; diploblásticos, isto é, possuem apenas um dos dois folhetos embrionários (ectoderma ou endoderma); deuterostômio, isto é, apresentam cavidade anal originada do blastóporo; armazenam o esperma recebido de outra minhoca em seus apêndices carnosos denominados de parapódios.
- d) monoicos, isto é, cada indivíduo apresenta tanto órgãos sexuais masculinos quanto femininos; triploblásticos, isto é, possuem os três folhetos embrionários; protostômios, isto é, apresentam a cavidade oral originada do blastóporo; armazenam nas vesículas seminais o esperma recebido de outra minhoca.
- e) monoicos, isto é, cada indivíduo apresenta tanto órgãos sexuais masculinos quanto femininos; triploblásticos, isto é, possuem apenas três folhetos embrionários; deuterostômios, isto é, apresentam a cavidade oral originada do blastóporo; liberam o esperma armazenado nas vesículas seminais quando o casulo contendo óvulos passa pelas aberturas dos receptáculos seminais.

20. UEL-PR Leia o texto a seguir.

Foi aproveitando a necessidade de dezenas de prefeituras por assistência médica que, de acordo com a Polícia Federal e o Ministério Público, um grupo teria desviado R\$ 110 milhões das verbas federais destinadas à compra de ambulâncias. O grupo, segundo a PF, reuniria uma centena de pessoas, entre políticos, empresários e servidores públicos. Pela acusação de sugar o Orçamento da União, seus representantes ficaram conhecidos (...) pela alcunha de sanguessugas

Fonte: MEIRELES, A. & MACHADO M. Um convite ao crime. In: "Revista Época". São Paulo, nº 417, p.28, maio de 2006.

As verdadeiras sanguessugas são animais que habitam rios e lagos de água doce, têm o corpo ligeiramente achatado dorsiventralmente, sem apresentar cerdas nem parápodos e com duas ventosas para fixação. Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a afirmativa que caracteriza as sanguessugas:

- a) Platelminhos trematodas.
- b) Platelminhos turbelários.
- c) Anelídeos poliquetas.
- d) Anelídeos oligoquetas.
- e) Anelídeos hirudíneos.

21. UFSC (Adapt.) Com relação ao Reino Animal, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

01 Formado por animais sésseis e geralmente hermafroditas, a maioria das espécies do filo Poríferos são aquáticas, apesar de existirem algumas espécies terrestres.

- 02** A lombriga e a solitária (tênia), parasitas do intestino humano, pertencem aos filos Platelminhos e Nematelminhos, respectivamente.
- 04** Animais cujo corpo é formado por numerosos anéis repetidos (metâmeros) pertencem ao filo Anelídeos, do qual a minhoca é o representante mais conhecido.
- 08** O filo Cnidários é formado, basicamente, por dois tipos morfológicos de indivíduos, que são: pólipos, cujo principal representante é a água-viva, e medusas, representadas pelos corais.
- 16** No filo Moluscos existem indivíduos com concha externa, como é o caso das ostras e mexilhões, e também indivíduos sem ela, como é o caso da lula e do polvo.

Soma:

22. UFJF-MG Em uma aula de ciências, os alunos buscaram informações em jornais e revistas sobre a importância de espécies animais para o homem. Ao final da aula, entregaram um exercício no qual classificaram como corretas ou incorretas as informações encontradas. Algumas dessas informações são apresentadas a seguir.

- I. Cnidários possuem células especializadas, os cnidoblastos, capazes de causar queimaduras e irritações dolorosas na pele de pessoas que os tocam.
- II. Algumas espécies de moluscos gastrópodes podem formar pérola a partir de algas raspadas pela rádula (dentes raspadores).
- III. Protozoários flagelados causam a inflamação dos ossos das pernas, tornando-as deformadas e provocando uma doença conhecida como elefantíase.
- IV. Devido ao seu hábito alimentar, as sanguessugas foram muito utilizadas no passado na prática de sangrias, em pacientes com pressão alta.

Assinale a opção que apresenta somente afirmativas CORRETAS.

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

23. Fuvest-SP 2016 Tatuzinhos-de-jardim, escorpiões, siris, centopeias e borboletas são todos artrópodes. Compartilham, portanto, as seguintes características:

- a) simetria bilateral, respiração traqueal e excreção por túbulos de malpighi.
- b) simetria bilateral, esqueleto corporal externo e apêndices articulados.
- c) presença de cefalotórax, sistema digestório incompleto e circulação aberta.
- d) corpo não segmentado, apêndices articulados e respiração traqueal.
- e) corpo não segmentado, esqueleto corporal externo e excreção por túbulos de malpighi.

24. Unesp 2015 Em um barzinho à beira-mar, cinco amigos discutiam o que pedir para comer.



Marcos, que não comia peixe, sugeriu picanha fatiada. Paulo discordou, pois não comia carne animal e preferia frutos-do-mar; por isso, sugeriu uma porção de camarões fritos e cinco casquinhas-de-siri, uma para cada amigo.

Marcos recusou, reafirmando que não comia peixe. Eduardo riu de ambos, informando que siri não é peixe, mas sim um molusco, o que ficava evidente pela concha na qual era servido.

Chico afirmou que os três estavam errados, pois os siris e os camarões não são peixes nem moluscos, mas sim artrópodes, como as moscas que voavam pelo bar.

Ricardo, por sua vez, disse que concordava com a afirmação de que os siris e camarões fossem artrópodes, mas não com a afirmação de que fossem parentes das moscas; seriam mais parentes dos peixes.

Para finalizar a discussão, os amigos pediram batatas fritas.

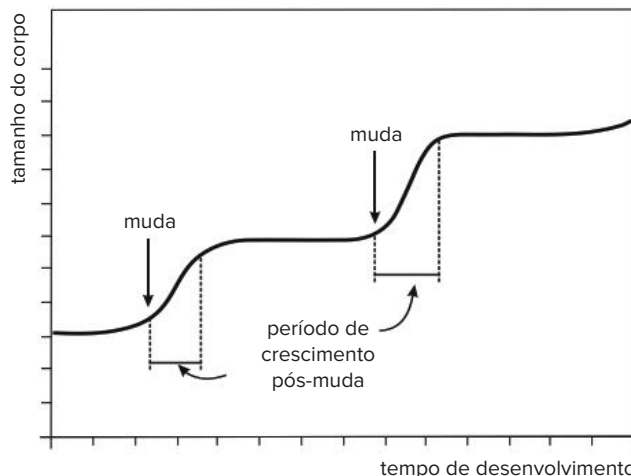
O amigo que está correto em suas observações é

- Ricardo.
- Marcos.
- Paulo.
- Eduardo.
- Chico.

25. Fatec-SP Um grupo de estudantes do Ensino Médio acompanhou, durante algumas semanas, a variação do tamanho do corpo das três diferentes espécies animais a seguir.



O gráfico a seguir representa a variação apresentada pelas três espécies estudadas, desconsiderando-se a escala.



(Adaptado de www.biomania.com.br. Acessado em 15.09.2009)

De acordo com as observações feitas, os alunos formularam três afirmações.

Afirmiação A: O crescimento desses animais está relacionado às estações do ano.

Afirmiação B: O crescimento só acontece após a troca do exoesqueleto.

Afirmiação C: O padrão de crescimento apresentado no gráfico é típico dos artrópodes.

Está correto o contido

- na afirmação A, apenas.
- na afirmação C, apenas.
- nas afirmações A e B, apenas.
- nas afirmações B e C, apenas.
- nas afirmações A, B e C.

26. Uece 2016 Atente ao que se diz sobre artrópodes e assinale com **V** o que for verdadeiro e com **F** o que for falso.

- Possuem exoesqueleto que reveste e protege o corpo de perigos externos.
- Ao tornarem-se adultos, podem realizar ecdise várias vezes durante a vida.
- Crustáceos e insetos pertencem a esse grupo, mas aracnídeos não podem ser classificados como tal.
- Apresentam sistema digestório completo, com digestão extracelular e sistema circulatório fechado.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- F, V, V, F.
- V, F, V, V.
- V, V, F, F.
- F, F, F, V.

27. UPF-RS 2015 São características gerais dos crustáceos:

- Corpo dividido em cabeça, tórax e abdome; ausência de antenas; sistema circulatório fechado; excreção por meio de túbulos de Malpighi.
- Corpo dividido em cefalotórax e abdome; ausência de antenas; sistema circulatório lacunar; excreção por meio de glândulas antenais.
- Corpo dividido em cefalotórax e abdome; dois pares de antenas; sistema circulatório do tipo aberto; excreção por meio de glândulas antenais.

- d) Corpo dividido em cefalotórax e prossomo; um par de queléceras; sistema circulatório lacunar; excreção por meio de túbulos de Malpighi.
- e) Corpo dividido em cabeça, tórax e abdome; um par de antenas; sistema circulatório fechado; excreção por meio de glândulas coxais.

28. Uern 2013 Um estudante, ao comparar um camarão e uma aranha, listou algumas características que considerava comuns aos animais. A partir dessa lista, assinale a característica realmente compartilhada por ambos.

- a) Ausência de antenas.
- b) Respiração filotraqueal.
- c) Presença de quatro pares de pernas.
- d) Corpo dividido em cefalotórax e abdome.

29. Fuvest-SP (Adapt.) O quadro a seguir mostra diferenças que ocorrem no reino animal quanto ao plano corporal e aos sistemas digestório, circulatório e nervoso:

	1	2	3
A – Simetria na fase adulta	Ausente	Radial	Bilateral
B – Sistema digestório	Ausente	Incompleto	Completo
C – Sistema circulatório	Ausente	Aberto	Fechado
D – Sistema nervoso	Ausente	Cordão nervoso ventral	Dorsal

Os anelídeos, por exemplo, apresentam as características A3, B3, C3 e D2.

- a) Que grupo animal apresenta as características A1, B1, C1 e D1?
- b) Que características de A, B, C e D estão presentes em um crustáceo?

30. UFRGS 2016 A coluna da esquerda, abaixo, lista dois grupos dos Artrópodos; a da direita, características que os distinguem.

Associe adequadamente a coluna da direita à da esquerda.

- | | |
|---------------|-------------------------------------|
| 1. Insetos | ■ respiração branquial |
| 2. Crustáceos | ■ desenvolvimento direto e indireto |
| | ■ glândulas antenais |
| | ■ três pares de pernas |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 2 – 2 – 1 – 1.
- b) 2 – 1 – 2 – 1.
- c) 1 – 1 – 2 – 2.
- d) 1 – 2 – 1 – 2.
- e) 2 – 1 – 2 – 2.

31. UFJF/Pism-MG 2019 Os artrópodes constituem o mais numeroso grupo animal existente na Terra. Sobre os artrópodes, analise as afirmações a seguir e marque a alternativa **INCORRETA**:

- a) Entre os insetos, existem espécies que possuem desenvolvimento indireto com metamorfose completa (holometabolia), com larvas e adultos vivendo em locais distintos e com hábitos alimentares diferentes.
- b) Os grupos de artrópodes (insetos, centopeias, piolhos-de-cobra, crustáceos e aracnídeos) são facilmente reconhecidos pela morfologia externa, sendo a divisão do corpo, o número de pernas e antenas importantes características para este reconhecimento.
- c) Os artrópodes possuem circulação fechada e órgãos excretores denominados protonefrídeos.
- d) Muitos artrópodes são vetores de doenças humanas, tais como os mosquitos da febre amarela, da malária e da leishmaniose.
- e) O crescimento dos artrópodes ocorre por meio de muda ou ecdise e é regulado pelo hormônio ecdisona.

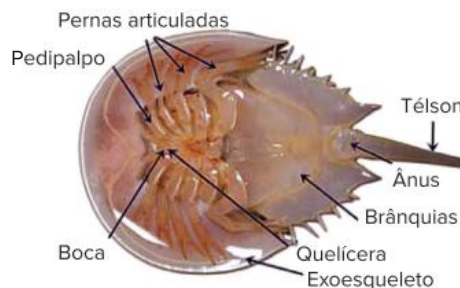
32. UEL-PR 2019 Uma das características mais fundamentais dos metazoários são os olhos, que se apresentam em uma variedade de tipos. Quase todos são sensíveis à luz, e a maioria possui algum tipo de fotorreceptor, porém somente os representantes de alguns filos desenvolveram olhos capazes de formar imagens.

Os olhos compostos compreendem de poucas a muitas unidades fotorreceptoras cilíndricas denominadas omatídios. Cada omatídio contribui com a imagem de uma parte do objeto, de modo que o conjunto forma a sua imagem total.

Assinale a alternativa que indica, corretamente, qual grupo animal é caracterizado pelos olhos descritos acima.

- a) Artrópodes
- b) Anelídeos
- c) Cnidários
- d) Moluscos
- e) Platelminhos

33. FCMSCSP 2021 A imagem mostra um animal do gênero *Limulus* sp., que vive em mares rasos do Atlântico Norte.



(<http://camreodus.weebly.com>. Adaptado.)

A análise da anatomia externa desse animal permite concluir que ele pertence ao grupo de Arthropoda mais próximo evolutivamente dos

- a) quilópodes, devido à ausência de antenas.
- b) aracnídeos, devido à presença de quelíceras.
- c) insetos, devido à ausência de cefalotórax.
- d) crustáceos, devido à presença de brânquias.
- e) miriápodes, devido ao número de pernas articuladas.

34. Enem PPL 2019 As fêmeas do mosquito da dengue, *Aedes aegypti*, têm um olfato extremamente refinado. Além de identificar as coleções de águas para oviposição, elas são capazes de detectar de forma precisa e eficaz a presença humana pela interpretação de moléculas de odor eliminadas durante a sudorese. Após perceber o indivíduo, voam rapidamente em direção à fonte alimentar, iniciando o repasto sanguíneo durante o qual podem transmitir o vírus da dengue. Portanto, o olfato desempenha um papel importante para a sobrevivência dessa espécie.

GUIDOBALDI, F.; MAY-CONCHA, I. J.; GUERENSTEIN, P. G. Morphology and Physiology of the Olfactory System of Blood-Feeding Insects. *Journal of Physiology-Paris*, n. 2-3, abr.-jun. 2014 (adaptado).

Medidas que interferem na localização do hospedeiro pelo vetor por meio dessa modalidade sensorial incluem a

- a) colocação de telas nas janelas.
- b) eliminação de locais de oviposição.
- c) instalação de borrifadores de água em locais abertos.
- d) conscientização para a necessidade de banhos diários.
- e) utilização de cremes ou pomadas com princípios ativos.

35. Enem 2018 Insetos podem apresentar três tipos de desenvolvimento. Um deles, a holometabolia (desenvolvimento completo), é constituído pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto sexualmente maduro, que ocupam diversos habitats. Os insetos com holometabolia pertencem às ordens mais numerosas em termos de espécies conhecidas.

Esse tipo de desenvolvimento está relacionado a um maior número de espécies em razão da

- a) proteção na fase de pupa, favorecendo a sobrevivência de adultos férteis.
- b) produção de muitos ovos, larvas e pupas, aumentando o número de adultos.
- c) exploração de diferentes nichos, evitando a competição entre as fases da vida.
- d) ingestão de alimentos em todas as fases de vida, garantindo o surgimento do adulto.
- e) utilização do mesmo alimento em todas as fases, otimizando a nutrição do organismo.

36. Uece 2018 Durante seu desenvolvimento, os insetos passam por mudanças, através de um processo conhecido como metamorfose. Sobre o desenvolvimento desses animais, é correto afirmar que

- a) gafanhotos são insetos hemimetábolos, pois apresentam processo incompleto de metamorfose.
- b) todos os insetos ametábolos precisam passar pela metamorfose para produzir seu exoesqueleto.
- c) moscas são classificadas como insetos holometábolos, pois seu desenvolvimento é marcado por poucas transformações até chegar à vida adulta.
- d) carrapatos e percevejos são insetos que sofrem metamorfose completa, assim como as borboletas.

37. Uece 2018 Atente ao que se afirma a seguir sobre insetos:

- I. Possuem aparelhos bucais diferentes, sempre adaptados ao seu hábito alimentar específico.
- II. Suas asas são as estruturas morfológicas que os diferenciam de aracnídeos, ou seja, insetos são sempre animais voadores, enquanto aracnídeos são terrestres.
- III. Nos insetos, circulação e respiração não estão relacionadas, pois o sangue não atua no transporte dos gases respiratórios, como ocorre em outros animais.
- IV. É correto afirmar que suas antenas são estruturas sensitivas relacionadas à reprodução.

Está correto o que se afirma somente em

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

38. UEL-PR 2016 Observe a imagem a seguir e responda à(s) questão(ões).



Rosana Paulino, *Ninfa Tecendo Casulo*, 42,5 × 32,5 cm, grafite e aquarela sobre papel, 2005.

O título da obra *Ninfa Tecendo Casulo* contém, do ponto de vista biológico, um erro conceitual referente à metamorfose dos insetos.

Com base nos conhecimentos sobre o desenvolvimento pós-embrionário dos insetos, considere as afirmativas a seguir.

- I. A fase de larva está presente no desenvolvimento dos insetos hemimetábolos.

- II. A fase de casulo está ausente do desenvolvimento dos insetos hemimetábolos.
- III. A fase de ninfa está ausente do desenvolvimento dos insetos holometábolos.
- IV. A fase de crisálida está presente no desenvolvimento dos insetos holometábolos.

Assinale a afirmativa correta.

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

39. UFSC 2016



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 (pequenos quadrados com 2,5 milímetros de cada lado e massa de 5,4 miligramas, indicado pela seta), 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. (Adaptado).

Sobre assuntos relacionados ao texto, é CORRETO afirmar que:

- 01 tanto os ácaros como as abelhas são insetos que apresentam exoesqueleto constituído basicamente pela proteína quitina.
- 02 considerando que o microssensor represente cerca de 5% da massa corporal de cada abelha, os espécimes utilizados nesta pesquisa devem

apresentar uma massa corporal em torno de 27 miligramas para que não tenham sua capacidade de voo afetada.

- 04 a relação ecológica entre ácaro e abelha descrita no texto é desarmônica e interespecífica.
- 08 a polinização mediada por abelhas ocorre na maioria das espécies das plantas vasculares, entre as quais há representantes das Angiospermas, Gimnospermas e Pteridófitas.
- 16 a reprodução das abelhas pode ocorrer de forma assexuada ou sexuada; na reprodução assexuada, por partenogênese, as rainhas depositam ovos não fecundados que originam os machos diploides.
- 32 segundo as normas de nomenclatura estabelecidas por Carl Linnaeus, o nome científico da abelha presente no texto, por estar no meio de uma frase, também pode ser grafado *apis mellifera*.

Soma:

40. PUC-SP 2016

Abaixo encontram-se descrições feitas por um estudante a respeito de dois artrópodes:

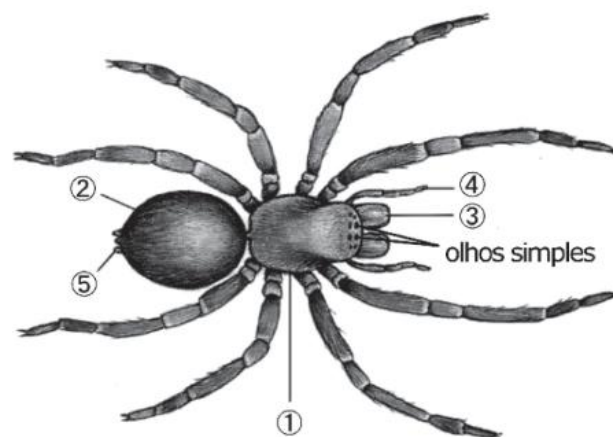
- I. Tem um par de antenas, três pares de pernas e possui dois pares de asas;
- II. Tem corpo dividido em cefalotórax e abdome, não tem antenas e possui quatro pares de pernas.

Em relação às categorias taxonômicas, os animais indicados por I e II pertencem

- a) ao mesmo filo e à mesma classe.
- b) ao mesmo filo, porém a diferentes classes.
- c) à mesma ordem e à mesma classe.
- d) à mesma ordem, porém, a diferentes classes.

41. UEPG-PR 2018

Abaixo está representada a morfologia externa de uma aranha. Analise as afirmações e assinale o que for correto.



Adaptado de: AMABIS, JM; MARTHO, GR. *Biologia dos organismos*. 2ª ed. Volume 2. Editora Moderna, São Paulo. 2004.

- 01 Em 3, podemos observar a quelícera, uma estrutura afiada a qual participa da captura de alimento. As aranhas que inoculam a peçonha possuem um par de ferrões conectados às glândulas produtoras de veneno localizados na quelícera.

- 46. UEM-PR 2015** Em relação à classificação e à caracterização dos grupos animais, é **correto** afirmar que
- 01** são exemplos de animais acelomados: as esponjas e as lombrigas; de pseudocelomados: as solitárias e as planárias; e de celomados: as minhocas e os macacos.
 - 02** os cnidários apresentam duas estruturas corporais típicas e são os primeiros animais da escala evolutiva a apresentarem uma cavidade digestiva.
 - 04** os insetos holometábolos passam pelas fases de ovo, larva, pupa, e de imago (ou adulta).
 - 08** as minhocas são deuterostômios, celomados e triblásticos.
 - 16** as estrelas-do-mar pertencem ao Filo Chordata, pois apresentam esqueleto interno.

Soma:

- 47. UEPB 2014** Enquanto a Eco-92 ficou conhecida como a “Cúpula da Terra”, a Rio20 foi muitas vezes citada como a “Cúpula dos Mares”. O documento final aprovado pelos Chefes de Estado traz como uma de suas metas a redução dos detritos marinhos, em especial plástico, até 2025. O desenvolvimento de uma rede global de áreas marinhas protegidas internacionais e a criação de mecanismos de governança global dos oceanos para preservar a biodiversidade e os recursos genéticos também estavam em pauta. Sobre os Echinodermata, animais exclusivamente marinhos, assinale a alternativa correta:
- a)** O caráter compartilhado que aproxima o filo Echinodermata do filo Chordata é a presença de notocorda na fase embrionária.
 - b)** Os Echinodermata apresentam organização pentaradiada, com larvas de simetria bilateral, esqueleto calcário externo, triblásticos e deuterostômios.
 - c)** A forma básica de reprodução desses animais é assexuada.
 - d)** É o único grupo do reino animal que possui um sistema aquífero responsável pelas funções de circulação, locomoção, respiração, excreção e percepção.
 - e)** Conchas, estrelas-do-mar e ouriços-do-mar são seus representantes mais conhecidos.

- 48. FMABC-SP 2020** A figura mostra uma das extremidades de um equinodermo que apresenta um conjunto de prolongamentos tubulares que se projetam para fora do corpo do animal.



(www.sciencesource.com)

O conjunto desses prolongamentos tubulares são responsáveis pela

- a)** circulação do sangue.
 - b)** digestão extracelular.
 - c)** excreção de metabólitos.
 - d)** locomoção.
 - e)** reprodução sexuada.
- 49. Unicamp-SP 2021** Na análise de dois fósseis de animais adultos coletados na região dos Campos Gerais (Paraná), destacaram-se as seguintes características:
- Fóssil 1: Simetria radiada, esqueleto com espinhos e sulco ambulacral.
- Fóssil 2: Simetria bilateral, esqueleto e dois pares de antena.
- Considerando as características descritas, assinale a alternativa que indica animais dos mesmos filos dos fósseis 1 e 2, respectivamente.
- a)** Ouriço-do-mar e mexilhão.
 - b)** Hidra e camarão.
 - c)** Estrela-do-mar e caranguejo.
 - d)** Lampreia e caramujo.

50. UEL-PR 2014



Figura: Paris

(Disponível em: <<http://3.bp.blogspot.com/-CwvrGXyjWcY/TVmO91YqWsl/AAAAAAAAAABc/DwC5qFtrcC4/s1600/image001.png>>. Acesso em: 23 mar. 2013.)

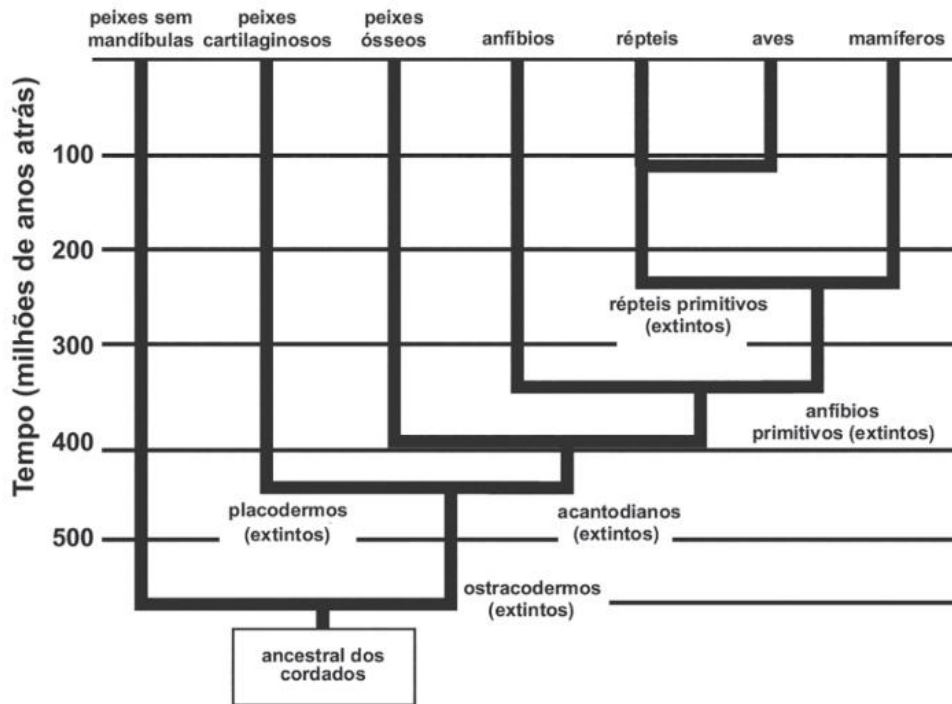
A figura lembra o sistema hidrovacular ou ambulacral de um equinoderma. Esse sistema atua na locomoção, respiração, captura de alimento e como órgão sensorial, consistindo em um conjunto de canais no interior do corpo e de prolongamentos tubulares, os pés ambulacrais, que se projetam para fora através de poros.

Com relação às principais características das classes de equinodermas, assinale a alternativa correta.

- a)** As estrelas-do-mar apresentam cinco braços ramificados e flexíveis, com a boca e o ânus localizados na região oposta ao substrato.
- b)** As serpentes-do-mar possuem cinco braços finos e flexíveis, separados uns dos outros e ligados a um disco central, com a boca localizada na região voltada para o substrato.

- c) Os lírios-do-mar possuem cinco braços, a boca e os pés ambulacrais localizados na região voltada para o substrato e o ânus na região superior.
- d) Os ouriços-do-mar, desprovidos de braços, diferem do padrão do filo, com a boca localizada em uma das extremidades do corpo, rodeada por tentáculos, e o ânus na região oposta.
- e) Os pepinos-do-mar têm a boca localizada na região voltada para o substrato, o ânus na região superior e os pés ambulacrais distribuídos por todo o corpo.

51. Enem PPL 2014 A classificação dos seres vivos permite a compreensão das relações evolutivas entre eles. O esquema representa a história evolutiva de um grupo.



Disponível em: www.sobiologia.com.br. Acesso em: 22 jan. 2012 (adaptado).

Os animais representados nesse esquema pertencem ao filo dos cordados, porque

- a) possuem ancestrais que já foram extintos.
- b) surgiram há mais de 500 milhões de anos.
- c) evoluíram a partir de um ancestral comum.
- d) deram origem aos grupos de mamíferos atuais.
- e) vivem no ambiente aquático em alguma fase da vida.

52. UTFPR Os animais do grupo dos cordados caracterizam-se pela presença, durante o desenvolvimento embrionário, de notocorda, tubo nervoso dorsal, fendas branquiais e cauda pós-anal muscular. São exemplos de cordados:

- a) peixes, anfíbios e equinodermos.
- b) aves, peixes e equinodermos.
- c) peixes, moluscos e répteis.
- d) artrópodes, peixes e anfíbios.
- e) peixes, anfíbios e répteis.

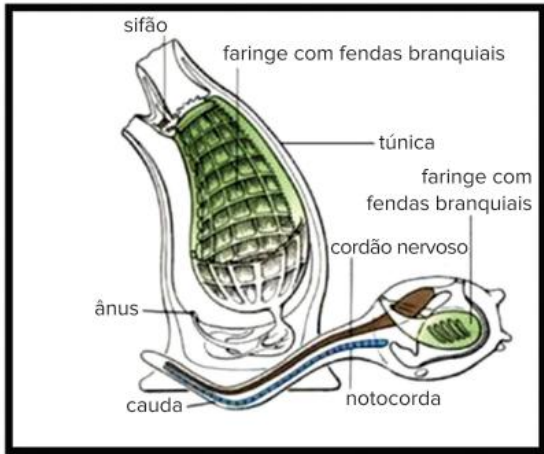
53. UFPE No filo cordados, estão incluídos os animais vertebrados e também um grupo mais primitivo, o dos protocordados, esses que os antecederam na história evolutiva. Entre os animais relacionados a seguir, pertencem ao filo cordado:

- 1) Tubarão
- 2) Peixe ósseo
- 3) Sapo
- 4) Caracol
- 5) Estrela-do-mar
- 6) Minhoca
- 7) Medusa
- 8) Cobra
- 9) Tartaruga

Estão corretas apenas:

- a) 3, 4, 6, 7 e 8
- b) 1, 2, 4, 5 e 6
- c) 2, 4, 5, 6 e 7
- d) 1, 2, 3, 8 e 9
- e) 1, 2, 5, 6 e 9

54. Unigranrio-RJ 2017



As **ascídias** (imagem acima), são animais marinhos que podem viver isolados ou formando colônias. Uma das formas isoladas muito encontradas nas praias brasileiras lembra, no adulto, um pedaço de piche de aproximadamente 8 cm de altura, preso por uma de suas extremidades ao substrato (rochas, cascos de navios etc.).

(Adaptado de Só Biologia: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos3/bioanimal.php>)

Dentro da classificação dos seres vivos, as ascídias pertencem à classificação:

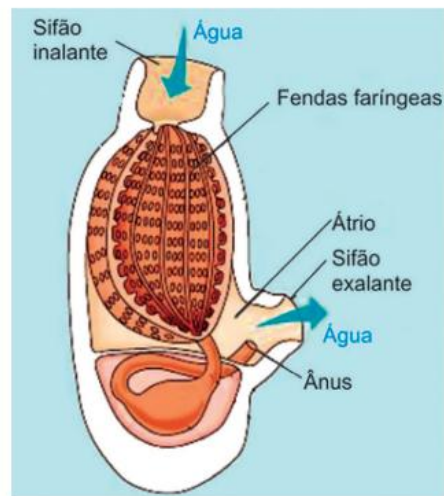
- a) Subfilo Urochordata
- b) Subfilo Cephalochordata
- c) Ágnatos
- d) Subfilo Vertebrata
- e) Gnatostomados

55. UEM-PR 2017 (Adapt.) O Reino Animalia compreende uma grande variedade de organismos eucariontes, pluricelulares e heterotróficos, os quais, durante o processo evolutivo, foram se modificando e desenvolvendo diferentes estruturas e estratégias para sua sobrevivência. Sobre esses organismos, assinale o que for **correto**.

- 01 No ciclo de vida da *Taenia solium*, o homem, ao ingerir a carne de porco ou de vaca com as larvas da tênia, é considerado o hospedeiro intermediário, desenvolvendo a cisticercose.
- 02 São exemplos de insetos que apresentam aparelho bucal do tipo sugador, picador, mastigador e lambedor, respectivamente, borboletas, mosquitos, gafanhotos e moscas.
- 04 Moluscos pelecípodos não possuem cabeça, possuem um pé em forma de machado e produzem as pérolas devido à penetração de corpos estranhos entre o manto e a massa visceral.
- 08 A notocorda, característica dos cordados, é um eixo esquelético dorsal do embrião que, nos vertebrados adultos, é substituído pela coluna vertebral.

Soma:

56. FGV-SP 2021 A figura mostra as estruturas de um animal adulto que vive em ambiente aquático.



(<http://filodaytresmola.blogspot.com>. Adaptado.)

Segundo as suas características estruturais, esse animal deve ser classificado como

- a) porífero.
- b) equinodermo.
- c) protocordado.
- d) agnato.
- e) gnatostomado.

Texto complementar

Acidentes com aranhas e escorpiões no Brasil

No Brasil existem algumas espécies de aranhas e escorpiões responsáveis por acidentes com humanos. Entre as aranhas, as de maior destaque no país são a aranha-armadeira, aranha-marrom e viúva-negra.



As aranhas-armadeiras (*Phoneutria* sp.) têm hábito noturno e seu corpo atinge até 5 cm de comprimento (sem contar o comprimento das pernas).



Aranhas-marrons (*Loxosceles* sp.) são de hábito noturno, e medem cerca de 1,5 cm de comprimento.



Viúva-negra (*Latrodectus* sp.), aranha que pode ser ativa tanto de dia quanto à noite. Seu corpo pode chegar a 1,5 cm de comprimento.

A aranha-armadeira é encontrada principalmente nas regiões Sul e Sudeste, chegando até o estado do Mato Grosso do Sul. O veneno dessa espécie tem efeito neurotóxico e sua picada causa dor forte e inchaço no local afetado. Manifestações graves são mais raras, podendo-se observar sudorese, taquicardia, hipertensão arterial, prostração, vômitos, alterações do ritmo cardíaco e/ou respiratório, palidez, convulsões, diarreia etc.

A aranha-marrom é muito comum nos estados da região Sul do Brasil e no estado de São Paulo, chegando até Minas Gerais. A picada é quase imperceptível, mas pode evoluir para dor, inchaço e vermelhidão no local afetado. Podem ser observadas algumas alterações no estado geral como febre, náusea, dor de cabeça e sonolência.

Encontrada principalmente na região entre os estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte, a viúva-negra é portadora de um veneno muito tóxico que ataca o sistema nervoso, provocando fortes dores musculares, náuseas, dor de cabeça e alterações cardíacas e respiratórias, podendo, dependendo da situação de saúde da pessoa afetada, ser fatal.

Entre os escorpiões, o escorpião-preto e o escorpião-amarelo, encontrados sobretudo nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, são responsáveis pela maior parte dos acidentes que envolvem esses representantes da classe dos aracnídeos.



Adriano Kimihara/Pulsar Imagens

Escorpião-amarelo (*Tityus serrulatus*). Esse escorpião tem hábito noturno e seu corpo tem entre 6 cm e 7 cm de comprimento. O veneno do escorpião-amarelo é o mais potente entre os escorpiões encontrados na América do Sul.



PH-LJ/Photoillustration/Shutterstock.com

Escorpião-preto (*Tityus bahiensis*), animal de hábito noturno cujo corpo tem ao redor de 6 cm.

A maioria dos acidentes com escorpiões é leve. Os sintomas começam logo após a picada, porém sua duração é limitada. As pessoas acidentadas normalmente apresentam dor, vermelhidão, inchaço e sudorese no local da picada. Nesses casos, o tratamento é apenas sintomático. Contudo, crianças menores de sete anos apresentam maior risco de manifestar outros sintomas, como vômito e diarreia, principalmente nas picadas por escorpião-amarelo, que podem levar a casos graves, necessitando a aplicação do soro antiescorpiônico.

Para que os acidentes com aranhas e escorpiões não ocorram, algumas medidas, como as listadas a seguir, devem ser adotadas:

- manter jardins e quintais limpos, evitando o acúmulo de folhas secas;
 - evitar o acúmulo de entulhos;
 - verificar roupas e sapatos antes de usá-los, pois aranhas e escorpiões podem se abrigar nessas peças e picar ao serem comprimidos contra o corpo.
- Vale salientar que, em caso de qualquer acidente com animais peçonhentos, o atendimento médico deve ser feito o mais rápido possível.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Moluscos

Características gerais

- Animais de corpo mole não segmentado.
- Normalmente de vida livre.
- Podem apresentar concha calcária produzida pelo manto.
- Triblásticos, celomados, protostômios e de simetria bilateral.

Morfologia e fisiologia

- Regiões corporais: cabeça, pé muscular e massa visceral. O manto pode formar a cavidade do manto.
- Digestão: tubo digestório completo com digestão extracelular.
- Transporte de substâncias: por meio do sistema circulatório.
 - Sistema circulatório aberto (gastropodes e bivalves): a pressão e a velocidade da circulação do fluido na circulação aberta são baixas, limitando o fornecimento de O_2 e de nutrientes aos tecidos corporais. Isso está relacionado ao menor porte e à menor taxa metabólica de animais com circulação aberta.
 - Sistema circulatório fechado (cefalópodes): a pressão e a velocidade da circulação são maiores em comparação à circulação aberta. Isso resulta em maior aporte de O_2 e nutrientes às células do animal. Dessa forma, espera-se que o porte e a taxa metabólica do organismo sejam maiores quando o animal apresentar circulação fechada.

- Trocas gasosas:
 - Respiração pulmonar (moluscos terrestres).
 - Respiração branquial (moluscos aquáticos).
 - Respiração cutânea (certas lesmas).
- Excreção: metanefrídeos.
- Sistema nervoso: gânglios cerebrais na região anterior ligados a outros gânglios localizados em outras partes do corpo, como o pé e a massa visceral.

Gastropoda (gastropodes)

- Exemplos: caracóis e caramujos (com concha espiralada) e lesmas (sem concha).
- Aquáticos ou terrestres.
- Hábitos alimentares diversos.
- Boca com rádula (estrutura raspadora).
- Reprodução: monoicos; fecundação cruzada e interna; desenvolvimento direto ou indireto.

Bivalvia (bivalves)

- Exemplos: ostras, mexilhões, mariscos e vieiras.
- Concha com duas peças (valvas) articuladas.
- Aquáticos.
- Filtradores.
- Sem rádula.

- Cabeça reduzida ou ausente.
- Reprodução: dioicos; fecundação na água ou na cavidade do manto da fêmea; desenvolvimento indireto (larva trocófora).

Cephalopoda (cefalópodes)

- Exemplos: lulas (com concha interna e reduzida), náutilos (com concha externa) e polvos (sem concha).
- Marinheiros.
- Predadores.
- Pé modificado em tentáculos com ventosas.
- Glândula de tinta no final do intestino (eficiente para despistar predadores).
- Boca com rádula e bico córneo.
- Reprodução: dioicos; fecundação na cavidade do manto da fêmea; desenvolvimento direto.

Anelídeos

Características gerais

- Vermes metamerizados.
- Vida livre ou parasitas.
- Triblásticos, celomados, protostômios e de simetria bilateral.

Morfologia e fisiologia (modelo: minhoca)

- Digestão: tubo digestório completo com digestão extracelular. Apresenta especializações, como a tiflosole, dobra da parede intestinal que aumenta a superfície de absorção dos nutrientes.
- Transporte de substâncias: sistema circulatório fechado. O sangue pode conter hemoglobina.
- Trocas gasosas:
 - Respiração cutânea (minhocas e sanguessugas).
 - Respiração branquial (poliquetos).
- Excreção: metanefrídeos.
- Sistema nervoso: ganglionar ventral.

Oligoquetos

- Têm poucas cerdas no corpo. Representante mais conhecido: minhoca.
- As minhocas são importantes à aeração e à fertilização do solo.

- Reprodução: monoicos; fecundação cruzada e externa; desenvolvimento direto. O clitelo produz o casulo, local da fecundação, que é liberado, repleto de ovos, para o ambiente.

Hirudíneos ou aquetos

- Não apresentam cerdas. Representante mais conhecido: sanguessugas, ectoparasitas de vertebrados.
- Presença de ventosa oral e anal. A boca contém lâminas que cortam a pele de seus hospedeiros. A saliva das sanguessugas contém anestésico e anticoagulante (hirudina).
- Reprodução: monoicos; fecundação cruzada e externa; desenvolvimento direto. Presença de clitelo.

Poliquetos

- Têm muitas cerdas, associadas a expansões laterais, os parapódios, que auxiliam a locomoção e atuam nas trocas gasosas. São majoritariamente marinheiros.
- Cabeça diferenciada dotada de estruturas sensoriais como olhos, tentáculos, palpos etc.
- Poliquetos errantes: conseguem se deslocar no ambiente.
- Poliquetos tubícolas: vivem em tubos construídos por eles mesmos.
- Reprodução: dioicos; fecundação externa; desenvolvimento indireto (larva trocófora).

Artrópodes

Características gerais

- Sistema digestório: completo com digestão extracelular.
- Sistema nervoso: ganglionar ventral.
- Sistema circulatório: aberto.
- Corpo metamerizado.
- Apêndices articulados: pernas, antenas e peças bucais.
- Exoesqueleto quitinoso:
 - Atua como elemento de proteção mecânica e contra a desidratação.
 - Confere apoio aos músculos.
 - Impede o crescimento contínuo do animal. Dessa forma, o crescimento do artrópode depende de trocas periódicas do exoesqueleto, processo denominado muda ou ecdise.
- Triblásticos, celomados, protostômios, de simetria bilateral.

Comparação entre os principais grupos de artrópodes

	Crustáceos	Insetos	Aracnídeos	Quilópodes	Diplópodes
Exemplos	Camarões; lagostas; siris; caranguejos; cracas; copépodes.	Borboletas; abelhas; besouros; formigas; baratas; grilos; cupins.	Aranhas; escorpiões; ácaros; carrapatos.	Lacraias.	Piolhos-de-cobra.
Divisão corporal	Cefalotórax e abdome.	Cabeça, tórax e abdome.	Cefalotórax e abdome.	Cabeça e tronco.	Cabeça, tórax e abdome.
Antenas	Dois pares.	Um par.	Ausentes.	Um par.	Um par.
Pernas	Cinco pares nos decápodes.	Três pares.	Quatro pares.	Um par por segmento do tronco.	Dois pares por segmento do abdome.
Trocas gasosas	Respiração branquial.	Respiração traqueal.	Respiração traqueal ou por pulmões foliáceos (respiração filotraqueal).	Respiração traqueal.	Respiração traqueal.
Excreção	Glândulas verdes ou antenais.	Túbulos de Malpighi.	Túbulos de Malpighi e glândulas coxais.	Túbulos de Malpighi.	Túbulos de Malpighi.
Reprodução	Majoria dioica. Pode ocorrer fecundação externa ou interna. Em geral, com desenvolvimento indireto.	Dioicos, fecundação interna e desenvolvimento ametábolo, hemimetábolo ou holometábolo.	Dioicos, fecundação interna e desenvolvimento direto.	Dioicos, fecundação interna e desenvolvimento direto.	Dioicos, fecundação interna e desenvolvimento direto.

Equinodermos

Características gerais

- Exclusivamente marinhos.
- Vida livre.
- Triblásticos, celomados.
- Deuterostômios.
- Simetria:
 - Larva: simetria bilateral.
 - Adulto: simetria pentarradial.

Morfologia e fisiologia

- Superfície corporal com espinhos recobertos pela epiderme.
- Apresentam endoesqueleto calcário de origem mesodérmica.
- Digestão: tubo digestório completo com digestão extracelular. Nas estrelas-do-mar, ocorre digestão extracorpórea.
- Boca, em geral, voltada para baixo (substrato) e ânus, em geral, voltado para cima.
- Transporte de substâncias: por líquido celomático e pelo sistema ambulacrário (exclusivo de equinodermos) – rede de canais pelos quais circula água do mar.
 - Placa madreplácica: entrada de água no sistema ambulacrário.
 - Pés ambulacrários: atuam, sobretudo, na locomoção.
 - O sistema ambulacrário também contribui para trocas gasosas, excreção e obtenção de alimento.
- Trocas gasosas: ocorre por difusão através de pequenas brânquias (pápulas). No ouriço-do-mar, as brânquias estão dispostas nos arredores da boca.
- Excreção: por difusão através das pápulas.
- Sistema nervoso: pouco desenvolvido. Constituído por um anel nervoso localizado ao redor do tubo digestório do qual partem nervos radiais.
- Reprodução:
 - Assexuada: regeneração (ex.: estrelas-do-mar).
 - Sexuada: dioicos que realizam fecundação externa e exibem desenvolvimento indireto.

Classificação

Cinco classes: Asteroidea (estrelas-do-mar), Echinoidea (ouriços-do-mar e bolachas-da-praia), Holothuroidea (pepinos-do-mar), Crinoidea (lírios-do-mar) e Ophiuroidea (serpentes-do-mar).

Cordados

Características gerais

- Triblásticos, celomados, deuterostômios, de simetria bilateral.
- Segmentação corporal (metameria).
- Exclusividades em relação aos demais animais: notocorda; tubo nervoso dorsal (tubo neural); fendas faringianas e cauda pós-anal. Muitas espécies de cordados apresentam essas características somente durante o desenvolvimento embrionário.

Classificação

- Três subfilos: Cephalochordata (cefalocordados); Urochordata (urocordados ou tunicados) e Vertebrata ou Craniata (vertebrados ou craniados).
- Cefalocordados (anfioxos) + Urocordados (ascídias) = Protocordados (cordados invertebrados).

Cefalocordados (anfioxos)

- Marinhos.
- Mantêm todas as características exclusivas dos cordados durante toda sua vida.
- Corpo achatado.
- Filtradores.
- Trocas gasosas: pela superfície corporal (respiração cutânea) e por meio das fendas faringianas.
- Sistema circulatório: sem coração, mas dotado de vasos contráteis que impulsionam o sangue.
- Excreção: por meio de nefrídios.
- Reprodução: dioicos, com fecundação externa e desenvolvimento indireto.

Urocordados ou tunicados (ascídias)

- Marinhos.
- Normalmente sésseis.
- Filtradores. A água com partículas alimentares é sugada pelo sifão inalante.
- Trocas gasosas realizadas pelas fendas faringianas.
- A água que passa pelo corpo do animal recebe excretas por difusão, sendo eliminadas pelo sifão exalante. Além de resíduos metabólicos, a água expelida contém fezes e, eventualmente, gametas.
- Reprodução: monoicos (hermafroditas), com fecundação externa e desenvolvimento indireto.

Quer saber mais?



Filme

Professor Polvo

Dir.: Pippa Ehrlich e James Reed. África do Sul: Netflix, 2020.

O documentário relata a experiência de um cineasta em sua amizade com um polvo e mostra em detalhes aspectos da biologia e da alta capacidade cognitiva dos cefalópodes.



Site

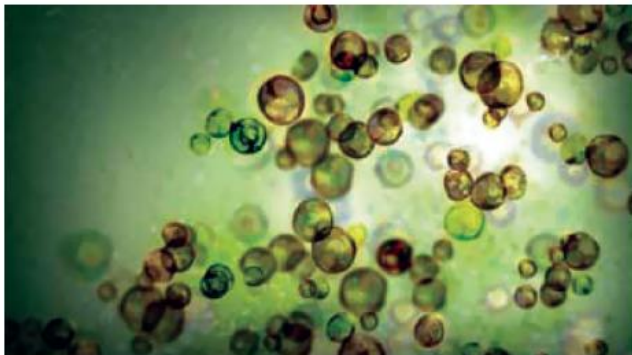
<https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2021/01/nao-vemos-um-quarto-das-especies-conhecidas-de-abelhas-desde-a-decada-de-1990>

(Acesso em: 21 out. 2021)

O artigo analisa possíveis causas e consequências da redução da diversidade de abelhas em todo o mundo.

Exercícios complementares

1. **Unicid-SP 2017** A fotomicroscopia mostra algas zooxantelas pertencentes ao gênero *Symbiodinium*, um dinoflagelado protista.



(<http://ecoevolab.com>)

A interação endossimbiótica dessa espécie de alga com animais marinhos, tais como poríferos, cnidários e moluscos, é bastante frequente.

- a) Cite um benefício para as zooxantelas e um benefício para o animal marinho, decorrentes da interação endossimbiótica.
- b) Entre todos os grupos de seres vivos citados, qual apresenta maior desenvolvimento quanto à complexidade dos tecidos e órgãos? Justifique sua resposta.
2. **Uerj 2017** Os moluscos são animais de corpo mole que, em sua maioria, possuem sistema circulatório aberto e concha calcária, movimentam-se lentamente e se restringem a ambientes aquáticos. Entretanto, modificações nesse padrão são encontradas em cefalópodos, como as lulas, e em alguns gastrópodos, como o caramujo, conforme se observa na tabela.

Moluscos	Hábitat	Preferência alimentar	Modificações
Cefalópodos	marinhos	peixes	<ul style="list-style-type: none"> concha interna reduzida ou ausente sistema circulatório fechado
Gastrópodos	terrestres	vegetais	<ul style="list-style-type: none"> desenvolvimento sem passagem pela etapa de larva maior produção de muco

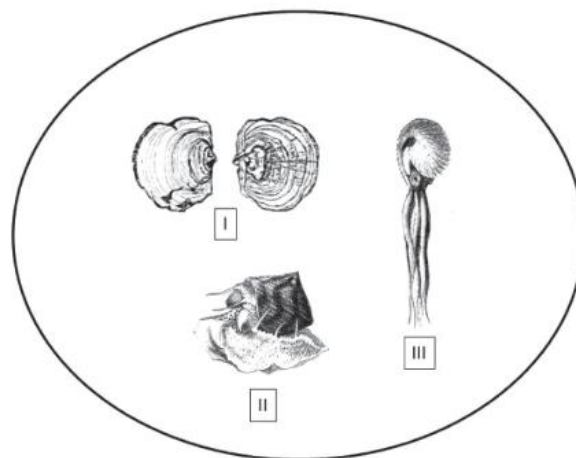
Indique uma contribuição de cada uma das modificações apresentadas na última coluna da tabela, para que os respectivos grupos de moluscos sobrevivam em seus ambientes.

3. Ostra, caramujo e polvo animais pertencentes ao filo Mollusca.
- a) Dentre os animais citados, indique aqueles que possuem sistema circulatório aberto.

- b) Os polvos, juntamente das lulas, são os principais representantes da classe dos cefalópodes. No final do intestino, esses moluscos possuem uma **glândula de tinta** que, em certas situações, libera um líquido escuro na água. Explique a vantagem da liberação dessa substância para os cefalópodes.

4. **UFJF/Pism-MG 2015** A figura abaixo é uma representação das principais características corporais encontradas no Filo Mollusca. Os números I, II e III representam algumas classes de moluscos.

Filo Mollusca



- a) Denomine uma classe da figura acima que inclui moluscos com rádula e outra sem rádula.
- b) Como os moluscos sem rádula se alimentam?
- c) Cite um exemplo que demonstra a importância ecológica dos bivalves.
5. **UFJF/Pism-MG 2015** Espécies invasoras, introduzidas acidentalmente ou propositalmente como no caso do *escargot*, causam muitos danos, provocando prejuízos econômicos e ambientais. Em 1991, o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), um bivalve de água doce, originário da Ásia, chegou à América do Sul, provavelmente vindo de Hong Kong ou da Coreia por água de lastro de navios. Espalhou-se rapidamente e tornou-se uma espécie invasora, inclusive no Brasil, onde chegou em 1998, e já infestou rios, lagos e reservatórios da Região Sul e do Pantanal. É **CORRETO** afirmar que essa espécie invasora é capaz de:
- a) alocar recursos suficientes para sua sobrevivência, sem afetar o bem-estar de todas as espécies naquele *habitat*.
- b) proliferar de forma controlada, sem ameaçar o equilíbrio dos ecossistemas, o qual ela vai ocupando e transformando em seu benefício.
- c) instalar-se no novo *habitat*, sem qualquer perturbação dos ciclos físicos, químicos, biológicos e climáticos.

- d) invadir determinadas áreas do globo, tendendo a enriquecer os ecossistemas, sem perda de biodiversidade.
- e) levar à extinção as espécies nativas, pois, ocupando o mesmo nicho ecológico, compete por alimento.

6. UPF-RS 2014 Animais de corpo mole, sem esqueleto, mas geralmente protegidos por uma concha calcária, são denominados _____. A Classe dos _____ vive exclusivamente no mar e tem a cabeça diretamente ligada aos pés. A Classe que compreende as ostras e os mexilhões corresponde aos _____, enquanto os animais com representantes marinhos, de água doce e terrestres, cuja concha é espiralada, denominam-se _____. E ainda há a Classe dos _____, cuja concha lembra uma pequena presa de elefante, oca e aberta nas duas extremidades.

A sequência de termos que completa **corretamente** o texto acima está na alternativa:

- a) Moluscos – Gastrópodes – Poliplacóforos – Cefalópodes – Crustáceos.
- b) Cefalópodes – Crustáceos – Bivalves – Gastrópodes – Escafópodes.
- c) Gastrópodes – Cefalópodes – Poliplacóforos – Moluscos – Escafópodes.
- d) Poliplacóforos – Anelídeos – Cefalópodes – Bivalves – Gastrópodes.
- e) Moluscos – Cefalópodes – Bivalves – Gastrópodes – Escafópodes.

7. UEM-PR 2012 O “escargot”, *Achatina fulica*, originário do leste da África, foi introduzido no Brasil e tornou-se uma praga na agricultura, além de atuar como hospedeiro intermediário no ciclo da angiostrongilíase, grave doença que afeta o sistema nervoso central humano. Com base nos conhecimentos sobre a introdução de espécies exóticas, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 A espécie *Achatina fulica* teve sua disseminação facilitada por apresentar elevada plasticidade fenotípica.
- 02 A melhor forma de controlar a disseminação de *Achatina fulica* é a catação manual das fêmeas, as quais poderiam ser consumidas pela população de baixa renda, que teriam, assim, uma fonte proteica sem custos.
- 04 A introdução de espécies exóticas pode levar à extinção de espécies nativas.
- 08 A ausência de predadores e a alta taxa reprodutiva das espécies exóticas contribuem para o seu sucesso nos ambientes invadidos.
- 16 Controle biológico se refere ao controle de pragas na agricultura pela introdução de insetos estéreis.

Soma: _____

8. UFPel-RS Os moluscos possuem sistema digestório completo e com hábitos alimentares variados, podendo ser herbívoros ou carnívoros. Alguns possuem na faringe uma placa de dentes chamada rádula utilizada para ralar o alimento a ser ingerido. Entretanto, outros alimentam-se de organismos microscópicos, tais como protozoários, algas e bactérias e por isso recebem a denominação de filtradores.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que a rádula ocorre nos moluscos pertencentes às Classes

- a) Pelecypoda (mexilhões e ostras) e Polyplacophora (chiton).
- b) Gastropoda (mariscos e ostras) e Pelecypoda (caracóis terrestres).
- c) Polyplacophora (polvos e lulas) e Cephalopoda (caracóis aquáticos).
- d) Cephalopoda (lulas e polvos) e Gastropoda (lesmas e caracóis).
- e) Gastropoda (lulas e polvos) e Monoplacophora (*Neopalina*).

9. UFF-RJ A Baía de Guanabara mantém uma relação de interdependência com vários ecossistemas a que se integra. A qualidade das águas não poderia deixar de ser influenciada pela carga poluidora lançada nos rios de seu entorno e no espelho d’água.

Os mexilhões podem ser utilizados como bioindicadores para o monitoramento da poluição em ambientes marinhos devido à sua capacidade de

- a) fixação ao substrato.
- b) oxigenação.
- c) decomposição.
- d) filtração.
- e) adaptação.

10. UFRRJ Ao realizar um teste para a criação de moluscos bivalves em cativeiro, os técnicos de um laboratório utilizaram três modelos de aquários, todos com mecanismos de aeração semelhantes.

Em um deles (A), os animais foram colocados em água marinha reconstituída a partir de água destilada, onde se adicionou sais em quantidades suficientes para reproduzir a água com as mesmas características químicas da água do mar.

Nos outros dois aquários, utilizou-se água bombeada diretamente do mar, sendo que, em um deles (B), a água passava por filtros antes de chegar ao aquário. No terceiro aquário (C), a água era bombeada diretamente para o aquário.

Com base nessas informações, indique em qual dos aquários os bivalves têm as maiores chances de sobreviver e o porquê disso.

11. Unicamp-SP Os navios são considerados introdutores potenciais de espécies exóticas através da água de lastro (utilizada nos tanques para dar aos navios estabilidade quando vazios). Essa água pode conter organismos de diversos grupos taxonômicos. Com certa frequência leem-se informações relacionadas a essas introduções:

I. O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*), um bivalve de água doce originário do sul da Ásia, chegou ao Brasil em 1998 e já infestou rios, lagos e reservatórios da Região Sul e do Pantanal. Além de causar problemas ecológicos, esse invasor ameaça o setor elétrico brasileiro, a agricultura irrigada, a pesca e o abastecimento de água devido à sua capacidade de se incrustar em qualquer superfície submersa.

(Adaptado de Evanildo da Silveira, *Molusco chinês ameaça ambiente e produção no Brasil*. http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2_04/mar/18/75.htm)

II. As autoridades sanitárias acreditam que o vibrião colérico, originário da Indonésia, chegou ao Peru através de navios e de lá se espalhou pela América Latina.

(Adaptado de Ilídia A.G.M.Juras, *Problemas causados pela água de lastro*. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2003.)

- Além de problemas como os citados acima, a introdução de espécies oferece risco de extinção de espécies nativas. Explique por quê.
- Indique uma característica que diferencie os moluscos bivalves das demais classes de moluscos. Indique uma outra característica que permita incluir os bivalves no filo Mollusca.
- Nas áreas de risco de contaminação por vibrião colérico, as autoridades sanitárias recomendam não ingerir mexilhões e ostras crus. Essa recomendação baseia-se no modo como esses moluscos obtêm alimento. Explique.

12. Unicamp-SP (Adapt.) Uma dona de casa, querendo preparar uma caldeirada de frutos do mar, obteve uma receita que, além de vegetais e temperos, pedia a inclusão de cação, camarão, lagosta, mexilhão e lula. Ela nunca havia preparado a receita e não conhecia os animais. O filho explicou que esses animais eram: um peixe cartilaginoso (cação), crustáceos (camarão e lagosta) e moluscos (mexilhão e lula).

Indique duas características exclusivas dos moluscos que poderão permitir sua identificação pela dona de casa.

13. UFU-MG Considere as afirmativas abaixo.

- Animal que excreta por células-flama
- Animal com corpo metamerizado e com simetria bilateral
- Animal de corpo mole com concha interna

É correto afirmar que os animais acima são, respectivamente:

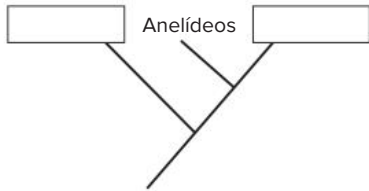
- planária, lula e minhoca
- minhoca, planária e polvo
- planária, minhoca e lula
- polvo, minhoca e planária

14. Unicamp-SP 2019 Organismos vivos são classificados em grupos taxonômicos, que devem preferencialmente refletir as relações de parentesco evolutivo entre as espécies.

- A tabela apresentada abaixo contém características presentes em anelídeos, platelmintos e moluscos. Preencha corretamente todos os espaços em cinza na tabela, referentes às características listadas na primeira coluna, de acordo com as opções indicadas na segunda coluna. Atenção: há duas colunas denominadas X e Y; uma representa moluscos e a outra representa platelmintos.

Característica	Opções	X	Anelídeos	Y
Celoma	Acelomados, pseudocelomados ou celomados	Celomados		Acelomados
Simetria	Radial, pentarradial ou bilateral	Bilateral		Bilateral
Larva		Trocófora	Trocófora	Tipo varia com a espécie
Sistema circulatório	Ausente ou presente		Presente	
Sistema digestório	Incompleto ou completo (com boca e ânus)	Completo (com boca e ânus)		Incompleto
Carapaça calcária	Ausente ou presente	Presente (algumas espécies)	Ausente	Ausente
Eixo ântero-posterior	Indefinido, definido ou variável	Variável	Definido	
Segmentação	Ausente ou presente	Ausente		Ausente
Exemplo de organismo (nome comum)				

- b) Um dos critérios para a construção do diagrama abaixo é o número de características compartilhadas entre pares de grupos taxonômicos. Preencha os retângulos em branco do diagrama com o nome de um dos dois grupos – moluscos ou platelmintos. Utilize as linhas em branco para explicar o que representa esse tipo de diagrama.



15. **UEPG-PR 2012** Com relação às características gerais e aspectos anatômicos e fisiológicos dos moluscos e anelídeos, assinale o que for correto.

- 01 Entre os anelídeos, os oligoquetos possuem uma cabeça diferenciada, onde há vários apêndices sensoriais. Nisso se distinguem dos poliquetos, que não têm cabeça diferenciada.
- 02 A excreção da minhoca e de outros anelídeos é executada pelos nefrídios. Cada nefrídio é um tubo fino e enovelado, com um funil ciliado em uma extremidade, o nefróstoma, o qual se abre na cavidade celomática. A outra extremidade do nefrídio, o nefridióporo, se abre na superfície do corpo do animal.
- 04 O sistema nervoso de um anelídeo é constituído por um único cérebro central de onde emergem milhares de cordões nervosos ventrais. Esses cordões nervosos ventrais se ligam às dezenas de gânglios nervosos de cada metâmero.
- 08 Os moluscos têm sistema digestivo completo, formado por boca, faringe, esôfago, estômago, intestino e ânus. Possuem também uma glândula digestiva ou hepatopâncreas, que lança secreções digestivas dentro do estômago, onde tem início a digestão do alimento.

- 16 Os moluscos não apresentam sistema circulatório.

Soma:

16. **UFPR 2012** Dentre as cerca de 8,5 milhões de espécies de organismos vivos presentes hoje em nosso planeta, mais de 7,5 milhões são animais. Essa enorme diferença em número parece estar vinculada à enorme flexibilidade conferida por características da arquitetura do corpo dos animais, que os tornam aptos a viver nos mais diferentes habitats do planeta, o que certamente deve ter contribuído para a diversificação do grupo. Dentre as grandes mudanças ocorridas no processo evolutivo, podemos destacar três importantes: aquisição da multicelularidade, aquisição do trato digestivo e aquisição de segmentação corporal. Apresente uma consequência favorável que cada uma dessas mudanças trouxe aos organismos.

17. **UFTM-MG 2012 (Adapt.)** A foto mostra sanguessugas sendo utilizadas para retirada de um hematoma no local onde foi realizada uma cirurgia.

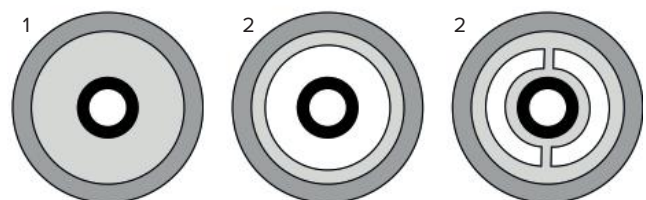


(Sônia Lopes, *Bio 2*, 2006.)

A qual filo pertence a sanguessuga? Ao sugar o sangue de uma pessoa, esses animais podem absorver os nutrientes através do tiflosole, cuja função é semelhante à das microvilosidades intestinais humanas. Explique a função do tiflosole.

18. **UFSCar-SP** Um biólogo encontra uma nova espécie animal de aspecto vermiforme. A princípio, fica em dúvida se este é um representante do Filo Annelida ou Nematoda. Para decidir entre as duas opções, você recomendaria que ele examinasse a presença de
- simetria bilateral.
 - segmentação corporal.
 - sistema circulatório aberto.
 - sistema digestivo completo.
 - sistema nervoso difuso.

19. **UFPR** A figura abaixo representa esquematicamente cortes do corpo de três diferentes grupos de animais multicelulares: anelídeos, platelmintos e nematelmintos (não necessariamente nessa ordem). Elas representam o processo evolutivo que levou ao surgimento de cavidades no corpo dos animais.



- revestimento do corpo
- tecido intermediário
- trato digestivo
- cavidade

- Correlacione cada figura com os grupos animais apresentados no enunciado.
- Discorra sobre duas vantagens trazidas pelo surgimento de cavidades corpóreas.

- 20. UFRN** A atividade das minhocas favorece a agricultura, pois reduz a compactação e facilita a aeração do solo. Entretanto, em função das características climáticas do semiárido nordestino, o uso de minhocas na lavoura não é recomendado devido à baixa sobrevivência desses animais na região. Isso ocorre porque há
- aumento da absorção de gás carbônico, aumentando o metabolismo.
 - redução da difusão de oxigênio, aumentando a de gás carbônico.
 - redução da concentração do sangue, diminuindo a difusão de oxigênio.
 - aumento da desidratação, prejudicando a respiração.

- 21. UFMG** Observe esta figura:



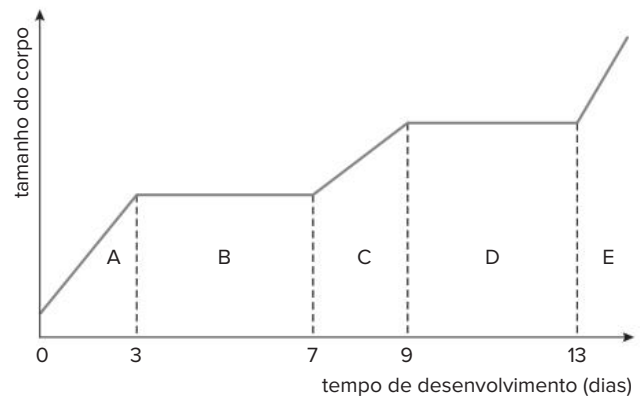
Na prática médica, a utilização de sanguessugas como agentes indutores de sangramento remonta ao ano 180 a.C. Atualmente, as sanguessugas têm sido usadas na prevenção de necrose tecidual, após cirurgias reparadoras.

Considerando-se essa situação, é CORRETO supor que o uso de sanguessugas se deve à

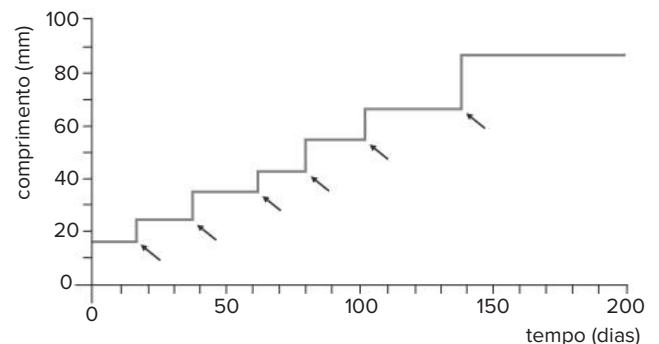
- redução da oxigenação dos tecidos lesados.
 - estimulação da atividade da trombina.
 - ação anestésica, visando-se à redução da dor.
 - prevenção da coagulação sanguínea.
- 22. CPS-SP 2016** Os vegetais precisam respirar. Para tanto, eles absorvem gás oxigênio do ambiente. Essa absorção ocorre principalmente através de suas folhas e de suas raízes. Assim, o solo precisa ter certa quantidade de ar para que as raízes possam absorver o gás oxigênio. Considerando esse aspecto, podemos afirmar que as minhocas prestam um importante serviço ecológico, pois contribuem para o arejamento do solo. As minhocas estão sempre cavando túneis e revolvendo a terra a procura de restos orgânicos, dos quais se alimentam, deixando a terra fofa e arejada. Além disso, esses túneis facilitam a drenagem das águas das chuvas. Em solos muito duros, normalmente não há minhocas, principalmente porque ali elas não conseguem cavar as suas galerias. Não existindo esses animais, a terra terá menos húmus e menos gás oxigênio e, portanto, oferecerá menos recursos para a vida vegetal.

Sobre esses animais, é correto afirmar que

- são invertebrados, de vida parasitária, como as lombrigas e as sanguessugas.
 - possuem corpo cilíndrico, não segmentado e respiram por meio de brânquias.
 - favorecem a agricultura, pois produzem o gás oxigênio necessário à respiração das raízes dos vegetais.
 - sintetizam a matéria orgânica de que necessitam para sobreviver a partir dos minerais que absorvem do solo.
 - rastejam e cavam túneis graças à contração e distensão coordenadas dos músculos de cada segmento do corpo.
- 23. UFPI** Assinale a alternativa que exemplifica animais de corpo formado por metâmeros.
- Minhoca e abelha.
 - Camarão e polvo.
 - Planária e tênia.
 - Medusa e ouriço-do-mar.
 - Lula e lesma.
- 24. Uninove-SP 2016** O gráfico representa o crescimento de um animal invertebrado e as letras A, B, C, D e E representam diferentes períodos do seu desenvolvimento.



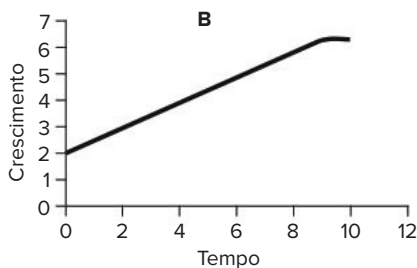
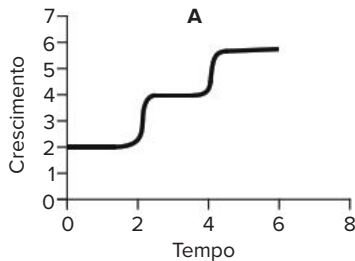
- Indique a que filo pertence este animal. De acordo com o gráfico, quantos períodos este animal ficou sem crescer?
 - Qual estrutura, desenvolvida por este animal, impede seu crescimento contínuo? Cite o nome do processo que permite o crescimento deste tipo de animal.
- 25. Uerj 2015** No gráfico, está indicado o tamanho de um animal terrestre ao longo de um determinado período de tempo, a partir de seu nascimento.



Nomeie o filo a que esse animal pertence, justificando sua resposta.

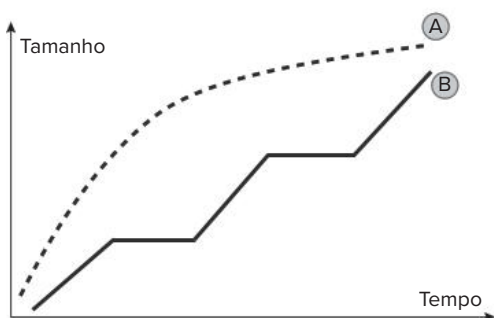
Nos pontos indicados pelas setas, ocorre um processo relevante para o desenvolvimento desse animal até a fase adulta. Nomeie esse processo e aponte a razão de sua importância.

- 26. Unicamp-SP** As figuras a seguir mostram o crescimento corporal de dois grupos de invertebrados até atingirem a fase adulta.



- a) Identifique um grupo de invertebrados que pode ter o crescimento corporal como o representado na figura **A** e outro como o representado na figura **B**. Justifique.
- b) Dê duas características morfológicas que permitam diferenciar entre si dois grupos de invertebrados relacionados com o gráfico **A**.

- 27. Uema 2016** Anatomicamente, os insetos são bastante uniformes com apêndices, cabeça, tórax e abdômen, e a presença de um exoesqueleto. À medida que o animal vai crescendo, ocorre o rompimento desta “carapaça” em algum ponto do corpo do animal e essa estrutura é comumente encontrada abandonada. O gráfico abaixo mostra as linhas A e B, que representam curvas de crescimento de organismos.



PEZZI, Antônio C.; GOWDAK, Demétrio O.; MATTOS, Neide S. *Biologia: Ensino Médio*. São Paulo: FTD, 2014, p. 364.

Considerando o gráfico, indique a curva (A ou B) que define corretamente o crescimento dos insetos. Justifique sua resposta, analisando comparativamente as duas curvas.

- 28. UFSJ-MG 2013** A quitina é um polissacarídeo formado por várias moléculas de glicose e por grupo amina. Ela pode ser encontrada na natureza na parede celular dos fungos e em alguns animais. Dentre os animais dos quais podemos encontrar quitina, estão os
- crustáceos, esponjas e peixes.
 - artrópodes, equinodermos e nematoides.
 - insetos, nematoides e anêxios.
 - aracnídeos, moluscos e anelídeos.

- 29. Uema 2015** Em uma visita a um oceanário, os alunos observaram o ecossistema artificial indicado a seguir:



Fonte: Disponível em: <<http://www.cifonauta.cebimar.usp.br.>> Acesso em: 07 nov. 2014.

O grupo de alunos aproximou-se fascinado e fez os seguintes comentários:

Vinicius: - Esses moluscos são realmente resistentes devido à presença dessa concha secretada pelo manto!

Carlos: - Vejo um crustáceo que está bem preparado para se defender pela existência do exoesqueleto e apêndices articulados.

Karla: - O Carlos só está enganado em dizer que esse animal é um crustáceo. Nem Artrópode é!

Igor: - Alguém poderia me informar a qual animal vocês estão se referindo? Vejo, no aquário, um crustáceo em uma concha de molusco.

Flávia: - Carlos está errado! A professora explicou várias vezes que nos equinodermas, como naquele animal dentro da concha, o esqueleto é calcário revestido por epiderme.

Analise as respectivas falas dos alunos quanto à correção das características morfológicas dos animais invertebrados. Justifique o porquê das informações corretas.

- 30. UCPel-RS 2017** Recentemente, a revista *Zootaxa* publicou o artigo “A new and endangered species of *Kingsleya* Ortmann”, 1897 (Crustacea: Decapoda:

Brachyura: Pseudothelphusidae) from Ceará, northeastern Brazil. Pinheiro, A.P.; Santana, W. 2016. **Zootaxa**, Sep 28; 4171(2): 366-372, doi: 10.11646/zootaxa.4171.2.9.

Essa nova espécie, dentre outras características, apresenta:

- a) cavidade celomática e blastóporo originando primeiro a boca.
- b) simetria radial e ureia como principal excreta nitrogenada.
- c) corpo revestido por manto e capacidade de realisar muda.
- d) respiração traqueal e sistema circulatório aberto.
- e) dois pares de antenas e quatro pares de pernas.

31. UEM-PR 2015 Sobre os invertebrados, assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

- 01** A maioria dos cnidários apresenta metagênese, isto é, alternam-se gerações de pólipos assexuados e de medusas sexuadas.
- 02** Os nematoides são animais triblásticos, pseudo-celomados e com simetria bilateral.
- 04** A distribuição dos nutrientes no corpo de um crustáceo é feita por difusão, pelo líquido do pseudoceloma.
- 08** A eliminação das excreções do corpo de um anelídeo é feita por células tubulares gigantes, que percorrem as laterais do corpo.
- 16** Os moluscos são animais celomados, com corpo segmentado.

Soma:

32. Fuvest-SP 2018 Gafanhotos alados (Orthoptera), formando nuvens, atacaram recentemente lavouras de mandioca, na região Norte do Brasil, trazendo prejuízos econômicos. Outra praga agrícola que vem causando danos para a economia é a lagarta-do-cartucho (Lepidoptera), que ataca plantações de milho e reduz a produção desse grão em até 50%.

- a) Como esses insetos são classificados quanto ao tipo de desenvolvimento e ao processo de metamorfose?
- b) Quais são as fases de desenvolvimento representadas pelo gafanhoto alado e pela lagarta?

33. Unicamp-SP 2016 (Adapt.)

Procurando bem
Todo mundo tem pereba
Marca de bexiga ou vacina

E tem piriri
Tem lombriga, tem ameiba
Só a bailarina que não tem

Futucando bem
Todo mundo tem piolho
Ou tem cheiro de creolina

(Edu Lobo e Chico Buarque, *Ciranda da Bailarina*.)

O piolho da cabeça pode ser considerado um parasita? Do que ele se alimenta?

34. Unesp 2012 Um besouro havia caído em uma piscina e, embora a maior parte de seu corpo estivesse acima do nível da água, a cabeça do inseto estava totalmente submersa. Pedrinho, que observava a cena, retirou o animal da piscina depois de mais de trinta minutos nessa situação. O besouro continuava vivo e saiu andando, como se nada tivesse acontecido.

Pedrinho quis repetir a cena consigo mesmo, mas não conseguiu manter a cabeça submersa por mais de dois minutos sem respirar. Considerando as características do sistema respiratório dos insetos e as características do sistema respiratório dos mamíferos, explique por que o besouro conseguiu ficar tanto tempo com a cabeça submersa e explique por que Pedrinho não o conseguiu.

35. Unicamp-SP 2012 Um dos grupos mais numerosos de artrópodes, os insetos, passou a ocupar o ambiente terrestre. Algumas estruturas foram relevantes para que os insetos conquistassem a terra firme e ocupassem vários espaços do planeta, passando a ter importância ecológica e influência na economia.

- a) Indique duas estruturas que possibilitaram a conquista do meio terrestre e explique por que elas foram importantes.
- b) De que forma os insetos exercem influência ecológica e econômica?

36. FMJ-SP 2016 Piolhos (*Pediculus humanus*) são parasitas hematófagos mais comuns em crianças. Esses parasitas passam pelas fases de ovo, ninfa e adulta, em alguns dias, e se instalam nos cabelos das pessoas. A maioria dos medicamentos (piolhidas) existentes, usados no combate a estes parasitas, não consegue eliminá-los.

- a) Que nome se dá ao desenvolvimento indireto dos piolhos? O que é um animal hematófago?
- b) Quanto mais tempo de mercado tem um piolhida, tanto maior é a chance desse medicamento não fazer efeito sobre os piolhos. Dê uma explicação para esse fato, baseando-se na moderna teoria da evolução.

37. UFTM-MG 2012 (Adapt.) A foto mostra uma taturana ou lagarta da espécie *Lonomia obliqua*.



(www.planetasustentavel.com.br)

A qual filo pertence esse animal? Sabendo que a fase mostrada na foto é temporária, explique por qual fase esse animal irá passar até chegar à fase adulta.

38. **FCM-MG 2017** Com relação aos insetos, a charge abaixo se refere ao processo de:



- a) Menarca c) Mimetismo
b) Mutação d) Metamorfose

39. **UEPG-PR 2015** Com rela o aos tipos de desenvolvimento dos insetos, assinale o que estiver correto.

- 01 Os insetos com desenvolvimento direto são denominados ametábolos. O termo ressalta o fato de não haver grandes transforma es durante o desenvolvimento, uma vez que o jovem já se assemelha ao adulto, sendo apenas menor.
02 Nos insetos hemimetábolos, do ovo eclode uma forma chamada ninf, que   semelhante ao adulto, mas não tem asas desenvolvidas. A ninf origina o adulto.
04 São tipos de desenvolvimento indireto dos insetos: ametábolo, hemimetábolo, holometábolo.
08 No desenvolvimento holometábolo, do ovo eclode uma larva bastante semelhante ao indivíduo adulto.
16 Borboletas e mariposas são insetos que apresentam desenvolvimento indireto, com metamorfose gradual ou incompleta do tipo hemimetábolo.

Soma:

40. **UEG-GO 2015** Durante o verão em determinados estados brasileiros   comum escutarmos o canto das denominadas cigarras, como mecanismo de atra o das fêmeas pelos machos através do seu canto. Nesse mesmo período,   comum encontrar sobre as árvores "restos" de cigarras, que a popula o humana denomina de cigarras "estouradas" de tanto cantar. Esses "restos" de cigarra referem-se ao

- a) exoesqueleto, resultado do crescimento das cigarras que ocasiona as "mudas" nos insetos.
b) feromônio, resultado da libera o pelos machos das cigarras no processo de atra o das fêmeas.
c) quelíceras, estrutura responsável pela libera o de partes das cigarras no processo do canto do macho.
d) ecdisona, hormônio responsável pelo ciclo de morte das cigarras no período do veraneio.

41. **UFSC 2014** A difusão de substâncias   um mecanismo de transporte muito lento para distâncias superiores a poucos milímetros. Existem duas diferentes estratégias adaptativas para resolver este problema em animais: (1) apresentar um tamanho e formato de corpo capaz de fazer com que um grande número de células realize trocas com o ambiente e (2) apresentar um sistema circulatório que transporte um líquido e que este passe próximo das células.

Observe as figuras abaixo e indique a soma da(s) proposi o( es) **CORRETA(S)**.



Disponível em: ^A <<http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2013/05/aparicao-de-agua-viva-rara-no-litoral-norte-de-sp-preocupaambientalistas.html>>; ^B <<http://olhares.uol.com.br/ninfa-do-gafanhoto-do-egipto-anacridium-aegyptium-foto2373317.html>>; ^C <<http://www.tier3.de/field-studies/soil-organisms/>>. Acesso em: 1 nov. 2013.

- 01 O animal representado em A não apresenta sistema circulatório distinto; neste grupo, a cavidade gastrointestinal apresenta duas fun es: a digestão e a distribui o de substâncias em todo o corpo.
02 O animal representado em B apresenta sistema circulatório fechado e sua hemolinfa circula inteiramente dentro de vasos.
04 O animal representado em C apresenta sistema circulatório aberto, assim o sangue se mistura com o líquido intersticial.
08 Os animais representados em B e C apresentam cora o e sistema circulatório fechado. Além disso, a difusão de gases se d  através de um sistema respiratório traqueal.
16 Os animais mostrados em A, B e C possuem como pigmento respiratório a hemoglobina.
32 O sistema circulatório fechado proporciona maior pressão, permitindo oxigena o e nutri o mais eficientes para as células de animais maiores e mais ativos.

Soma:

42. UEM-PR 2016 O Homem-Aranha, identidade secreta de Peter Parker, um dos super-heróis de histórias em quadrinhos e do cinema, teve sua origem ao ser picado por uma aranha alterada geneticamente por uma radiação recebida. Esse fato induziu nele uma mutação, conferindo-lhe poderes especiais, como a capacidade de construir sua própria teia, de escalar edifícios e dar grandes saltos. Apesar da fantasia envolvida, essa história nos possibilita pensar sobre aranhas, mutações genéticas e suas consequências. Com base nos conhecimentos sobre esses assuntos, assinale o que for **correto**.

- 01** As aranhas são quelicerados com o corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen. Apresentam também oito pares de pernas no tórax, quelíceras e pedipalpos, e um par de antenas diminutas. Não possuem asas.
- 02** A aranha armadeira inocula sua peçonha por meio de ferrões localizados nas quelíceras, causando dor local intensa por todo o membro atingido. Em crianças os acidentes são mais graves.
- 04** O abdômen segmentado das aranhas é coberto de cerdas quitinosas, e apenas as fêmeas possuem fiandeiras na extremidade posterior, para a confecção das teias.
- 08** Mutação cromossômica ou aberração cromossômica é uma alteração na frequência das bases nitrogenadas do DNA.
- 16** O número de cromossomos, assim como o número e a ordenação dos genes em cada cromossomo, é constante em uma mesma espécie.

Soma:

43. UEL-PR 2018 Leia o texto a seguir.

O carrapato estrela (*Amblyomma cajennense*), o mesmo que transmite a febre maculosa, também é vetor da bactéria *Borrelia burgdorferi*, que causa a Síndrome de Baggio-Yoshinari (SBY), uma doença infecciosa que foi registrada pela primeira vez na região de Londrina, popularmente chamada de “Doença de Lyme.” Os possíveis casos de doença de Lyme, em 2017, deixaram a população de Londrina em alerta sobre a presença de carrapatos em animais domésticos.

(Adaptado de: *Folha de Londrina*. Folha Saúde. 22 maio 2017. Disponível em: <<http://www.folhadelondrina.com.br/saude/londrina-temo-primeiro-caso-de-doenca-transmitida-pelo-carrapato-978135.html>>. Acesso em: 14 jun. 2017)

Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, responda aos itens a seguir.

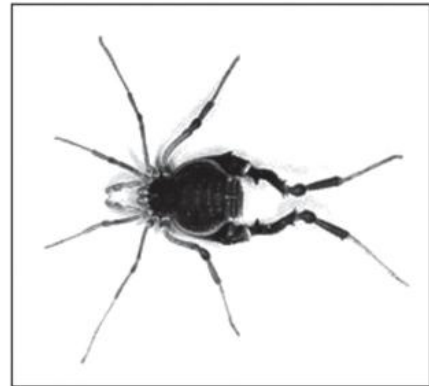
- a)** Os carrapatos pertencem a qual filo animal? Cite duas características desse filo.
- b)** Informe qual é o agente etiológico, o vetor e o hospedeiro da doença de Lyme, nesse texto.

44. UFU-MG As cidades têm crescido de forma aleatória e sem planejamento. Consequentemente, ocorrem alterações nas populações de animais presentes nesses espaços, visto que o homem continua avançando sobre áreas até então consideradas *habitats* de outras espécies. A presença excessiva de escorpiões das espécies *Tityus serrulatus* e *Tityus bahiensis* em

áreas verdes, de lazer e no perímetro das residências em certas regiões brasileiras como, por exemplo, nos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia é um exemplo dos desajustes ambientais urbanos.

- a)** Apresente, pelo menos, duas condições ambientais que justifiquem a dispersão de escorpiões em espaços internos ou no perímetro das residências.
- b)** Explique com que finalidade e de que forma os escorpiões utilizam o agulhão, destacando onde essa estrutura está localizada.

45. Fuvest-SP A figura mostra um artrópode.



- a)** A que grupo de artrópodes pertence esse animal? Cite uma característica observável na figura e que permite chegar a essa conclusão.
- b)** Em algumas espécies desse grupo, os machos cuidam dos ovos. Em experimentos laboratoriais, quando fêmeas foram colocadas em situação de escolha de um macho para cópula, elas escolheram aqueles que estavam cuidando de ovos. Qual seria a vantagem adaptativa desse comportamento de escolha de machos cuidadores de ovos?

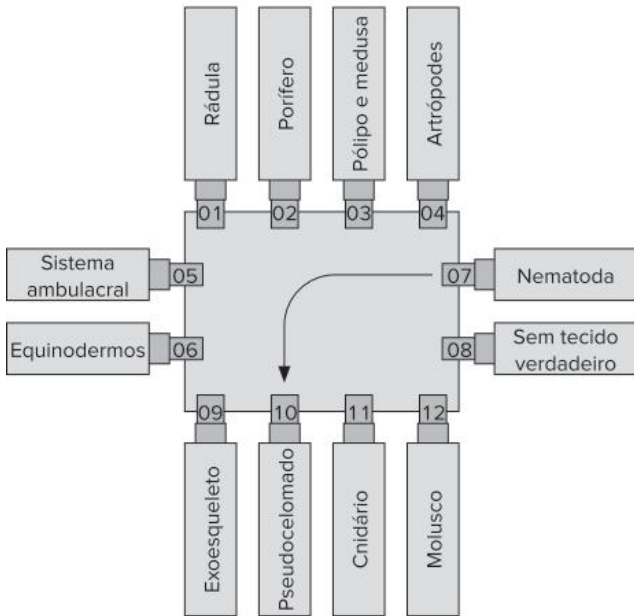
46. UEPG-PR 2019 Analise o quadro abaixo representando características gerais de alguns grupos de artrópodes. Respeitando a numeração presente no quadro, assinale o que for correto.

	Aracnídeos	Insetos	Crustáceos	Quilópodes
Exemplo	(I)	Borboleta, formiga	Camarão, lagosta	(II)
Pernas	4 pares	(III)	Variável	(IV)
Antenas	(V)	(VI)	2 pares	1 par
Respiração	Traqueia ou Filotraqueia	Traqueia	(VII)	Traqueia
Excreção	(VIII)	Túbulos de Malpighi	(IX)	Túbulos de Malpighi

- 01** (I) Aranha, escorpião; (II) Lacraia; (IV) 1 par por segmento
- 02** (III) 3 pares; (V) Ausentes; (VIII) Glândulas coxais e túbulos de Malpighi
- 04** (VI) 1 par; (VII) Brânquias; (IX) Glândulas verdes
- 08** (III) 2 pares; (V) 1 par; (VII) Filotraqueia
- 16** (IV) 4 pares; (VI) 2 pares; (IX) Glândulas coxais

Soma:

- 47. UFSC 2020** Um professor de Biologia elaborou um modelo didático utilizando apenas papelão, folha de papel e pegadores de roupa, conforme a figura abaixo, com o objetivo de revisar os conteúdos de Zoologia. Ele solicitou aos alunos que ligassem cada grupo de animal com a característica correspondente, conforme o exemplo da ligação entre os pegadores nº 07 e nº 10.



Em relação ao modelo didático e sobre Zoologia, é correto afirmar que:

- 01** a ligação entre os pegadores nº 02 e nº 03 é esperada pelo professor, pois os poríferos possuem alternância de geração, com uma fase pólipos e outra medusa.
- 02** o sistema ambulacral (pegador nº 05) é típico dos cnidários (pegador nº 11), no qual o revestimento interno possui células flageladas conhecidas como “coanócitos”, responsáveis pela digestão intracelular.
- 04** os equinodermos, os poríferos e os cnidários são animais protostômios; já os nematódeos, os moluscos e os artrópodes são deuterostômios.
- 08** a ligação entre os pegadores nº 01 e nº 12 é esperada pelo professor, porém a rádula é uma estrutura que não está presente em todas as ordens dos moluscos.
- 16** o pegador nº 09 tem duas opções corretas de ligação (com o pegador nº 04 ou com o nº 06), pois tanto os artrópodes quanto os equinodermos possuem exoesqueleto.
- 32** não há uma opção de ligação correta com o pegador nº 08, pois todos os grupos de animais apresentados possuem tecido verdadeiro; observa-se apenas um grupo com simetria radial e diblástico, e os demais grupos são triblásticos.
- 64** os animais do pegador nº 07, além de serem pseudocelomados, possuem sistema digestivo completo, e há diversas espécies de impor-

tância médica, tais como *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma duodenale*, *Wuchereria bancrofti* e *Ancylostoma braziliensis*.

Soma:

- 48. Fuvest-SP 2013** Os equinodermos são animais deuterostômios marinhos que apresentam simetria radial na fase adulta e bilateral na fase de larva.
- a) A palavra deuterostômio deriva do grego: *deu-teros* = segundo, secundário; *stoma* = boca. Que característica justifica denominar os equinodermos como 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.
- 49. Unicamp-SP 2013** Um zoólogo recebeu um animal marinho encontrado em uma praia. Ao tentar identificá-lo com o auxílio de uma lupa, o pesquisador notou, na superfície corporal do animal, a presença de espinhos e de estruturas tubulares, identificadas como pés ambulacrais.
- a) Com base nesses elementos da anatomia externa, determine o filo a que pertence o animal em análise. Nomeie uma classe desse filo e dê um exemplo de um animal que a represente.
- b) Explique como ocorre a reprodução dos animais pertencentes a esse filo.
- 50. UEPB 2013** Os grupos de animais vertebrados apresentam apenas endoesqueleto, enquanto que os invertebrados podem apresentar exoesqueleto ou endoesqueleto. Em função, principalmente de sua composição química, o esqueleto tanto pode servir para proteção quanto para sustentação. Assinale corretamente o par de grupos de animais que possuem, respectivamente, exoesqueleto e endoesqueleto, ambos com função de proteção e sustentação e composição química calcária.
- a) Artrópodes e Moluscos
b) Celenterados e Equinodermas
c) Tecamebas e Radiolários
d) Moluscos e Cefalópodos
e) Artrópodes e Cefalópodos
- 51. UPF-RS 2012**
- Um pequenino grão de areia
que era um pobre sonhador
olhando o céu viu uma estrela
e imaginou coisas de amor (...)
(...) o que há de verdade
é que depois, muito depois
apareceu a estrela do mar

(Herivelto Martins)

As estrelas-do-mar são:

- equinodermos com revestimento calcário, sem espinhos e tecido muscular
- equinodermos com epiderme recobrimdo os espinhos calcários articulados às placas do endoesqueleto
- equinodermos com epiderme queratinizada nos pés ambulacrais e superfície corporal lisa
- poríferos com epiderme recobrimdo os espinhos calcários articulados às placas do esqueleto
- poríferos com epiderme queratinizada nos pés ambulacrais

52. UFPR Dois estudantes de Biologia encontraram no mar, próximo à praia, um organismo que nunca tinham visto antes, mas que pelos seus conhecimentos prévios supuseram que poderia ser um porífera ou um urocordado. Como eles devem proceder para decidir a qual grupo pertence esse organismo?

- Verificar se é unicelular ou pluricelular.
- Verificar se é um procaríoto ou um eucarioto.
- Descobrir se ele é sésil ou se desloca num substrato.
- Descobrir se ele é predominantemente aquático ou terrestre.
- Verificar se possui tubo digestivo.

53. UFC-CE Cite duas características dos anfioxos, pertencentes ao táxon Cephalochordata, que são utilizadas para embasar as relações filogenéticas com os vertebrados. Em que se baseia a denominação do táxon? Diga em qual etapa do desenvolvimento embrionário é reconhecida a característica que denomina o táxon e descreva como esta característica se origina embriologicamente.

54. Udesc 2015 O filo dos cordados possui três subfilos: Vertebrados, Urocordados e Cefalocordados. O anfioxo, mostrado na figura, é o representante *tipo* do último subfilo. Uma característica marcante do anfioxo destes animais é que o revestimento corporal é relativamente transparente e permite visualizar sua musculatura metamerizada, organizada em blocos.

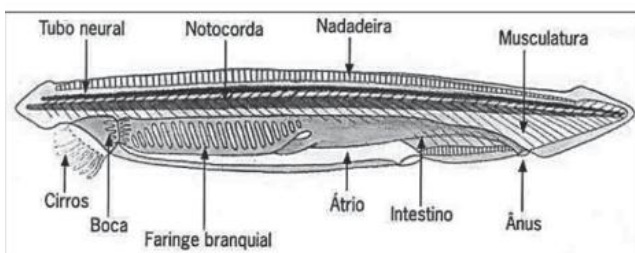


Figura 4
Anatomia do Anfioxo – corte longitudinal.

Fonte: Adaptado de: Loyola e Silva, J.; Zoologia, 1ª ed., FTD, 1973, p. 480.

Com relação ao anfioxo e ao filo dos cordados, analise as proposições.

I. Pela análise da anatomia dos anfioxos, pode-se afirmar que possuem tubo digestório completo.

- A respiração do anfioxo é do tipo pulmonar.
- O hábitat do anfioxo é aquático.
- Nos cordados vertebrados a notocorda se transforma na coluna vertebral.
- Os cordados apresentam durante seu desenvolvimento embrionário: tubo nervoso dorsal; notocorda; fendas faringianas e cauda pós-anal.

Assinale a alternativa **correta**.

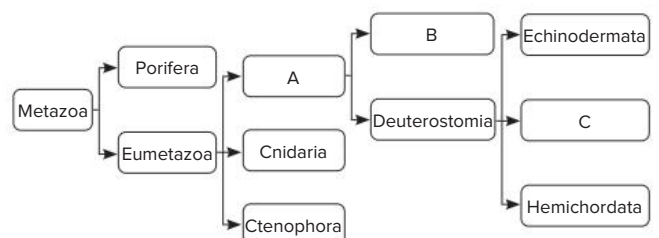
- Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II, III e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas III, IV e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.

55. UEPG-PR 2014 Entre as características da reprodução dos animais, assinale o que for correto.

- Os Poríferos apresentam reprodução exclusivamente sexuada.
- Os Nematódeos apresentam o brotamento como mecanismo de reprodução mais frequente, onde os brotos são formados por amebócitos que originam novos indivíduos.
- Nos Cnidários, a reprodução assexuada pode ser realizada por brotamento ou estrobilização.
- Nos Plelmintos, a planária pode realizar reprodução assexuada por laceração.
- Entre os cefalocordados, os sexos são separados e a fecundação é interna. O desenvolvimento é direto.

Soma:

56. UFJF-MG O grau de semelhança entre os organismos sempre foi o principal critério para os seus agrupamentos. Com o advento da ideia de evolução entre os seres vivos, o grau de semelhança também passou a significar grau de parentesco evolutivo. O grau de parentesco evolutivo entre os metazoários é determinado por semelhanças exclusivas fundamentais que caracterizam os grupos. As letras A, B e C representam as seguintes características, RESPECTIVAMENTE:



- Simetria bilateral; Boca derivada do blastóporo; Presença de notocorda
- Simetria radial; Boca derivada do blastóporo; Tegumento quitinoso
- Simetria bilateral; Ausência de celoma verdadeiro; Presença de um pseudoceloma
- Presença de celoma; Metamerizados; Ausência de apêndices articulados
- Simetria radial; Com três folhetos germinativos; Ausência de metameria

EM13CNT203

1. Leia o fragmento de reportagem a seguir.

Proliferação de espécie invasora de mexilhão afeta hidrelétricas

A proliferação do mexilhão-dourado tornou o molusco uma praga nos rios e nos reservatórios de água doce da região Sul do Brasil. Seu principal impacto é econômico: a espécie se fixa em superfícies submersas e forma incrustações que trazem prejuízo financeiro em usinas hidrelétricas. Suas colônias podem atingir densidades de mais de 100 mil indivíduos por metro quadrado.

O molusco já está presente em pelo menos 50 hidrelétricas brasileiras, segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Uma usina de pequeno porte afetada tem prejuízo diário de cerca de R\$ 40 mil a cada dia de paralisação. A Usina de Itaipu, que está na lista de atingidas, aumentou o volume de manutenção das turbinas após a chegada da espécie invasora, gerando custos diários extras de cerca de US\$ 1 milhão por dia de limpeza.

FIGUEIREDO, P. Proliferação de espécie invasora de mexilhão afeta hidrelétricas. *G1*, 26 abr. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/desafio-natureza/noticia/2019/04/26/proliferao-de-especie-invasora-de-mexilhao-afeta-hidreletricas.ghtml>. Acesso em: 21 out. 2021.

O mexilhão-dourado é uma espécie invasora que foi introduzida no Brasil nos anos de 1990. A respeito da situação exposta, assinale a alternativa correta.

- a) O único impacto que a introdução de espécies pode causar é econômico, uma vez que espécies locais não são afetadas pela introdução de espécies exóticas.
- b) O aumento da população de mexilhões pode causar redução da população de peixes, uma vez que esses moluscos são predadores carnívoros.
- c) Os mexilhões são moluscos aquáticos que pertencem à mesma classe dos polvos e das lulas, que também são animais predadores.
- d) Os mexilhões são animais filtradores. Sendo assim, caso a água esteja poluída, toxinas podem ficar retidas no animal e seu consumo pelas pessoas se torna arriscado.

EM13CNT303

2. Leia o texto a seguir.

Segundo dados preliminares do Ministério de Saúde, o país registrou no ano passado 171.576 acidentes com animais peçonhentos. A maioria dos casos estão relacionados com **escorpiões**. Foram 90.026 registros. Os episódios com **aranhas** vêm em segundo lugar e envolvem 28.799 notificações, das quais 14% se relacionavam com a aranha armadeira. A maioria dos acidentes ocorre quando a espécie se esconde entre entulhos ou busca abrigo nas residências, misturando-se às roupas e aos sapatos.

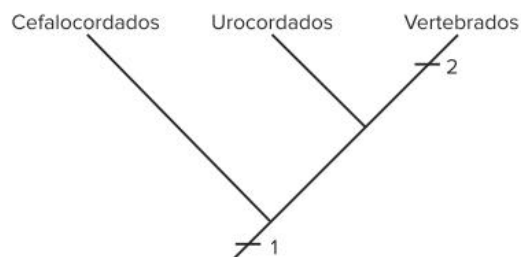
RODRIGUES, L. *Agência Brasil*, 9 abr. 2017. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2017-04/pesquisa-com-veneno-de-aranha-pode-gerar-remedio-para-disfuncao>. Acesso em: 21 out. 2021.

Os animais em destaque no fragmento da reportagem

- a) pertencem ao filo dos artrópodes, são dotados de três pares de patas e seu corpo está dividido em cabeça, tórax e abdome.
- b) são dotados de quelíceras. Nas aranhas, as quelíceras atuam na inoculação de veneno, enquanto nos escorpiões a estrutura inoculadora de veneno é o aguilhão.
- c) pertencem à classe dos insetos, apresentam quatro pares de patas e seu corpo está dividido em cefalotórax e abdome.
- d) são dotados de antenas. Tanto nas aranhas quanto nos escorpiões, as antenas são articuladas e têm função sensorial.
- e) pertencem à classe dos aracnídeos, possuem um par de antenas, quatro pares de patas e corpo dividido em cefalotórax e abdome.

EM13CNT302

3. A figura a seguir representa possíveis relações evolutivas existentes entre os subfilos pertencentes ao filo dos cordados.



As características 1 e 2 podem ser, respectivamente:

- a) Notocorda e fendas faringianas.
- b) Vértebras e notocorda.
- c) Notocorda e vértebras.
- d) Vértebras e fendas faringianas.



Rosario_L/Shutterstock.com

Popularmente conhecida como rã-de-vidro ou perereca-de-vidro, a espécie de anfíbio *Vitreorana eurygnatha* encontra-se ameaçada de extinção devido à ação do fungo *Batrachochytrium dendrobatidis*.

FRENTE 3

CAPÍTULO

6

Zoologia dos vertebrados

Nas últimas décadas tem sido relatado um acelerado declínio nas populações de anfíbios ao redor do mundo. Entre as causas desse declínio estão a perda de habitats, a poluição e a disseminação de uma doença causada pelo fungo da espécie *Batrachochytrium dendrobatidis*. Os anfíbios estão envolvidos em muitas relações ecológicas; por isso, essa redução populacional, que pode levar à extinção de diversas espécies, é preocupante. Os anfíbios atuam, por exemplo, no controle populacional de mosquitos, inclusive de espécies que transmitem doenças aos humanos. Neste capítulo, faremos uma análise do subfilo dos vertebrados, grupo do qual os anfíbios fazem parte.

Introdução

Durante o período Cambriano, há aproximadamente 500 milhões de anos, uma linhagem de cordados originou os vertebrados (subfilo Vertebrata), ou seja, cordados dotados de coluna vertebral. Em alguns vertebrados, as vértebras correspondem apenas a projeções cartilaginosas dispostas ao longo da notocorda. Contudo, na maioria dos representantes desse subfilo, as vértebras envolvem a medula espinal (estrutura do sistema nervoso), desempenhando a função de sustentação. Devido à presença de crânio, os vertebrados também são designados como animais craniados.

De maneira geral, os vertebrados atuais estão divididos em dois grupos: os ágnatos (Agnatha) e os gnatostomados (Gnathostomata). Os gnatostomados compreendem os peixes e os tetrápodes (do grego *tetra*, quatro, e *podos*, pés). Estes, por sua vez, incluem vertebrados que descendem de ancestrais dotados de quatro membros locomotores, a exemplo dos anfíbios, répteis (incluindo as aves) e mamíferos.

Controle da temperatura corporal nos vertebrados

De forma geral, existem dois mecanismos básicos de controle da temperatura corporal nos vertebrados. Um desses mecanismos é a **ectotermia** (do grego *ektós*, externo, e *therme*, temperatura), observada em ágnatos, na maioria dos peixes, nos anfíbios e em muitos répteis. Nesses animais a temperatura corpórea, em geral, varia de acordo com a temperatura do meio; por esse motivo, podem, em certos casos, ser chamados de **pecilotérmicos** (do grego *poikilos*, aquilo que varia). Um lagarto, por exemplo, pode se expor ao sol, caso a temperatura de seu corpo esteja baixa, ou pode se abrigar na sombra, caso a temperatura de seu corpo já esteja alta. Como o animal usa fontes de calor presentes no meio para regular a temperatura do corpo, o custo energético da ectotermia é relativamente baixo; contudo, o metabolismo do animal fica suscetível a variações da temperatura do meio, limitando a distribuição geográfica dos ectotérmicos a regiões do planeta cuja média de temperatura é mais alta, como a região equatorial e as regiões tropicais.

O outro mecanismo de controle da temperatura corporal é a **endotermia** (do grego *éndon*, interno). São exemplos de animais endotérmicos algumas espécies de peixes, as aves, atualmente consideradas uma linhagem de répteis, e os mamíferos. Esses animais possuem mecanismos internos de controle da temperatura corporal; dessa forma, podem manter a temperatura do corpo relativamente constante frente ao ambiente em que vivem. Por isso, em certas situações, esses animais podem ser designados como **homeotérmicos** (do grego *hómois*, semelhante). A energia usada no controle da temperatura corporal dos endotérmicos provém do metabolismo do próprio animal, acarretando um custo energético bastante alto quando comparado à ectotermia. Porém, uma vantagem da endotermia reside no fato de o metabolismo dos animais endotérmicos ser menos suscetível a variações da temperatura externa, permitindo maior distribuição geográfica, sobretudo em ambientes frios.

Ágnatos

Também conhecidos como **cliclóstomos**, esses vertebrados aquáticos apresentam **boca circular** (do grego *kyklos*, circular, e *stoma*, boca), **vértebras rudimentares** e são **desprovidos de mandíbulas** (do grego *a*, sem, e *gnathos*, mandíbula). Os representantes desse grupo são as lampreias e os peixes-bruxa (feiticeiras). Nesses animais, a notocorda persiste durante toda a vida e as estruturas esqueléticas são constituídas de cartilagem.



As lampreias são, em sua maioria, parasitas. Ao se aderir a um peixe vivo, as lampreias usam sua boca e língua (no detalhe) e abrem um buraco na lateral do corpo, se alimentando de sangue e de outros tecidos do peixe. No que tange à reprodução, são animais dioicos que praticam fecundação externa e exibem desenvolvimento indireto. Medem cerca de 70 cm de comprimento.



As espécies de peixes-bruxa são marinhas e a maioria é necrófaga, alimentando-se de peixes ou outros animais mortos. Quanto à reprodução, são animais monoicos com desenvolvimento direto. Medem cerca de 1 m de comprimento.

Gnatostomados

Também chamados de **gnatostômios**, esses vertebrados são animais dotados de mandíbula (do grego *gnathos*, mandíbulas, e *stoma*, boca). Em relação aos ágnatos, a principal vantagem que o surgimento da mandíbula trouxe está ligada à alimentação: essa característica permite abrir e fechar a boca e realizar a mastigação, facilitando a obtenção de alimento e aumentando a diversidade de alimentos que podem ser consumidos. Pelo registro fóssil, os gnatostomados surgiram há aproximadamente 440 milhões de anos.

Peixes

O termo peixe é usado na designação de animais aquáticos, em geral, com corpo hidrodinâmico e majoritariamente com respiração branquial. Além disso, apresentam nadadeiras, a maioria tem escamas recobrindo o corpo e a excreção ocorre, sobretudo, por meio de rins. Os peixes estão divididos em dois grupos: os condrictes (Chondrichthyes) e os osteíctes (Osteichthyes).

Condrictes

Os principais representantes desse grupo de peixes são os tubarões e as raias, pertencentes à subclasse dos elasmobrânquios (Elasmobranchii). Além dos tubarões e das raias, os condrictes compreendem as quimeras, peixes classificados na subclasse Holocephali. Esses vertebrados apresentam **esqueleto predominantemente cartilaginoso** (do grego *khondrós*, cartilagem, e *ichthys*, peixe), sendo popularmente designados como peixes cartilagosos.



Tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*, mede cerca de 4 m de comprimento), um tubarão bastante comum no litoral nordeste do Brasil. O tamanho dos tubarões varia de acordo com a espécie. O tubarão-baleia, por exemplo, pode passar os 10 metros de comprimento, enquanto o tubarão-lanterna atinge em torno de 20 cm de comprimento.

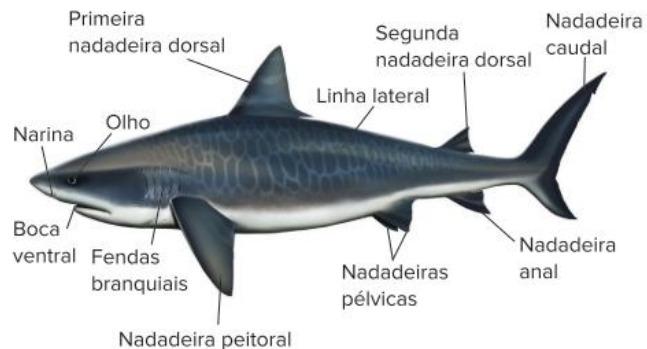


Raias-manta (*Mobula alfredi*, medem cerca de 3 m de comprimento), são condrictes marinhos. No Brasil, há diversas espécies de raias de água doce.



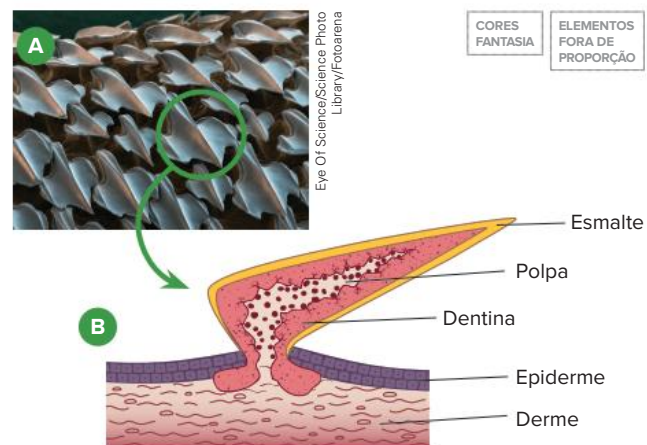
Quimera (*Hydrolagus colliciei*, mede cerca de 30 cm de comprimento), um peixe condricte.

As nadadeiras dos peixes estão organizadas, de forma geral, em nadadeiras ímpares, como as dorsais, anal e caudal, e nadadeiras pares, como as peitorais e as pélvicas. A presença de nadadeiras, associada ao corpo hidrodinâmico, facilita o deslocamento no meio aquático. Por ser assimétrica, com o ramo superior maior que o ramo inferior, a nadadeira caudal dos condrictes é chamada de **heterocerca**.



Representação da anatomia externa de um tubarão.

A pele dos condrictes apresenta escamas cuja estrutura é semelhante à de um dente. Essas escamas, denominadas **placoides**, apresentam **esmalte**, de origem epidérmica, e **dentina**, de origem dérmica, sendo, portanto, estruturas de origem dermoepidérmica. Também possuem **polpa**, região com terminações nervosas e vasos sanguíneos. A análise da origem das escamas placoides nos permite apontá-las como estruturas homólogas aos dentes.



Escamas placoides vistas ao microscópio eletrônico (A) e representação da estrutura dessas escamas, características dos condrictes (B).

A boca dos condrictes tem posição **ventral** e apresenta várias fileiras de dentes. Uma característica curiosa é que, quando um dente é perdido, ele é substituído por um novo dente. Dessa forma, os dentes são continuamente repostos durante toda a vida do animal.

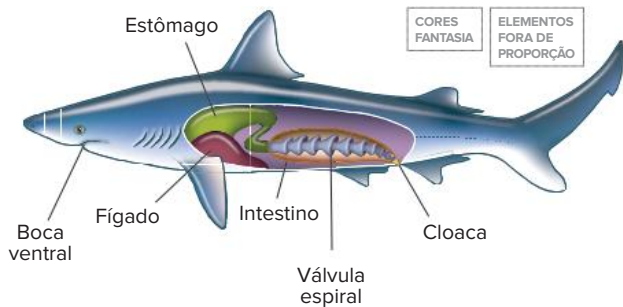
O tubo digestório dos condrictes termina em **cloaca**, câmara comum aos tratos digestório, urinário e reprodutivo, com uma abertura única para o ambiente. No intestino desses animais há uma **válvula espiral** (tiflosole), estrutura que aumenta a área de superfície de absorção dos nutrientes e permite que o alimento permaneça mais tempo no tubo digestivo, resultando em aumento do tempo de digestão.

Konstantin GShutterstock.com

Michael Bogner/Shutterstock.com

Jacobl Loyacano/Shutterstock.com

Greg Ampman/Shutterstock.com



Representação do tubo digestório de um tubarão.

Nos condrictes, não é observado opérculo, uma placa que recobre e protege as brânquias. Assim, os 5 a 7 pares de fendas branquiais ficam expostos.

Além de participarem das trocas gasosas, as brânquias contribuem com a excreção. Contudo, assim como em todos os animais vertebrados, os rins são os principais órgãos responsáveis pela eliminação dos resíduos metabólicos. Nos condrictes, a principal excreta nitrogenada é a **ureia**.

A respeito do sistema nervoso, os peixes são dotados de estruturas sensoriais que lhes permitem ter sentidos aguçados. Uma estrutura sensorial típica de todos os peixes é a **linha lateral**, localizada ao longo de cada lado do peixe desde a cabeça até a cauda. Trata-se de uma estrutura mecanorreceptora, atuando na percepção de vibrações e variações de pressão na água. Estruturas sensoriais aguçadas são muito importantes ao hábito predador. Além da linha lateral, tubarões também têm estruturas chamadas **ampolas de Lorenzini**, localizadas na cabeça, que detectam campos elétricos gerados na água pela atividade muscular de outros animais. Além disso, os tubarões possuem olfato e visão aguçados. Toda essa sensibilidade dos tubarões orienta de forma bastante precisa a captura de presas.

Os condrictes não possuem órgãos responsáveis pelo controle da flutuação. Apresentam **grande reserva de óleo**, menos denso que a água, em seu fígado, o que reduz o gasto de energia durante o nado; mas, mesmo assim, continuam mais densos do que água. Consequentemente, se um tubarão parar de nadar, ele afundará. O nado constante garante o fluxo de água para as brânquias, sendo importante às trocas gasosas.

A respeito da reprodução, os condrictes são **dioicos**, realizam **fecundação interna** e exibem **desenvolvimento direto**. A fecundação interna ocorre por meio de um par de órgãos copuladores formados por diferenciação das nadadeiras pélvicas observada nos machos, os **cláspers**, que transferem gametas para a fêmea durante a cópula.

O desenvolvimento dos condrictes é diverso. Existem espécies **ovíparas**, ou seja, aquelas que colocam ovos com bastante vitelo e o desenvolvimento do embrião ocorre fora do corpo da mãe. Outras espécies são **ovovivíparas**; nelas o ovo fertilizado fica retido no corpo materno, mas o embrião é nutrido apenas pelo vitelo acumulado no ovo. A eclosão ocorre no interior do organismo materno, e os filhotes são liberados. Há também algumas espécies **vivíparas**; neste caso, o desenvolvimento ocorre dentro do útero e os nutrientes necessário ao embrião são fornecidos pelo sangue da mãe.

Osteíctes

A maioria dos vertebrados pertence ao grupo dos osteíctes, peixes de **esqueleto ósseo** (do grego *osteos*, osso, e *ichthys*, peixe), sendo normalmente chamados de peixes ósseos. Salmão, sardinha, piranha, atum, tilápia, bacalhau e bagre são exemplos de peixes pertencentes a esse grupo. Atualmente, há cerca de 28 mil espécies de peixes ósseos descritas.



Atum-azul (*Thunnus maccoyii*, mede cerca de 1,6 m de comprimento), peixe ósseo muito utilizado na alimentação humana. Essa espécie encontra-se atualmente ameaçada de extinção, devido à pesca para alimentação.

A maioria dos osteíctes pertence ao grupo dos actinoptérgios, peixes com nadadeiras raiadas, isto é, sustentadas por raios ósseos. Há também os osteíctes do grupo dos sarcopterígeos, peixes cujas nadadeiras são lobadas, com ossos envolvidos por músculos. Os peixes sarcopterígeos podem ser divididos em duas linhagens: Actinistia (celacantos) e Dipnoi.

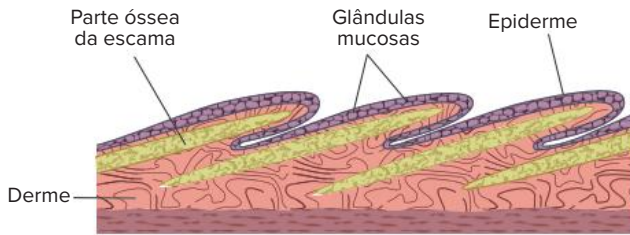
Acreditava-se que a linhagem dos celacantos estava extinta há 75 milhões de anos. Porém, em 1938, um celacanto vivo foi capturado na costa da África do Sul e, desde o final do século XX, celacantos têm sido encontrados na costa leste da África e próximos à Indonésia. Os Dipnoi (dipnoicos), conhecidos como peixes pulmonados, serão detalhados mais adiante neste capítulo.



Celacanto (*Latimeria chalumnae*, mede cerca de 2 m de comprimento), um peixe de nadadeiras lobadas que vive em profundidades de até 700 metros.

Os osteíctes, assim como os peixes cartilagosos, têm nadadeiras ímpares (dorsal, anal e caudal) e pares (peitorais e pélvicas). Entretanto, há uma diferença em relação aos condrictes: a nadadeira caudal é simétrica, com ramo superior e inferior de mesmo tamanho, sendo denominada **homocerca**.

As **escamas** dos osteíctes são ósseas, achatadas e têm **origem dérmica**. Sobre essas escamas, há uma epiderme dotada de glândulas secretoras de muco, uma adaptação importante ao nado, uma vez que o muco reduz o atrito do peixe com a água durante a natação. Vale salientar que existem osteíctes que não possuem escamas, a exemplo do bagre.

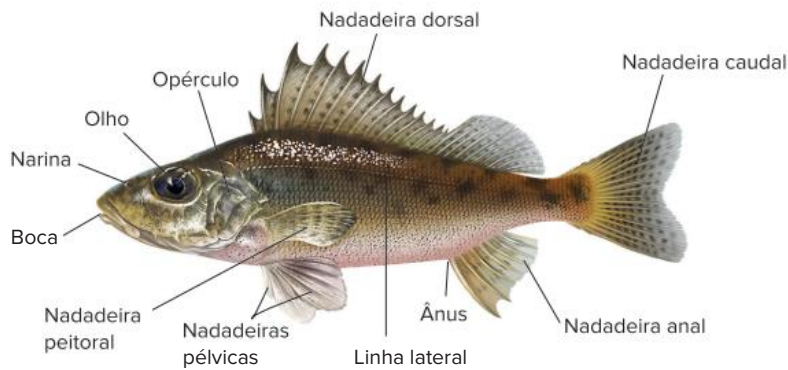


Representação das escamas dérmicas características dos osteíctes, vistas em corte.



Bagre (*Phractocephalus hemiliopterus*, mede cerca de 60 cm de comprimento), um peixe ósseo desprovido de escamas.

Nos peixes ósseos, a boca ocupa posição **frontal**, localizada na extremidade anterior, e o tubo digestório termina no ânus.



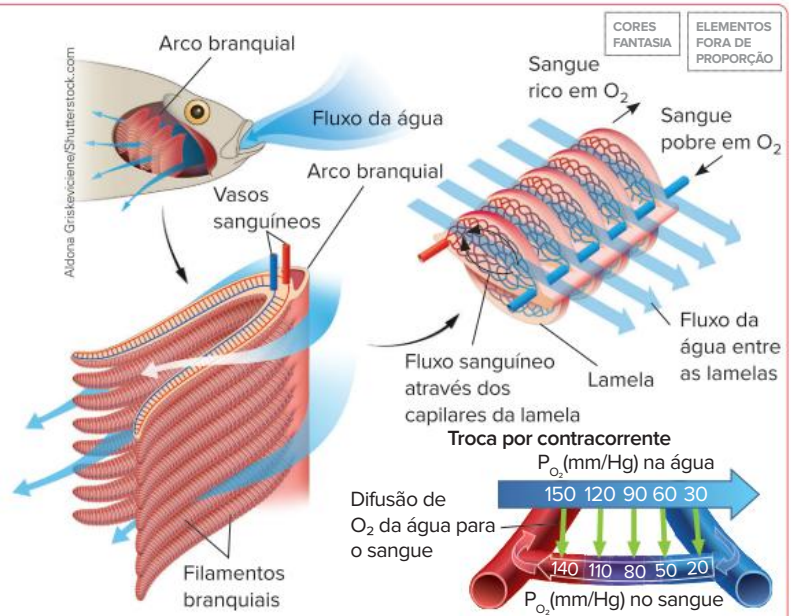
Representação da anatomia externa de um peixe ósseo. Nos peixes ósseos, assim como nos peixes cartilagosos, é encontrada a linha lateral.

A respiração é branquial, assim como nos peixes em geral. Porém, nos osteíctes, as brânquias encontram-se cobertas por uma placa óssea protetora chamada **opérculo**. A movimentação do opérculo melhora a circulação de água pelas brânquias, contribuindo com o aumento da eficiência das trocas gasosas.

Saiba mais

As trocas gasosas nas brânquias e o fluxo contracorrente

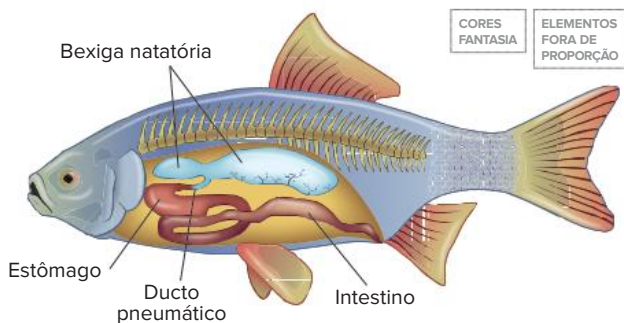
As brânquias são projeções da superfície corporal que entram em contato com a água. É comum as brânquias apresentarem área de superfície total maior do que a superfície exterior do corpo, conferindo a essa estrutura respiratória ampla superfície disponível para as trocas gasosas. Nos peixes, as trocas gasosas entre água e sangue são maximizadas em decorrência do fluxo contracorrente. Nesse mecanismo, o sangue flui no sentido oposto ao da água que está passando nos capilares sanguíneos das lamelas branquiais. Dessa forma, ao longo do seu trajeto, como pode ser observado na imagem a seguir, o sangue sempre apresenta menor pressão parcial de O_2 do que a da água que está passando entre as lamelas branquiais, favorecendo a difusão desse gás da água para o sangue.



Mecanismo de contracorrente observado nas brânquias de um peixe.

A **excreção** é realizada principalmente pelos **rins**, e o principal resíduo nitrogenado eliminado pelos osteíctes é a **amônia**.

A respeito da flutuação, os osteíctes são dotados de uma estrutura com função hidrostática chamada **bexiga natatória** ou **vesícula gasosa**. Essa estrutura confere ao peixe a capacidade de manter sua flutuabilidade em diferentes profundidades e deslocar-se verticalmente na coluna d'água, praticamente sem ação muscular, por meio do controle de sua densidade corporal enchendo ou esvaziando a bexiga natatória com gases, como o O_2 . Ao se deslocar para o fundo, a pressão exercida pela água sobre o corpo do peixe resultaria em redução abrupta do volume da bexiga natatória, fazendo com que o peixe afundasse rapidamente; nessa situação, gases difundem-se do sangue para o interior da bexiga natatória, ajustando a densidade corporal e controlando a flutuação. Nas situações em que o peixe nada em direção à superfície, devido à redução da pressão da água sobre o corpo, a tendência é de rápido aumento do volume da bexiga natatória e, conseqüentemente, redução da densidade corporal, levando a uma subida demasiadamente rápida; nesse caso, gases são lançados da bexiga de volta para o sangue, ajustando a densidade corporal e controlando a subida do peixe na coluna d'água. Esses ajustes permitem também que o peixe fique parado a uma certa profundidade na coluna d'água sem grandes gastos energéticos.



Representação da anatomia interna de um peixe ósseo, com destaque para a bexiga natatória e para as estruturas do sistema digestório. Nesse esquema, é observado o ducto pneumático ou pneumoduto, estrutura que liga a bexiga natatória ao tubo digestório. Os osteíctes nos quais essa ligação está presente são chamados de fisóstomos. Os peixes ósseos nos quais não há ligação da vesícula gasosa com o tubo digestório, estando a bexiga natatória ligada apenas ao sistema circulatório, são denominados fisoclistos.

Evolutivamente, a bexiga natatória deriva de uma bolsa gasosa que atuava como um pulmão primitivo. A existência dessa estrutura é especialmente vantajosa para peixes que vivem em corpos de água que secam periodicamente, ou para aqueles que habitam águas com pouco movimento e baixa disponibilidade de oxigênio. Entre os peixes ósseos atuais, os dipnoicos, também chamados de peixes pulmonados, podem subir à superfície para engolir ar atmosférico, que chega à bexiga natatória por meio de uma comunicação com o tubo digestório. Apesar da designação "peixes pulmonados", vale ressaltar que esses osteíctes possuem brânquias. Um exemplo de peixe pulmonado é a piramboia, encontrado na bacia amazônica.



Piramboia (*Lepidosiren paradoxa*, mede cerca de 80 cm de comprimento), um exemplo de peixe pulmonado.

Estabelecendo relações

Segundo os conceitos da Física, quanto maior a densidade de uma solução, maior o empuxo que o líquido exerce sobre um corpo nele totalmente mergulhado. A água doce, com baixa concentração de solutos, possui densidade de aproximadamente 1g/cm^3 . Já a água do mar, devido à maior concentração de sais, tem densidade média de $1,03\text{g/cm}^3$. Consideremos dois aquários com 10 metros de profundidade cada, um com água doce e outro com água salgada. Em cada aquário vive um peixe ósseo, ambos de mesmo tamanho e cujas bexigas natatórias, quando vazias, também têm o mesmo tamanho. Quando esses peixes estão a 5 metros de profundidade em seus respectivos aquários, a bexiga natatória do peixe de água salgada deve estar menor que a do peixe de água doce. Devido à diferença de densidade entre a água doce e a salgada, o empuxo que age sobre o peixe de água salgada é maior do que o que age sobre o peixe de água doce. Assim, para que esses peixes fiquem à mesma profundidade, seus corpos devem apresentar densidades distintas, sendo que o de água salgada deve estar mais denso do que o de água doce. A bexiga natatória é uma estrutura com função hidrostática que controla a flutuação do peixe por meio do ajuste da densidade corporal. Por isso, à mesma profundidade, a bexiga natatória do peixe de água salgada encontra-se com menor quantidade de gases em seu interior, quando comparada à do peixe de água doce.

A reprodução dos osteíctes é bastante diversificada. Em geral, são animais **dioicos, ovíparos**, realizam **fecundação externa** e exibem **desenvolvimento direto**. A forma jovem da maior parte dos osteíctes é chamada **alevino**.

Há aproximadamente 365 milhões de anos, as nadadeiras de uma linhagem de peixes sarcopterígeos (peixes com nadadeiras lobadas) evoluíram gradativamente, originando os membros dotados de dedos, característicos dos tetrápodes. A partir dessa linhagem, surgiram os anfíbios, os répteis (incluindo as aves) e os mamíferos. Esse foi um passo evolutivo importante na colonização do ambiente terrestre por parte dos vertebrados.

Anfíbios

A classe dos anfíbios (do grego *amphi*, duplo, e *bios*, vida) representa o grupo mais basal de tetrápodes atuais, e a maioria das espécies apresenta um estágio larval aquático e uma fase adulta terrestre. Dessa forma, os anfíbios tendem a ocupar, principalmente, ambientes terrestres úmidos, que representam ambientes de transição entre o meio aquático e o ambiente terrestre. Contudo, mesmo com a colonização do meio terrestre, os anfíbios dependem da água e da umidade para a realização de certas atividades fisiológicas.

Classificação e reprodução

Os representantes da classe dos anfíbios estão distribuídos em três ordens; são elas: Anura, Urodela e Apoda.

Ordem Anura (anuros)

Essa ordem contém ao redor de 85% das espécies de anfíbios. Os anfíbios anuros são os sapos, as pererecas e as rãs. Esses animais, na fase adulta, apresentam quatro patas, mas não possuem cauda. Dessa característica deriva o nome da ordem (do grego *a*, sem, e *oura*, cauda).



Anúrio da espécie *Rhinella marina*, popularmente conhecido como sapo-cururu (mede cerca de 10 cm de comprimento).

Os anuros são animais **dioicos**, praticam **fecundação externa**, que ocorre na água, e exibem **desenvolvimento indireto** devido à formação de uma larva aquática denominada **girino** que, ao passar por uma **metamorfose**, origina o adulto. O girino tem cauda e brânquias, por meio das quais realiza trocas gasosas com a água, mas não apresenta patas. No processo de metamorfose, as brânquias desaparecem e são formados pequenos pulmões, uma adaptação ao meio terrestre ocupado pelo adulto. Também ocorre regressão da cauda e o surgimento das patas. A regressão da cauda do girino depende da ação dos lisossomos, organelas citoplasmáticas que contêm enzimas digestivas, promovendo a digestão das células da cauda.



Representação da metamorfose em anuros. Os ovos dos anfíbios são desprovidos de casca e o embrião é envolvido apenas por uma camada gelatinosa. Por isso, os embriões correm elevado risco de desidratação.

Ordem Urodela (urodelos)

Os urodelos, também designados como caudados, são anfíbios que possuem patas e cauda. Tritões e salamandras são os representantes dessa ordem.



Salamandra-de-fogo (*Salamandra salamandra*, mede cerca de 20 cm de comprimento), um representante de anfíbios urodelos.

Os urodelos são **dioicos**. Existem espécies que realizam **fecundação interna**, enquanto em outras é observada **fecundação externa**. Geralmente, exibem **desenvolvimento indireto**.

Saiba mais

Existem espécies de salamandras que passam a vida toda no meio aquático e não sofrem metamorfose. Dessa forma, essas salamandras mantêm características larvais por toda a vida, mas amadurecem sexualmente e, portanto, podem se reproduzir. Essa característica, na qual animais com aspectos larvais são sexualmente maduros e capazes de se reproduzir, é denominada **neotenia**.

Ordem Apoda (ápodes)

Os ápodes são anfíbios **desprovidos de patas** e que apresentam corpo alongado e cilíndrico. A ausência de patas é secundária, pois esses anfíbios evoluíram de um ancestral dotado de patas. Essa ordem, que também recebe o nome de Gymnophiona, é representada pelas cecílias, também denominadas cobras-cegas, animais de olhos atrofiados que ocupam, principalmente, galerias subterrâneas.

Quanto à reprodução, são animais dioicos que realizam fecundação interna e exibem desenvolvimento direto.



Cecília (*Siphonops paulensis*, mede cerca de 50 cm de comprimento), um anfíbio ápode.

WildMedia/Shutterstock.com

Ondrej Proszky/Shutterstock.com

Amadeu Blasco/Shutterstock.com

Fabio Maffei/Shutterstock.com

Morfologia e fisiologia dos anfíbios

A pele dos anfíbios é fina, permeável, vascularizada e mantém-se úmida e lubrificada graças à existência de glândulas produtoras de muco. Essas características da pele dos anfíbios permitem a ocorrência de trocas gasosas através da superfície corporal, caracterizando a **respiração cutânea**, uma das formas de respiração observada nesses animais. Anfíbios adultos possuem pulmões, denominados **pulmões saculiformes**, dotados de superfície respiratória limitada. Existem alguns anfíbios, a exemplo dos sapos, que utilizam a coana, região entre a boca e a faringe, na realização das trocas gasosas, caracterizando a respiração bucofaríngea. Quando presentes ao longo do desenvolvimento, as larvas apresentam respiração branquial e cutânea.

Há glândulas presentes na pele dos anfíbios que secretam veneno; um exemplo são as **glândulas paratoides** localizadas atrás dos olhos de certos sapos. A toxicidade do veneno produzido varia entre as espécies. Devido à presença das glândulas paratoides, os sapos são classificados como animais venenosos, mas não são peçonhentos, uma vez que o animal peçonhento tem a capacidade de inocular o veneno produzido em outros animais, como ocorre com aranhas, escorpiões e muitas espécies de serpentes.



Localização das glândulas paratoides nos sapos. Quando essas glândulas são comprimidas, o veneno é liberado causando irritação, por exemplo, da mucosa bucal do predador.

Saiba mais

As características da pele dos anfíbios adultos restringem esses animais a ambientes terrestres úmidos. Isso ocorre principalmente porque, devido à permeabilidade da pele, perdem água com facilidade, correndo elevado risco de desidratação. O fato de a pele dos anfíbios ser fina, permeável e altamente vascularizada permite interações diretas com o meio; dessa forma, os anfíbios são altamente sensíveis à qualidade da água e do ar, sendo considerados excelentes bioindicadores. Nesse sentido, alterações do meio podem resultar em declínio das populações de anfíbios e, até mesmo, em extinção de espécies. Atualmente, uma grande preocupação quanto aos anfíbios é uma doença causada pelo fungo da espécie *Batrachochytrium dendrobatidis*; esse fungo se instala na pele dos anfíbios, causando desequilíbrios fisiológicos que resultam na morte do animal.

Quanto à coloração da pele, muitos anfíbios apresentam coloração críptica, isto é, se camuflam no ambiente, enquanto certas espécies, especialmente aquelas que produzem venenos mais potentes, exibem uma coloração chamativa, denominada **coloração de advertência**, ou aposemática. Os predadores associam essas cores ao perigo e passam a evitar anfíbios coloridos e brilhantes. A coloração de advertência não beneficia apenas a presa, mas também o predador, uma vez que, nesses casos, ele tem menor chance de se alimentar de um animal produtor de um poderoso veneno.



Dendrobates tinctorius (mede cerca de 3 cm de comprimento), espécie de anfíbio produtora de veneno bastante tóxico e que apresenta coloração de advertência.

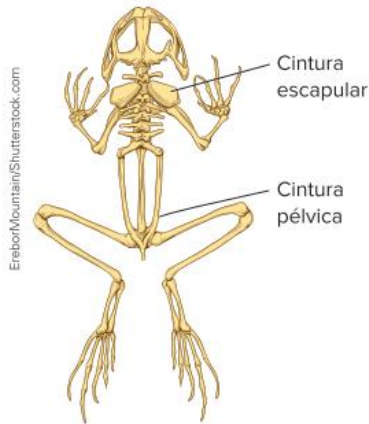
A respeito da alimentação, a maioria dos anfíbios adultos é **carnívora**, predando animais como insetos, minhocas, pequenos vertebrados, entre outros. Os anuros capturam suas presas usando uma língua prostrátil coberta de muco. Apesar de certas espécies apresentarem dentes, a presa é engolida sem a ocorrência de mastigação. O tubo digestório apresenta glândulas anexas, como fígado e pâncreas, e termina em **cloaca**.

Os **rins** são os principais órgãos responsáveis pela **excreção** dos anfíbios, e o principal resíduo nitrogenado eliminado pelo adulto é a **ureia**, enquanto a larva, aquática, elimina majoritariamente **amônia**. A eliminação predominante de ureia configura-se como uma adaptação ao meio terrestre, uma vez que esse composto nitrogenado, menos tóxico do que a amônia, tem menor exigência hídrica para sua eliminação, resultando em economia de água pelo animal.

No **sistema nervoso** de anfíbios, destacam-se os mecanismos de captação de som. Uma orelha média liga a membrana timpânica, localizada na superfície do corpo, à orelha interna. Essa adaptação é especialmente importante aos anuros, nos quais a comunicação por meio de sons desempenha papel significativo em processos como a reprodução. Os olhos dos anfíbios adultos também são adaptados ao meio terrestre, uma vez que apresentam pálpebras e encontram-se associados a glândulas lacrimais. As lágrimas protegem os olhos do ressecamento no ambiente terrestre.

Saiba mais

No processo evolutivo de transição do ambiente aquático para o terrestre, esqueletos com patas e associados a músculos mais fortes foram características selecionadas favoravelmente, uma vez que o ar proporciona menor sustentação ao corpo em comparação com a água. Nos tetrápodes, a parte do esqueleto composta pelo crânio e pela coluna vertebral é chamada de esqueleto axial, e apresenta duas cinturas, a escapular e a pélvica. A cintura escapular está associada aos membros anteriores, e a pélvica, aos membros posteriores. Os ossos dos membros locomotores configuram a porção apendicular do esqueleto dos tetrápodes.



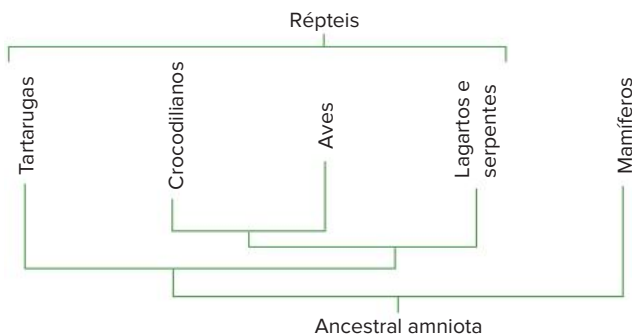
Representação de esqueleto de um anfibio anuro, apontando as cinturas escapular e pélvica.

Atenção

Detalhes a respeito da circulação dos anfíbios, bem como pormenores da circulação dos demais vertebrados, serão analisados em outro livro desta coleção.

Amniotas

Os amniotas correspondem a um grupo de tetrápodes representados atualmente por répteis (incluindo as aves) e mamíferos. Estima-se que os primeiros amniotas surgiram há cerca de 350 milhões de anos, no período Carbonífero.



Cladograma mostrando as relações evolutivas entre os amniotas atuais. Note que as aves constituem uma linhagem dentro do grupo dos répteis.

Ao longo da evolução, esses animais passaram por adaptações que resultaram na conquista definitiva do ambiente terrestre a partir do ancestral amniota. Entre essas

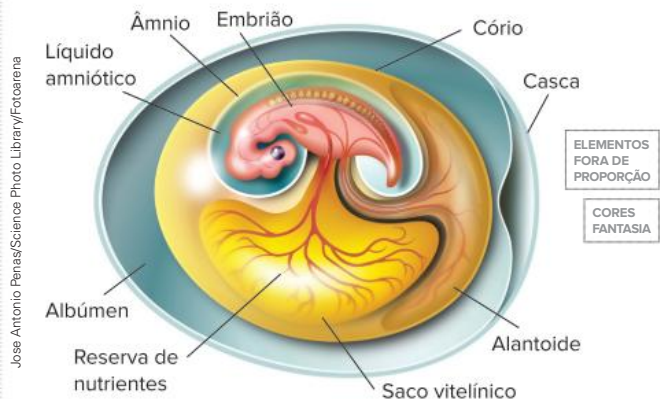
adaptações, a mais emblemática é o **ovo amniótico**, característica que dá nome ao grupo. O ovo amniótico, novidade evolutiva que permitiu o desenvolvimento do embrião no meio terrestre, é dotado de quatro membranas extraembrionárias vascularizadas, chamadas **anexos embrionários**, geradas a partir de tecidos do próprio embrião. Os anexos embrionários a serem descritos a seguir são: saco vitelínico (ou vesícula vitelínica), âmnio, alantoide e cório. Na maioria dos répteis e em certos mamíferos, o ovo amniótico também possui uma casca, estrutura que reduz o risco de desidratação e exerce proteção mecânica.

O **saco vitelínico**, encontrado nos embriões de todos os vertebrados, contém a reserva de nutrientes, sobretudo lipídios e proteínas, que serão fornecidos ao embrião durante seu desenvolvimento. O albúmen, popularmente conhecido como clara do ovo, não está armazenado no saco vitelínico, mas contém outros nutrientes, principalmente proteínas, que serão importantes ao embrião.

O **âmnio** é uma membrana extraembrionária que delimita uma cavidade, denominada cavidade amniótica, preenchida pelo líquido amniótico. Esse líquido atua como um amortecedor de impactos, conferindo proteção mecânica ao embrião, e também o protege contra a desidratação. Peixes e anfíbios não possuem âmnio, por isso são chamados de **anamniotas**.

O anexo embrionário responsável pelo armazenamento das excretas nitrogenadas geradas pelo embrião durante seu desenvolvimento é o **alantoide**. O resíduo nitrogenado predominantemente eliminado pelos tetrápodes dotados de ovo com casca é o ácido úrico. Devido à sua baixa toxicidade e baixa solubilidade em água, o ácido úrico pode ser armazenado no interior do ovo sem expor o embrião ao risco de intoxicação. Por serem dotados de alantoide, répteis e mamíferos são chamados de alantoidianos, enquanto peixes e anfíbios, por não apresentarem alantoide, são denominados analantoidianos.

O **cório** é o anexo que envolve e protege as demais estruturas internas do ovo. Juntamente com o alantoide, o cório atua nas trocas gasosas entre o embrião e o meio externo. Como já mencionado, na maioria dos répteis e em certos mamíferos o ovo é dotado de casca; contudo, por ser uma estrutura porosa, ela permite trocas gasosas com o meio externo. Em muitas espécies, a casca é rica em cálcio, nutriente usado pelo embrião ao longo de seu desenvolvimento, especialmente na formação dos ossos.



Representação do ovo amniótico, destacando os anexos embrionários, além de outras estruturas, observadas no ovo com casca de um réptil.

! Atenção

O ovo amniótico foi fundamental à conquista do meio terrestre pelos amniotas. Contudo, outras adaptações tiveram contribuição bastante significativa nesse processo, como aquelas ligadas à respiração e ao revestimento corporal, que serão apresentadas ao longo deste capítulo.

Répteis

O registro fóssil indica que os primeiros répteis, que eram semelhantes a lagartos, viveram há aproximadamente 310 milhões de anos. Entre os répteis atuais estão os representantes amniotas mais antigos com adaptações que permitiram a sobrevivência plena no ambiente terrestre. A seguir faremos uma apresentação da classificação dos répteis e analisaremos a morfologia e a fisiologia desses animais, enfatizando as características que contribuíram à conquista do meio terrestre.

Classificação

Tradicionalmente, os répteis são divididos em três ordens principais: Testudines, Squamata e Crocódilia.

Ordem Testudines (quelônios)

Os quelônios são representados por tartarugas, cágados e jabutis. São dotados de uma **carapaça óssea** rígida (casco), recoberta por placas de queratina, que confere proteção ao animal.

As tartarugas e os cágados costumam viver associados ao ambiente aquático, enquanto os jabutis podem ser encontrados em ambientes terrestres.



Tartaruga marinha da espécie *Chelonia mydas* (mede cerca de 1,4 m de comprimento), popularmente chamada de tartaruga-verde.



Cágado da espécie *Trachemys dorbigni* (mede cerca de 30 cm de comprimento), conhecida como tigre-d'água.



Jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria*, mede cerca de 30 cm de comprimento), espécie muito comum no Brasil.

Ordem Squamata (escamados)

Caracterizados pela presença de **escamas**, os escamados compreendem os lagartos e as serpentes. Existem representantes do grupo dos lagartos que não chegam a atingir 2 cm de comprimento, enquanto outros, como o dragão-de-komodo, alcançam até 3 m.



Calango-do-cerrado (*Tropidurus oreadicus*, mede cerca de 7 cm de comprimento) se aquecendo ao sol.

As serpentes são desprovidas de patas, mas descendem de ancestrais que eram dotados desses membros. A evidência disso é a existência de serpentes atuais que possuem ossos pélvicos e membros locomotores vestigiais. Algumas serpentes, como a cascavel e a jararaca, são peçonhentas, ou seja, podem inocular veneno em suas presas por meio de dentes especializados. Também existem serpentes não peçonhentas, como a jiboia e a sucuri, que sequer produzem veneno. Essas serpentes matam suas presas por constrição, isto é, enrolam-se ao redor do corpo da presa, apertando-a até a morte. Em decorrência de adaptações ósseas na região da mandíbula, há serpentes que podem engolir presas maiores do que sua própria cabeça.



Jararaca (*Bothrops jararaca*), serpente peçonhenta comum no Brasil que atinge em torno de 1,5 metro de comprimento.



Sucuri (*Eunectes murinus*), serpente constritora encontrada no Brasil que pode atingir 10 metros de comprimento.

Ordem Crocodilia (crocodilianos)

São representantes desta ordem os jacarés, os crocodilos e os gaviais. Em geral, vivem associados ao ambiente aquático, podendo ser de água doce ou marinhos. Entre os crocodilianos, apenas os jacarés são encontrados no Brasil.



Crocodylo-de-água-salgada (*Crocodylus porosus*). O macho dessa espécie pode atingir até 7 metros de comprimento.



Jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*). Esses crocodilianos medem cerca de 2 metros de comprimento.



Gavial (mede cerca de 4 m de comprimento). Uma característica marcante dos gaviais é seu focinho alongado e mais fino em relação aos demais crocodilianos.

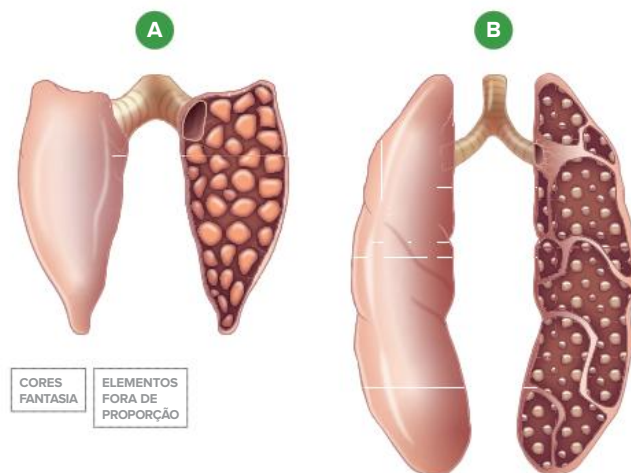
! Atenção

Na classificação atual, as aves, juntamente com os crocodilianos, estão classificadas em um grupo de répteis denominado arcossauros. Porém, ao longo da evolução, a maioria das características morfofisiológicas das aves foram modificadas no processo de adaptação ao voo. Por isso, particularidades sobre as aves serão analisadas mais adiante neste capítulo.

Morfologia e fisiologia dos répteis

O processo evolutivo que levou à conquista definitiva do meio terrestre pelos répteis envolveu o surgimento de um revestimento corporal espesso, seco e bastante queratinizado (impermeável). Essas características da pele dos répteis reduzem drasticamente a perda de água pela superfície corporal, evitando a desidratação.

Adaptações relacionadas à respiração também foram importantes no processo de conquista plena do meio terrestre. Os répteis têm uma caixa torácica ampla que abriga e ventila pulmões **parenquimatosos**, dotados de ampla superfície para trocas gasosas, maior do que a encontrada nos pulmões saculiformes dos anfíbios.

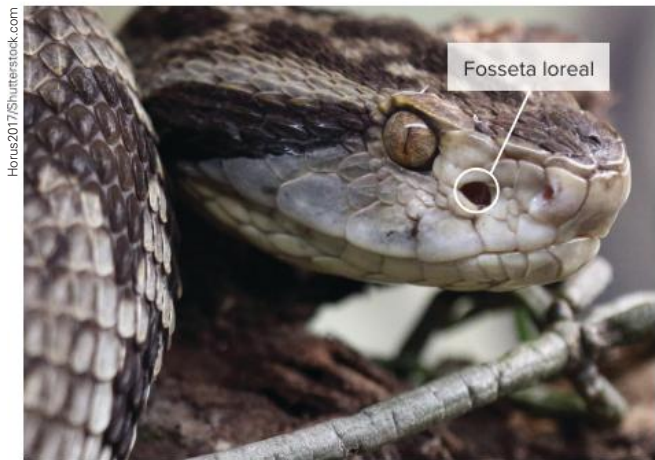


Pulmões saculiformes, dos anfíbios (A), nos quais a superfície de trocas gasosas é pequena, e pulmões parenquimatosos dos répteis (B), com ampla superfície para trocas gasosas.

Os répteis têm hábitos alimentares variados, com espécies carnívoras, herbívoras e onívoras. O **tubo digestório** desses animais apresenta glândulas anexas, como fígado e pâncreas, e termina em **cloaca**. Em geral, os répteis não exibem dentição diferenciada, havendo representantes desprovidos de dentes, a exemplo das tartarugas (animais dotados de um bico córneo). Contudo, nas serpentes peçonhentas existem presas especializadas na inoculação de veneno.

A **excreção** é realizada principalmente pelos **rins**, e a excreta nitrogenada predominante eliminada é o ácido úrico. A excreção predominante de **ácido úrico** configura-se como uma adaptação ao meio terrestre. Sendo o ácido úrico menos tóxico e menos solúvel em água do que a ureia e a amônia, a exigência hídrica para sua eliminação é baixa, resultando em economia de água pelo organismo.

Seguindo a tendência evolutiva do sistema nervoso dos vertebrados, os répteis possuem encéfalo mais complexo que o observado nos anfíbios. Em geral, os répteis têm **boa visão**, diferentemente do olfato, sentido pouco desenvolvido na maioria dos representantes. Nas serpentes e em alguns lagartos, porém, é encontrada uma **língua bífida** que recolhe compostos químicos presentes no ar e os encaminha a uma estrutura, o órgão de Jacobson, localizada na boca e onde existem **receptores olfativos**. De forma geral, os répteis têm boa audição devido à presença de membrana timpânica, estruturas ausentes nas serpentes. Um órgão sensorial interessante, denominado **fosseta loreal**, é encontrado na maioria das serpentes peçonhentas. Localizada entre os olhos e as narinas da serpente, a fosseta loreal é uma estrutura sensível ao calor, conferindo às serpentes peçonhentas a capacidade de localizar presas endotérmicas, como aves e mamíferos, especialmente em ambientes pouco iluminados.



Localização da fosseta loreal na cabeça de uma jararaca. Essa estrutura termorreceptora não é encontrada em todas as serpentes peçonhentas, estando ausente, por exemplo, na cobra-coral.

A respeito da reprodução, os répteis são animais **dioicos**, com **fecundação interna** e **desenvolvimento direto**. A fecundação interna é considerada uma característica que contribuiu à conquista do meio terrestre, pois não depende da água para ocorrer, já que o macho lança seus gametas diretamente no interior da fêmea. A maioria dos répteis é ovípara, com ovo amniótico dotado de casca calcária; todavia, existem espécies vivíparas e ovovivíparas. Há, ainda, certas espécies de lagartos que se reproduzem por partenogênese, processo pelo qual óvulos não fecundados se desenvolvem, gerando indivíduos adultos.

Aves

As evidências evolutivas sugerem que as aves surgiram há cerca de 150 milhões de anos a partir de um ancestral terópode. Os terópodes constituem um grupo de dinossauros bípedes que inclui, por exemplo, o tiranossauro rex. Entre os répteis atuais, as aves são evolutivamente mais próximas dos crocodilianos. Essa aproximação é apoiada em características comuns às aves e a esses répteis, como revestimento corporal

queratinizado, respiração pulmonar, coração dotado de quatro cavidades, excreção predominantemente de ácido úrico, fecundação interna e formação de ovo amniótico com casca calcária. Contudo, as aves apresentam particularidades em relação aos demais répteis, especialmente aquelas ligadas à capacidade de voar.

Estabelecendo relações

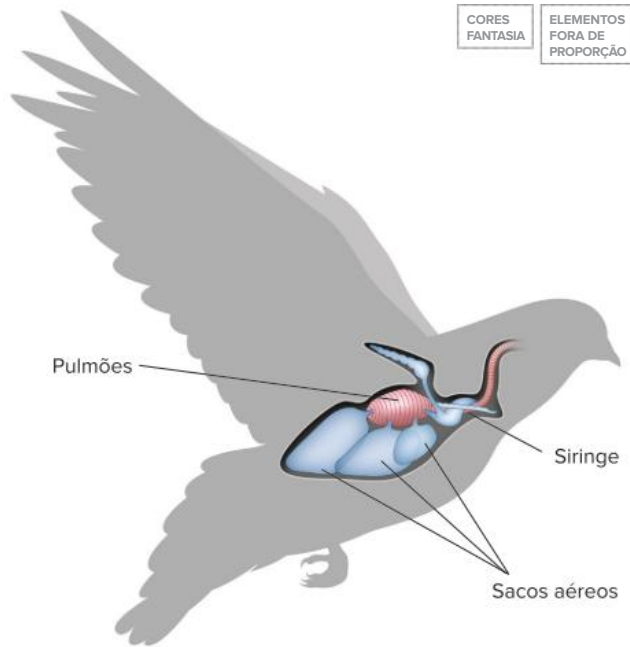
A lista de vantagens evolutivas conferidas pela capacidade de voar é extensa. Por exemplo, o voo aumenta a capacidade de aquisição de alimentos, proporciona excelente capacidade de fuga de predadores e possibilita a migração a grandes distâncias, permitindo às aves buscar regiões favoráveis à sua sobrevivência e reprodução em diferentes estações do ano.

Morfologia e fisiologia das aves

A atividade do voo tem elevada demanda energética, exigindo do animal a manutenção de uma alta taxa metabólica. Como descrito no início deste capítulo, as aves são animais endotérmicos, uma vez que utilizam calor oriundo de seu próprio metabolismo para manter a temperatura corporal constante e relativamente alta. A endotermia é considerada uma característica herdada pelas aves dos seus ancestrais dinossauros, que também eram endotérmicos. Essa característica é fundamental à manutenção da alta taxa metabólica exigida pelo voo. Além da alta taxa metabólica, modificações que reduzem o peso do animal foram vantajosas ao longo da evolução das aves, por tornarem o voo mais eficiente.

A pele das aves possui **epiderme queratinizada**, sob a qual localiza-se a derme. Abaixo da derme, as aves podem apresentar uma **camada de gordura**, que atua no isolamento térmico e na reserva energética. A epiderme das aves tem importantes anexos, como garras, bico, glândulas e penas. Uma glândula anexa à epiderme das aves é a **glândula uropigiana**. Localizada próxima a cauda, essa glândula produz uma substância lipídica que, com o bico, a ave espalha por suas penas, impermeabilizando-as; dessa forma, as penas não retêm água, o que é especialmente importante às aves que vivem associadas ao meio aquático. As **penas** são anexos queratinizados fundamentais ao voo por conferirem, por exemplo, um formato aerodinâmico às asas e aumento da superfície corporal, permitindo que a ave se apoie no ar. Além disso, as penas são importantes para atração sexual, camuflagem e isolamento térmico. Os registros fósseis mostram que as penas já estavam presentes em linhagens de dinossauros relacionadas às aves.

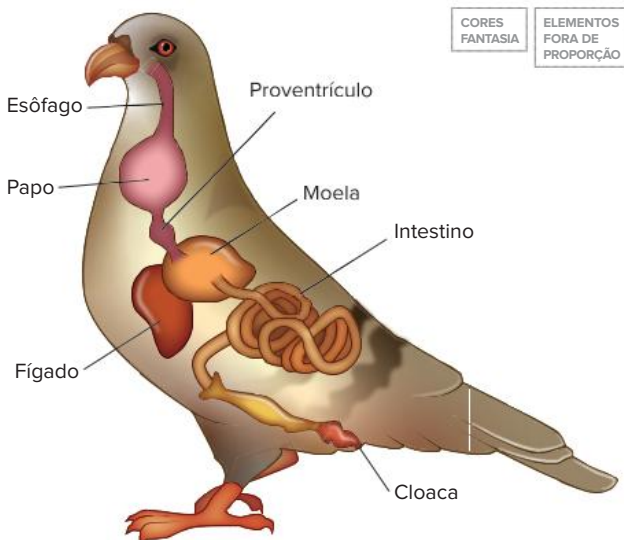
A **respiração** das aves é feita por meio de pulmões ligados aos **sacos aéreos**. Os sacos aéreos aumentam o fluxo de ar nos pulmões, atuam no controle da temperatura corporal, uma vez que contribuem à dissipação de calor, e conferem leveza ao corpo do animal, caracterizando-se como uma adaptação ao voo. Nas aves, as estruturas pulmonares nas quais ocorrem as trocas gasosas são os **parabrônquios**.



Representação das estruturas do sistema respiratório das aves. A siringe, estrutura localizada no final da traqueia, é a responsável pelo canto característico de muitas espécies de aves. O canto é uma importante forma de comunicação, atração sexual e demarcação de território.

Os hábitos alimentares das aves são bastante diversos, havendo espécies que se alimentam de sementes, de folhas, de pequenos invertebrados e até de vertebrados. Essa diversidade se reflete nos variados formatos de bicos que se observam nas aves.

As aves **não têm dentes**, o que confere maior leveza ao animal, configurando-se como uma adaptação ao voo. O alimento ingerido passa pelo esôfago e chega ao **papo**, onde fica temporariamente armazenado e é amolecido. Posteriormente, o alimento passa pelo **proventrículo** (estômago químico), onde há ação de enzimas digestivas, até atingir a **moela** (estômago mecânico), estrutura onde ocorre trituração do alimento. Ao longo da passagem pelo intestino, acontece a absorção dos nutrientes, e as fezes são eliminadas por uma **cloaca**.



Representação da anatomia do sistema digestório das aves.

A principal estrutura excretora das aves são os rins, e o resíduo nitrogenado predominante é o ácido úrico. As aves não possuem bexiga urinária; dessa forma, a urina produzida pelos rins é constantemente eliminada por meio da cloaca, muitas vezes junto com as fezes. A **ausência de bexiga urinária** resulta em redução do peso corporal, caracterizando uma adaptação ao voo.

O **sistema nervoso** das aves é mais desenvolvido que o encontrado nos anfíbios e nos demais répteis, sobretudo o cerebelo, estrutura ligada ao controle e à manutenção do equilíbrio corporal, e as áreas motoras do cérebro. A visão é um sentido importante ao voo e bastante aguçado nas aves.

O **esqueleto** das aves apresenta algumas adaptações ao voo. Os membros anteriores estão modificados em asas, estruturas que impulsionam e mantêm o voo. O impulsionamento do voo promovido pelo batimento das asas depende da musculatura peitoral desenvolvida, que está apoiada em uma projeção do osso esterno chamada **quilha** ou **carena**. As aves dotadas de quilha e músculos peitorais desenvolvidos definem o grupo das aves originalmente voadoras, as **carinatas**, como a gaivota, o beija-flor, o sabiá e a arara. Aves não voadoras, denominadas **ratitas**, não apresentam quilha nem musculatura peitoral desenvolvida. É o caso da ema e do avestruz.

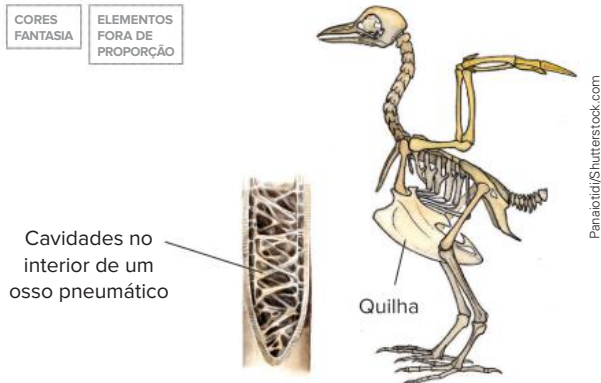


Arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*, mede cerca de 1 m de comprimento), uma ave carinata. Essa espécie encontra-se atualmente ameaçada de extinção, principalmente devido à perda de habitat.



Ema (*Rhea americana*, mede cerca de 1,5 m de altura), espécie de ave ratita restrita à América do Sul.

Outra adaptação esquelética ao voo são os **ossos pneumáticos**. Esses ossos apresentam cavidades e são preenchidos com ar, conferindo leveza à ave. As câmaras observadas nos ossos pneumáticos podem se comunicar com os sacos aéreos.



Visão geral da estrutura esquelética de uma ave, indicando a quilha, e representação da parte interna de um osso pneumático.

Quanto à reprodução, as aves são **dioicas**, em geral com **dimorfismo sexual**, praticam **fecundação interna** e apresentam **desenvolvimento direto**. Geralmente, as fêmeas apresentam apenas um ovário, que se torna maior e mais ativo apenas no período reprodutivo; essa característica reduz o peso corporal, configurando-se como uma adaptação ao voo. Todas as aves são **ovíparas** com ovo amniótico dotado de casca calcária. Após a postura, os ovos são incubados, e, após a eclosão, em geral, é observado intenso cuidado parental.

Mamíferos

Os mamíferos correspondem a uma classe de animais amniotas encontrados em praticamente todos os ambientes da Terra, apresentando grande variação de tamanho, massa corpórea, hábitos e nichos ecológicos.



Morcego hematófago da espécie *Desmodus rotundus*, mede cerca de 8 cm de comprimento. Os morcegos são mamíferos com capacidade de voo. No mundo, são conhecidas ao redor de 1200 espécies de morcegos, e a *Desmodus rotundus* é uma das três espécies que se alimentam de sangue. A maioria dos morcegos é frugívora (se alimentam de frutos), mas existem espécies que se alimentam de insetos e de néctar.



Elefantes-africanos (*Loxodonta africana*, o adulto mede cerca de 3 m de altura), atualmente os maiores mamíferos terrestres. Habitam as savanas africanas e têm dieta herbívora.



Golfinhos-pintados-do-atlântico (*Stenella frontalis*, medem cerca de 2,2 m de comprimento), mamíferos adaptados ao ambiente aquático. Golfinhos exibem comportamentos sociais bastante complexos.

De acordo com as evidências evolutivas, os primeiros animais considerados mamíferos verdadeiros surgiram a partir de ancestrais reptilianos, no período Jurássico (entre 200 milhões e 145 milhões de anos atrás). Ao longo dos períodos Jurássico e Cretáceo, muitas espécies de mamíferos coexistiram com os dinossauros, animais de grande porte dominantes na época.

Os primeiros mamíferos eram animais de porte reduzido, hábitos noturnos e endotérmicos. A endotermia caracterizou-se como uma importante adaptação para os primeiros mamíferos, uma vez que permitiu a manutenção das suas atividades à noite, período de temperatura mais baixa no qual os dinossauros, de forma geral, eram menos ativos; com isso, os mamíferos evitavam a competição com os dinossauros e diminuam as chances de serem predados. Após a extinção dos dinossauros e de outros animais de grande porte no final do período Cretáceo, há cerca de 65 milhões de anos, os mamíferos passaram por uma intensa irradiação adaptativa, que resultou na diversidade desses animais observada atualmente.

Características exclusivas dos mamíferos

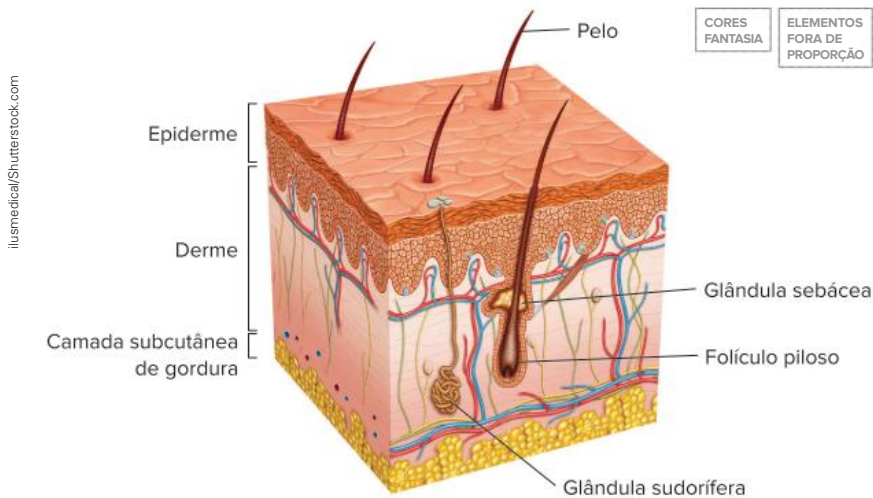
Os mamíferos exibem caracteres derivados que os diferenciam dos demais vertebrados. O termo mamífero deriva da presença de **glândulas mamárias**, responsáveis pela produção do **leite**. O leite é uma secreção por meio da qual as fêmeas fornecem nutrientes e anticorpos aos seus filhotes. Além das glândulas mamárias, os mamíferos também possuem outras glândulas exclusivas, as sudoríferas e as

sebáceas. As **glândulas sudoríferas** (ou sudoríparas) são as responsáveis pela produção do suor, secreção importante à termorregulação; ao evaporar, o suor absorve calor da superfície do corpo, contribuindo com seu resfriamento. As **glândulas sebáceas** produzem uma secreção lipídica que protege, lubrifica e impermeabiliza a pele e os pelos.

! Atenção

As glândulas sudoríferas também contribuem à excreção dos mamíferos, eliminando água, sais e resíduos nitrogenados. Contudo, nesses animais, assim como nos demais vertebrados, as estruturas excretoras principais são os rins, responsáveis pela produção da urina. A excreta nitrogenada predominantemente eliminada pelos mamíferos é a **ureia**.

A pelagem também é uma característica exclusiva dos mamíferos. Os **pelos** atuam na proteção e, juntamente com uma camada de gordura localizada sob a pele, contribuem à retenção de calor pelo animal, exercendo a função de isolamento térmico.



Representação de um corte da pele de um mamífero, constituída por uma epiderme queratinizada sob a qual encontra-se a derme. Os pelos e as glândulas, juntamente com unhas e garras, são exemplos de anexos epidérmicos. Sob a derme existe uma camada subcutânea de gordura (hipoderme), que, além de funcionar como um isolante térmico, atua como reserva energética e contribui à fluatibilidade de mamíferos aquáticos.

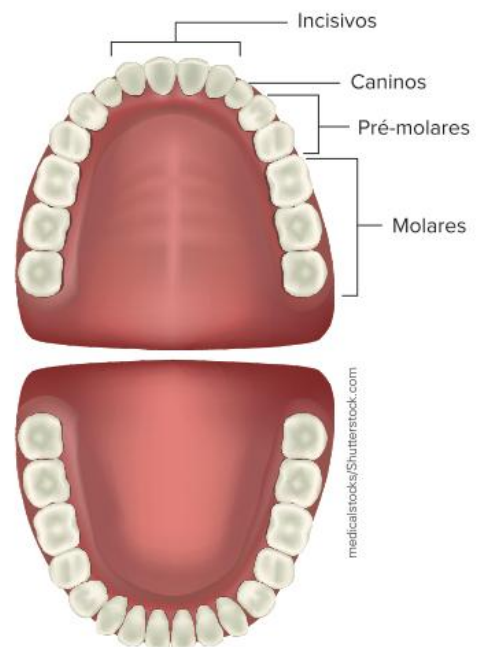
Outra característica observada apenas em mamíferos é a presença de um músculo laminar denominado **diafragma**, localizado entre a cavidade abdominal e a cavidade torácica e importante à realização dos movimentos respiratórios. Assim como nos répteis, a respiração dos mamíferos é pulmonar.

Uma exclusividade ligada ao sistema circulatório dos mamíferos é a presença de **hemácias anucleadas** no sangue, ou seja, células desprovidas de núcleo. Essa característica faz com que essas células sejam mais eficientes no transporte de gás oxigênio aos tecidos, quando em comparação com hemácias nucleadas.

Com relação à nutrição, existe uma característica importante: a **dentição diferenciada**. Nos demais vertebrados, quando presentes, os dentes são geralmente uniformes, enquanto nos mamíferos há uma diversidade de formas e tamanhos de dentes adaptados à mastigação de diferentes tipos de alimento. Os dentes incisivos são adaptados para cortar e raspar o alimento; os caninos, além de cortar, servem para rasgar. Por fim, pré-molares e molares são especializados em amassar e triturar o alimento.

! Atenção

Os mamíferos possuem sistema nervoso bastante desenvolvido e complexo. Devido principalmente ao tamanho do cérebro, maior do que em outros vertebrados de mesmo tamanho, os mamíferos exibem grande capacidade de memória e aprendizagem. As estruturas sensoriais desenvolvidas conferem aos mamíferos visão, audição e olfato bastante aguçados. Maiores detalhes sobre a fisiologia dos mamíferos, sobretudo da fisiologia humana, serão analisados mais adiante nesta coleção.



Representação de boca humana mostrando a dentição diferenciada característica de mamíferos onívoros.

Classificação e reprodução

Os mamíferos constituem uma classe dividida em três subclasses: Prototheria, Metatheria e Eutheria. Acerca da reprodução, todos os mamíferos são dioicos, praticam fecundação interna e apresentam desenvolvimento direto.

Prototheria (prototérios)

Também chamados de monotremados, os principais representantes desse grupo são o ornitorrinco e a equidna, encontrados apenas na Nova Guiné e na Austrália.



Ornitorrinco (*Ornithorhynchus anatinus*, mede cerca de 50 cm de comprimento), um mamífero prototério originário da Austrália.



Equidna (*Tachyglossus aculeatus*, mede cerca de 30 cm de comprimento), um mamífero prototério encontrado na Austrália e na Nova Guiné.

Os monotremados são **ovíparos**, pois produzem ovo amniótico com casca. Por serem mamíferos, possuem glândulas mamárias, mas não têm mamilos, diferentemente dos demais mamíferos. Dessa forma, os filhotes liberados pela eclosão dos ovos se alimentam do leite que escorre entre os pelos da região ventral do corpo da mãe. O tubo digestório termina em **cloaca**, diferentemente dos demais mamíferos, nos quais o tubo termina em ânus. Esses mamíferos também são desprovidos de dentes.

Metatheria (metatérios)

Nesta subclasse estão os mamíferos conhecidos como **marsupiais**. Representantes muito conhecidos desse grupo são o canguru e o coala, encontrados na Oceania, e o gambá, característico da América do Sul.



Canguru (*Macropus fuliginosus*, mede cerca de 1,3 m de altura) com seu filhote no marsúpio.



Gambá-comum (*Didelphis marsupialis*, mede cerca de 30 cm de comprimento).

Nos marsupiais, a gestação é relativamente curta e os pequenos filhotes completam o desenvolvimento durante a amamentação. Após o nascimento, os filhotes deslocam-se até uma bolsa denominada **marsúpio**, encontrada no ventre das fêmeas da maioria das espécies de metatérios. No marsúpio, os filhotes ficam protegidos enquanto se desenvolvem e, por meio dos mamilos, se alimentam do leite produzido pelas glândulas mamárias.

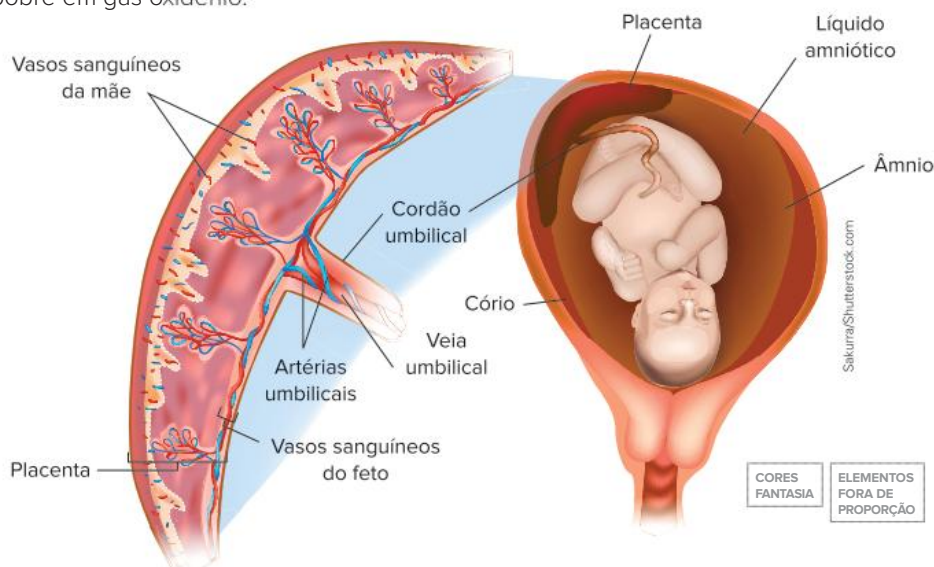
Eutheria (eutérios)

Nesse grupo estão os mamíferos comumente chamados de **placentários**. A maioria dos mamíferos pertence a essa subclasse, que contém diversas ordens, a exemplo da ordem Primata, na qual estão classificados os seres humanos. A seguir, temos um quadro com mais alguns exemplos de ordens da subclasse Eutheria.

Ordem	Exemplos de representantes
Chiroptera	Morcegos
Rodentia	Ratos; esquilos; castores; camundongos
Carnivora	Cães; lobos; gatos; ursos
Proboscidea	Elefantes

Os placentários são assim designados porque formam uma **placenta** complexa e desenvolvida, que permite a finalização do desenvolvimento embrionário e fetal dentro do útero da mãe. Monotremados são ovíparos e não formam placenta, enquanto nos marsupiais a placenta é pouco desenvolvida ou, até mesmo, ausente.

Por meio da placenta, o feto recebe nutrientes, gás oxigênio e anticorpos do sangue materno, e nele lança suas excretas, como gás carbônico e resíduos nitrogenados. A placenta é uma estrutura de origem mista, uma vez que é formada por uma parte do cório dotada de dobras, as **vilosidades coriônicas**, e por uma região do **endométrio** (revestimento interno do útero) da mãe. Ao longo do desenvolvimento embrionário dos placentários, o âmnio sofre uma expansão e envolve o alantoide e o saco vitelínico, originando o **cordão umbilical**. O cordão umbilical possui uma veia (veia umbilical) e duas artérias (artérias umbilicais). Pela veia umbilical circula sangue rico em gás oxigênio, enquanto pelas artérias umbilicais transita sangue pobre em gás oxigênio.



Representação de um feto humano em desenvolvimento e da estrutura da placenta.

Revisando

1. Compare ectotermia e endotermia e explique por que a ectotermia é um fator limitante à distribuição geográfica dos animais ectotérmicos.

2. Compare os peixes osteíctes e os condrictes em relação à constituição do esqueleto, ao tipo de nadadeira caudal e à presença de bexiga natatória.

3. Indique as três ordens da classe dos anfíbios, mencionando um exemplo de representante de cada uma delas.

4. Explique por que a pele permeável observada nos anfíbios se configura como um fator limitante à distribuição desses animais no meio terrestre.

5. Indique as funções desempenhadas pelos anexos embrionários âmnio, alantoide, cório e saco vitelínico.

6. Cite as principais adaptações observadas nos répteis que contribuíram à conquista definitiva do meio terrestre por esses vertebrados.

7. A respeito das aves, explique por que os ossos pneumáticos e a ausência de dentes e bexiga urinária são adaptações ao voo.

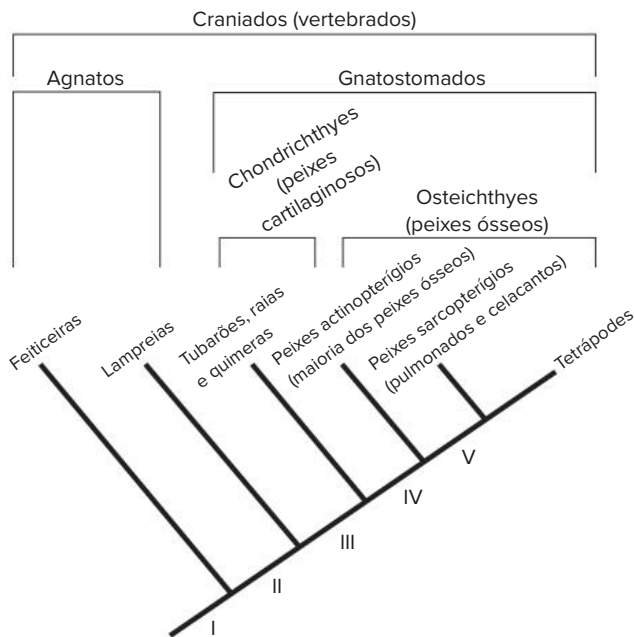
8. Indique três características exclusivas dos mamíferos em relação aos demais vertebrados.

9. Indique as três subclasses dos mamíferos, mencionando um exemplo de representante de cada uma delas.

10. Descreva a importância da placenta para o desenvolvimento dos mamíferos placentários.

Exercícios propostos

1. **PUC-Rio 2017** O cladograma abaixo representa as relações filogenéticas dos vertebrados e os algárisimos romanos, os caracteres derivados compartilhados pelos diferentes grupos representados.



Disponível em: <<http://nossobioma.blogspot.com.br/2013/02/lista-de-sistemática-filogenética.html>>. Acesso em: 28 jul. 2016. Adaptado.

Nesse cladograma, o surgimento das mandíbulas está representado por:

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

2. **Enem 2017** O fenômeno da piracema (subida do rio) é um importante mecanismo que influencia a reprodução de algumas espécies de peixes, pois induz o processo que estimula a queima de gordura e ativa mecanismos hormonais complexos, preparando-os para a reprodução. Intervenções antrópicas nos ambientes aquáticos, como a construção de barragens, interferem na reprodução desses animais.

MALTA, P. Impacto ambiental das barragens hidrelétricas. Disponível em: <http://futurambiental.com>. Acesso em: 10 maio 2013 (adaptado).

Essa intervenção antrópica prejudica a piracema porque reduz o(a)

- a) percurso de migração
b) longevidade dos indivíduos.
c) disponibilidade de alimentos.
d) período de migração da espécie.
e) número de espécies de peixes no local.

3. **UCS-RS 2016** O grupo mais diversificado e abundante dos vertebrados é o dos peixes. Eles apresentam diversas formas corporais e habitam muitos ambientes, desde águas frias até águas quentes, doce ou salgada e, devido a essa diferença de habitats, possuem também diferentes estratégias de vida, dependendo das pressões seletivas a que foram expostos durante a evolução.

Assinale a alternativa correta em relação aos peixes.

- a) Os peixes cartilagosos, como a lampreia e a quimera, possuem mandíbula e o esqueleto formado exclusivamente por cartilagens, o que os diferencia dos peixes ósseos.
b) Os elasmobrânquios são todos ovíparos, isto é, as fêmeas eliminam os ovos, que se desenvolvem na água.
c) O coração dos peixes é constituído por quatro cavidades, dois átrios e dois ventrículos, semelhante ao coração dos mamíferos.
d) Os peixes ósseos, bem como os peixes cartilagosos, são dioicos, isto é, apresentam sexos separados em indivíduos diferentes.
e) A bexiga natatória, presente tanto nos peixes cartilagosos como nos peixes ósseos, auxilia na flutuabilidade e, também, pode colaborar com a troca gasosa em algumas espécies de elasmobrânquios.

4. **Uece 2015** Analise as seguintes afirmações sobre as características dos tubarões:

- I. suas escamas são homólogas aos dentes dos outros cordados;
II. possuem bexiga natatória, responsável por sua excelente flutuabilidade;
III. são animais sensíveis, com a capacidade de detectar campos elétricos gerados por outros animais;
IV. são sempre animais de grande porte, pois todos são ferozes e vorazes.

Estão corretas as características contidas em

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

5. **UFPE 2012** No ano de 2011, um novo ataque de tubarão voltou a acontecer com um surfista que desobedeceu aos avisos que proibiam a prática do esporte em uma praia do Recife. Sobre esses animais, considere as afirmações seguintes.

- São animais triblásticos, deuterostômios, metamerizados, com sistema digestório completo e presença de tubo nervoso dorsal durante o desenvolvimento embrionário.
■ Pertencem ao filo dos protocordados, pois apresentam coluna vertebral cartilaginosa e não óssea como os demais vertebrados.
■ Pertencem à mesma classe das raias, ambos com sistema nervoso desenvolvido; na região da cabeça, as ampolas de Lorenzini captam as correntes elétricas das presas.
■ Apresentam uma nadadeira dorsal proeminente, cauda heterocerca e bexiga natatória que regula a profundidade na lâmina d'água.
■ São dioicos com fecundação interna; os machos apresentam um par de "cláspers" que são introduzidos na cloaca da fêmea para transferência espermática.

6. **Udesc** Observe as figuras a seguir.

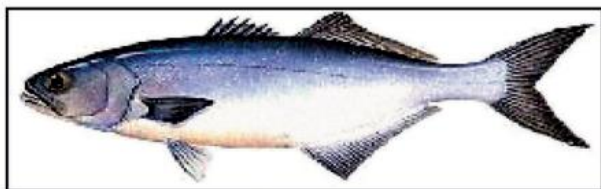


Figura 1

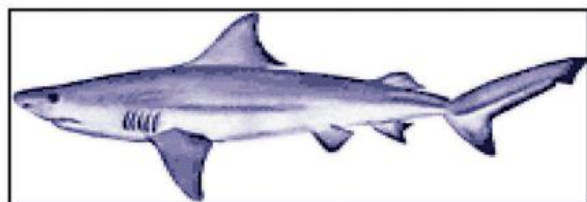


Figura 2

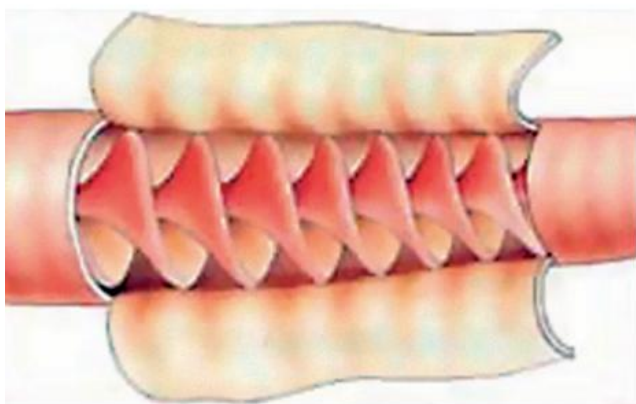
Elas representam duas classes de animais pertencentes ao Filo Chordata. A respeito das principais características desses animais, analise as proposições abaixo.

- I. Na Figura 1, pode-se observar um peixe da Classe Chondrichthyes, animal que apresenta esqueleto cartilaginoso; e, na Figura 2, um representante da Classe Osteichthyes, animais de esqueleto ósseo.
- II. A linha lateral é um órgão exclusivo dos peixes ósseos e tem por função detectar vibrações na água.
- III. As brânquias dos peixes Chondrichthyes encontram-se protegidas por um opérculo.
- IV. Os peixes ósseos flutuam na água graças à presença de uma estrutura denominada bexiga natatória.
- V. Os peixes cartilagosos apresentam a boca localizada na porção ventral do corpo, enquanto nos peixes ósseos a posição é anterior.

Assinale a alternativa **correta**.

- a) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas IV e V são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

7. **FGV-SP 2020** A figura representa uma estrutura em formato helicoidal que confere uma importante adaptação a um animal.



(<http://transgenicosintocaveis.blogspot.com>)

Essa estrutura é encontrada

- a) na galinha e tritura os alimentos para facilitar e acelerar a digestão.
- b) no gafanhoto e promove a absorção de excretas da hemolinfa para o intestino.
- c) na perereca e facilita as trocas gasosas pela superfície da pele.
- d) no polvo e impede o retorno do sangue venoso para as veias dos tentáculos.
- e) no tubarão e aumenta a superfície de absorção de nutrientes no intestino.

8. **Unioeste-PR 2019** Os anfíbios estão entre os vertebrados mais ameaçados de extinção. Mudanças climáticas, poluição e o desmatamento estão entre as principais causas que têm levado ao declínio da população destes animais.

Com relação à biologia dos anfíbios, pode-se dizer que

- a) são animais predadores, que se alimentam de diversos tipos de presas. Muitas espécies se alimentam de insetos e podem ajudar no controle biológico de mosquitos transmissores de diversas doenças humanas.
- b) vivem em ambientes úmidos porque, além de necessitarem da água para a reprodução, a respiração ocorre exclusivamente através da superfície da pele (respiração cutânea) que não possui adaptações que impeçam a dessecação.
- c) a circulação é do tipo fechada e o sistema circulatório é constituído por dois átrios e dois ventrículos parcialmente divididos, o que permite a mistura do sangue arterial e venoso.
- d) além da presença de quatro membros utilizados para locomoção, estes animais são caracterizados pela ausência de cauda e têm como representantes típicos sapos, rãs e salamandras.
- e) a excreção é realizada através de rins metanefros, assim como ocorre em répteis, aves e mamíferos sendo a amônia o principal produto de excreção. Além disso, são animais homeotérmicos que conseguem regular a temperatura corporal.

9. **Cefet-RJ 2019**

Museu Nacional: o que tinha no acervo consumido pelo fogo

O Museu Nacional do Rio de Janeiro, consumido por um incêndio na noite de domingo, 2 de setembro de 2018, conta com um dos maiores acervos de antropologia e história natural do país – são cerca de 20 milhões de itens. Localizado na Quinta da Boa Vista, em São Cristóvão, é o museu mais antigo e uma das instituições científicas mais importantes do Brasil. Fundado por Dom João VI no dia 6 de agosto de 1818, o museu acabou de completar 200 anos (...) Atualmente, era administrado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e, por ser universitário, tinha caráter acadêmico e científico. Muitas peças do acervo são exemplares únicos – de esqueletos de dinossauros a múmias egípcias, passando por milhares de utensílios

produzidos por civilizações ameríndias durante a era pré-colombiana (...). Entre os itens provavelmente destruídos pelo fogo, está uma das principais atrações do museu: o fóssil humano mais antigo encontrado no Brasil, batizado de Luzia. Descoberto em 1974 pela arqueóloga francesa Annette Laming-Emperaire, em Minas Gerais, teria 11.300 anos (...). De acordo com seus catálogos, o Museu Nacional possui uma das mais importantes coleções paleontológicas da América Latina, totalizando 56 mil exemplares e 18,9 mil registros. A coleção consiste principalmente de fósseis de plantas e animais, do Brasil e de outros países, além de reconstituições e réplicas (...). O Museu Nacional oferecia visita guiada aos alunos e estes ficavam admirados com as coleções biológicas desde esponjas até mamíferos. Tragédia para o Brasil e para o mundo. Em nota, o Museu Nacional afirmou que ainda está mensurando os danos ao acervo. “É uma enorme tragédia. A hora é de união e reconstrução. Infelizmente, ainda não conseguimos mensurar o dano total ao acervo, mas precisamos mobilizar toda a sociedade para a recuperação de uma das mais importantes instituições científicas do mundo”, afirmou Alexander Keller, diretor do Museu Nacional, no texto.

(Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45391771>. Adaptado. Acesso em 17/09/2018)

Com base na biodiversidade encontrada no planeta Terra e exposta no Museu Nacional, podemos classificar os seres vivos em diversos filos. A partir de suas características principais, NÃO se pode afirmar que:



Disponível: www.tvbrasil.etc.com.br. Acesso em: 19/09/2018.



Disponível: www.escolaeducacao.com.br. Acesso em: 19/09/2018.



Disponível: www.aculpaedabiologia.blogspot. Acesso em: 19/09/2018.



Disponível: www.pressrelease.com.br. Acesso em: 19/09/2018.

- a) a figura 1 representa o filo Arthropoda, classe Insecta, que é composto por animais com pernas articuladas, exoesqueleto quitinoso e corpo dividido em cabeça, tórax e abdome.
- b) a figura 2 representa o filo Porifera, que é o composto de seres marinhos e de água doce, com estrutura corpórea simples, sem tecidos diferenciados.
- c) a figura 3 representa o filo Cnidaria, composto basicamente de dois tipos morfológicos de indivíduos, as medusas e os pólipos, que possuem tentáculos e cnidócitos.
- d) a figura 4 representa o filo Chordata, classe Amphibia, cujos seres foram os primeiros vertebrados a conquistarem o ambiente terrestre, não dependendo mais do ambiente aquático para sobreviverem.

10. **UTFPR 2014** Um candidato fez sua inscrição na prova da UTFPR e na volta para casa passou em frente a uma loja de animais. Nela tinha uma placa escrita assim: “DOAÇÃO DE ANIMAIS

Pegue o seu bichinho de estimação se souber qual é:

- Esquento-me com o Sol e resfrio-me com a Lua.
- Meus filhos quando nascerem não serão iguais a mim.
- Eu respiro no ar e eles na água.
- No meu coração cabem três cavidades.
- Já participei de várias estórias infantis.
- Quem sou eu?”

Qual dos seguintes animais se encaixa na descrição dada?

- a) Rã.
- b) Cobra.
- c) Periquito.
- d) Iguana.
- e) Lesma.

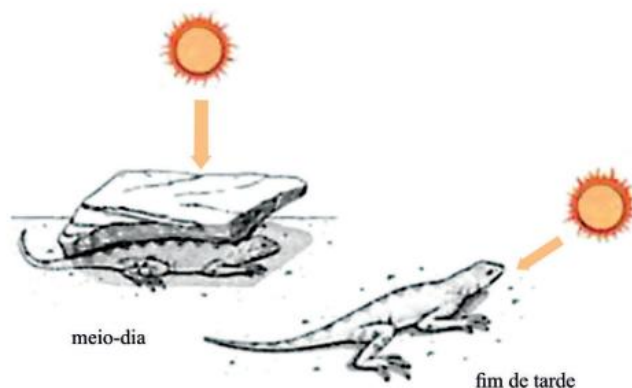
11. **Feevale-RS 2012** Segundo a Sociedade Brasileira de Herpetologia, há aproximadamente 870 espécies de anfíbios no Brasil, que ocupa a primeira colocação na relação de países com maior riqueza para esse grupo de vertebrados, seguido por Colômbia e Equador. Várias espécies ocorrem na Mata Atlântica e vivem em pequenas cavidades úmidas, encontradas em troncos caídos, embaixo de pedras e casca de árvores, no folhiço e no chão da floresta. Sobre os anfíbios anuros, são feitas algumas afirmações.

- I. Sapos, rãs e pererecas são anfíbios anuros.
- II. Apresentam corpo dotado de cauda e desprovido de patas.
- III. A circulação sanguínea é aberta e o coração de um adulto apresenta duas cavidades.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas a afirmação I está correta.
- b) Apenas a afirmação II está correta.
- c) Apenas a afirmação III está correta.
- d) Apenas as afirmações II e III estão corretas.
- e) Todas as afirmações estão incorretas.

12. **UAM-SP 2014** A figura ilustra o comportamento de um animal vertebrado do Cerrado brasileiro.



(<http://salabioquimica.blogspot.com.br>)

Assinale a alternativa correta com relação à explicação para tal comportamento termorregulador.

- a) Trata-se da endotermia, na qual o animal captura o calor da rocha aquecida ou diretamente do Sol.
- b) Os répteis necessitam de altas temperaturas corpóreas, independentemente do ambiente habitado.
- c) Os répteis apresentam alto metabolismo energético, necessitando aquecerem-se no fim da tarde.
- d) Trata-se da ectotermia, na qual a temperatura corpórea depende da temperatura do ambiente.
- e) Os répteis são ectotérmicos, mantendo constante sua temperatura, independentemente do hábitat.

13. Unesp 2018 Uma professora explicava a seus alunos que a transpiração contribui para o controle da temperatura corporal e que os desodorantes anti-transpirantes apresentam em sua composição sal de alumínio, o qual obstrui os ductos sudoríparos, impedindo a saída do suor. Um dos alunos perguntou à professora o que aconteceria se uma generosa dose de desodorante antitranspirante fosse borrifada no corpo de uma barata e no corpo de uma lagartixa. A professora desaconselhou o experimento em razão dos maus tratos aos animais e explicou que, caso fosse realizado, considerando os sistemas respiratórios desses animais, provavelmente

- a) a lagartixa e a barata morreriam por aumento da temperatura corporal.
- b) a lagartixa e a barata morreriam por falta de oxigênio em suas células.
- c) a barata sobreviveria e a lagartixa morreria por aumento da temperatura corporal.
- d) a lagartixa sobreviveria e a barata morreria por falta de oxigênio em suas células.
- e) a barata e a lagartixa sobreviveriam.

14. UAM-SP 2016 Os animais vertebrados produzem a queratina que compõe suas estruturas, como escamas e placas córneas nos répteis, penas e bicos nas aves e pelos nos mamíferos. Além de compor estruturas, a queratina presente nos animais destas três classes tem por função comum

- a) agir como isolante térmico, evitando a perda de calor.
- b) impermeabilizar a pele contra a desidratação.
- c) reduzir a sudorese por meio de glândulas.
- d) impedir a entrada de parasitas através da pele.
- e) proteger contra a radiação ultravioleta.

15. Fuvest-SP 2017 Os primeiros vertebrados que conquistaram definitivamente o ambiente terrestre foram os _____, que possuem _____, aquisição evolutiva que permitiu o desenvolvimento do embrião fora da água. Indique a alternativa que completa corretamente essa frase.

	I	II
a)	mamíferos	anexos extraembrionários
b)	anfíbios	ovo com casca impermeável
c)	anfíbios	fertilização interna
d)	répteis	ovo com casca impermeável
e)	répteis	fertilização externa

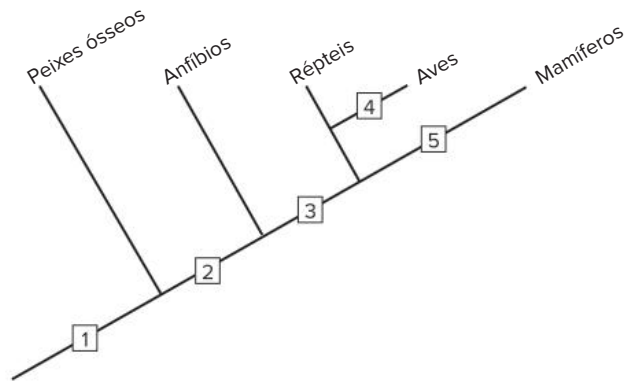
16. Uefs-BA 2016 De uma forma simplificada, pesquisas apontam para a origem da vida no mar. Sim, os mares do passado eram certamente diferentes dos atuais em termos de composição, distribuição e correntes, mas o registro fóssil demonstra que os primeiros organismos surgiram em corpos de água e, depois, conquistaram os ambientes terrestres. Na história evolutiva dos vertebrados, essa transição do mar para a terra firme ainda está envolta em muito mistério. Às vezes ocorrem achados especiais, como o *Tiktaalik roseae*, um peixe que já possuía diversas adaptações encontradas nos primeiros tetrápodes e que surpreendem os pesquisadores. Em outros casos, é um conjunto de novos dados – e fósseis – que trazem avanços para a pesquisa.

DE UMA forma simplificada...2016
(Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/cacadores-de-fosseis/os-primeiros-tetrapodes>>.
Acesso em: 26 jan. 2016.)

Em relação a essas adaptações morfológicas e estruturais, é possível afirmar:

- a) A evolução de um sistema circulatório mais eficiente e completo potencializou a pecilotermia.
- b) A excreção do ácido úrico como principal excreta dos répteis comprometeu seu sucesso em terra firme.
- c) O desenvolvimento de uma respiração pulmonar nos anfíbios complementou sua deficiente respiração cutânea e potencializou seu crescimento.
- d) A presença de uma atmosfera oxidante proporcionou o advento da respiração aeróbica nos vertebrados, no momento da conquista da terra firme.
- e) As características dos ovos dos répteis, quanto ao desenvolvimento dos seus anexos, representam aquisições que garantiram a conquista da terra firme pelos vertebrados.

17. Enem 2015 O cladograma representa, de forma simplificada, o processo evolutivo de diferentes grupos de vertebrados. Nesses organismos, o desenvolvimento de ovos protegidos por casca rígida (pergamínacea ou calcárea) possibilitou a conquista do ambiente terrestre.



O surgimento da característica mencionada está representado, no cladograma, pelo número

- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4. e) 5.

18. UEL-PR 2015 O aparecimento de ovos com casca foi uma evolução adaptativa dos répteis para a conquista definitiva do ambiente terrestre pelos cordados. Além do ovo com casca, há outras adaptações que permitiram que os répteis pudessem sobreviver no ambiente terrestre quando comparadas com as adaptações dos anfíbios. Portanto, há adaptações que surgem nos anfíbios e permanecem nos répteis e há adaptações que têm sua origem pela primeira vez nesse grupo.

Sobre as características adaptativas associadas à conquista do ambiente terrestre que surgiram pela primeira vez nos répteis, considere as afirmativas a seguir.

- I. Pernas locomotoras e respiração pulmonar.
- II. Ectotermia e dupla circulação.
- III. Queratinização da pele e ácido úrico como excreta nitrogenado.
- IV. Ovo amniota e desenvolvimento direto.

Assinale a alternativa correta.

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

19. Uece 2017 Os embriões de répteis, aves e mamíferos estão envoltos por membranas extraembrionárias, os anexos embrionários, sobre as quais é correto afirmar que o

- a) saco vitelínico ou vesícula vitelínica é o primeiro anexo a ser formado pelo crescimento do ectoderma.
- b) âmnio envolve o embrião formando a bolsa amniótica que é repleta de líquido para prevenir a dessecação e amortecer choques mecânicos.
- c) alantoide é uma invaginação membranosa que tem por funções estocar resíduos metabólicos e participar da respiração.
- d) córion, cório ou serosa é uma bolsa membranosa que envolve todos os outros anexos embrionários, exceto a bolsa amniótica.

20. PUC-SP 2016 Analise a tira de quadrinhos



Folha de S. Paulo, 22 abr. 2013.

Os pintinhos nascem molhados, devido principalmente ao material proveniente

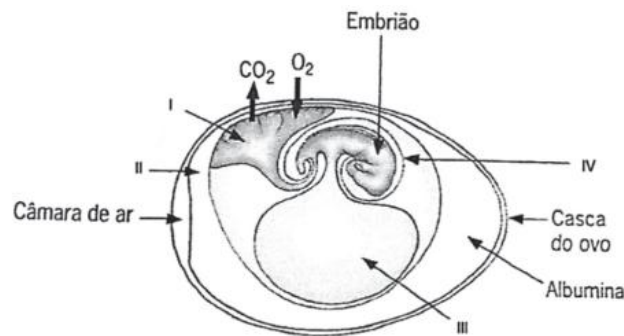
- a) do âmnio, que armazena excretas nitrogenados do embrião, e do alantoide, que previne dessecação e amortece choques mecânicos.

- b) do âmnio, que previne dessecação do embrião e amortece choques mecânicos, e do alantoide, que armazena excretas nitrogenados.
- 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 nitrogenados do embrião, e do grande número de vilosidades coriônicas ricas em vasos sanguíneos.

21. UFPR 2016 Um biólogo mensurou a massa de componentes do ovo de um réptil durante seu desenvolvimento, desde o dia da postura até o momento da eclosão. Ao longo das medidas, o que se espera que tenha ocorrido, respectivamente, com a massa do embrião, do vitelo e do alantoide?

- a) Aumento – redução – aumento.
- b) Aumento – aumento – redução.
- c) Aumento – redução – redução.
- d) Redução – redução – aumento.
- e) Redução – aumento – redução.

22. Mackenzie-SP 2015

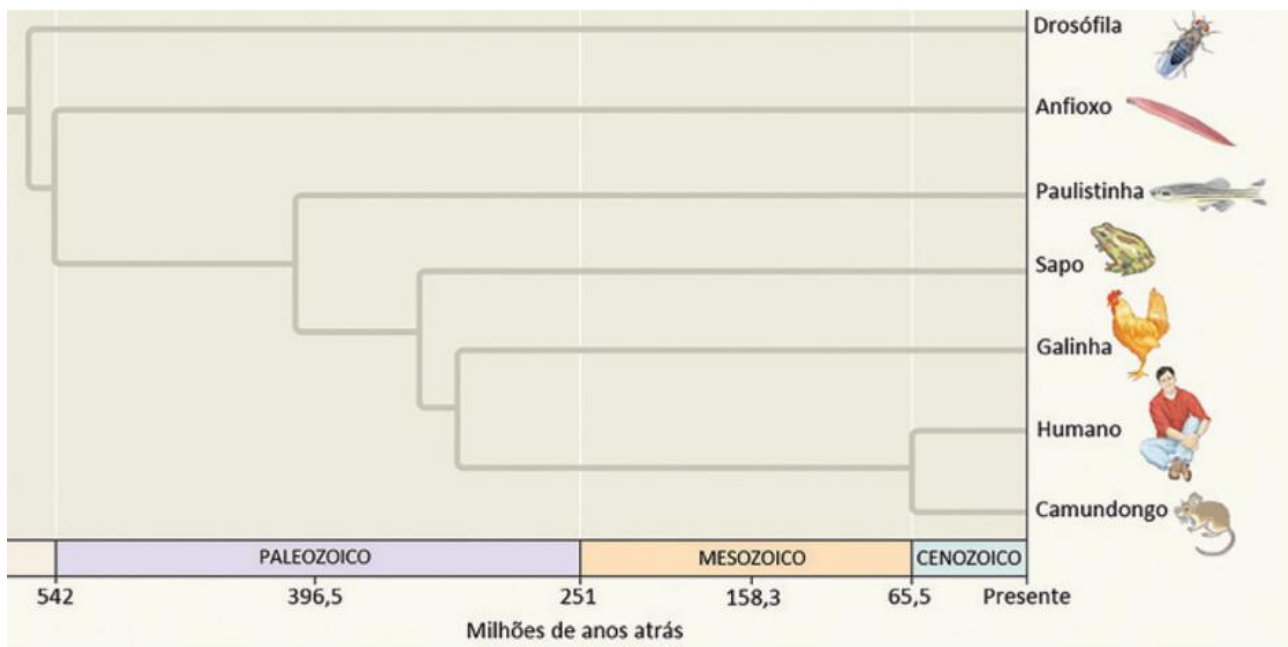


O desenho acima mostra um ovo terrestre de um réptil.

As setas I, II, III e IV correspondem, respectivamente, aos seguintes anexos embrionários:

- a) alantoide, cório, saco vitelínico e âmnio.
- b) alantoide, âmnio, saco vitelínico e cório.
- c) cório, alantoide, âmnio e saco vitelínico.
- d) saco vitelínico, alantoide, cório e âmnio.
- e) âmnio, alantoide, cório e saco vitelínico.

23. PUC-SP 2018 Considere a seguinte filogenia



Fonte: Reece e cols. Biologia de Campbell. 10ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

De acordo com as informações expressas na filogenia, é CORRETO afirmar que

- a) a notocorda é uma estrutura que surgiu há cerca de 542 milhões de anos.
- b) a respiração pulmonar nos vertebrados surgiu há mais de 400 milhões de anos.

- c) a homeotermia é uma novidade evolutiva surgida no Cenozoico.
- d) a coluna vertebral é uma estrutura surgida há cerca de 300 milhões de anos.

24. PUC-Rio 2016 Aves são animais endotérmicos que mantêm a temperatura corporal em torno de 40 °C. Com relação a esse aspecto da fisiologia das aves, considere as afirmativas a seguir.

- I. O isolamento térmico do corpo, em função da cobertura de penas e da camada de gordura subcutânea, contribui para a manutenção da temperatura corporal.
- II. As aves não precisam aquecer-se ao sol para manterem sua temperatura.
- III. As aves necessitam de mais alimento, proporcionalmente ao peso do corpo, do que animais ectotérmicos.
- IV. Por serem endotérmicas, as aves são mais evoluídas que animais ectotérmicos como lagartos, serpentes e anfíbios.

É correto o que se afirma em:

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

25. UFRGS 2015 A expressão popular “estômago de aves-truz” é utilizada para definir pessoas que comem de tudo e não enfrentam problemas digestivos com isso. Sobre o processo alimentar das aves, assinale a afirmação correta.

- a) O alimento ingerido passa direto ao estômago químico.
- b) As enzimas digestivas começam a agir no papo.
- c) A moela tem uma ação mecânica que tritura o alimento ingerido.
- d) Algumas espécies regurgitam o conteúdo da moela para alimentar os filhotes.
- e) A dieta alimentar inclui somente animais como insetos e vertebrados.

26. UPF-RS 2013 A alternativa cujas características são todas de aves é:

- a) estrutura óssea na parte anterior da caixa torácica (quilha); ovo sem vitelo; ureia como substância nitrogenada de excreção.
- b) sistema excretor formado por um par de rins; presença da glândula uropigiana que produz secreção utilizada para a impermeabilização corporal; ciclo reprodutivo com fase larval intermediária.
- c) coração com dois átrios e um ventrículo; órgão olfativo no teto da boca (órgão de Jacobson); revestimento do corpo com pele elástica.
- d) ácido úrico como substância nitrogenada de excreção; ovíparos com desenvolvimento direto; presença da glândula uropigiana que produz secreção utilizada para a impermeabilização corporal.
- e) circulação sanguínea aberta; sistema excretor formado por um par de rins; temperatura corporal oscilante.

27. Unesp 2012 No desenho de longa metragem *Rio*, dirigido pelo brasileiro Carlos Saldanha, em uma das cenas, Blu, um macho de ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), fala para a fêmea que está tentando conquistar: – *Está com calor? Acho que estou suando! Nem sabia que era biologicamente possível. Olha!* E mostra para a companheira sua axila suada.



(Rio, 20th Century Fox, 2011.)

Considerando a fisiologia das aves, pode-se afirmar corretamente que

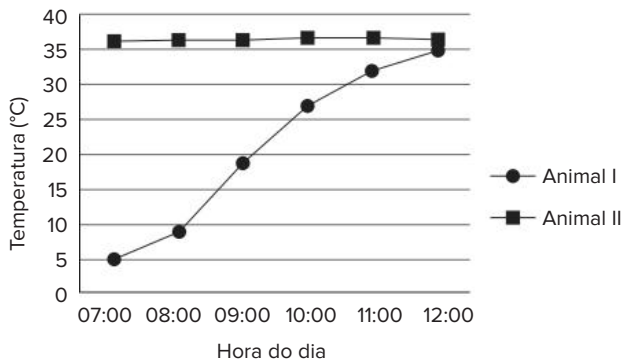
- a) as aves suam. As aves, assim como os demais vertebrados, são endotérmicos e mantêm a temperatura corporal a partir do calor gerado pelo próprio metabolismo, o que implica necessitarem de glândulas sudoríparas para dissipar o calor do corpo.
- b) as aves suam. Dentre os vertebrados, apenas as aves e os mamíferos são endotérmicos e utilizam o calor externo para manter alto o metabolismo, o que implica necessitarem de glândulas sudoríparas para dissipar o calor do corpo.
- c) as aves não suam. Embora sejam endotérmicas e mantenham a temperatura corporal a partir do calor gerado pelo metabolismo, as aves não apresentam glândulas sudoríparas, mas apresentam outros mecanismos fisiológicos de controle da temperatura corporal.
- d) as aves não suam. As aves constituem-se no grupo mais aparentado aos répteis e, como eles, são ectotérmicas e utilizam o calor externo para manter alto o metabolismo, razão pela qual não têm glândulas sudoríparas, mas apresentam outros mecanismos fisiológicos de controle da temperatura corporal.
- e) as aves não suam. Dentre os vertebrados, apenas os mamíferos são ectotérmicos e utilizam o calor externo para manter alto o metabolismo, o que implica que apenas eles apresentam glândulas sudoríparas e mecanismos fisiológicos de controle de temperatura corporal.

28. UFRGS 2019 Há 65 milhões de anos, no final do período Cretáceo, ocorreu a extinção em massa de diversos organismos, entre eles a dos dinossauros.

As evidências indicam que esse evento ocorreu em consequência da queda de um asteroide que desencadeou drásticas mudanças climáticas no planeta. A partir do processo de extinção dos dinossauros, é correto afirmar que

- a) os anfíbios, que passaram a habitar a terra firme, expandiram-se.
- b) as grandes florestas de samambaias gigantes e cavalinhas de pequenas folhas e extinguiram-se, formando os atuais depósitos de carvão mineral.
- c) os insetos desenvolveram asas, tornando-se os primeiros seres vivos que podiam voar.
- d) os peixes diversificaram-se, surgindo formas mandibuladas.
- e) os mamíferos primitivos que sobreviveram à queda do meteoro diversificaram-se e expandiram-se.

29. PUC-Rio 2016 O gráfico a seguir mostra a variação da temperatura corporal de dois animais de classes diferentes em função do aumento da temperatura ambiente durante o período da manhã.



Com base na análise desse gráfico, é correto afirmar que I e II correspondem, respectivamente, a:

- a) um animal ectotérmico, como uma ave e um animal endotérmico, como um mamífero.
- b) um animal ectotérmico, como uma serpente e um animal endotérmico, como um mamífero.
- c) um animal endotérmico, como um mamífero e um animal ectotérmico, como um anfíbio.
- d) um animal endotérmico, como um anfíbio e um animal ectotérmico, como uma ave.
- e) um animal de sangue quente, como uma ave e um animal de sangue frio, como um crocodiliano.

30. PUC-Rio 2017 Entre as características, compartilhadas pelos seres humanos com os demais mamíferos, podemos citar:

- a) glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias; dentes incisivos, caninos, pré-molares e molares; respiração diafragmática; cuidado parental.
- b) pelos; ouvido médio com dois ossículos (martelo e bigorna); coração com três câmaras; esterno com quilha.
- c) dentes incisivos, caninos, pré-molares e molares; endotermia; respiração diafragmática; amônia como principal excreta.

- d) pelos; glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias; ectotermia; ouvido médio com três ossículos (martelo, bigorna e estribo).
- e) ouvido médio com três ossículos (martelo, bigorna e estribo); amônia como principal excreta; ectotermia; cuidado parental.

31. Unioeste-PR 2019 Em julho de 2018, uma onça-parda macho, de aproximadamente três anos, capturada em uma armadilha na mata do Lago Municipal de Cascavel, foi solta em uma reserva próxima ao município. A onça-parda (*Puma concolor*) é um animal com pelos curtos de cor marrom-avermelhada no dorso, tem hábitos noturnos e se alimenta de animais roedores, tais como pacas, cutias, capivaras, coelhos queixadas, entre outros.

(Fonte: <http://www.parqueestadualserradomar.sp.gov.br/pesm/especie/susuarana/>).

De acordo com as informações acima, o que é CORRETO afirmar?

- a) Onças e outros animais do filo Chordata apresentam pelos como uma apomorfia.
- b) Dentes diferenciados em caninos, incisivos, pré-molares e molares são características exclusivas da família Carnívora.
- c) O sistema urinário da onça e de outros mamíferos, formado por rins, ureteres, bexiga e uretra, remove ácido úrico do sangue.
- d) Em uma cadeia alimentar, o segundo nível trófico é constituído pela onça que se alimenta de capivaras.
- e) Na classe dos mamíferos, cujo gênero *Puma* é pertencente, observam-se glândulas mamárias e diafragma como características principais do táxon.

32. Fatec-SP 2017 No Brasil, as mulheres assalariadas têm assegurado o direito a uma licença de 120 dias, período durante o qual podem amamentar regularmente seus filhos. No entanto, é recomendável que as empresas busquem meios de permitir que suas funcionárias estendam o período da licença. Isso porque, além dos propósitos afetivo e social, a amamentação é uma adaptação biológica importante para os mamíferos em geral, já que ela

- a) garante que as fêmeas engravidem novamente sem que ocorra ovulação.
- b) garante que o filhote possa chegar à fase adulta sem doenças autoimunes.
- c) fornece as organelas citoplasmáticas, que formam a bainha de mielina do filhote.
- d) fornece antígenos maternos, que permitem a digestão enzimática dos cátions Ca^{2+} .
- e) fornece ao filhote anticorpos maternos, que fortalecem o sistema imune dele.

33. Udesc 2016 Assinale a alternativa que contém exemplos de animais com respiração exclusivamente pulmonar.

- a) sapo – crocodilo – lobo e cavalo
- b) sabiá – morcego – baleias e cobras

- c) lambari – minhoca – caracol e tigre
- d) pardal – rã – golfinho e ovelha
- e) polvo – canguru – gato e lombriga

34. UAM-SP 2015 A classe dos mamíferos é subdividida em função do tipo de desenvolvimento embrionário. Nos mamíferos monotremados, representados pelo ornitorrinco e pela equidna, é correto afirmar que o embrião

- a) se desenvolve totalmente no interior do ovo amniótico, fora do corpo da mãe.
- b) se desenvolve totalmente no interior do útero, dentro do corpo da mãe.
- c) se forma e se desenvolve no interior do ovo amniótico, dentro do corpo da mãe.
- d) se forma e se desenvolve no interior do marsúpio, fora do corpo da mãe.
- e) se forma no útero e depois cresce no interior de um ovo amniótico, dentro do corpo da mãe.

35. PUC-SP 2018



O ornitorrinco, assim como a equidna, é um mamífero monotremado. Além de ser ovíparo esse animal

- a) não alimenta seus filhotes com leite materno, diferentemente do coelho.
- b) cria seus filhotes no interior do marsúpio, até que atinjam certo tempo de vida.
- c) possui placenta, como o coelho, mas a utiliza para produzir ovos.
- d) possui cloaca, onde desembocam os sistemas genital, urinário e digestório.

36. PUC-PR 2020 Observe a charge



Disponível em: <<https://i2.wp.com/www.umsabadoqualquer.com/wp-content/uploads/2017/06/2912.jpg>>. Acesso em: 05/08/2019.

Com base em seus conhecimentos, o animal ilustrado na charge é

- a) uma équidna, ave com pelos em forma de espinhos, que são ovíparas, mas amamentam seus filhotes.
- b) um ornitorrinco, combinação de réptil e mamífero, que apresenta corpo com espinhos, põe ovos e é encontrado na Tasmânia.
- c) um ornitorrinco, mamífero que evoluiu das aves, são ovíparos, corpo recoberto por penas e são encontrados na Nova Guiné.
- d) um ornitorrinco, mamífero aquático e ovíparo, que apresenta bico e é encontrado apenas na Austrália.
- e) uma équidna, mamífero ovíparo que apresenta bico e unhas fortes, encontrado apenas na Austrália.

Textos complementares

Classificação das serpentes quanto à dentição

Solenóglifas

As serpentes solenóglifas são animais peçonhentos dotados de um par bem desenvolvido de presas inoculadoras de veneno. Essas presas estão localizadas na região anterior da boca e apresentam um canal interno pelo qual o veneno é conduzido. Quando a boca das serpentes solenóglifas está fechada, as presas inoculadoras ficam dobradas para trás e, quando a boca é aberta, elas se protraem. As jararacas, as cascavéis e as surucucus, exemplos de serpentes solenóglifas, são as responsáveis por cerca de 99% dos acidentes com serpentes peçonhentas notificados no Brasil. Sozinhas, as jararacas respondem por cerca 90% do total desses acidentes.

Os venenos inoculados pelas serpentes peçonhentas podem apresentar diferentes formas de ação. Por exemplo, o veneno das jararacas pode ter ação proteolítica (degrada proteínas, resultando na destruição de tecidos e necroses), hemorrágica e nefrotóxica, podendo levar à insuficiência renal aguda. O veneno das cascavéis pode ter ação neurotóxica, agindo sobre o sistema nervoso e resultando, muitas vezes, em parada respiratória; além disso, o veneno da cascavel também pode causar lesões nos rins e necrose nas fibras musculares (ação miotóxica). A ação do veneno das

surucucus pode causar, por exemplo, quadros hemorrágicos. Em caso de acidentes com qualquer serpente, é essencial buscar auxílio médico para verificar a necessidade de uso de soro antiofídico.

Proteróglifas

Essas serpentes peçonhentas possuem presas inoculadoras de veneno fixas na parte anterior da boca. Esses dentes especializados têm um sulco pelo qual o veneno escorre em direção ao corpo da presa. A coral-verdadeira é um exemplo de serpente proteróglifa cujo veneno age sobre o sistema nervoso, afetando as contrações musculares e, assim como o veneno das cascavéis, pode levar à parada respiratória.

Opistóglifas

As opistóglifas são serpentes peçonhentas cujas presas inoculadoras de veneno estão localizadas na porção posterior da boca. A posição das presas dificulta a inoculação do veneno e, com isso, acidentes com humanos envolvendo essas serpentes são muito raros. Um exemplo de serpente opistóglifa é a falsa-coral.

Áglifas

Essas serpentes não produzem veneno e não são peçonhentas. Seus dentes são maciços e uniformes. As sucuris e as jiboias são serpentes áglifas que, em geral, matam suas presas por contração.

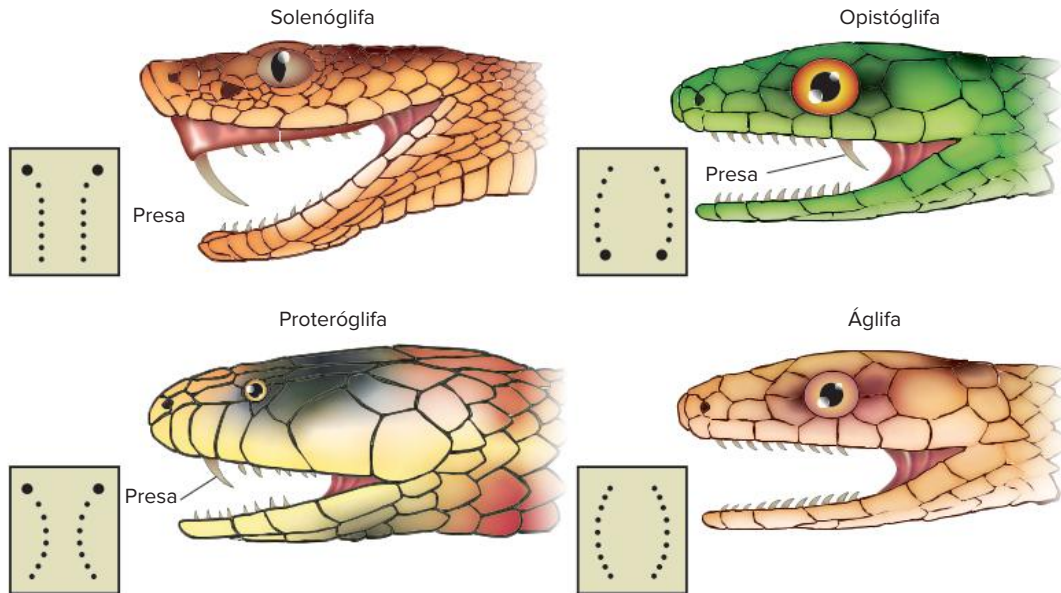
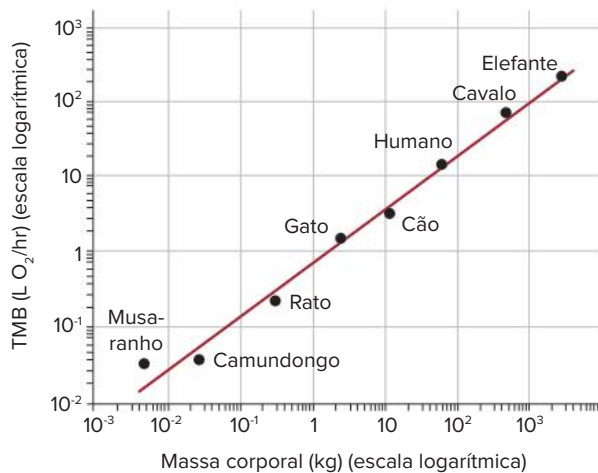


Ilustração dos tipos de dentição em serpentes. Destacados no retângulo estão os padrões das marcas deixadas em cada mordida. A interpretação dessas marcas contribui à identificação da serpente envolvida em um eventual acidente, sendo um fator importante na decisão do tratamento que será aplicado na pessoa que foi mordida.

Temperatura corporal e o metabolismo

A manutenção das funções vitais de um animal depende de uma taxa metabólica mínima. Para os animais endotérmicos, a taxa metabólica mínima é chamada de taxa metabólica basal (TMB), enquanto nos animais ectotérmicos é chamada de taxa metabólica padrão (TMP). A TMB para seres humanos, animais endotérmicos, varia entre 1600 kcal e 1800 kcal para machos e 1300 a 1500 kcal para fêmeas. Em contrapartida, a TMP de um crocodilo, animal ectotérmico, gira em torno de 60 kcal por dia a 20 °C, representando menos de 5% da energia usada por um humano adulto de tamanho equivalente, denotando, de forma bastante evidente, a menor exigência energética da ectotermia frente à endotermia.

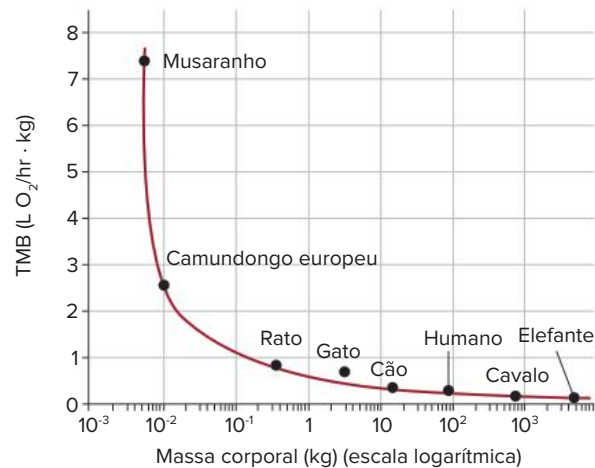
A taxa metabólica de um animal é afetada por uma série de fatores além da endotermia ou ectotermia. Um desses fatores é o tamanho do animal. É de se esperar que animais maiores, com mais massa corpórea, necessitem de mais energia. Geralmente, a relação entre taxa metabólica e massa corporal é constante para muitos mamíferos de diferentes formas e tamanhos, como mostra o gráfico a seguir.



Fonte: REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Relação entre TMB e massa corporal em alguns exemplos de mamíferos. A TMB está expressa de acordo com a quantidade de litros de O₂ que o animal consome por hora (L O₂/h).

Contudo, a relação entre taxa metabólica e tamanho afeta o consumo de energia pelos tecidos dos animais. Como mostra o próximo gráfico, a energia usada para manter a atividade de cada grama de massa corporal é inversamente relacionada ao tamanho do animal.



Fonte: REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Relação entre a TMB por quilograma de massa corporal e a massa corporal para os mesmos mamíferos do gráfico anterior. Neste gráfico, a TMB está expressa de acordo com a quantidade de litros de O₂ que o animal consome por hora por quilograma de massa (L O₂/hr.kg).

A análise do segundo gráfico nos permitir observar que cada grama de um camundongo exige cerca de 20 vezes mais energia que cada grama do elefante, apesar de, como um todo, um elefante consumir mais energia do que um camundongo. A conclusão é que animais menores apresentam maior taxa metabólica e, conseqüentemente, maior demanda de oxigênio. Esse fato está ligado à relação área × volume observada em função do tamanho do animal. Animais menores possuem a área da superfície corporal grande em relação ao volume; dessa forma, perdem calor com mais facilidade para o meio e, nessa situação, a taxa metabólica elevada é importante para compensar o calor perdido pela superfície corporal relativamente ampla, mantendo o corpo aquecido.

Em contrapartida, animais maiores possuem área de superfície corporal relativamente pequena frente ao volume gerador de calor.

Dessa forma, esses animais dissipam calor com mais dificuldade para o meio, quando comparados a animais menores. Nesse sentido, a TMB mais baixa é relevante a esses animais, pois resulta em menor geração de calor metabólico por unidade de massa, evitando problemas ligados ao aumento excessivo da temperatura corporal.

A manutenção de uma elevada taxa metabólica requer alto consumo de energia e, conseqüentemente, muita ingestão de alimento. É comum, em certas épocas do ano, em algumas regiões da Terra, haver baixa disponibilidade de alimento. Nesse sentido, algumas estratégias fisiológicas, como a hibernação, foram selecionadas favoravelmente.

A hibernação é uma adaptação ao inverno rigoroso e à escassez de alimento. Nesse período, a temperatura corporal do mamífero hibernante diminui, às vezes de forma drástica, chegando, em certos casos, a 1-2 °C, resultando em intensa redução da taxa metabólica. Devido à redução da atividade metabólica, a hibernação configura-se com um mecanismo de economia de energia, permitindo ao animal sobreviver ao inverno rigoroso usando principalmente as reservas de energia armazenadas em seus tecidos. Esquilos e hamsters são exemplos de animais que hibernam.

Texto elaborado para fins didáticos.

Resumindo

Controle da temperatura corporal nos vertebrados

- Ectotérmicos: ágnatos, peixes, anfíbios e muitos répteis.
- Endotérmicos: aves e mamíferos.

ÁGnatos ou ciclóstomos

- Representantes: lampreia e peixe-bruxa (feiticeira).
- Aquáticos.
- Boca circular, desprovida de mandíbula.
- Coluna vertebral rudimentar.
- Notocorda persiste no adulto.
- Estruturas esqueléticas cartilaginosas.

Gnatostomados

- Dotados de mandíbulas.
- Compreendem os peixes e os tetrápodes (anfíbios, répteis, incluindo as aves, e mamíferos).

Peixes

- Aquáticos, com corpo hidrodinâmico.
- Respiração principalmente branquial.
- Excreção principalmente por meio de rins.
- Grupos: condrictes e osteíctes.

Comparação – condrictes × osteíctes

	Condrictes	Osteíctes
Representantes	Tubarões, raias e quimeras.	Salmão, sardinha, piranha, atum, etc.
Esqueleto	Predominantemente cartilaginoso.	Ósseo.
Nadadeira caudal	Heterocerca.	Homocerca.
Escamas	Dermoepidérmicas.	Dérmicas.
Tubo digestório	Boca ventral. Termina em cloaca. Presença de válvula espiral.	Boca frontal. Termina em ânus.
Opérculo	Ausente.	Presente.
Excreta nitrogenada	Ureia.	Amônia.
Bexiga natatória	Ausente.	Presente.
Reprodução	Dioicos com fecundação interna e desenvolvimento direto. Ovíparos, ovovivíparos ou vivíparos.	Em geral, dioicos, ovíparos, com fecundação externa e desenvolvimento direto.

Anfíbios

- Grupo que ocupa ambientes de transição entre o meio aquático e o terrestre.

Ordem Anura (anuros)

- Representantes: sapos, pererecas e rãs.
- Na fase adulta, apresentam quatro patas, mas não possuem cauda.
- São animais dioicos, realizam fecundação externa, que ocorre na água, e exibem desenvolvimento indireto (larva denominada girino).

Ordem Urodela (urodelos)

- Representantes: salamandras e tritões.
- Adulto com cauda e patas.
- São animais dioicos, praticam fecundação interna ou externa, e geralmente exibem desenvolvimento indireto.

Ordem Apoda (ápodes)

- Representantes: cecílias ou cobras-cegas.
- Corpo alongado, cilíndrico e desprovido de patas.
- São animais dioicos que praticam fecundação interna e exibem desenvolvimento direto.

Morfologia e fisiologia dos anfíbios

- **Pele:** fina, úmida, permeável, vascularizada e dotada de glândulas produtoras de muco e veneno.
- **Respiração:** cutânea e pulmonar no adulto, branquial e cutânea na larva.
- **Digestão:** maioria carnívora, tubo digestório termina em cloaca.
- **Excreção:** por meio principalmente de rins; excreção de ureia nos adultos e de amônia nas larvas.
- **Sistema nervoso:** audição com presença de membrana timpânica; olhos associados a glândulas lacrimais.

Amniotas

- Representantes: répteis (incluindo as aves) e mamíferos. Peixes e anfíbios são chamados de anamniotas.
- Com adaptações que levaram à conquista definitiva do meio terrestre. Entre as mais relevantes, estão a pele impermeável, a respiração pulmonar com ampla superfície para trocas gasosas, a excreção predominantemente de ácido úrico, a fecundação interna e o ovo amniótico.
- Anexos embrionários do ovo amniótico – Saco vitelínico: encontrado nos embriões de todos os vertebrados, contém a reserva de nutrientes, sobretudo lipídios e proteínas.

- **Âmnio:** membrana que delimita uma cavidade cheia de líquido. Atua como um amortecedor de impactos, conferindo proteção mecânica ao embrião, e também o protege contra a desidratação.
- **Alantoide:** responsável pelo armazenamento das excretas nitrogenadas geradas pelo embrião durante seu desenvolvimento.
- **Cório:** envolve e protege as demais estruturas internas do ovo. Juntamente com o alantoide, o cório atua nas trocas gasosas entre o embrião e o meio aéreo.

Répteis

- Os répteis atuais são os amniotas mais antigos adaptados à sobrevivência plena no meio terrestre.
- Ordem Testudines (quelônios): tartarugas, cágados e jabutis.
- Ordem Squamata (escamados): lagartos e serpentes. As serpentes podem ser peçonhentas (têm presas inoculadoras de veneno) ou constritoras.
- Ordem Crocrodilia (crocrodilianos): jacarés, crocodilos e gaviais.

Morfologia e fisiologia dos répteis

- **Pele:** espessa, seca e queratinizada (impermeável); baixa perda de água pela superfície corporal, evitando a desidratação.
- **Respiração** pulmonar.
- **Digestão:** espécies carnívoras, herbívoras e onívoras; tubo digestório termina em cloaca.
- **Excreção:** ácido úrico, majoritariamente por meio dos rins.
- **Sistema nervoso:** boa visão; boa audição devido à membrana timpânica (exceto em serpentes).
 - Serpentes e certos lagartos possuem o órgão de Jacobson, uma estrutura olfativa.
 - Maioria das serpentes peçonhentas possui uma estrutura termorreceptora denominada fosseta loreal.
- **Reprodução:** dioicos, com fecundação interna e desenvolvimento direto.
 - A maioria dos répteis é ovípara com ovo amniótico dotado de casca calcária; todavia, existem espécies vivíparas e ovovivíparas.

Aves

- Linhagem de répteis; em sua maioria, adaptadas ao voo.
- A capacidade de voo tem alto custo metabólico.
- Diversas modificações que reduzem o peso corpóreo das aves constituem adaptações ao voo.

Morfologia e fisiologia das aves

- **Endotermia:** característica importante à manutenção da alta taxa metabólica necessária ao voo.
- **Pele:** com epiderme e derme. Abaixo da pele pode existir uma camada de gordura, importante ao isolamento térmico e à reserva energética.
- **Anexos epidérmicos**
 - Garras.
 - Bico.
 - Glândula uropigiana.
 - Penas: aumento da superfície corporal, formato aerodinâmico às asas, atração sexual, camuflagem e isolamento térmico.

- **Respiração** pulmonar, com pulmões ligados a sacos aéreos.
 - Os sacos aéreos aumentam o fluxo de ar nos pulmões, atuam no controle da temperatura corporal e conferem leveza ao corpo do animal.
 - As trocas gasosas ocorrem nos parabônquios.
- **Digestão:** aves não possuem dentes; bicos são adequados aos hábitos alimentares; tubo digestório com papo, proventrículo e moela terminando em cloaca.
- **Excreção:** ácido úrico, principalmente por meio dos rins; ausência de bexiga urinária.
- **Sistema nervoso:** cerebelo e cérebro desenvolvidos; visão aguçada.
- **Esqueleto:** membros anteriores estão modificados em asas; ossos pneumáticos; quilha ou carena no osso esterno apoiando a musculatura peitoral desenvolvida.
 - Aves ratitas: sem quilha (ex.: ema e avestruz).
 - Aves carinatas: com quilha (ex.: gaivota, beija-flor e sabiá).
- **Reprodução:** dioicas, em geral com dimorfismo sexual, realizam fecundação interna e apresentam desenvolvimento direto; todas as aves são ovíparas com ovo amniótico dotado de casca calcária.
- **Principais adaptações ao voo:** alta taxa metabólica, asas, penas, sacos aéreos, ausência de dentes e de bexiga urinária, sistema nervoso desenvolvido, quilha, músculos peitorais desenvolvidos e ossos pneumáticos.

Mamíferos

- **Respiração:** pulmonar.
- **Excreção:** ureia, por meio principalmente de rins.
- **Reprodução:** em geral, dioicos, realizam fecundação interna e apresentam desenvolvimento direto.

Características exclusivas dos mamíferos

- Glândulas mamárias: responsáveis pela produção do leite, secreção por meio da qual as fêmeas fornecem nutrientes e anticorpos aos seus filhotes.
- Glândulas sudoríferas (sudoríparas): responsáveis pela produção do suor, secreção importante à termorregulação. Também contribuem à excreção dos mamíferos, eliminando água, sais e resíduos nitrogenados.
- Glândulas sebáceas: produção de secreção lipídica que protege, lubrifica e impermeabiliza a pele e os pelos.
- Pelos: atuam na proteção e, juntamente com uma camada de gordura localizada sob a pele, contribuem à retenção de calor pelo animal, exercendo a função de isolamento térmico.
- Músculo diafragma: localizado entre a cavidade abdominal e a cavidade torácica; importante à realização dos movimentos respiratórios.
- Hemácias anucleadas: células desprovidas de núcleo.
- Dentição diferenciada: dentes incisivos, caninos, pré-molares e molares.

Prototheria (prototérios) – monotremados

- Principais representantes: ornitorrinco e equidna.
- Ovíparas, produzindo ovo amniótico com casca.
- Não têm mamilos; o filhote se alimenta do leite que escorre nos pelos da mãe.
- Tubo digestório termina em cloaca.
- Desprovidos de dentes.

Metatheria (metatérios) – marsupiais

- Exemplos de representantes: canguru e coala, encontrados na Oceania, e gambá, característico da América do Sul.
- Gestação relativamente curta.
- Os filhotes completam o desenvolvimento durante a amamentação no interior do marsúpio, bolsa localizada no ventre da mãe na maioria das espécies de metatérios.

Eutheria (eutérios) – placentários

- Formam uma placenta complexa e desenvolvida.
- Correspondem à maioria das espécies de mamíferos.
- Por meio da placenta, o filhote recebe nutrientes, gás oxigênio e anticorpos do sangue materno e nele lança suas excretas, como gás carbônico e resíduos nitrogenados.

Quer saber mais?



Sites

<https://revistapesquisa.fapesp.br/mais-de-500-especies-de-anfibios-foram-dizimadas-por-fungo-quitridio/>
(Acesso em: 26 out. 2021)

O texto relata como cientistas brasileiros têm contribuído para as pesquisas sobre os impactos de fungos nas populações de anfíbios por todo o mundo.

<http://www.comunica.ufu.br/noticia/2018/02/pesquisas-com-veneno-de-cascavel-podem-combater-hepatite-c>
(Acesso em: 26 out. 2021)

O artigo apresenta uma descoberta científica decorrente de pesquisas feitas com venenos de serpentes.

<https://agencia.fapesp.br/a-evolucao-da-especie-sob-os-olhares-diversos-da-arqueologia-e-da-genomica/32163/>
(Acesso em: 26 out. 2021)

O artigo explicita como evidências arqueológicas, em interação com evidências genômicas, ajudam a trazer novas explicações sobre a evolução da espécie humana.

Exercícios complementares

- 1. Fasm-SP 2017** Nenhuma espécie invasora causou tanto problema na região dos Grandes Lagos da América do Norte quanto a lampreia-marinha. Esse animal possui corpo alongado e uma boca com grande poder de sucção. A lampreia prende-se à pele de um peixe e usa sua língua raspadora para perfurar a carne da vítima, podendo permanecer ali por até um mês se alimentando do sangue e dos fluidos corporais da presa. Em seu habitat natural, a lampreia é componente importante da cadeia alimentar. Os problemas só começam quando passa de espécie nativa para invasora.

(Folha de S. Paulo, 20.02.2016. Adaptado.)

- a) A lampreia-marinha e a enguia são animais que se assemelham quanto à respiração, porém apresentam a estrutura bucal diferente. Qual a semelhança entre esses animais quanto ao tipo de respiração? Que estrutura está presente na boca de uma enguia e ausente na boca da lampreia-marinha?
- b) Por que a lampreia-marinha não se tornou um problema em seu hábitat natural? Qual poderá ser a consequência, para as espécies locais, da invasão da lampreia-marinha na região dos Grandes Lagos da América do Norte?

- 2. UEL-PR 2014** Nos últimos 10.000 anos, o nível de evaporação da água do Mar Morto tem sido maior que o de reposição. Dessa forma, a concentração de sais tem aumentado, já que o sal não evapora. A principal fonte abastecedora do Mar Morto é o Rio Jordão. Com

a salinidade tão alta, apenas alguns micro-organismos são capazes de sobreviver nesse ambiente. Quando um peixe vindo do Rio Jordão deságua no Mar Morto, ele morre imediatamente.

- a) Quando um peixe é exposto a um ambiente com alta salinidade, ocorre um grande aumento da concentração de sais nos seus fluidos extracelulares. Esse aumento provoca a formação de um gradiente de concentração, em que o meio intracelular apresenta-se hipotônico em relação ao meio extracelular (hipertônico).

O que acontece com as hemácias nessa situação? Qual o nome do transporte celular envolvido?

- b) Uma característica exclusiva dos peixes ósseos é a presença de uma bexiga natatória. Em alguns peixes, essa bexiga está ligada ao sistema digestório, conferindo uma vantagem adaptativa.

Descreva as funções da bexiga natatória.

Qual é a vantagem adaptativa de a bexiga natatória estar ligada ao sistema digestório?

- 3. Unicamp-SP (Adapt.)** Uma dona de casa, querendo preparar uma caldeirada de frutos do mar, obteve uma receita que, além de vegetais e temperos, pedia a inclusão de cação, camarão, lagosta, mexilhão e lula. Ela nunca havia preparado a receita e não conhecia os animais. O filho explicou que esses animais eram: um peixe cartilaginoso (cação), crustáceos (camarão e lagosta) e moluscos (mexilhão e lula).

Ao comprar o peixe, a dona de casa não encontrou cação e comprou abadejo, que é um peixe ósseo. Além da diferença quanto ao tipo de esqueleto, indique outras duas diferenças que os peixes ósseos podem apresentar em comparação com os peixes cartilagosos.

- 4. Unicamp-SP** Em abril de 2003, frequentadores da praia da Joatinga, no Rio de Janeiro, mataram a pauladas um tubarão mangona. As espécies animais que causam medo, repulsa ou estão associadas a superstições são inapelavelmente sentenciadas à morte. Cobras, aranhas, morcegos, escorpiões, arraias, marimbondos, sapos, lagartos, gambás e, claro, tubarões, morrem às dezenas, porque falta à população um nível mínimo de conhecimento sobre tais animais, seu comportamento, seu papel na cadeia alimentar e nos ecossistemas.

(Adaptado de Liana John, "Sentenciados à morte por puro preconceito". www.estadao.com.br/ciencia/ecos/mai/2003).

- As arraias pertencem ao mesmo grupo taxonômico dos tubarões. Que grupo é esse? Dê uma característica que permite agrupar esses animais.
- Sapos e lagartos pertencem a classes distintas de vertebrados. Dê uma característica que permite diferenciar as duas classes.
- Aranhas e escorpiões têm em comum o fato de capturarem as suas presas ou se defenderem utilizando venenos. Indique que estruturas cada um deles utiliza para inocular o veneno e em que região do corpo do animal essas estruturas se localizam.

- 5. UEPG-PR 2018** A respeito das características dos Condrictes (ou seja, peixes que possuem cartilagem calcificada), assinale o que for correto.

- São animais principalmente marinhos representados pelo tubarão, pela raia e pela quimera. São vertebrados gnatostomados, ou seja, possuem mandíbula.
- Estes peixes possuem, na linha lateral, um sistema sensorial com células que captam vibrações, assim o animal pode obter informações sobre o seu movimento e o de suas presas.
- O ambiente aquático permite uma fecundação externa bem eficiente, visto que os machos não apresentam órgão copulador. O desenvolvimento embrionário é indireto e a fase larval dura aproximadamente 10 dias.
- Este grupo de peixes apresenta a bexiga natatória (uma bolsa cheia de gás), a qual auxilia na flutuação do animal, além de poder ser utilizada também no armazenamento de energia na forma de gordura.

Soma:

- 6. UFSC 2019** As barbatanas de tubarões são consideradas uma iguaria na cozinha do leste asiático. Analistas dizem que o aumento da demanda, sobretudo da China, tem incentivado a extração dessa parte do animal para exportação ilegal. Por ano, calcula-se que entre 70 e 100 milhões de tubarões são mortos mundo afora com o mesmo objetivo: exportação de barbatanas. Os animais normalmente têm suas barbatanas retiradas e em seguida

são jogados de volta ao mar. No Brasil, embora as barbatanas dos tubarões não sejam uma iguaria, a sua carne (vendida com o nome de cação) é muito apreciada.

Disponível em <https://marsemim.com.br/tubaroes-ou-cacoes/> (Adaptado). Acesso em: 30 de ago. 2018.

Sobre ecologia e assuntos relacionados, é correto afirmar que:

- embora existam várias espécies de tubarões (algumas chamadas de cações), todos são peixes que possuem esqueleto cartilaginoso, sistema circulatório do tipo fechado e respiração branquial.
- predadores de topo de cadeia, como a grande maioria dos tubarões, são prejudiciais aos ecossistemas de que participam, pois tendem a se alimentar de grande quantidade de peixes ou focas, diminuindo essa população de maneira rápida.
- os tubarões pertencem ao filo dos cordados, cujos representantes possuem sistema nervoso ventral, escamas, reprodução sexuada e desenvolvimento embrionário indireto.
- a grande maioria dos tubarões são predadores que ocupam o topo da cadeia alimentar, por isso pode ocorrer o fenômeno de biomagnificação de substâncias tóxicas.
- os tubarões são animais recentes na escala evolutiva dos vertebrados; seus ancestrais mais primitivos surgiram a menos de 50 milhões de anos.
- assim como os peixes ósseos, os tubarões possuem a bexiga natatória.

Soma:

- 7. UEPG-PR 2016** Assinale o que for correto sobre as características presentes nas classes Chondrichthyes e Actinopterygii.

- Nos actinoptérgios, estruturas excretoras importantes, como a linha lateral, têm como função regular os níveis internos de amônia, contribuindo para a osmorregulação nestes animais.
- Os tubarões apresentam escamas placoides em sua epiderme, as quais são constituídas por material orgânico calcificado, a dentina. Na região interna das escamas, na região denominada polpa, há vasos sanguíneos e terminações nervosas.
- Dentre os representantes dos peixes cartilagosos podemos citar os tubarões, cações, raias e quimeras, os quais apresentam o esqueleto totalmente constituído por cartilagem. A maioria dos membros é carnívora e tem mandíbulas bem desenvolvidas.
- A respiração nos peixes ósseos é cutânea, permitindo trocas gasosas recorrentes no ambiente aquático. O sistema circulatório é aberto e os gases circulam livremente entre os tecidos e a corrente sanguínea.

Soma:

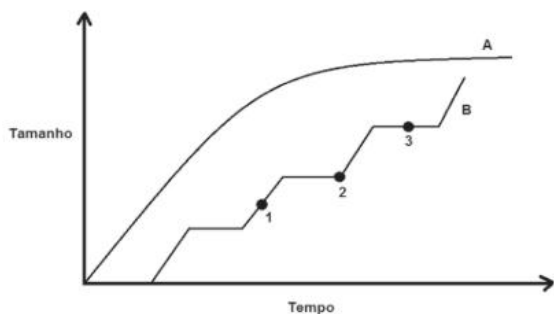
- 8. UEPG-PR 2016** Em relação a algumas características evolutivas na fisiologia animal, assinale o que for correto.

- Os peixes de grande porte possuem respiração cutânea, fazendo as trocas gasosas com o ambiente pela superfície corporal.

- 02** Nos artrópodes, o sistema circulatório é aberto, já que os vasos têm as extremidades abertas e o fluido (hemolinfa) passa para as cavidades corporais, as hemocelas (ou lacunas), entrando em contato direto com os tecidos para a troca de substâncias.
- 04** As aves apresentam algumas especializações do tubo digestivo como o papo, especializado no armazenamento e umedecimento do alimento, além da moela, região musculosa, com função de triturar o alimento.
- 08** Os poríferos e protozoários apresentam um sistema excretor formado por protonefrídios, constituído por uma célula-flama e um tubo ao qual ela se liga, permitindo a liberação de amônia ao meio.
- 16** Os nematelmintos excretam suas substâncias pelos túbulos de Malpighi, os quais absorvem excreções da hemolinfa lançando-as na cavidade intestinal para posterior eliminação.

Soma:

- 9. IFSC 2014** O gráfico abaixo representa o crescimento de dois animais, "A" e "B". Ambos são aquáticos marinhos. O animal "A" respira por brânquias que são cobertas por uma borda óssea protetora, possui o corpo recoberto por escamas ósseas achatadas e controla sua flutuabilidade por meio de uma bolsa de gás localizada no interior do corpo. O animal "B" apresenta um esqueleto externo articulado, um sistema circulatório aberto e também respira utilizando brânquias.



Sobre esses organismos assinale a soma da(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

- 01** O animal "A" é um peixe cartilaginoso (Chondrichthyes), como os tubarões e arraias; sua taxa de crescimento decresce conforme o animal fica mais velho.
- 02** O padrão de crescimento intermitente representado pelo animal "B" é típico de artrópodes. Para crescer, o animal deve perder o exoesqueleto e formar um novo e maior.
- 04** O animal representado pela linha de crescimento "A" corresponde a um peixe ósseo (Osteichthyes). A placa óssea que recobre as brânquias corresponde ao opérculo e a bolsa de gás no interior do corpo é a bexiga natatória.
- 08** A linha de crescimento "B" é típica de animais anelídeos. Esses animais apresentam corpo segmentado, simetria radial e presença de uma estrutura típica denominada notocorda.

- 16** O animal representado pela curva de crescimento "A" é caracterizado pela presença de um sistema vascular aquífero denominado sistema ambulacral. Esse sistema atua na alimentação, trocas gasosas e locomoção do animal.
- 32** Na linha de crescimento "B", o ponto 1 corresponde a um período de crescimento rápido, o ponto 2 marca o processo de ecdise e o ponto 3 é um período em que não ocorre crescimento.

Soma:

- 10. Unicamp-SP** Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a habitar o meio terrestre. Provavelmente, surgiram de peixes crossopterígeos que eventualmente saíam da água a procura de insetos. Antes de ganharem o meio terrestre, esses ancestrais dos anfíbios passaram por modificações em sua estrutura e em sua fisiologia.
- a) Mencione duas modificações importantes nessa transição.
- b) Os anfíbios são classificados em três ordens: Gymnophiona ou Apoda (cobras cegas), Urodela (salamandras) e Anura (sapos, rãs e pererecas). Mencione uma característica exclusiva de cada uma delas.

- 11. Unifesp** Considere os grandes biomas do Brasil: cerrados, florestas, pampas e caatingas.
- a) Em qual deles espera-se encontrar maior abundância de anfíbios?
- b) Justifique sua resposta, relacionando as características do ambiente com as deste grupo de vertebrados.

- 12. UEPG-PR 2014** Os anfíbios foram os primeiros vertebrados que conquistaram o ambiente terrestre. Evoluíram a partir de um grupo de peixes sarcopterígeos. Com relação às características morfoanatômicas e fisiológicas dos anfíbios, assinale o que for correto.

- 01** Os ovos dos anfíbios não apresentam estruturas que impeçam a perda de água e, por isso, não são viáveis em ambiente seco.
- 02** Como estrutura de defesa, os anfíbios possuem glândulas de veneno na pele. Alguns possuem pele com coloração de advertência aos predadores, a chamada coloração aposemática.
- 04** A respiração dos anfíbios é exclusivamente cutânea.
- 08** Os sapos, rãs, pererecas e salamandras se alimentam somente de fitoplâncton, por isso, passam grandes períodos do dia em ambientes aquáticos.

Soma:

- 13. PUC-Rio 2018** Pesquisas realizadas com populações de anfíbios têm mostrado que esses organismos são bioindicadores de qualidade do ambiente. Relacione duas características dos anfíbios que podem torná-los particularmente sensíveis aos problemas ambientais.

14. Unifesp (Adapt.) Os répteis foram o primeiro grupo de vertebrados a conquistar o ambiente terrestre de forma plena.

Explique quais foram as adaptações necessárias para que os répteis pudessem viver no ambiente terrestre.

15. UFSC 2015 Ao observar diferentes grupos de animais, constata-se que existe grande diversidade entre eles no que se refere aos sistemas digestório, circulatório, respiratório, esquelético e excretor, entre outros. Na coluna A citam-se sistemas que podem ser encontrados em diferentes grupos animais e na Coluna B, as variações destes sistemas.

Coluna A – SISTEMAS	Coluna B – TIPOS
I. Digestório	A – Incompleto
	B – Completo
II. Circulatório	A – Aberto
	B – Fechado
III. Respiratório	A – Respiração Cutânea
	B – Respiração Branquial
	C – Respiração Pulmonar
IV. Esquelético	A – Hidrostático
	B – Exoesqueleto
	C – Endoesqueleto
V. Excretor	A – Difusão Simples
	B – Glândulas Coxais
	C – Glândulas Antenais
	D – Protonefrídios
	E – Rins

Com relação às associações entre as colunas A e B, é CORRETO afirmar que:

- 01** no filo dos Cnidários, as associações II – A e IV – A estão corretas.
- 02** em répteis, as associações possíveis seriam: I – A; III – B e IV – A.
- 04** em sapos e rãs, pode-se ter as seguintes associações: I – B; II – B; III – A e III – C.
- 08** animais com a associação V – A devem viver na água.
- 16** as associações V – B e V – C são encontradas no filo dos Anelídeos.
- 32** animais com a associação II – B possuem coração com quatro cavidades.
- 64** os equinodermos têm uma associação IV – B quanto ao seu sistema esquelético.

Soma:

16. UEM-PR 2012 Sobre os vertebrados, assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

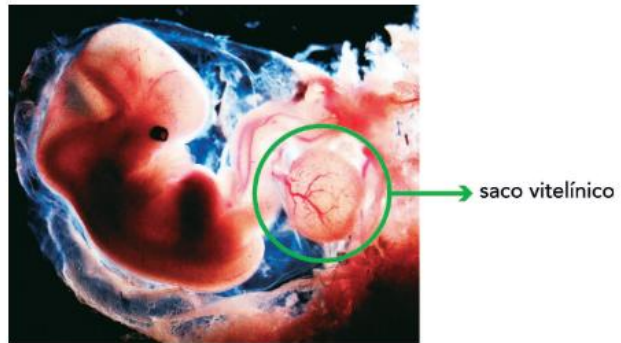
- 01** Uma das características dos cordados é a presença de notocorda na fase embrionária.
- 02** O primeiro grupo de vertebrados que conquistou definitivamente o meio terrestre foi o das aves.
- 04** O anfíoxo pertence ao Filo Chordata, porém não apresenta coluna vertebral.

08 Morcego e tartaruga são, respectivamente, mamífero e anfíbio.

16 A fosseta loreal, uma depressão entre cada olho e a narina, registra pequenas variações de temperatura e ocorre na maioria das cobras peçonhentas.

Soma:

17. Uerj 2019 Durante a gestação humana, observa-se o aparecimento de anexos embrionários que desempenham funções importantes para o desenvolvimento do feto. Uma dessas estruturas é o saco vitelínico, destacado na imagem.



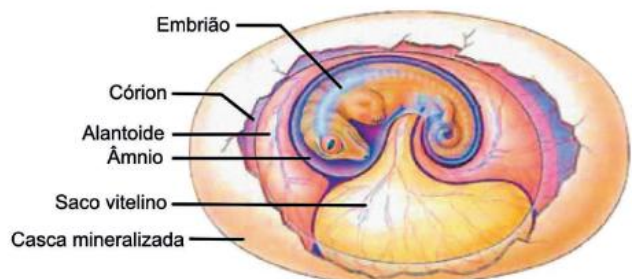
A presença do saco vitelínico evidencia a descendência humana a partir do seguinte tipo de ancestrais:

- a) amoniotéticos
- b) celomados
- c) aquáticos
- d) ovíparos

18. UFU-MG 2019 Os amniotas são tetrápodes que têm um ovo adaptado ao meio terrestre, chamado ovo amniótico.

- a) Por que o ovo amniótico foi uma inovação evolutiva importante para a vida no ambiente terrestre?
- b) O ovo amniótico da maioria dos répteis e de alguns mamíferos tem casca. Para que serve essa casca?

19. Fasm-SP 2019 O ovo com casca dura representa a independência do ambiente aquático para a reprodução dos animais pois, além de fornecer uma proteção mecânica, a casca protege o embrião contra a desidratação.



(Cleveland P. Hickman et al. Princípios integrados de zoologia, 2016.)

- a) Qual anexo embrionário é responsável por evitar a desidratação do embrião? De onde o embrião retira as moléculas orgânicas essenciais para o seu desenvolvimento?
- b) Além do ovo com casca dura e seus anexos embrionários, cite duas outras adaptações à vida no ambiente terrestre presentes nos cordados.

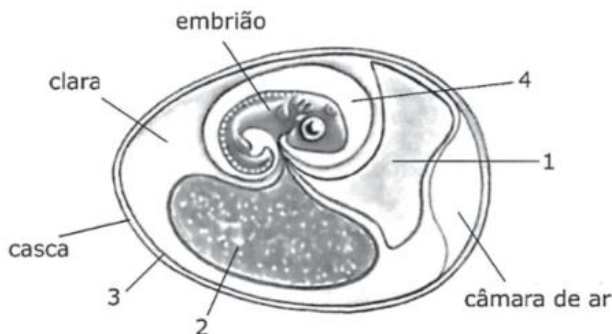
20. Fuvest-SP 2013 Piaimã virou o herói de cabeça para baixo. Então Macunaíma fez cócegas com os ramos nas orelhas do gigante (...). Chegaram no hol. Por debaixo da escada tinha uma gaiola de ouro com passarinhos cantadores. E os passarinhos do gigante eram cobras e lagartos.

Mário de Andrade, **Macunaíma**.

- a) Suponha que o gigante Piaimã tenha encontrado os ovos de lagarto e os tenha posto para chocar, pensando que fossem de aves. O exame dos anexos embrionários dos ovos desses dois grupos de animais permite diferenciar se eles são de lagartos ou de passarinhos? Justifique.
- b) b) Considere que a gaiola esteja embaixo da escada em local frio e úmido, e com alimento disponível. Que animais – cobras, lagartos ou passarinhos – teriam maior dificuldade para sobreviver por período muito longo nessas condições? Justifique.

21. UFPR 2012 Durante o desenvolvimento embrionário, fontes constantes de oxigênio, energia e nutrientes são imprescindíveis para manter as altas taxas de proliferação e migração celular. O embrião necessita também de água, tanto para hidratação das células quanto para evitar a aderência inapropriada das estruturas em formação. Precisa, ainda, eliminar resíduos metabólicos tóxicos, que se formam ao longo dos processos de desenvolvimento, e se proteger de substâncias tóxicas, variação térmica e outras adversidades do ambiente. Os embriões dos vertebrados mais primitivos, como os peixes (Anamniotas), se desenvolvem em íntimo contato com o ambiente aquático, onde a maior parte dessas necessidades pode ser facilmente suprida. O aparecimento de ovos amnióticos permitiu que o desenvolvimento embrionário de certos vertebrados, como as aves (Amniotas), ocorresse em ambiente terrestre. Para isso, desenvolveram-se os anexos embrionários âmnio (ou âmnion), córion (ou cório), saco vitelino e alantoide. Explique a importância de cada um dos anexos no processo de desenvolvimento até a eclosão do indivíduo, considerando as necessidades expostas acima.

22. UEPG-PR 2018 A figura abaixo representa o embrião de uma ave, protegido por um ovo com casca. Analise as afirmações e assinale o que for correto.



Adaptado de: LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia hoje*. 15ª ed. Volume 1. Editora Ática. São Paulo. 2010.

- 01** A estrutura (1) é o alantoide, o qual armazena as excretas do embrião, retira oxigênio do ar, elimina gás carbônico e retira cálcio da casca do ovo.
- 02** O saco vitelínico (1) contém vitelo utilizado na nutrição do embrião. A estrutura (3) é o alantoide responsável pela proteção do embrião e retirada de cálcio da casca do ovo.
- 04** O âmnio (4) contém líquido que protege o embrião contra choques mecânicos e evita seu dessecação. Já a estrutura (2) contém vitelo de reserva para o embrião.
- 08** O âmnio (1), alantoide (2) e córion (3) estão presentes apenas nos répteis, nas aves e nos mamíferos, os quais são chamados de amniotas por seu desenvolvimento fora da água.

Soma:

23. PUC-Rio 2018



Fonte: umsabadoqualquer.com.br

Interprete a charge acima com relação à origem evolutiva das aves.

- 24. CUSC-SP 2018** Uma ave de rapina sobrevoava um fragmento urbano de Mata Atlântica. Era uma fêmea de carcará (*Caracara plancus*) que forrageava em busca de alimentos para seus filhotes ainda no ninho. Durante o voo, avistou um pequeno roedor em uma clareira da mata e, com um rápido mergulho, capturou a presa com suas garras para então levá-la, imediatamente, aos seus filhotes.
- a) Cite dois trechos do texto que relacionam-se ao nicho ecológico do carcará.
- b) Qual a relação entre a endotermia das aves e a necessidade de alimentação constante dos filhotes? Qual a relação entre a endotermia das aves e o comportamento reprodutivo por meio de ovos chocados em ninhos?

25. Uerj 2019 As aves atuais possuem peso corporal reduzido em relação a seus ancestrais, o que favorece o voo em decorrência de algumas transformações anatômicas e fisiológicas. Aponte duas características das aves atuais decorrentes das transformações que contribuíram para a redução do peso corporal desses animais.

26. UFPR 2019 Considerando que aves apresentam estruturas especializadas ao voo, responda às questões propostas:

- O que são ossos pneumáticos e por que são considerados como adaptações ao voo?
- O que são sacos aéreos e porque são considerados como adaptações ao voo?

27. Unicamp-SP As aves migratórias voam muitas vezes a grandes altitudes e por longas distâncias sem parar. Para isso, elas apresentam adaptações estruturais e também fisiológicas, como a maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio.

- a) Explique a importância da maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio nas aves migratórias.
- b) Indique duas adaptações estruturais que as aves em geral apresentam para o voo e qual a importância dessas adaptações.

28. UEL-PR 2017 Leia o texto a seguir.

Até que um dia decidi arrumar-se melhor. Perguntaria aos sábios do bairro, àquele branco, o sr. Almeida, e ao outro, preto, que dava pelo nome de Agostinho. Começou por consultar o preto. Falou rápido, a questão que se colocava.

– Em primeiro lugar – disse o professor Agostinho –, a baleia não é o que à primeira vista parece. Engana muito a baleia.

Sentiu um nó na garganta, a esperança a desmoronar.

– Já me disseram, sr. Agostinho. Mas acredito na baleia, tenho que acreditar.

– Não é isso, meu caro. Quero dizer que a baleia parece aquilo que não é. Parece peixe, mas não é. É um mamífero. Como eu e como você, somos mamíferos.

COUTO, M. As baleias de Quissico. In. *Vozes anoitecidas*. São Paulo: Companhia das Letras, 2013, p. 97.

Com base no texto, responda aos itens a seguir.

- Supondo que você estivesse nessa conversa, apresente a Quissico três características morfológicas dos mamíferos em geral que possam confirmar o que o sr. Agostinho está falando a respeito das baleias.
- Sabendo que os mamíferos são divididos em três grandes grupos: Prototheria (monotremados), Metatheria (marsupiais) e Eutheria (placentários), cite um exemplo de mamífero de cada um desses grupos.

29. CUSC-SP 2017 (Adapt.) Considere as seguintes espécies da classe Mammalia: *Cebus apella* (macaco-prego), *Stenella longirostris* (golfinho-rotador), *Chrysocyon brachyurus* (lobo-guará), *Myrmecophaga tridactyla* (tamanduá-bandeira), *Didelphis albiventris* (gambá) e *Trichechus inunguis* (peixe-boi).

Dentre as espécies listadas, uma delas difere das demais com relação ao desenvolvimento e à alimentação do embrião. Que espécie é essa? No que difere o desenvolvimento e a alimentação de seu embrião em relação aos embriões das demais espécies?

30. UFG-GO 2013 Os mamíferos surgiram a partir da evolução de um grupo de répteis primitivos entre 245 e 208 milhões de anos atrás. Atualmente, ocupam os mais diversos ambientes e estão distribuídos em três grupos: prototérios, metatérios e eutérios. Com base no desenvolvimento embrionário, explique a diferença entre esses três grupos, citando exemplo de cada grupo.

31. Unesp De um modo geral, o período normal de gestação de um mamífero está diretamente relacionado ao tamanho do corpo. O período de gestação do elefante, por exemplo, é de 22 meses, o do rato doméstico apenas 19 dias. O gambá, entretanto, que tem tamanho corporal maior que o do rato doméstico, tem um período de gestação de apenas 13 dias e seus filhotes nascem muito pequenos, se comparados com os filhotes do rato. Considerando estas informações, responda.

- Por que o gambá, de maior porte que o rato, tem período de gestação menor? Justifique.
- Qual é o anexo embrionário presente no rato e no elefante, mas ausente, ou muito pouco desenvolvido, nos gambás? Cite uma função atribuída a este anexo embrionário.

32. Famerp-SP 2019 (Adapt.) Annette, Emilie, Yvonne, Cecile e Marie nasceram em 28 de maio de 1934 na cidade canadense de Corbeil. As meninas eram quintúplas idênticas, filhas de Oliva e Elzire Dionne. Ao nascer, as cinco juntas pesavam 6,1 kg e todas tinham os pulmões muito frágeis. Sabe-se que é muito raro uma mulher gestar quintúplas.

(Guia visual: Canadá, 2004. Adaptado.)

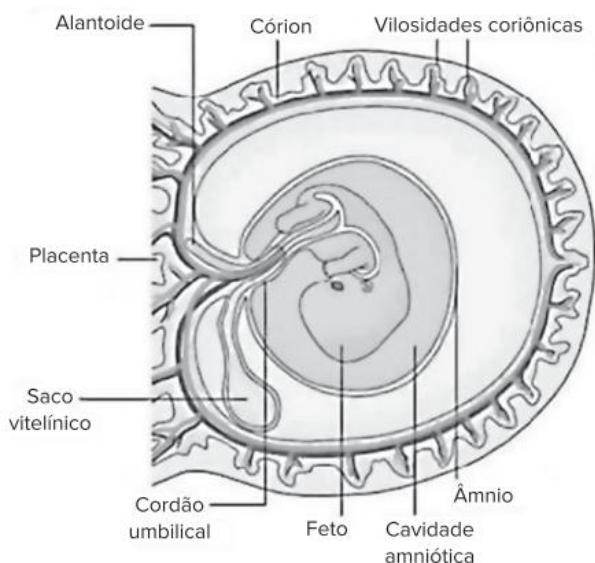
Suponha que as quintúplas compartilharam uma única placenta e que os âmnios eram individualizados. Quantos cordões umbilicais havia nessa gestação? Qual a importância do âmnio para os embriões?

33. Unifesp 2018 No desenvolvimento dos mamíferos, três anexos embrionários (âmnio, alantoide e saco vitelínico) dão origem ao cordão umbilical, constituído por uma veia e duas artérias. No feto, a troca gasosa é feita na placenta: o sangue proveniente da placenta é transportado pela veia umbilical até o feto e bombeado, pelo coração, para cérebro e membros. Ao retornar ao coração, o sangue é bombeado para as artérias umbilicais, voltando para a placenta.

- Âmnio, alantoide, saco vitelínico (ou vesícula vitelínica) e placenta são estruturas ligadas ao desenvolvimento embrionário e fetal. Qual dessas estruturas está presente em todos os grupos de vertebrados? Quais delas ocorrem em todos os grupos de vertebrados, exceto nos peixes e nos anfíbios?

- b) Considerando o que foi descrito sobre circulação fetal e as funções da placenta, pode-se afirmar que a concentração de oxigênio (alta ou baixa) no sangue presente nas artérias umbilicais é semelhante àquela encontrada na maioria das artérias do corpo da mãe? Justifique sua resposta.

34. IFSC 2015



FONTE: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/embriologia/reproducao14.php>. Acesso: 14 jul. 2014.

Anexos embrionários são estruturas que derivam dos folhetos germinativos do embrião, mas que não fazem parte do corpo desse embrião. Os anexos embrionários são: vesícula vitelina (saco vitelínico), cordão umbilical, âmnio (ou bolsa amniótica), córion e alantoide. Com base na figura acima e com relação à placenta e aos anexos embrionários, assinale a soma da(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01** O cordão umbilical é um anexo embrionário exclusivo de mamíferos.
- 02** A placenta é um órgão constituído tanto de tecidos materno quanto fetais (cordão umbilical) que possuem a função de transportar nutrientes e oxigênio da circulação da mãe para o feto. O sangue da mãe se mistura com o do feto, uma vez que os vasos sanguíneos de ambos são contínuos.
- 04** O âmnio é uma membrana que envolve completamente o embrião, delimitando uma cavidade denominada cavidade amniótica. Essa cavidade contém o líquido amniótico, cujas funções são proteger o embrião contra choques mecânicos e dessecação.
- 08** O alantoide é uma bolsa contendo substâncias de reserva energética (vitelo), responsável pela nutrição do embrião. Nos mamíferos placentários, o alantoide possui pequenas dimensões, sendo a nutrição desempenhada pela placenta.
- 16** O córion é o anexo embrionário mais externo, presente em répteis, aves e mamíferos.

Soma:

35. PUC-PR 2018 Considere o texto a seguir.

Termorregulação

Os homeotérmicos conseguem manter sua temperatura corporal constante na presença de variações significativas de temperatura ambiente. Essa característica traz vantagens e desvantagens. Os homeotérmicos podem sobreviver em uma ampla variedade de ambientes e podem ficar ativos no inverno. Porém, eles precisam ingerir mais alimento que outros animais, pois para manter sua temperatura necessitam de processos metabólicos que demandam grande quantidade de energia. Já os pecilotérmicos são capazes de sobreviver a longos períodos sem alimento porque precisam de muito menos energia. Mas, de onde vem o calor do corpo, o calor que os homeotérmicos mantêm dentro de uma faixa estreita, graças a estratégias típicas desses animais, e que os pecilotérmicos controlam por comportamento? O calor é um subproduto de todos os processos metabólicos, do metabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas. Pode entrar também a partir do exterior através de radiação, condução e convecção. Um organismo está sempre “queimando” as substâncias citadas, mesmo em jejum e em repouso. Esse metabolismo mínimo que mantém o organismo vivo pode ser medido pela taxa metabólica basal. O metabolismo basal é maior nos homeotérmicos devido ao custo energético extra que estes animais têm para gerar calor e manter a temperatura.

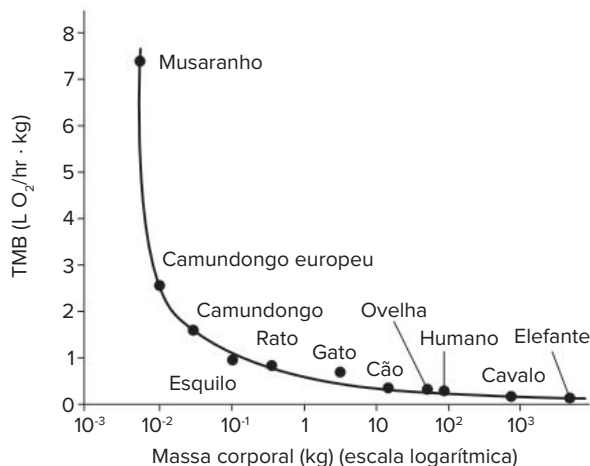
ROCHA.N.C Termorregulação. Disponível em: <<http://www.uff.br/fisiovet/Conteudos/termorregulacao.htm>>. Acesso: 17 de jun. 2017.

Mamíferos menores apresentam uma taxa metabólica alta comparada a mamíferos maiores, isso se deve:

- a) à área superficial em relação ao volume ser muito grande em mamíferos menores, gerando uma maior dissipação do calor.
- b) à área superficial em relação ao volume ser muito pequena em mamíferos menores, gerando uma maior contenção do calor, que acelera a velocidade das reações enzimáticas.
- c) à área superficial em relação ao volume ser muito pequena em mamíferos menores, gerando uma maior dissipação do calor.
- d) a um aumento da área superficial ao cubo (S^3) e volume ao quadrado (V^2), aumentando a área de dissipação de calor.
- e) ao menor tamanho das células de animais menores comparados a animais maiores. Nos animais menores a relação superfície/volume é S^3/V^2 e nos animais maiores é de S^2/V^3 .

36. PUC-RS 2016 A taxa metabólica basal (TMB) é o nome dado para a taxa metabólica mínima de um animal endotermo adulto em repouso, ou seja, o mínimo para que ocorram as funções básicas, como manutenção da atividade celular, respiração, batimentos cardíacos, etc.

O gráfico abaixo representa a relação da taxa metabólica basal com o tamanho do corpo de alguns animais endotérmicos.



A partir da análise dos dados apresentados, podemos afirmar que

- a energia necessária para manter cada grama de peso corporal é inversamente relacionada ao tamanho do corpo.
- a energia necessária para manter cada grama de peso corporal é diretamente relacionada ao tamanho do corpo.
- um cachorro tem taxa metabólica maior do que um musaranho, pois tem massa corporal maior.
- quanto menor o animal, menor a sua taxa metabólica e, assim, menor a demanda por alimento por unidade de massa corporal.
- cada grama de um elefante requer aproximadamente 10 vezes mais calorias que um grama de um esquilo.

BNCC em foco

EM13CNT202

1. OBB 2019 A temperatura é um fator que varia de forma dramática no tempo e no espaço em um ambiente terrestre. Assim, os vertebrados terrestres apresentam mecanismos de termorregulação que buscam evitar que a temperatura corporal dos mesmos atinja níveis incompatíveis com a vida. Quando se compara a ectotermia com a endotermia:

- A ectotermia representa a estratégia mais eficiente, pois ao permitir que a temperatura varie com a do ambiente o organismo exige menor ingestão de calorias.
- A endotermia representa a estratégia mais eficiente, pois a taxa metabólica de um vertebrado endotermo não varia de acordo com a temperatura ambiental.
- Nem a endotermia nem a ectotermia podem ser consideradas a melhor estratégia, pois é comum existirem indivíduos ectotérmicos e endotérmicos em um mesmo grupo taxonômico, como, por exemplo, nas aves e mamíferos.
- A ectotermia representa a estratégia menos vantajosa, como pode ser evidenciado pela atual extinção de vários anfíbios, único grupo de vertebrados com representantes ectotérmicos.
- Nem a ectotermia nem a endotermia podem ser consideradas a melhor estratégia, pois ambas possuem vantagens e desvantagens.



Texto para as questões **2** e **3**.

Microplásticos são encontrados na placenta de mulheres grávidas, diz estudo

Cientistas da Itália identificaram, pela primeira vez, a presença de microplásticos na placenta de mulheres grávidas. [...] Os microplásticos são pequenos resíduos que vêm dos mais diversos produtos de plástico. Eles podem

ser de vários tamanhos. Às vezes são tão pequenos que podem ser invisíveis a olho nu.

Segundo o estudo, ao menos 12 partículas microscópicas de plástico foram encontradas nas placentas de quatro mulheres saudáveis que tiveram gestações e partos normais. Os cientistas alertam para as consequências dessa descoberta.

“Uma vez que o papel da placenta é crucial no desenvolvimento do feto, a presença de materiais potencialmente nocivos é um motivo de grande preocupação”, disse o estudo. [...]

“Mais estudos precisam ser feitos para que se entenda se os microplásticos encontrados em placentas podem acionar alguma resposta imunológica ou provocar a liberação de toxinas, o que pode ser nocivo durante uma gestação”, escreveram os pesquisadores.

De acordo com a publicação, as partículas microscópicas encontradas nas placentas eram de um material plástico colorido. Elas podem ter vindo de embalagens, cosméticos ou produtos de higiene pessoal consumidos pelas mães. [...]

MICROPLÁSTICOS são encontrados na placenta de mulheres grávidas, diz estudo. *G1*, 23 dez. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2020/12/23/microplasticos-sao-encontrados-na-placenta-de-mulheres-gravidas-diz-estudo.ghtml>. Acesso em: 3 nov. 2021.

EM13CNT301

- Baseando-se no papel desempenhado pela placenta no desenvolvimento do feto humano, elabore uma possível explicação que justifique a grande preocupação gerada pela presença de microplásticos nessa estrutura.

EM13CNT302

- Humanos, gorilas, gatos, ornitorrincos, baleias, coelhos, cangurus, ursos e gambás são alguns dos muitos exemplos de animais pertencentes a classe dos mamíferos. Dentre os animais mencionados, aponte aqueles que seriam os menos afetados pela descoberta apresentada no texto. Justifique sua resposta.



LanaSweet/Shutterstock.com

Alimentos de diversos grupos nutricionais, que ajudam a manter uma dieta balanceada e equilibrada, fundamental à saúde.

FRENTE 3

CAPÍTULO

7

Digestão e respiração

Hábitos de vida saudáveis, como a prática regular de atividades físicas, estão ligados à manutenção do bem-estar. A alimentação balanceada é outro fator fundamental para o funcionamento adequado do organismo. Há uma série de problemas de saúde que podem ser originados pela alimentação inadequada, como a obesidade e o diabetes melito tipo II. Todavia, é comum a má alimentação afetar primeiramente o sistema digestório. O conhecimento acerca desse sistema pode contribuir para a aquisição de hábitos alimentares mais saudáveis, favorecendo a saúde do organismo como um todo.

Introdução à fisiologia

A partir deste capítulo, faremos uma análise mais aprofundada da fisiologia dos animais, sobretudo dos vertebrados, enfatizando a fisiologia humana. Para tanto, é necessária uma apresentação básica dos aspectos fisiológicos de um organismo animal.

Em linhas gerais, os animais devem realizar algumas atividades básicas para a manutenção de sua vida: nutrição, transporte de substâncias, trocas gasosas e excreção. Tomando como referência um mamífero, como o ser humano, essas atividades são desempenhadas por sistemas especializados. Por exemplo: a nutrição e as trocas gasosas são atividades desempenhadas, respectivamente, pelos sistemas digestório e respiratório, que serão detalhados ao longo deste capítulo. Os processos relacionados ao transporte de substâncias e às diferentes formas de excreção (eliminação dos resíduos metabólicos) são analisados mais adiante, em outros capítulos desta coleção.

Todos os sistemas de um organismo devem funcionar de forma coordenada para manter um equilíbrio dinâmico das condições internas do ser vivo, denominado **homeostase**. Essa coordenação das atividades básicas é realizada pelos sistemas de controle – nervoso e endócrino. A manutenção da temperatura corporal, da concentração de solutos e do pH sanguíneo são exemplos de homeostase. Falhas nos mecanismos homeostáticos resultam no funcionamento inadequado do organismo, o que pode ser fatal.

Sistema digestório humano

O sistema digestório é o responsável pela digestão dos alimentos e pela absorção dos nutrientes. Materiais não digeridos e não absorvidos são eliminados por meio das fezes. A finalidade da digestão é transformar o alimento, por meio de mecanismos químicos e físicos, em moléculas que podem ser absorvidas e aproveitadas pelo organismo.

Classificação dos nutrientes

Os nutrientes podem ser classificados com base em diferentes critérios, como a forma de obtenção e a função que desempenham no organismo.

Naturais e essenciais

Existem processos metabólicos que exigem a participação de moléculas que um organismo não é capaz de produzir a partir de substâncias precursoras. Essas moléculas são denominadas **nutrientes essenciais** e devem ser obtidas por meio da alimentação. Para os humanos adultos, dos 20 aminoácidos necessários ao metabolismo, 8 são essenciais e 12 são considerados **nutrientes naturais**, pois podem ser produzidos pelo organismo a partir de precursores orgânicos, como certos carboidratos. Além de alguns aminoácidos, as vitaminas e os sais minerais também são nutrientes essenciais para os seres humanos.

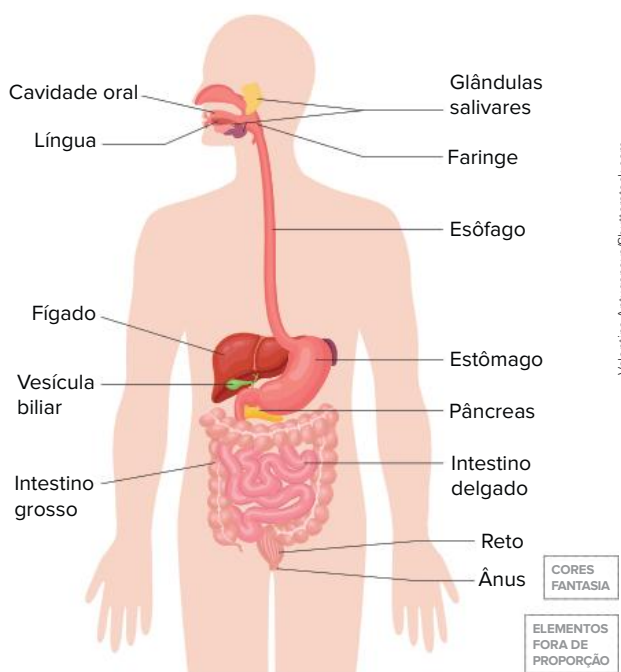
Nutrientes energéticos, plásticos e reguladores

Considerando a função dos nutrientes no organismo, é possível classificá-los em diferentes grupos:

- **energéticos:** atuam como fontes de energia para atividades metabólicas. Os carboidratos e os lipídios são os principais exemplos de nutrientes energéticos; contudo, em certas situações, as proteínas podem ser degradadas a fim de ocorrer liberação de energia.
- **plásticos:** fazem parte da constituição estrutural do organismo, sendo utilizados no crescimento e no reparo de lesões. As proteínas constituem um exemplo desse tipo de nutriente, uma vez que fornecem ao corpo aminoácidos que são usados para a produção de proteínas próprias, como as encontradas na estrutura dos músculos, ossos e tendões. Carboidratos, lipídios e sais minerais também podem, em certas situações, desempenhar função estrutural.
- **reguladores:** contribuem para o controle das reações metabólicas. As vitaminas e os sais minerais, sob a forma iônica, merecem destaque. Esses nutrientes, que são absorvidos pelo corpo sem necessidade de digestão, atuam na ativação das enzimas que catalisam as reações metabólicas; por isso, são indispensáveis ao bom funcionamento do organismo. Maiores detalhes sobre as vitaminas são apresentados na seção Texto Complementar deste capítulo.

Anatomia – visão geral

O sistema digestório humano é formado pelo **tubo digestório** e pelas **glândulas anexas**. Tomando como base o caminho que o conteúdo alimentar percorre durante seu tráfego pelo tubo digestório, as principais estruturas desse sistema estão organizadas na seguinte sequência: boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e ânus. As glândulas anexas ao tubo digestório são as salivares (produzem a saliva), o fígado (produz a bile) e o pâncreas (produz o suco pancreático).



Representação da anatomia do sistema digestório humano.

Mecanismos digestivos

Os mecanismos digestivos são diferenciados em **físicos** e **químicos**. No primeiro caso, a exemplo da mastigação, da deglutição, do peristaltismo e da ação da bile, o alimento não passa por qualquer transformação química. Em contrapartida, os mecanismos químicos, dos quais participam as **enzimas digestivas**, promovem a alteração da composição do alimento, disponibilizando moléculas menores. A seguir, são apresentados os mecanismos digestivos que ocorrem ao longo do tubo digestório.

Boca, faringe e esôfago

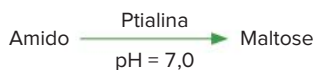
A ingestão do alimento e o início da digestão ocorrem na **boca (cavidade oral)**. Nesse compartimento, os **dentes** realizam a mastigação, processo digestivo que corta e tritura o alimento, facilitando sua **deglutição** (realizada com o auxílio da língua) e aumentando sua superfície. Quando o alimento é colocado na boca, por ação reflexa, há liberação de saliva pelas **glândulas salivares**.

Saiba mais

A salivação também pode ocorrer antes mesmo de o alimento chegar à cavidade oral, como quando sentimos cheiro agradável de comida.

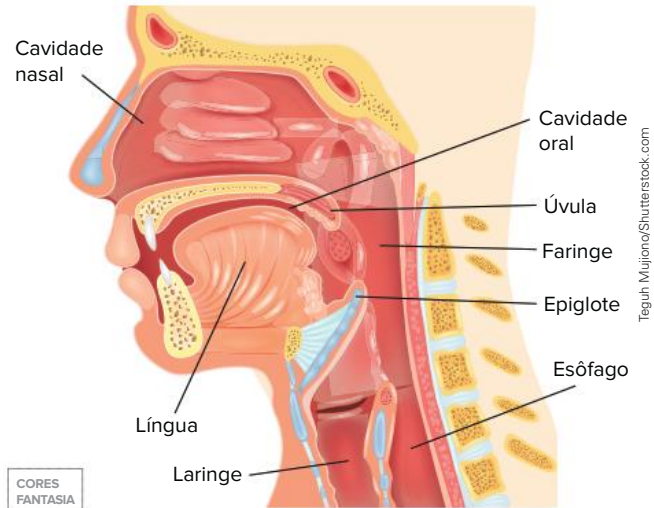
Além de lubrificar a cavidade oral, contribuindo para a deglutição, a saliva inicia a digestão química do alimento, já que possui a enzima **amilase salivar** (ptialina). Essa enzima hidrolisa principalmente o amido (polissacarídeo formado pela união de centenas de moléculas de glicose), gerando, sobretudo, moléculas de maltose, um dissacarídeo formado pela união de duas glicoses.

Um fator importante para a atividade enzimática nos compartimentos do tubo digestório é o pH. A amilase salivar, por exemplo, é uma enzima cuja atividade é alta em pH neutro (pH = 7,0).



A formação da maltose a partir do amido é facilitada pela enzima ptialina, cuja atividade é alta em pH neutro.

Ao ser deglutido, o bolo alimentar (mistura de alimento mastigado e insalivado) passa à **faringe**, estrutura comum aos sistemas digestório e respiratório. A faringe se conecta às vias respiratórias inferiores e ao esôfago, porção do tubo digestório ligada ao estômago. Nesse sentido, o ato de engolir deve ser coordenado a fim de se evitar que fragmentos alimentares e líquidos passem às vias respiratórias inferiores; dessa forma, a cada deglutição, a **epiglote**, estrutura localizada na glote (abertura da laringe), abaixa, impedindo que alimento e líquidos sigam pelo sistema respiratório. Esse processo é importante, pois evita o engasgamento, incidente que pode ser fatal por interromper o fluxo de ar aos pulmões.



CORES FANTASIA

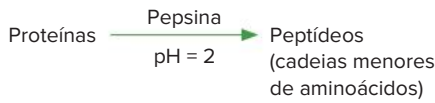
Esquema de parte do sistema digestório e da conexão da faringe com o esôfago e com compartimentos respiratórios. Além da epiglote, outra estrutura, a úvula, evita que alimento e líquidos passem dos compartimentos digestórios para as estruturas respiratórias. Na deglutição, a úvula fecha a comunicação entre as cavidades oral e nasal, forçando a passagem do alimento para a faringe.

Do **esôfago**, o alimento é conduzido até o estômago por meio de **movimentos peristálticos (peristaltismo)** decorrentes da contração involuntária da musculatura lisa que compõe as paredes do tubo digestório. A partir do esôfago, movimentos peristálticos são observados em praticamente toda a extensão do tubo digestório, ocorrendo também no estômago e nos intestinos.

Estômago

O **estômago** corresponde a uma região dilatada do tubo digestório localizada na cavidade abdominal imediatamente abaixo do diafragma. Nesse órgão, o alimento fica temporariamente armazenado (até 2 litros de bolo alimentar, entre 2 e 6 horas) e a digestão das proteínas se inicia. O estômago possui dois **esfíncteres** (válvulas), a cárdia e o piloro, que controlam o fluxo de alimento pelo compartimento. A cárdia encontra-se entre o esôfago e o estômago, e o piloro está situado entre o estômago e o intestino delgado.

A parede estomacal secreta um suco digestivo denominado **suco gástrico**. Essa secreção é produzida por glândulas gástricas (localizadas nas fossas gástricas), estruturas dotadas de **células parietais**, **células principais** e **células mucosas**. As células parietais atuam na produção de ácido clorídrico (HCl), um componente do suco gástrico que mantém o pH ao redor de 2 e, por isso, tem ação bactericida. As células principais (células-chefe) produzem outro componente do suco gástrico, o **pepsinogênio**, forma inativa da enzima **pepsina**. O ácido clorídrico atua na conversão do pepsinogênio em pepsina, resultando na ativação da enzima por meio da exposição de seu sítio ativo. Uma vez formada, a pepsina contribui para a ativação de mais pepsinogênio, levando à formação de mais pepsina. Essa enzima é uma protease, ou seja, hidrolisa proteínas, originando cadeias menores de aminoácidos, genericamente chamadas peptídeos. A manutenção do pH ácido no interior do estômago é importante para a ação da pepsina, que tem sua atividade maximizada em pH ao redor de 2.

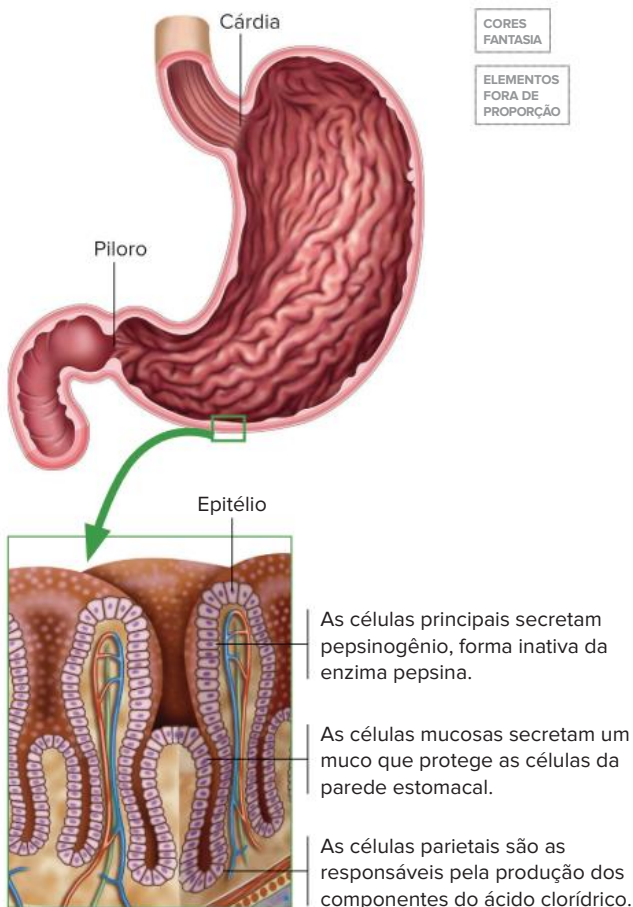


A formação de peptídeos a partir da digestão de proteínas é facilitada pela enzima pepsina, cuja atividade é alta em pH ácido.

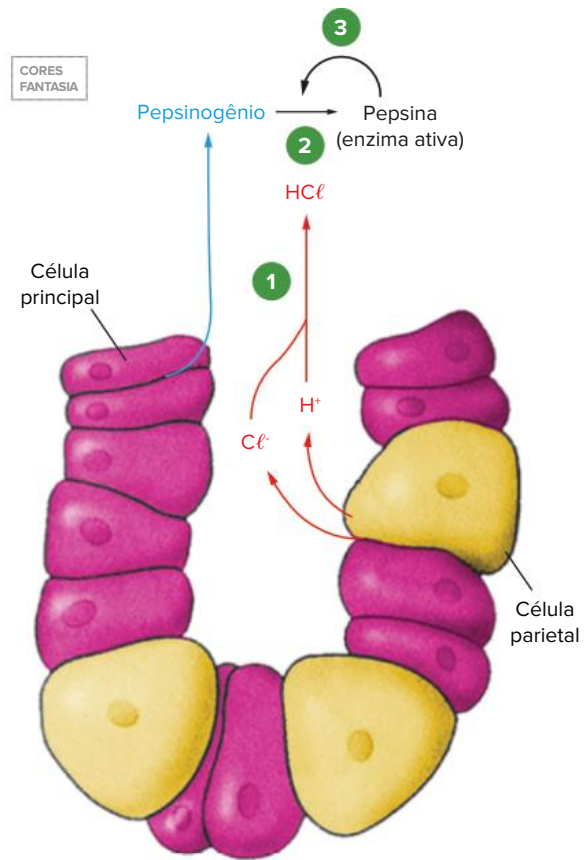
Saiba mais

O estômago de recém-nascidos humanos produz uma enzima protease denominada **renina**. Inicialmente, essa enzima é liberada na sua forma inativa e, quando o leite materno chega ao estômago do recém-nascido, na presença de HCl, ocorre sua ativação. A renina inicia a digestão do leite, atuando sobre a proteína caseína. Com o passar dos anos, a produção da renina tende a diminuir e a formação da enzima pepsina, também responsável pela digestão de proteínas, tende a aumentar. Essa alteração está ligada às mudanças na dieta da criança, que deixa de ter o leite materno como alimentação exclusiva, passando a consumir proteínas provenientes de outras fontes.

A acidez estomacal é importante para a defesa contra microrganismos e para a digestão das proteínas. Contudo, essa característica pode resultar em lesões na parede estomacal. As células mucosas, que revestem internamente o estômago, produzem um muco protetor que evita que essas lesões sejam formadas.



Representação do estômago em corte, indicando a posição da cárdia e do piloro, e detalhe das glândulas gástricas presentes na parede estomacal.



- 1 Pepsinogênio e HCl são lançados na cavidade estomacal.
- 2 HCl converte pepsinogênio em pepsina.
- 3 A pepsina ativa mais pepsinogênio, resultando na formação de mais pepsina, e a digestão química das proteínas se inicia.

Representação da produção de suco gástrico e da ativação da pepsina.

A ação digestiva do suco gástrico sobre o alimento ingerido resulta em um líquido pastoso e ácido denominado **quimo**.

Intestino delgado

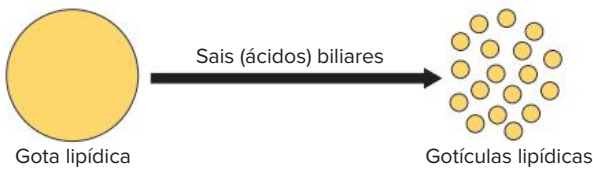
O piloro regula a passagem do quimo para o **intestino delgado**, maior compartimento do tubo digestório humano, atingindo entre seis e sete metros de comprimento. O intestino delgado é dividido em três regiões: **duodeno**, **jejuno** e **íleo**. O início da digestão química de alguns nutrientes começa na boca ou no estômago; porém, a maior parte da hidrólise enzimática do alimento ocorre no intestino delgado, especialmente no duodeno, porção inicial de, aproximadamente, 25 cm a 30 cm de comprimento. O jejuno e o íleo são regiões do intestino delgado relacionadas à absorção dos nutrientes, processo que será analisado mais adiante neste capítulo.

O duodeno recebe secreções digestivas, que agem sobre o quimo, provenientes do fígado, do pâncreas e de células glandulares presentes em sua própria parede.

Uma dessas secreções é a **bile**, secreção esverdeada produzida pelo fígado. É armazenada e concentrada na vesícula biliar e, quando necessário, é lançada em direção ao duodeno através do ducto biliar. A bile **não possui enzimas digestivas**; em sua constituição são encontrados bicarbonato de sódio e sais (ácidos) biliares.

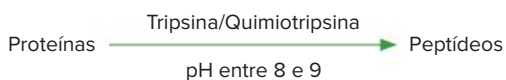
O bicarbonato de sódio contribui com a alcalinização do duodeno, mantendo o pH entre 8 e 9, condição ideal de pH para a atividade das enzimas digestivas que agem nesse compartimento. Além disso, a parede duodenal não está protegida como a parede estomacal; dessa forma, se o conteúdo permanecesse ácido, a parede do duodeno seria lesionada.

Os sais (ácidos) biliares têm ação detergente, promovendo a emulsificação dos lipídios ingeridos, a exemplo das gorduras e dos óleos. A emulsificação consiste na fragmentação das gotas de lipídios, produzindo gotículas. O resultado desse processo é o aumento da superfície de contato dos lipídios com as enzimas que realizam sua hidrólise, aumentando a eficiência da digestão química desses nutrientes.



Representação esquemática da ação da bile sobre os lipídios, resultando no aumento da superfície entre eles e as enzimas digestivas.

Outra secreção é o **suco pancreático**, produzido pelo pâncreas e que segue em direção ao duodeno através do ducto pancreático. Devido à presença de grande quantidade de bicarbonato de sódio, o suco pancreático também contribui com a alcalinização do duodeno. A secreção pancreática contém várias enzimas digestivas, como a **tripsina** e a **quimiotripsina**, que hidrolisam proteínas em peptídeos.



A formação de peptídeos a partir da digestão de proteínas é facilitada pelas enzimas tripsina e quimiotripsina, cujas atividades são altas em pH levemente básico.

Outras importantes enzimas digestivas são encontradas no suco pancreático. O quadro a seguir indica essas enzimas, destacando a faixa de pH ideal às suas atividades, seus substratos e os produtos liberados a partir das reações que catalisam.

Enzima	Substratos	Produtos	pH ideal
Amilase pancreática	Amido	Maltose	Entre 8 e 9
Lipase pancreática	Óleos e gorduras (triglicerídeos)	Ácidos graxos e glicerol	
Nucleases	Ácidos nucleicos (DNA e RNA)	Nucleotídeos	
Peptidases	Peptídeos	Aminoácidos	

Enzimas pancreáticas e seus respectivos substratos, produtos e pH ideal de ação.

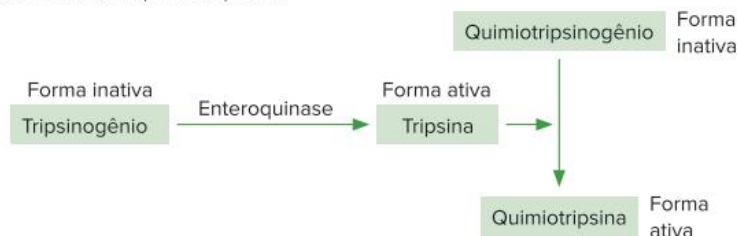
O **suco entérico** é uma secreção produzida pelo epitélio que reveste internamente o duodeno. Nesse suco digestivo são encontradas **peptidases**, enzimas que hidrolisam peptídeos em aminoácidos, **nucleotídeses**, enzimas que agem sobre os nucleotídeos, originando pentoses, bases nitrogenadas e fosfatos, e **dissacaridases**, enzimas que hidrolisam dissacarídeos (carboidratos formados pela união de dois monossacarídeos). O quadro a seguir apresenta algumas informações sobre as dissacaridases.

Enzima	Substrato	Produtos	pH ideal
Maltase	Maltose	2 moléculas de glicose	Entre 8 e 9
Sacarase	Sacarose	Glicose e frutose	
Lactase	Lactose	Glicose e galactose	

Dissacaridases e seus respectivos substratos, produtos e pH ideal de ação.

Saiba mais

Tripsina e quimiotripsina são lançadas no duodeno em suas formas inativas, tripsinogênio e quimiotripsinogênio, respectivamente. A ativação dessas enzimas ocorre a partir da atividade da **enteroquinase**, enzima encontrada no suco entérico (suco digestivo produzido pelo próprio duodeno). A enteroquinase converte o tripsinogênio em tripsina que, ao agir sobre o quimiotripsinogênio, o converte em quimiotripsina.



Ativação da tripsina e da quimiotripsina a partir da ação da enteroquinase.

A ação digestiva observada no intestino delgado resulta em um líquido esbranquiçado, denominado **quilo**, repleto de nutrientes. A absorção desses nutrientes ocorre, principalmente, no jejuno e no íleo, porções intermediária e final do intestino delgado, respectivamente.

Estabelecendo relações

A intolerância à lactose

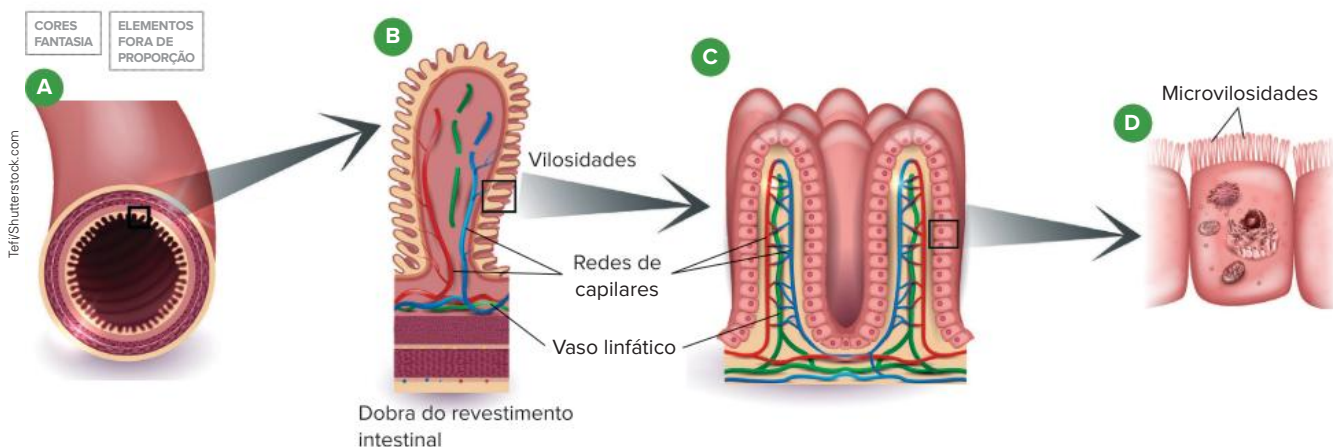
A intolerância à lactose é caracterizada pela incapacidade do organismo de digerir a lactose, dissacarídeo encontrado no leite e em seus derivados. Tal incapacidade é decorrente da falta da enzima **lactase**, responsável pela digestão da lactose. Quando os níveis da enzima são insuficientes, o dissacarídeo não é hidrolisado no intestino delgado e chega em grande quantidade ao intestino grosso, região com microbiota rica em bactérias. Algumas dessas bactérias podem fermentar a lactose, resultando na produção de gases, a exemplo do gás hidrogênio, e ácidos. Adicionalmente, a lactose é uma substância solúvel em água; dessa forma, sua presença aumenta o potencial osmótico do conteúdo intestinal, que passa a ganhar água. Devido ao acúmulo de gases e água no intestino grosso, o indivíduo com intolerância à lactose apresenta sintomas como diarreia, cólica, distensão abdominal e flatulência.

Normalmente, a produção de lactase pelo intestino delgado é alta nos primeiros anos de vida, e vai diminuindo conforme o indivíduo envelhece; por isso, a intolerância à lactose é comum em pessoas mais velhas. Porém, é possível que essa condição se manifeste no início da vida em decorrência de uma mutação que impede a produção da lactase. Nesses casos, o bebê é intolerante ao leite materno (rico em lactose) e necessita de atenção especial com sua alimentação. Independentemente da faixa etária, o diagnóstico pode ser definido pelo teste de tolerância à lactose. Nesse procedimento, a pessoa consome lactose e tem sua glicemia (concentração sanguínea de glicose) aferida. Caso não haja intolerância, a lactose é hidrolisada em glicose e galactose, carboidratos que são absorvidos pelo intestino delgado e lançados no sangue; sendo assim, a glicemia deve aumentar. Caso haja deficiência de lactase, a lactose não é digerida e a glicose não é disponibilizada na corrente sanguínea; conseqüentemente, a elevação da glicemia nos indivíduos intolerantes à lactose deve ser menor do que nos tolerantes a ela.

Absorção dos nutrientes nos intestinos e eliminação dos resíduos da digestão

O **intestino delgado** é o responsável pela absorção da maior parte dos nutrientes provenientes da digestão. O revestimento interno do jejuno e do íleo apresenta dobras dotadas de projeções denominadas **vilosidades**. As células epiteliais que revestem as vilosidades possuem especializações da membrana plasmática em forma de projeções microscópicas chamadas **microvilosidades**, que estão voltadas para a cavidade intestinal. As vilosidades e as microvilosidades, em conjunto, possuem uma grande superfície (até 300 m²), aumentando consideravelmente a capacidade de absorção dos nutrientes.

Existem nutrientes que são absorvidos de maneira passiva (sem gasto de energia), a exemplo da água, cuja absorção ocorre por osmose; há também os nutrientes que são absorvidos por transporte ativo (com gasto de energia), como aminoácidos, vitaminas e a maior parte da glicose.



Representação de intestino delgado em corte (A), com destaque para a estrutura das vilosidades e sua vascularização (B e C). Os capilares indicados na representação pertencem ao sistema circulatório sanguíneo e o vaso linfático é componente do sistema linfático, pelo qual circula a linfa. No detalhe à direita (D), são apresentadas as microvilosidades presentes nas células epiteliais que revestem as vilosidades.

O esquema mostra que no interior de cada vilosidade existe uma rede de capilares sanguíneos e um vaso linfático. Os **capilares sanguíneos** recebem água, sais, glicose, aminoácidos e vitaminas que foram absorvidos pela superfície intestinal. A maioria dos nutrientes absorvidos no intestino delgado atinge diretamente o sangue; contudo, o caminho dos produtos da digestão dos lipídios é diferente. Os ácidos graxos e o glicerol provenientes da ação das lipases são absorvidos pelas células epiteliais, nas quais se acumulam e formam os triglicerídeos, como as gorduras. Posteriormente, os triglicerídeos são revestidos por fosfolipídios, proteínas e colesterol, originando glóbulos denominados **quilomícrons**. Os quilomícrons alcançam, primeiramente, o vaso linfático; somente depois são encaminhados para o sangue.

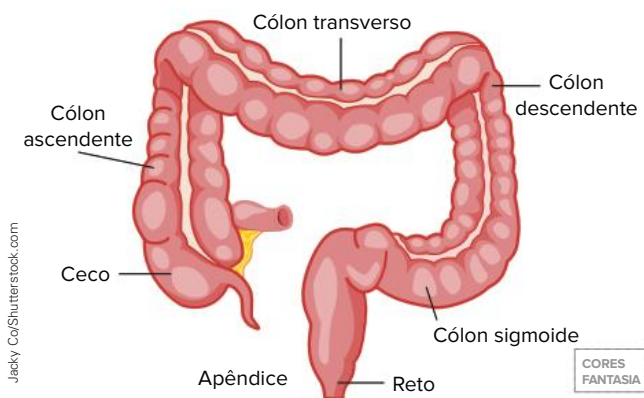
A intensidade dos movimentos peristálticos tende a diminuir durante a passagem do conteúdo intestinal pelo intestino delgado. Dessa forma, o alimento fica maior tempo em contato com as enzimas digestivas, aumentando a eficiência da digestão química, e com as vilosidades e microvilosidades, maximizando a absorção de nutrientes.

Estabelecendo relações

Doença celíaca

A doença celíaca é caracterizada por uma reação imunológica ao glúten, complexo proteico encontrado principalmente no trigo, na cevada e no centeio. Essa reação culmina com uma inflamação que, ao longo do tempo, danifica o revestimento do intestino delgado. Os danos envolvem a atrofia das vilosidades intestinais, o que resulta na diminuição da superfície de absorção de nutrientes. Os sintomas incluem diarreia, excesso de gases, fadiga, anemia, entre outros. Essa condição não tem cura, e as pessoas diagnosticadas devem seguir dieta rigorosa sem a ingestão de glúten.

O íleo, porção final do intestino delgado, comunica-se com o **intestino grosso**, porção do tubo digestório com aproximadamente 1,5 m de comprimento. O intestino grosso é constituído pelo **ceco**, **cólon** (ascendente, transverso, descendente e sigmoide) e **reto**.



Representação das porções do intestino grosso.

O ceco presente nos humanos é relativamente pequeno e possui uma extensão denominada **apêndice (apêndice cecal)** – essa estrutura é considerada uma evidência evolutiva por se tratar de um órgão vestigial. Ao longo da passagem do conteúdo intestinal pelas porções do cólon, ocorre absorção de água e sais minerais, restando as **fezes**, constituídas principalmente por água, materiais não digeridos e microrganismos. Um exemplo de material não digerido encontrado nas fezes são as **fibras alimentares**, como as fibras de celulose. A celulose, encontrada na maioria dos alimentos de origem vegetal, não é digerida ao longo do trato digestório de mamíferos, animais incapazes de produzir enzimas celulasas. Mesmo assim, a ingestão dessa e de outros tipos de fibras é importante para o funcionamento do sistema digestório, já

que promove o aumento do peristaltismo, sobretudo no intestino grosso, e a retenção de água nas fezes, facilitando a evacuação.

Estabelecendo relações

O consumo de fibras alimentares, sobretudo fibras solúveis, diminui os níveis de colesterol plasmático. Elas ligam-se a sais biliares, aumentando a sua excreção. Os sais biliares perdidos nas fezes são repostos a partir do colesterol, o que diminui o teor de colesterol circulante. Além disso, a fermentação das fibras pelas bactérias intestinais produz ácidos graxos de cadeia curta, que parecem inibir a síntese de colesterol no fígado.

(Adaptado de Anita Marzzoco e Bayardo B. Torres, *Bioquímica Básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, p. 249.)

Um aspecto importante relacionado ao intestino grosso é a presença da microbiota intestinal, comunidade de microrganismos como bactérias, fungos e vírus. A presença dessa microbiota contribui para a formação do bolo fecal e para a proteção do intestino contra microrganismos patogênicos. Representantes dessa rica comunidade são capazes de produzir vitaminas, a exemplo da vitamina K e da B₁₂, que são absorvidas e utilizadas pelo organismo.

Saiba mais

Controle da digestão

Os processos digestivos são controlados pelo sistema endócrino, por meio da ação de hormônios, e pelo sistema nervoso.

Quando o bolo alimentar chega ao estômago, ocorre a distensão do órgão; esse é um dos estímulos que provocam a liberação do hormônio **gastrina**, sintetizado por células do próprio estômago, cuja função é estimular a produção de suco gástrico. Essa produção é também estimulada pelo sistema nervoso por meio de estímulos conduzidos pelo **nervo vago**, um exemplo de nervo craniano (maiores detalhes sobre os nervos serão apresentados mais adiante nesta coleção).

Os hormônios secretina, colecistocinina e enterogastrona, produzidos pelo intestino delgado, também participam do controle dos processos digestivos.

A **secretina** é liberada quando o conteúdo estomacal ácido chega ao duodeno; esse hormônio estimula a secreção de bicarbonato de sódio pelo pâncreas e inibe a secreção estomacal ácida. Dessa forma, a secretina tem importante participação na alcalinização do duodeno.

A liberação de **colecistocinina** também é estimulada pela chegada do quimo ao duodeno; esse hormônio estimula a secreção de suco pancreático e a liberação da bile.

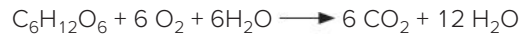
Quando o duodeno contém grande quantidade de alimento, sobretudo rico em gordura, a **enterogastrona** é liberada. Esse hormônio inibe a secreção de gastrina, inibindo, consequentemente, a secreção de suco gástrico, o que torna a digestão no estômago mais lenta. A enterogastrona também inibe a motilidade estomacal e, dessa forma, o esvaziamento do estômago. Secretina e colecistocinina podem ter efeitos similares aos da enterogastrona sobre o estômago.

Sistema respiratório humano

Nutrição, atividade realizada no corpo humano pelo sistema digestório, e trocas gasosas são processos essenciais à manutenção da vida. Agora, faremos uma análise do sistema respiratório humano, responsável pela realização das trocas gasosas entre o organismo e o ambiente.

Anatomia e fisiologia

As **trocas gasosas** desempenhadas pelo sistema respiratório consistem na obtenção de gás oxigênio (O₂) e na eliminação do gás carbônico (CO₂) presente no sangue. Ao conjunto de ações relacionadas a esse processo dá-se o nome de **respiração pulmonar**. O sangue conduz o O₂ proveniente da respiração pulmonar aos tecidos, onde o gás oxigênio é utilizado como aceptor final de elétrons para a disponibilização de energia – processo metabólico denominado **respiração celular aeróbia**, que forma CO₂ (substância que passa dos tecidos para o sangue e cujo excesso deve ser eliminado do corpo).



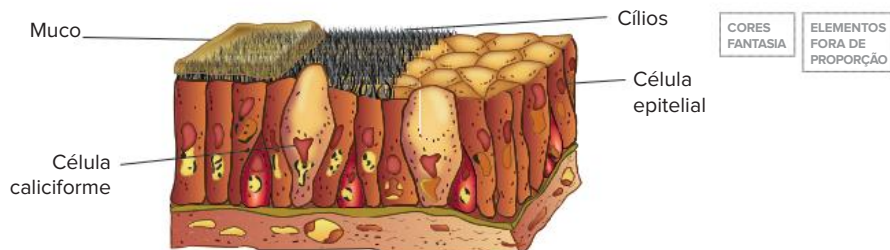
Equação geral da respiração celular aeróbia, processo bioenergético de degradação da matéria orgânica que resulta na liberação de energia.

O sistema respiratório humano é constituído pelas seguintes estruturas principais: cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios e pulmões. No interior dos pulmões, os brônquios se ramificam em bronquíolos cada vez mais finos, em cujas extremidades encontram-se os alvéolos pulmonares.

O ar inalado penetra pelas **narinas** e atinge a **cavidade nasal**. Durante o início desse trajeto pelas vias respiratórias, o ar é filtrado por pelos, aquecido e umedecido, sendo, dessa forma, preparado para seguir pelo trato respiratório. A cavidade nasal produz um muco pegajoso que, juntamente com os pelos, contribui com a filtração do ar.

Após passar pela cavidade nasal, o ar chega à **faringe**, estrutura comum aos sistemas digestório e respiratório, e segue em direção à **laringe**. A parede da laringe é reforçada por cartilagens facilmente identificáveis na região anterior do pescoço. No interior da laringe estão as **pregas vocais**, faixas de tecido muscular que vibram com a passagem do ar, sendo, portanto, estruturas fundamentais à emissão de sons. Vale lembrar que, a cada deglutição, a glote (abertura da laringe) é fechada pela epiglote, impedindo a passagem de alimentos e líquidos em direção às vias aéreas inferiores e evitando o engasgamento.

Na sequência, o ar passa para a **traqueia**, região cilíndrica dotada de anéis cartilagosos rígidos que contribuem para a manter a passagem constante de ar. Internamente, a traqueia é revestida pelo **epitélio mucociliar**. Esse epitélio de revestimento possui células caliciformes, produtoras de muco, e células dotadas de cílios. O muco retém partículas presentes no ar, como poeira, pólen e microrganismos em geral; o batimento dos cílios conduz o muco em direção à faringe, onde pode ser engolido ou expelido, por exemplo, por meio da tosse. A atividade do epitélio mucociliar é importante para a limpeza das vias aéreas, mantendo livre a passagem do ar e eliminando agentes potencialmente infecciosos. O epitélio mucociliar também é encontrado em outras regiões do trato respiratório, como nos brônquios.



Representação esquemática do epitélio mucociliar.

Saiba mais

Saúde das vias aéreas

A limpeza das vias aéreas pela atividade do epitélio mucociliar pode ser afetada por fatores ambientais e comportamentais, infecções ou doenças hereditárias.

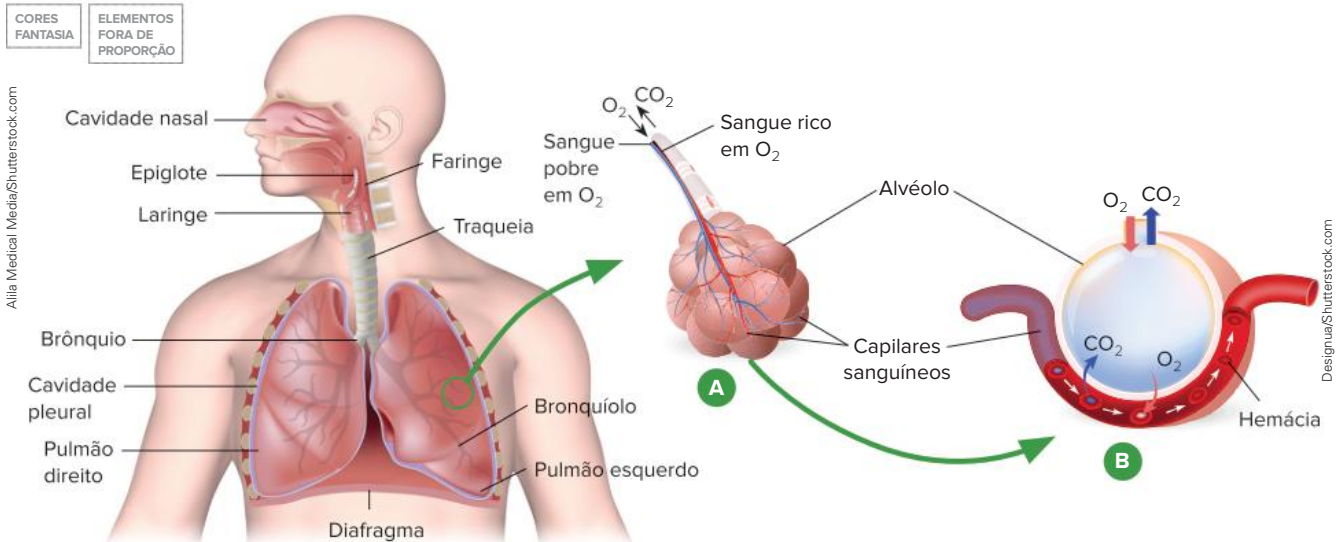
Um fator ambiental que afeta a limpeza do sistema respiratório é o frio. A inalação de ar frio diminui a velocidade dos batimentos dos cílios, prejudicando a remoção de partículas das vias respiratórias, o que aumenta a probabilidade de infecções. Entre os problemas causados pelo tabagismo está a diminuição da eficiência dos batimentos ciliares e o aumento da secreção de muco nas vias aéreas, resultando em maior frequência de doenças respiratórias entre os fumantes.

Uma doença genética denominada discinesia ciliar primária compromete a estrutura e/ou a função dos cílios, resultando em retenção de muco e microrganismos no trato respiratório e levando a infecções crônicas nas vias aéreas. Essa doença também pode provocar esterilidade masculina, pois resulta em imobilidade do flagelo do espermatozoide.

A traqueia se ramifica em dois **brônquios**; um segue em direção ao pulmão direito e o outro segue para o pulmão esquerdo. Nos pulmões, os brônquios se ramificam em canais cada vez mais finos, originando os **bronquíolos**, que terminam em sacos denominados **alvéolos pulmonares**, estruturas onde ocorrem as trocas gasosas (**hematose**). A parede dos brônquios e dos bronquíolos possui musculatura lisa, cuja atividade é involuntária, estando sob o controle do sistema nervoso autônomo. A contração dessa musculatura diminui o diâmetro desses canais, reduzindo o fluxo de ar em direção aos alvéolos, enquanto seu relaxamento promove o aumento do diâmetro, facilitando a passagem do ar.

A hematose nos alvéolos pulmonares ocorre por difusão simples. Nesse processo, o O_2 difunde-se do ar presente dentro dos alvéolos para o sangue, enquanto a difusão de CO_2 ocorre no sentido oposto, ou seja, do sangue para o interior dos alvéolos. Estima-se que existam cerca de 300 milhões de alvéolos em cada pulmão, o que resulta em uma grande superfície para a ocorrência das trocas gasosas.

Os pulmões se encontram protegidos pela caixa torácica e por uma membrana dupla chamada pleura, que delimita a cavidade pleural. A proteção conferida pela pleura é de grande relevância, pois os pulmões expandem e retraem constantemente; sem essa camada, o atrito com estruturas adjacentes, como dos ossos das costelas, poderia causar lesões à estrutura pulmonar.



Representação das principais estruturas do sistema respiratório humano. Em (A) são destacados os alvéolos pulmonares; em (B) é representada a hematose. O pulmão direito é formado por três lobos, enquanto o pulmão esquerdo, menor, possui dois lobos.

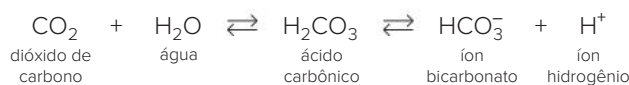
Transporte de O_2

As hemácias, células sanguíneas também chamadas de glóbulos vermelhos ou eritrócitos, carregam a **hemoglobina**, pigmento proteico ligado ao transporte de O_2 e CO_2 . O O_2 obtido nos alvéolos pulmonares associa-se à hemoglobina, formando a oxiemoglobina (HbO_2). Cada molécula de hemoglobina é capaz de transportar quatro moléculas de gás oxigênio. Em torno de 97% do transporte de O_2 na corrente sanguínea ocorre em associação com a hemoglobina. Nos tecidos, a oxiemoglobina dissocia-se, resultando na liberação do O_2 para as células.

O transporte de gás oxigênio é prejudicado pela inalação de monóxido de carbono (CO), gás lançado na atmosfera por meio da queima de combustíveis fósseis e de componentes presentes no cigarro. O monóxido de carbono tem, aproximadamente, 250 vezes mais afinidade pela hemoglobina que o gás oxigênio, ligando-se a ela no mesmo ponto de ligação do O_2 e formando um composto muito estável chamado carboxiemoglobina ($HbCO$). Quantidades relativamente pequenas de monóxido de carbono podem se associar a grande parte da hemoglobina presente no organismo, tornando-a indisponível para o transporte de gás oxigênio. Além disso, em nível celular, o CO inibe a enzima citocromo c oxidase, o que interrompe o transporte de elétrons nas cristas mitocondriais e reduz a síntese de ATP. Sendo assim, a intoxicação por CO é um evento perigoso, que pode causar tontura, desmaio e, até mesmo, morte por asfixia.

Transporte de gás carbônico (CO_2)

O CO_2 gerado pelo metabolismo difunde-se para o sangue e é transportado de três formas diferentes. Em torno de 23% do CO_2 é transportado sob a forma de carboemoglobina ($HbCO_2$), composto resultante da combinação entre CO_2 e hemoglobina; nos pulmões, a carboemoglobina se dissocia e o gás é liberado para os alvéolos. Ao redor de 7% do gás carbônico é transportado dissolvido no plasma. Por fim, aproximadamente 70% do CO_2 é transportado sob a forma de íons bicarbonato (HCO_3^-). O CO_2 reage com a água presente, por exemplo, no interior das hemácias, formando ácido carbônico (H_2CO_3); esse ácido ioniza facilmente, gerando íons H^+ e íons bicarbonato (HCO_3^-).



Equação mostrando a formação de íon bicarbonato e a liberação de íon hidrogênio a partir da reação entre gás carbônico e água.

Os íons H^+ se combinam com a hemoglobina e muitos íons bicarbonato passam para o plasma. Quando o sangue atinge os alvéolos pulmonares, o gás carbônico é liberado a partir dos íons bicarbonato, passando para o interior dos alvéolos.

Estabelecendo relações

A afinidade da hemoglobina com o gás oxigênio pode ser afetada por alguns fatores, como pH e temperatura. O CO_2 proveniente da respiração celular reage com a água, formando ácido carbônico, o que diminui o pH nas proximidades do tecido. Os íons H^+ liberados pela ionização do ácido carbônico afetam a estrutura da hemoglobina, diminuindo a afinidade do pigmento pelo O_2 . Nesse contexto, quando a atividade metabólica é elevada, mais CO_2 é liberado, o que acentua a redução do pH, resultando em maior liberação de O_2 para os tecidos a fim de manter a elevada taxa de respiração celular.

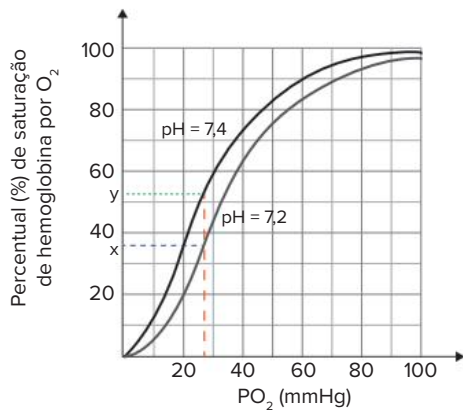


Gráfico mostrando a variação do percentual de hemoglobina saturada por O_2 em função da pressão parcial de O_2 (mmHg) para dois valores de pH. A análise do gráfico permite identificar que, a uma mesma PO_2 , a hemoglobina libera mais gás oxigênio para os tecidos quando o pH é mais baixo. O ponto X indica o percentual de hemoglobina saturada por O_2 em pH = 7,2, enquanto o ponto Y representa o percentual de hemoglobina saturada por O_2 em pH = 7,4.

O gráfico acima apresenta as curvas de dissociação da hemoglobina em diferentes valores de pH, a uma temperatura de 37°C . Porém, caso haja variação da temperatura, espera-se que a afinidade da hemoglobina pelo O_2 também seja afetada, conforme mostra o gráfico a seguir.

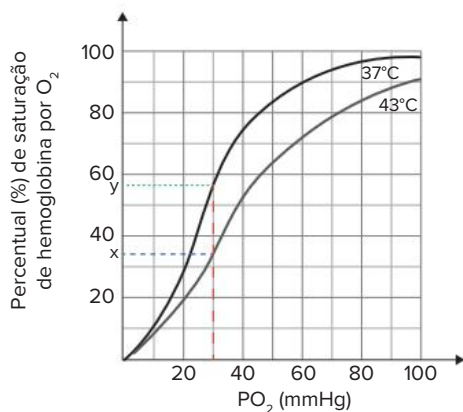


Gráfico mostrando a variação do percentual de hemoglobina saturada por O_2 em função da pressão parcial de O_2 (mmHg) para diferentes valores de temperatura. A análise do gráfico permite identificar que, a uma mesma PO_2 , a hemoglobina libera mais gás oxigênio para os tecidos quando a temperatura é mais alta. A temperatura corporal tende a subir quando a taxa metabólica aumenta, condição que ocorre, por exemplo, durante uma atividade física intensa; nessa situação, a hemoglobina deve liberar mais gás oxigênio às células a fim de suprir a demanda de O_2 exigida pela atividade.

Os movimentos respiratórios

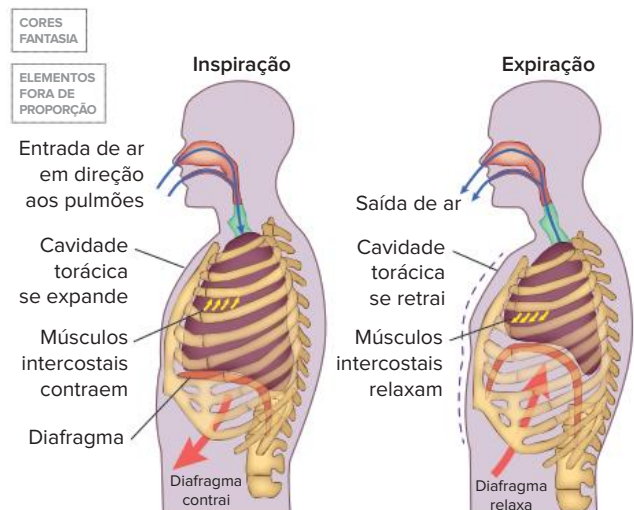
A realização dos movimentos respiratórios – **inspiração** e **expiração** – depende, basicamente, da atividade do **diafragma**, músculo laminar localizado entre a cavidade abdominal e a caixa torácica, e dos **músculos intercostais**, localizados entre as costelas.

Na inspiração, ocorre a contração do diafragma, movimento que resulta em seu abaixamento, e dos músculos intercostais, que, ao contrário do diafragma, se elevam quando contraídos. A consequência do comportamento desses músculos é o aumento do volume do tórax, resultando em diminuição da pressão interna a valores inferiores aos da pressão fora do corpo. Nesse momento, ocorre a entrada de ar nos pulmões, uma vez que os gases tendem a fluir de uma região de pressão mais alta para uma região de pressão mais baixa.

No movimento da expiração, ocorre o relaxamento da musculatura respiratória, o que promove a elevação do diafragma e o abaixamento dos músculos intercostais. Consequentemente, o volume da caixa torácica diminui e sua pressão interna aumenta, tornando-a mais elevada que a pressão externa, levando à saída de ar dos pulmões.

	Movimentos	
	Inspiração	Expiração
Diafragma	Contração (abaixamento)	Relaxamento (elevação)
Músculos intercostais	Contração (elevação)	Relaxamento (abaixamento)
Volume do tórax	Aumenta	Diminui
Pressão interna do tórax	Diminui	Aumenta
Movimento do ar	Entrada nos pulmões	Saída dos pulmões

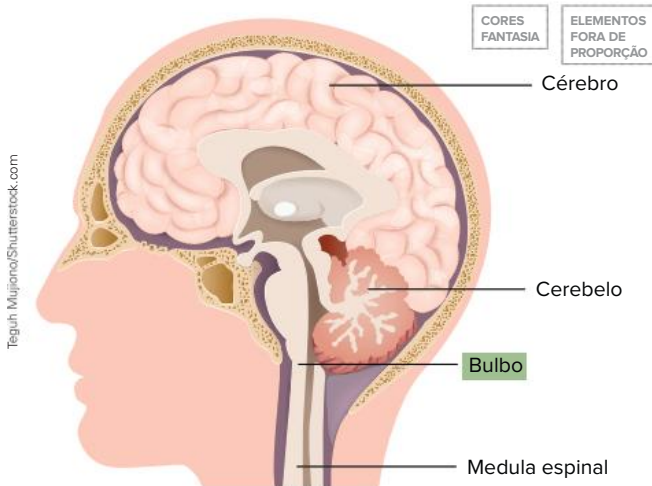
Resumo dos principais eventos ligados à ocorrência dos movimentos respiratórios.



Representação esquemática do comportamento do diafragma, dos músculos intercostais e da caixa torácica durante a execução dos movimentos respiratórios.

Controle dos movimentos respiratórios

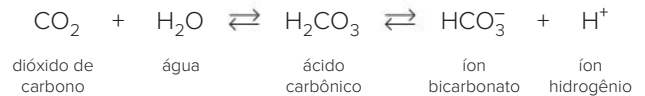
Os movimentos respiratórios podem ser controlados voluntariamente; contudo, na maior parte do tempo, esses movimentos estão sob controle involuntário. A região do sistema nervoso central responsável pela regulação involuntária da ventilação pulmonar é o bulbo (medula oblonga), localizado no encéfalo.



Representação das principais estruturas encefálicas, com destaque para a localização do bulbo.

No bulbo são encontrados os centros de controle da respiração (centros respiratórios). O principal parâmetro usado pelo bulbo no controle involuntário dos movimentos respiratórios é o pH sanguíneo, que varia em torno de 7,4 (entre 7,35 e 7,45). A variação do pH está relacionada à concentração de CO_2 : conforme apresentado anteriormente, esse gás reage com a água presente no sangue e forma ácido carbônico (H_2CO_3) que, por sua vez, ioniza e gera íons hidrogênio (H^+) e íons bicarbonato (HCO_3^-).

Retomando o equilíbrio químico relacionado a essas transformações, tem-se:



Em situações nas quais a concentração de CO_2 no sangue tende a aumentar, como no caso de prendermos a respiração por muito tempo ou quando a taxa metabólica se eleva durante uma atividade física, o equilíbrio químico apontado é afetado, deslocando-se para a direita. Consequentemente, há maior liberação de íons H^+ , levando à diminuição do pH sanguíneo, quadro denominado **acidose respiratória**. Existem receptores em certos vasos sanguíneos que detectam essa redução de pH e emitem sinais para o bulbo aumentar a emissão de estímulos de contração aos músculos respiratórios. Dessa forma, a frequência respiratória aumenta e o excesso de gás carbônico é eliminado, restaurando-se o pH ideal.

Caso a concentração sanguínea de CO_2 reduza, o equilíbrio químico é deslocado para a esquerda. Com isso, há consumo dos íons H^+ e o pH sanguíneo aumenta. Nessa situação, os centros respiratórios localizados no bulbo são inibidos e a frequência respiratória, consequentemente, diminui. Essa resposta reduz a eliminação de gás carbônico, aumentando a formação de ácido carbônico e reduzindo o pH sanguíneo, que volta aos valores normais.

A concentração sanguínea de O_2 também participa do controle involuntário dos movimentos respiratórios. Em certos vasos sanguíneos, como nas artérias carótidas e na aorta, existem quimiorreceptores que detectam variações na concentração de O_2 . Em baixas concentrações desse gás, o bulbo é estimulado e o ritmo respiratório aumenta; em concentrações suficientes para suprir as demandas do organismo, a frequência respiratória tende a diminuir em decorrência da inibição do bulbo.

Revisando

1. Indique a sequência das principais estruturas pelas quais o alimento passa ao longo do tubo digestório humano.

2. Aponte os processos digestivos que ocorrem na boca.

3. Cite em qual órgão do tubo digestório começa a digestão das proteínas.

4. Indique quais glândulas anexas ao tubo digestório produzem bile e suco pancreático. Explique a importância dessas secreções para o processo digestivo.

5. Complete corretamente a tabela a seguir com informações sobre as enzimas digestivas.

Enzima	Local de atuação	Substrato	Produtos	pH ótimo de ação
Pتيالina ou amilase salivar				
Pepsina				
Tripsina e quimiotripsina				
Amilase pancreática				
Lipases				
Peptidases				
Nucleases				
Nucleotidases				
Sacarase				
Maltase				
Lactase				

6. Explique a importância das vilosidades e das microvilosidades presentes no epitélio que reveste internamente o intestino delgado.

7. Considerando o sistema respiratório humano, indique o trajeto percorrido pelo ar até as estruturas pulmonares responsáveis pela realização das trocas gasosas.

8. Complete corretamente a tabela a seguir com informações relativas à realização dos movimentos respiratórios.

	Movimentos	
	Inspiração	Expiração
Comportamento do diafragma		
Comportamento dos músculos intercostais		
Volume do tórax		
Pressão interna do tórax		
Movimento do ar		

9. Indique a estrutura do sistema nervoso central responsável pelo controle involuntário dos movimentos respiratórios.

10. Explique como a concentração de gás carbônico influencia o controle involuntário dos movimentos respiratórios.

Exercícios propostos

1. **CPS-PR 2020** Na alimentação humana, a preservação da saúde depende dos nutrientes utilizados pelo organismo, pois tanto os de origem vegetal quanto animal são importantes na obtenção de energia, na formação de novas células e na regulação do metabolismo celular.

Considere que, após uma determinada refeição, com o processo digestivo totalmente realizado, verificou-se que as substâncias absorvidas pelo sistema digestório em maior quantidade foram os aminoácidos, que certamente foram obtidos dos alimentos que predominavam nessa refeição, tais como

- a) batata e mandioca.
- b) arroz e salada de folhas.
- c) macarrão.
- d) polenta frita.
- e) contrafilé na brasa.

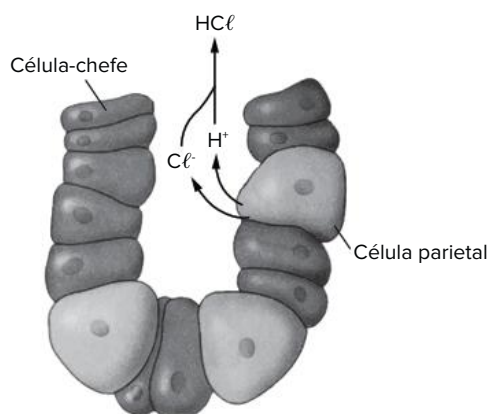
2. **Uece 2019** Representam órgãos do aparelho digestivo humano:

- a) esôfago e pulmões.
- b) pâncreas e rins.
- c) coração e intestinos.
- d) boca e estômago.

3. **UTFPR 2016** O sistema digestório compõe-se de duas partes: tubo digestório e glândulas anexas. O tubo digestório é um longo canal formado pelos seguintes órgãos:

- a) boca, pulmão, reto e ânus.
- b) boca, estômago, fígado e ânus.
- c) boca, língua, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus.
- d) boca, bile, intestino e ânus.
- e) boca, faringe, pâncreas, intestino delgado, intestino grosso e ânus.

4. **FMP-RJ 2020** A figura a seguir ilustra um tipo de célula da mucosa gástrica produzindo um componente do suco gástrico.



REECE, Jane B. Biologia de Campbell. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015, p. 554. Adaptado.

A função da substância produzida pelas células parietais do estômago é

- a) emulsionar as moléculas de lipídios contidas no quimo.
- b) realizar a quebra das ligações peptídicas das moléculas de proteína.
- c) manter o pH ideal para ação da amilase salivar, deglutida com o alimento.
- d) tornar o meio alcalino para o funcionamento da pepsina gástrica.
- e) converter o pepsinogênio em pepsina ativa, expondo seu centro ativo.

5. **Enem PPL 2019** Em uma atividade prática, um professor propôs o seguinte experimento:

Materiais: copo plástico pequeno, leite e suco de limão.

Procedimento: coloque leite até a metade do copo plástico e, em seguida, adicione lentamente 20 gotas de limão.

Levando-se em consideração a faixa de pH do suco de limão, a composição biomolecular do leite e os resultados que os alunos observariam na realização do experimento, qual processo digestório estaria sendo simulado?

- a) Ação da bile sobre as gorduras no duodeno.
- b) Ação do suco pancreático sobre as gorduras.
- c) Ação da saliva sobre os carboidratos na boca.
- d) Ação do suco entérico sobre as proteínas no íleo.
- e) Ação do suco gástrico sobre as proteínas no estômago.

6. **Fatec-SP 2019** O “leite” do mamão verde contém uma enzima, a papaína, que catalisa a hidrólise de proteínas. Por essa razão, esse “leite” pode ser utilizado para

- a) acentuar a cor de vegetais.
- b) cozinhar macarrão.
- c) temperar saladas.
- d) preparar bolos.
- e) amaciar carne.

7. **UFU-MG 2018** Em relação à bile, afirma-se que essa

- I. emulsifica gorduras.
- II. é produzida pela vesícula biliar.
- III. tem cor esverdeada.
- IV. é armazenada no fígado.

Assinale a alternativa que apresenta as afirmações corretas.

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

8. **IFPE 2017** 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?

- a) Amilase salivar, tripsina.
- b) Tripsina, quimiotripsina.
- c) Amilase salivar, quimiotripsina.
- d) Pepsina, anidrase carbônica.
- e) Amilase pancreática, ptialina.

9. Fuvest-SP 2016 Alimentos de origem vegetal e animal fornecem nutrientes utilizados pelo nosso organismo para a obtenção de energia e para a síntese de moléculas. Após determinada refeição, completadas a digestão e a absorção, o nutriente majoritariamente absorvido foi a glicose.

Considerando as alternativas abaixo, é correto afirmar que essa refeição estava constituída de

- a) contrafilé na brasa.
- b) camarão na chapa.
- c) ovo frito.
- d) frango assado.
- e) arroz e feijão.

10. IFPE 2016 Além de contribuir para o ganho de peso, alguns alimentos, como pão branco, refrigerantes, frituras, bolos e sorvetes, quando ingeridos em excesso, podem causar problemas no trato gastrointestinal, além de elevar o risco de diabetes e outras doenças.

Com relação ao sistema digestório e ao processo da digestão, podemos afirmar que

- a) o pâncreas é uma glândula que não produz enzimas atuantes na digestão.
- b) na boca, não ocorre digestão química dos alimentos.
- c) o esôfago conduz os alimentos do estômago ao intestino.
- d) estômago, pâncreas e intestino são glândulas anexas do sistema digestório.
- e) o fígado produz a bile que auxilia na digestão das gorduras.

11. IFSC 2016 A digestão dos alimentos envolve processos químicos e físicos. Dentre os processos químicos, podemos citar a ação das enzimas que quebram as moléculas para serem absorvidas e, dentre os processos físicos, a deglutição, a mastigação e as contrações dos órgãos.

Quanto ao sistema digestório humano, analise as afirmações abaixo e assinale **V** (verdadeiro) ou **F** (falso):

- A digestão começa na boca, a partir da mastigação e da ação de enzimas presentes na saliva.
- O esôfago conduz os alimentos ao estômago através de movimentos peristálticos.
- O fígado armazena a bile, que é secretada pela vesícula biliar.
- A digestão se encerra no intestino grosso, pela ação do suco intestinal.

Assinale a alternativa que contém a sequência **CORRETA** das respostas, de cima para baixo:

- a) V, F, F, V
- b) V, V, V, V
- c) V, V, F, F
- d) F, F, V, V
- e) F, V, V, F

12. Uece 2016 Um nutricionista, ao prescrever uma dieta rica em fibras, tem por objetivo fazer com que essa dieta

- a) forneça, ao paciente, mais energia e disposição para a prática de exercícios físicos.
- b) aumente a ingestão de nutrientes e vitaminas, melhorando o funcionamento do intestino do paciente.
- c) diminua os níveis de colesterol no sangue do paciente, prevenindo problemas cardiovasculares.
- d) complemente a ingestão de proteínas relacionadas à reconstituição dos tecidos musculares do paciente.



Texto para a próxima questão:

O suco gástrico contém um ácido, produzido pelas células da parede do estômago, que desempenha papel fundamental para a eficiência do processo digestório no ser humano.

13. Uerj 2016 O consumo excessivo de antiácidos pode interferir na atuação do suco gástrico, prejudicando o funcionamento normal do estômago.

As duas principais funções do estômago prejudicadas por esse uso excessivo são:

- a) emulsificação de gorduras – absorção de aminoácidos
- b) quebra de moléculas de carboidratos – produção de muco
- c) transformação de pepsinogênio em pepsina – eliminação de micro-organismos
- d) digestão de compostos carboxílicos – manutenção de pH adequado à absorção

14. Uece 2015 O quilo, produto da digestão, é composto pelos nutrientes transformados em moléculas muito pequenas, mais as vitaminas e sais minerais. As substâncias que formam o quilo podem ser absorvidas pelo organismo, por meio das vilosidades do intestino delgado. Uma amostra de quilo retirada do intestino de uma mulher que havia almoçado mostrou-se rica em aminoácidos e glicose, portanto é possível inferir acertadamente que essa pessoa alimentou-se de:

- a) proteínas e ácidos graxos.
- b) lipídios e amido.
- c) lipídios e carboidratos.
- d) proteínas e carboidratos.

15. Enem PPL 2015 Uma enzima foi retirada de um dos órgãos do sistema digestório de um cachorro e, após ser purificada, foi diluída em solução fisiológica e distribuída em três tubos de ensaio com os seguintes conteúdos:

- Tubo 1: carne
- Tubo 2: macarrão
- Tubo 3: banha

Em todos os tubos foi adicionado ácido clorídrico (HCl) e o pH da solução baixou para um valor próximo a 2.

Além disso, os tubos foram mantidos por duas horas a uma temperatura de 37 °C. A digestão do alimento ocorreu somente no tubo 1.

De qual órgão do cachorro a enzima foi retirada?

- Fígado.
- Pâncreas.
- Estômago.
- Vesícula biliar.
- Intestino delgado.

16. Enem 2014

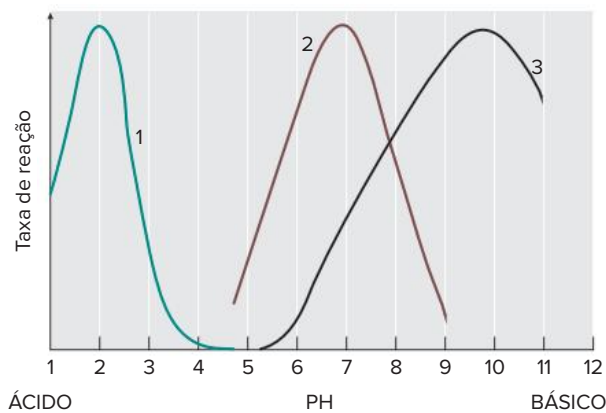
Na década de 1940, na Região Centro-Oeste, produtores rurais, cujos bois, porcos, aves e cabras estavam morrendo por uma peste desconhecida, fizeram uma promessa, que consistiu em não comer carne e derivados até que a peste fosse debelada. Assim, durante três meses, arroz, feijão, verduras e legumes formaram o prato principal desses produtores.

O Hoje, 15 out 2011 (adaptado).

Para suprir o déficit nutricional a que os produtores rurais se submeteram durante o período da promessa, foi importante eles terem consumido alimentos ricos em

- vitaminas A e E.
- frutose e sacarose.
- aminoácidos naturais.
- aminoácidos essenciais.
- ácidos graxos saturados.

17. UFRGS 2014 O gráfico abaixo apresenta a taxa de reação de três diferentes enzimas em função do pH, em seres humanos.



Com base no gráfico, considere as seguintes afirmações.

- A enzima 1 pode ser a pepsina, pois sua atividade máxima ocorre em meio ácido.
- A enzima 2 pode ser a amilase salivar, pois sua atividade máxima ocorre em um meio próximo ao neutro.
- A enzima 3 pode atuar no duodeno, pois sua atividade máxima ocorre em pH básico.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

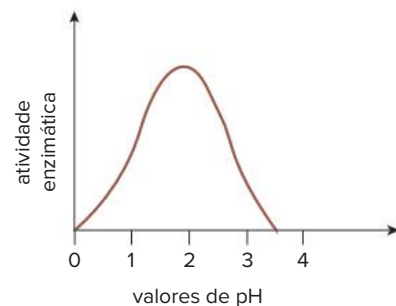
18. PUC-RJ 2018 A alimentação humana se baseia principalmente em três tipos de macromoléculas: proteínas, carboidratos e gorduras. Considerando que, para a digestão desses componentes, é necessária a ação de diferentes órgãos do sistema digestório, verifica-se que

- a bile produzida pelo fígado facilita a ação das lipases, pois proporciona a emulsificação das gorduras.
- a digestão de celulose ocorre ao longo de todo o trato digestivo.
- a digestão das proteínas se inicia ainda na boca, a partir da ação das amilases salivares.
- o principal local de digestão dos carboidratos é o estômago.
- as amilases estomacais são responsáveis pela degradação de proteínas.

19. FCMSCSP 2020 A crença de que o colágeno presente na gelatina dá mais firmeza à pele é irreal, uma vez que essa substância

- não é digerida em peptídeos ao passar pelo estômago e pelo duodeno, sendo eliminada, sem modificação química, nas fezes humanas.
- é absorvida pelo intestino delgado e não se fixa necessariamente na pele humana, podendo se fixar nos tendões e nos discos intervertebrais.
- desnatura-se durante o preparo industrial e as enzimas dos sucos digestivos não apresentam sítios ativos que reconheçam a molécula desnaturada.
- não é constituída por monômeros orgânicos para se transformar na matéria-prima que poderia ser utilizada na síntese da proteína na pele humana.
- é digerida pelas enzimas gástricas e intestinais, e os aminoácidos obtidos dessa digestão serão matéria-prima para sintetizar outros tipos de proteínas.

20. PUC-SP 2016 O gráfico abaixo refere-se à atividade de uma enzima proteolítica que atua no trato digestório:



A enzima em questão é a:

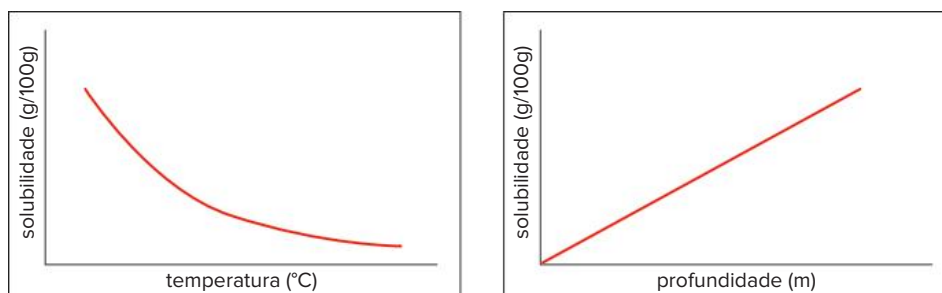
- Tripsina, que atua no estômago.
- Tripsina, que atua no duodeno.
- Pepsina, que atua no estômago.
- Pepsina, que atua no duodeno.

21. OBB 2017 Em diversos tipos de cirurgia bariátrica observa-se uma gastrectomia (corte de parte do estômago). Com a menor retenção de alimentos no estômago uma consequência esperada é:

Entre as principais doenças pulmonares relacionadas ao cigarro está o enfisema, que é uma irritação respiratória crônica, de lenta evolução, na qual as paredes internas dos alvéolos pulmonares são destruídas. O indivíduo que sofre de enfisema apresenta respiração ofegante, com chiado e falta de ar, que se agravam à medida que a doença avança. Os sintomas do enfisema estão diretamente relacionados à função das estruturas pulmonares que são afetadas por essa doença. A função principal dessas estruturas é

- produzir muco para revestir as vias aéreas e garantir a umidificação e purificação do ar inalado.
- facilitar a passagem do ar até os bronquíolos, onde ocorre o processo de hematose.
- permitir que ocorram as trocas gasosas entre o sangue e o ar que foi inalado.
- promover o movimento de inspiração e expiração do ar.
- sustentar a estrutura interna dos pulmões.

28. Uerj 2016 A temperatura e a pressão afetam a solubilidade do oxigênio no sangue dos organismos. Alguns animais marinhos sem pigmentos respiratórios realizam o transporte de oxigênio por meio da dissolução desse gás diretamente no plasma sanguíneo. Observe a variação da solubilidade do oxigênio no plasma, em função da temperatura e da profundidade a que o animal esteja submetido, representada nos gráficos abaixo.



Um estudo realizado sob quatro diferentes condições experimentais, para avaliar a dissolução de oxigênio no plasma desses animais, apresentou os seguintes resultados:

Parâmetros avaliados	Condições experimentais			
	W	X	Y	Z
temperatura	baixa	baixa	alta	alta
profundidade	alta	baixa	baixa	alta

O transporte de oxigênio dissolvido no plasma sanguíneo foi mais favorecido na condição experimental representada pela seguinte letra:

- W
- X
- Y
- Z

29. Uerj 2014

Laudos confirmam que todas as mortes na Kiss ocorreram pela inalação da fumaça

Necropsia das 234 vítimas daquela noite revela que todas as mortes ocorreram devido à inalação de gás cianídrico e de monóxido de carbono gerados pela queima do revestimento acústico da boate.

Adaptado de ultimosegundo.ig.com.br, 15/03/2013.

Os dois agentes químicos citados no texto, quando absorvidos, provocam o mesmo resultado: paralisção dos músculos e asfixia, culminando na morte do indivíduo.

Com base nessas informações, pode-se afirmar que tanto o gás cianídrico quanto o monóxido de carbono interferem no processo denominado:

- síntese de DNA
- transporte de íons
- eliminação de excretas
- metabolismo energético

30. IFSC 2014 Sobre sistema respiratório, assinale a alternativa CORRETA.

- As trocas gasosas se dão entre o ar alveolar e o sangue contido nos capilares. O sangue proveniente dos tecidos é rico em oxigênio e pobre em gás carbônico. O ar alveolar é rico em gás carbônico e pobre em oxigênio.
- Cada brônquio ramifica-se inúmeras vezes e origina traqueias progressivamente menos calibrosas, até se formarem os bronquíolos terminais. Estes, por sua vez, terminam em bolsinhas, de parede extremamente delgada, os alvéolos pulmonares.
- As fossas nasais (ou cavidades nasais) e a boca são os locais de entrada do ar que se dirige ao nosso sistema respiratório. O ar que entra pelas fossas nasais é filtrado, umedecido e aquecido, antes de ir para a traqueia. Os cílios que revestem o epitélio das fossas nasais retêm partículas de sujeira e micro-organismos que existem no ar.

- d) A entrada de ar nos pulmões, a expiração, se dá pela contração da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais. O diafragma abaixa e as costelas se elevam, o que aumenta o volume da caixa torácica, forçando o ar a entrar nos pulmões.
- e) A faringe tem importante função ao impedir a entrada de alimento nas vias aéreas inferiores e garantir a fonação. No homem, é formada por nove peças de cartilagem.

31. UFPR 2014 A troca do gás oxigênio entre o ar atmosférico, presente nos alvéolos pulmonares, e os capilares sanguíneos pode ser expressa pela fórmula:

$$\text{Difusão do gás} = A/E \cdot D \cdot (P1 - P2)$$

A = área alveolar.
 E = distância entre o tecido epitelial do alvéolo pulmonar e o capilar sanguíneo.
 D = coeficiente de difusão do gás.
 (P1 - P2) = diferença de pressão do gás entre o ar alveolar (atmosférico) e o sangue.

Quanto maior a altitude, menor a pressão atmosférica, e o ar atmosférico torna-se mais rarefeito. Ao escalar uma montanha, o alpinista percebe que sua respiração vai ficando mais difícil. Essa dificuldade é ocasionada porque um dos fatores, expresso na fórmula, está alterado. Qual é esse fator?

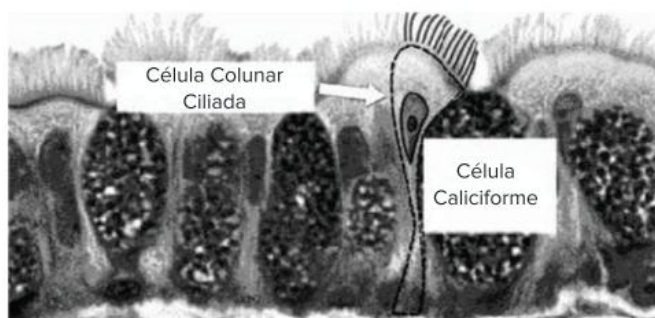
- a) Área alveolar.
 b) Coeficiente de difusão do gás.
 c) Distância entre o tecido epitelial do alvéolo pulmonar e o capilar sanguíneo.
 d) Diferença de pressão entre o ar alveolar (ar atmosférico) e o capilar sanguíneo.
 e) Produto entre a área alveolar pela distância entre o alvéolo pulmonar e o capilar sanguíneo.

32. Udesc 2013 No processo de inspiração, o ar rico em _____ é filtrado, aquecido e umedecido quando passa pelas vias respiratórias, sendo levado _____. No pulmão o _____ do ar inspirado entra na circulação sanguínea. O dióxido de carbono do sangue _____ é liberado nos _____ para que seja eliminado com o ar expirado.

Assinale a alternativa que preenche corretamente, na sequência, os espaços em branco no texto acima.

- a) oxigênio – aos pulmões – oxigênio – venoso – alvéolos
 b) dióxido de carbono – aos pulmões – oxigênio – arterial – alvéolos
 c) dióxido de carbono – à traqueia – dióxido de carbono – arterial – alvéolos
 d) oxigênio – à traqueia – oxigênio – arterial – alvéolos
 e) oxigênio – aos pulmões – dióxido de carbono – venoso – alvéolos

33. FGV-SP 2012 O epitélio respiratório humano é composto por células ciliadas e pelas células caliciformes produtoras de muco. A figura ilustra tal organização histológica em um brônquio humano.

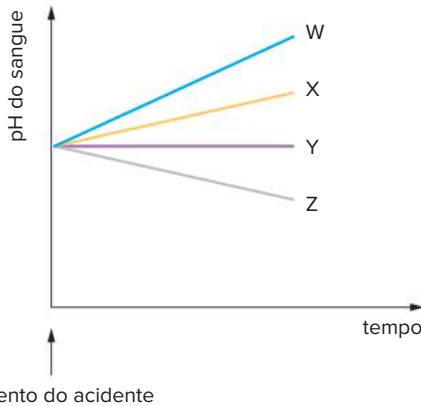


(<http://medicinestuff.tumblr.com/post/949709042/epitelio-respiratorio>. Adaptado.)

A destruição dos cílios bronquiolares, promovida pelo alcatrão presente na fumaça do cigarro, propicia

- a) o impedimento da ventilação pulmonar em decorrência da obstrução da traqueia.
 b) uma maior absorção da nicotina realizada pelo muco nos alvéolos.
 c) a diminuição da atividade dos glóbulos brancos que atuam nos brônquios.
 d) a redução da hematose, em função da destruição dos capilares.
 e) a instalação de infecções respiratórias, devido à deficiência no transporte de muco.

34. Uerj 2012 Um dos equipamentos de segurança de uma cápsula espacial tripulada efetua a remoção do gás carbônico desse ambiente. Admita que, após um acidente, esse equipamento tenha deixado de funcionar. Observe as curvas do gráfico abaixo:



A curva que representa a tendência do que deve ter ocorrido, após o acidente, com o pH sanguíneo dos tripulantes está identificada por:

- a) W b) X c) Y d) Z

35. Cotuca-SP 2020 O mergulho livre ou mergulho em apneia pode ser muito perigoso se não praticado com responsabilidade, pois, apesar da respiração

poder ser interrompida de forma voluntária, o controle dos movimentos respiratórios é involuntário. Sobre o mecanismo de controle da respiração, assinale a alternativa correta:

- a) Os movimentos respiratórios são controlados pelo bulbo, órgão presente no tronco encefálico humano. O bulbo aumenta a frequência dos movimentos respiratórios quando há queda do oxigênio sanguíneo.
- b) Os movimentos respiratórios são controlados na ponte, órgão presente no cérebro humano. A ponte aumenta a frequência dos movimentos respiratórios quando há queda do oxigênio no sangue.
- c) Os movimentos respiratórios são controlados pela ponte, órgão presente no cérebro humano. A ponte aumenta a frequência dos movimentos respiratórios quando há aumento do gás carbônico sanguíneo.
- d) Os movimentos respiratórios são controlados pela ponte, órgão presente na medula espinal. A ponte aumenta a frequência dos movimentos respiratórios quando há queda do gás oxigênio sanguíneo.
- e) Os movimentos respiratórios são controlados pelo bulbo, órgão presente no tronco encefálico humano. O bulbo aumenta a frequência dos movimentos respiratórios quando há queda do pH sanguíneo.

Texto complementar

As vitaminas

As vitaminas perfazem um diversificado grupo de compostos orgânicos necessários ao corpo em quantidades relativamente pequenas; apesar disso, são imprescindíveis ao funcionamento do organismo – deficiências de vitaminas (**hipovitaminoses**) podem gerar graves perturbações ao metabolismo. As 13 vitaminas conhecidas para a espécie humana estão divididas em dois grupos: **hidrossolúveis** e **lipossolúveis**.

Vitaminas hidrossolúveis (complexo B e vitamina C) são solúveis em água. Caso sejam consumidas em excesso, espera-se que o excedente ingerido seja eliminado, sobretudo, pela urina. Sendo assim, distúrbios decorrentes do acúmulo dessas vitaminas (hipervitaminoses) são mais raros.

Vitaminas lipossolúveis são solúveis, principalmente, em lipídios; por isso, o excesso dessas vitaminas se deposita nas gorduras corporais, atingindo, às vezes, níveis tóxicos.

O quadro a seguir apresenta as vitaminas necessárias aos seres humanos, aponta algumas de suas fontes e funções e indica os distúrbios que a carência desses nutrientes pode ocasionar.

Grupos	Vitaminas	Algumas fontes	Algumas funções	Sintomas da hipovitaminose
Hidrossolúveis	B ₁ – Tiamina	Carne de porco; cereais; verduras; legumes.	Atua no metabolismo dos carboidratos e na manutenção do tônus muscular. Importante ao funcionamento do sistema nervoso.	Beribéri (alterações neurológicas e musculares, levando à perda da coordenação motora, e problemas cardíacos).
	B ₂ – Riboflavina	Leite; carnes; ovos; verduras.	Como componente da coenzima FAD, é indispensável à respiração celular.	Lesões na pele, inflamação da língua e rachaduras nos lábios.
	B ₃ – Niacina	Carnes; leite, ovos; grãos.	Essencial à respiração celular por ser componente da coenzima NAD. Importante ao funcionamento dos sistemas nervoso e digestório.	Pelagra ou doença dos 3 D's (distúrbios na pele, digestivos e neurológicos).
	B ₅ – Ácido pantotênico	Carnes; leite; verduras; cereais.	Importante ao metabolismo energético por ser componente da coenzima A.	Anemia, formigamento, dormência e fadiga.

Grupos	Vitaminas	Algumas fontes	Algumas funções	Sintomas da hipovitaminose
Hidrossolúveis	B ₆ – Piridoxina	Carnes; ovos; cereais.	Participa do metabolismo dos aminoácidos.	Anemia, apatia, problemas de pele e musculares.
	B ₇ /B ₈ – Biotina	Carnes; verduras; legumes.	Participa da síntese de gorduras, carboidratos, bases nitrogenadas e aminoácidos.	Problemas de pele, musculares e nervosos.
	B ₉ – Ácido fólico	Frutas; cereais; legumes.	Participa do metabolismo de ácidos nucleicos e aminoácidos. No desenvolvimento embrionário, é importante à formação do tubo neural.	Anemia e problemas congênitos (espinha bífida).
	B ₁₂ – Cobalamina	Carnes; leite; ovos.	Atua na formação de ácidos nucleicos e na produção de hemácias.	Anemia perniciosa, problemas de equilíbrio e distúrbios neurológicos.
	C – Ácido ascórbico	Frutas cítricas; brócolis; tomate; verduras.	Atua na produção de colágeno e tem ação antioxidante.	Escorbuto (sangramento das gengivas, problemas epiteliais e em mucosas e degeneração dos dentes).
Lipossolúveis	A – Retinol	Vegetais amarelados e alaranjados ricos em carotenoides (precursores da vitamina A); gema do ovo; derivados do leite.	Importante à formação dos pigmentos visuais e à manutenção da integridade dos epitélios.	Cegueira noturna, xerofthalmia (ressecamento das estruturas oculares devido a alterações na produção e na composição lacrimal), problemas de pele e enfraquecimento da imunidade.
	D (D ₃ – Colecalciferol)	Óleos de peixe; gema de ovo; leite e derivados. Atenção: essas fontes contêm a substância precursora da vitamina D, que se transforma na vitamina propriamente dita quando exposta à radiação UV.	Auxilia a absorção de cálcio e fósforo no intestino, bem como a utilização desses minerais no metabolismo.	Raquitismo em crianças e enfraquecimento/ amolecimento dos ossos em adultos. Depressão.
	E – Tocoferol	Óleos vegetais; leite e derivados; carnes.	Age como antioxidante e previne danos às membranas celulares. Além disso, participa do funcionamento dos músculos e do sistema nervoso.	Problemas no sistema nervoso, anemia e infertilidade em ratos.
	K – Filoquinona	Vegetais verdes; castanhas; bactérias da microbiota intestinal.	Participa do processo de coagulação sanguínea.	Quadros hemorrágicos.

Texto elaborado para fins didáticos

A digestão nos mamíferos herbívoros

Mamíferos ruminantes

Bovinos, caprinos, ovinos, girafas, entre outros, são exemplos de mamíferos herbívoros ruminantes. São animais dotados de quatro compartimentos gástricos, por isso, são também designados como **mamíferos poligástricos** (do grego, *polys* = muitos; *gastros* = estômago).

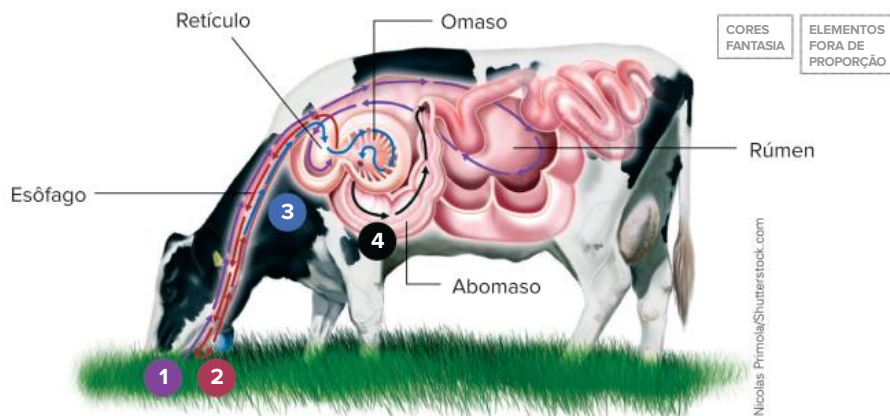
O primeiro compartimento, denominado **rúmen** ou **pança**, é aquele que recebe o alimento depois de uma breve mastigação. No rúmen são encontrados **microrganismos mutualísticos** produtores de enzimas celulases, capazes de digerir a celulose presente nos vegetais consumidos. Posteriormente, o alimento chega ao **retículo** ou **barrete**, compartimento no qual microrganismos seguem com a digestão da celulose. Do retículo, o alimento retorna à boca para ser mastigado novamente.

A atividade dos microrganismos presentes no rúmen e no retículo dos ruminantes é fundamental à nutrição destes animais, que são incapazes de digerir a celulose. Essa associação mutualística permite a esses mamíferos que aproveitem a celulose ingerida como nutriente. Vale salientar que esse processo resulta na produção de **metano**, um gás de efeito estufa, que é eliminado para o ambiente principalmente pela boca do animal. A liberação de metano na atmosfera caracteriza-se como uma das causas da intensificação do efeito estufa, impacto que será detalhado em aulas da Frente 2 desta coleção.

Após a segunda mastigação, o alimento é deglutido novamente, sendo direcionado ao **omaso** ou **folhoso**; nesse compartimento ocorre absorção de parte da água presente no alimento deglutido.

O último compartimento gástrico dos ruminantes é o **abomaso** ou **coagulador**, considerado o estômago verdadeiro do ruminante por ser capaz de secretar enzimas digestivas; nesse compartimento, ocorre digestão dos microrganismos, fonte de proteínas ao animal, que se misturaram ao bolo alimentar.

A finalização da digestão e da absorção acontece nos **intestinos**, e os resíduos digestivos são eliminados pelo ânus.

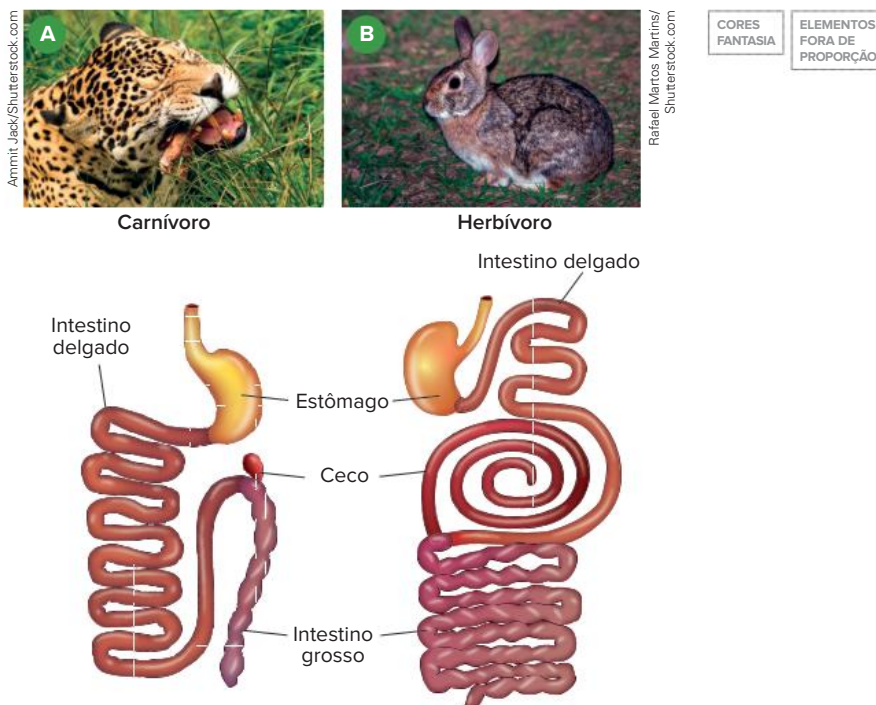


Representação dos compartimentos gástricos dos ruminantes e do caminho do alimento. A seta roxa (1) indica a ingestão do alimento e sua passagem pelo rúmen e pelo retículo. A seta vermelha (2) mostra o alimento retornando do retículo à boca e sendo deglutido novamente. A seta azul (3) indica o tráfego do alimento até o omaso. Por fim, a seta preta (4) mostra o alimento passando pelo abomaso e seguindo para o intestino.

Mamíferos não ruminantes

Os mamíferos herbívoros não ruminantes (cavalo, coelho, elefante etc.) apresentam apenas um compartimento gástrico; por isso, também são chamados de **mamíferos monogástricos** (do grego, *monos* = único; *gastros* = estômago). Nesses animais, o ceco, região localizada no início do intestino grosso, é bastante desenvolvido e nele estão abrigados os microrganismos mutualísticos que atuam na digestão da celulose.

Espera-se que os intestinos nos mamíferos herbívoros sejam, de forma geral, relativamente maiores que os intestinos de outros mamíferos, como os carnívoros estritos e os onívoros. Isso ocorre porque a digestão de alimentos de origem vegetal é mais difícil devido à presença de grande quantidade de celulose. Com intestinos mais longos nos herbívoros, o alimento permanece mais tempo no trato digestório, ficando mais exposto à ação das enzimas digestivas.



Esquema comparando o tamanho dos intestinos (e do ceco) em um mamífero carnívoro, como a onça (A), e um herbívoro, a exemplo do tapeti (B).

Texto elaborado para fins didáticos

Introdução à fisiologia

- Atividades básicas para a manutenção da vida de um animal: nutrição, transporte de materiais, trocas gasosas e excreção.
- Homeostase: equilíbrio dinâmico das condições internas.
- Sistemas de controle: nervoso e endócrino.

Sistema digestório humano

- Responsável pela digestão dos alimentos e pela absorção dos nutrientes.
- Materiais não digeridos e não absorvidos são eliminados por meio das fezes.

Classificação dos nutrientes

Naturais e essenciais

Segundo a forma de obtenção, os nutrientes podem ser:

- naturais: produzidos pelo próprio metabolismo a partir de precursores orgânicos.
- essenciais: por não serem produzidos por determinado organismo (a partir de substâncias precursoras), devem ser obtidos por meio da alimentação.

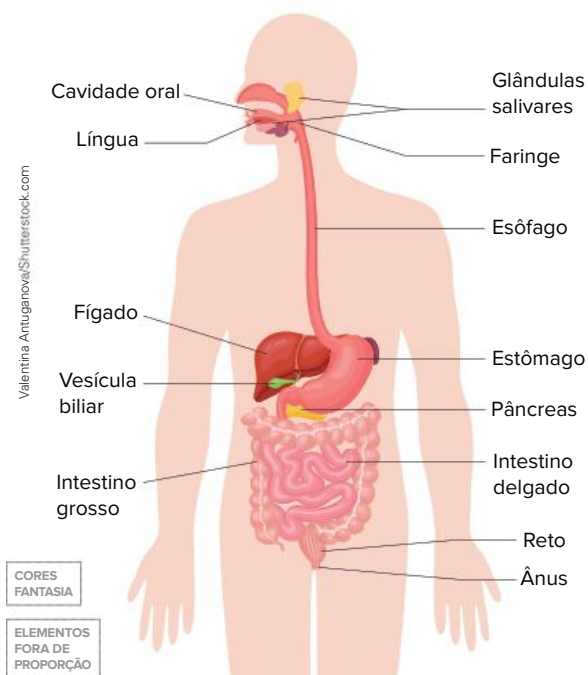
Energéticos, plásticos e reguladores

Segundo a função que desempenham no organismo, os nutrientes podem ser:

- energéticos: funcionam como fontes de energia às atividades metabólicas.
- plásticos: fazem parte da constituição estrutural do organismo.
- reguladores: atuam no controle das reações metabólicas, a exemplo das vitaminas e dos sais minerais sob a forma iônica.

Anatomia — visão geral

- O sistema digestório humano é formado pelo tubo digestório e pelas glândulas anexas (glândulas salivares, fígado e pâncreas).



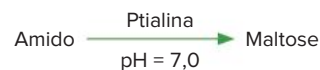
Representação da anatomia do sistema digestório humano.

Mecanismos digestivos

- Físicos: não alteram a composição química do nutriente, a exemplo da mastigação, da deglutição, do peristaltismo e da ação da bile.
- Químicos: alteram a composição química do nutriente com a participação de enzimas digestivas.

Boca, faringe e esôfago

- Na boca (cavidade oral) ocorre a ingestão do alimento e o início da digestão. Os dentes realizam a mastigação, enquanto a deglutição é realizada com o auxílio da língua.
- A saliva inicia a digestão química do alimento porque possui a enzima amilase salivar (ptialina).

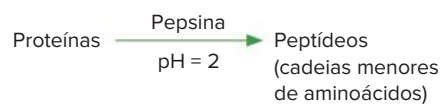


A formação da maltose a partir do amido é facilitada pela enzima ptialina, cuja atividade é alta em pH neutro.

- Ao ser deglutido, o bolo alimentar é encaminhado à faringe, estrutura comum aos sistemas digestório e respiratório.
- A cada deglutição, a **epiglote**, estrutura localizada na glote (abertura da laringe), abaixa, impedindo que alimento e líquidos sigam pelo sistema respiratório.
- O esôfago conduz o bolo alimentar até o estômago por meio de movimentos peristálticos (peristaltismo) decorrentes da contração involuntária da musculatura lisa.

Estômago

- A parede estomacal secreta o suco gástrico.
- O ácido clorídrico (HCl) é um componente do suco gástrico que mantém seu pH ao redor de 2.
- O ácido clorídrico ativa o pepsinogênio (enzima inativa), formando pepsina (enzima ativa).



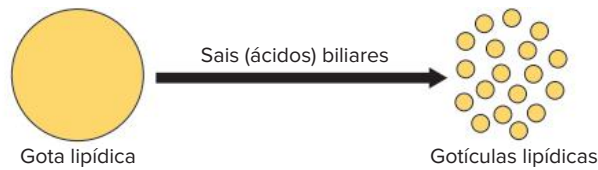
A formação de peptídeos a partir da digestão de proteínas é facilitada pela enzima pepsina, cuja atividade é alta em pH ácido.

Intestino delgado

- A maior parte da hidrólise enzimática do alimento ocorre no intestino delgado, especialmente no duodeno (porção inicial).
- O jejuno (porção intermediária) e o íleo (porção final) são regiões mais relacionadas à absorção dos nutrientes.
- O duodeno recebe secreções digestivas provenientes do fígado, do pâncreas e de células glandulares presentes em sua própria parede.

Bile:

- Produzida pelo fígado e armazenada na vesícula biliar.
- Não possui enzimas digestivas.
- Contém bicarbonato de sódio e sais (ácidos) biliares, compostos com ação detergente, que promovem a emulsificação dos lipídios.



Ação da bile sobre os lipídios, resultando no aumento da superfície de contato entre eles e as enzimas digestivas.

Suco pancreático:

- Produzido pelo pâncreas.
- Contém bicarbonato de sódio.
- Enzimas digestivas:

Enzima	Substrato	Produtos	pH ideal
Tripsina e quimiotripsina	Proteínas	Peptídeos	Entre 8 e 9
Amilase pancreática	Amido	Maltose	
Lipase pancreática	Óleos e gorduras (triglicérides)	Ácidos graxos e glicerol	
Nucleases	Ácidos nucleicos (DNA e RNA)	Nucleotídeos	
Peptidases	Peptídeos	Aminoácidos	

Suco entérico:

- Produzido pela parede duodenal.
- Enzimas digestivas:

Enzima	Substrato	Produtos	pH ideal
Peptidases	Peptídeos	Aminoácidos	Entre 8 e 9
Nucleotídeses	Nucleotídeos	Pentoses, bases nitrogenadas e fosfatos.	
Maltase	Maltose	2 moléculas de glicose	
Sacarase	Sacarose	Glicose e frutose	
Lactase	Lactose	Glicose e galactose	

- A ação digestiva observada no intestino delgado resulta em um líquido esbranquiçado, denominado **quilo**, repleto de nutrientes.

Absorção dos nutrientes nos intestinos e eliminação dos resíduos da digestão

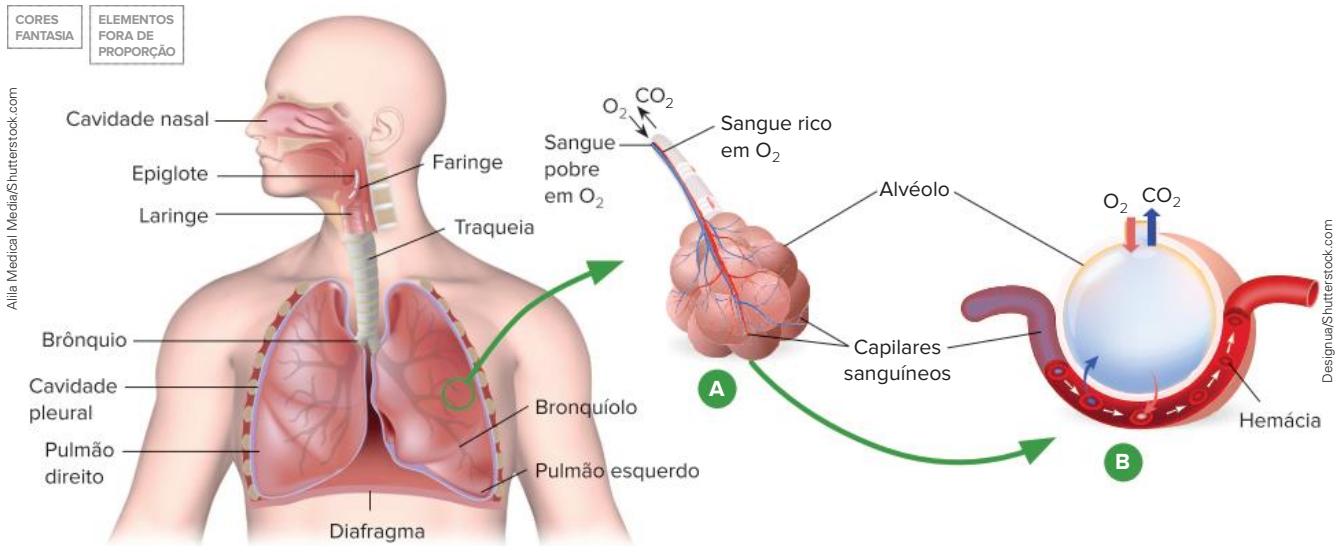
- O intestino delgado é o responsável pela absorção da maior parte dos nutrientes.
- O revestimento interno nas regiões do jejuno e do íleo apresenta dobras dotadas de projeções denominadas vilosidades. As células epiteliais que revestem as vilosidades possuem microvilosidades.
- Vilosidades e microvilosidades conferem ampla superfície de absorção dos nutrientes.
- O íleo, porção final do intestino delgado, comunica-se com o intestino grosso, formado por ceco, cólon e reto.
- No intestino grosso ocorre a absorção de água e sais minerais, restando as fezes.
- No reto ocorre o armazenamento temporário das fezes que, por fim, são eliminadas pelo ânus.
- O intestino grosso possui uma microbiota que contribui à formação do bolo fecal, confere proteção ao intestino contra microrganismos patogênicos e produz vitaminas, a exemplo da vitamina K e da B12.
- Importância do consumo de fibras: aumento do peristaltismo, sobretudo no intestino grosso, e retenção de água nas fezes, facilitando a evacuação.

Sistema respiratório humano

- Responsável pela realização das trocas gasosas entre o organismo e o ambiente.

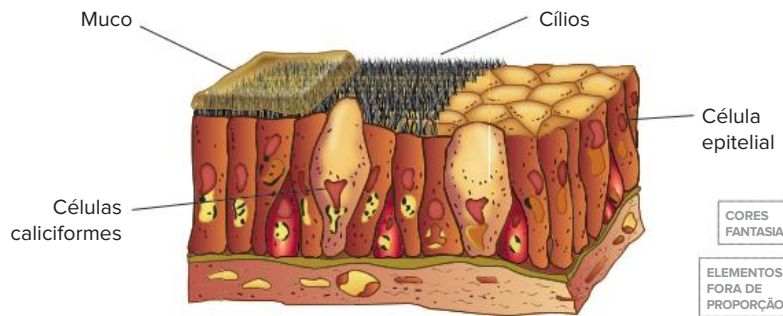
Anatomia e fisiologia

- O sistema respiratório humano é constituído por cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios e pulmões.
- No interior dos pulmões, os brônquios se ramificam em bronquíolos cada vez mais finos, em cujas extremidades encontram-se os alvéolos pulmonares.



Representação das principais estruturas do sistema respiratório humano. Em (A) são destacados os alvéolos pulmonares; em (B) é representada a hematose.

- A traqueia e os brônquios são revestidos pelo epitélio mucociliar, importante para a limpeza das vias aéreas, mantendo livre a passagem do ar e eliminando agentes potencialmente infecciosos.



Representação esquemática do epitélio mucociliar.

Transporte de O_2

- Em torno de 97% do transporte de O_2 na corrente sanguínea ocorre sob a forma de oxiemoglobina (HbO_2).
- O transporte de gás oxigênio é prejudicado pela inalação de monóxido de carbono (CO).

Transporte de gás carbônico (CO_2)

- Em torno de 23% do CO_2 é transportado sob a forma de carboemoglobina ($HbCO_2$), composto resultante da combinação entre CO_2 e hemoglobina; ao redor de 7% é transportado dissolvido no plasma; e aproximadamente 70% do CO_2 é transportado sob a forma de íons bicarbonato (HCO_3^-).

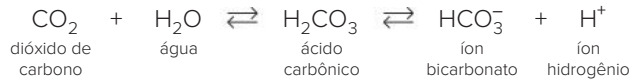
Os movimentos respiratórios

	Movimentos	
	Inspiração	Expiração
Diafragma	Contração (abaixamento)	Relaxamento (elevação)
Músculos intercostais	Contração (elevação)	Relaxamento (abaixamento)
Volume do tórax	Aumenta	Diminui
Pressão interna do tórax	Diminui	Aumenta
Movimento do ar	Entrada nos pulmões	Saída dos pulmões

Resumo dos principais eventos ligados à ocorrência dos movimentos respiratórios.

Controle dos movimentos respiratórios

- O bulbo (medula oblonga) é a região do sistema nervoso central, localizada no encéfalo, responsável pela regulação involuntária da ventilação pulmonar.
- O principal parâmetro usado pelo bulbo no controle involuntário dos movimentos respiratórios é o pH sanguíneo, que varia em torno de 7,4 (entre 7,35 e 7,45).
- O CO_2 proveniente do metabolismo tecidual reage com a água presente no sangue, formando ácido carbônico (H_2CO_3), que, por sua vez, ioniza e gera íons hidrogênio (H^+) e íons bicarbonato (HCO_3^-):



$[\text{CO}_2]$ aumenta \rightarrow redução do pH \rightarrow aumento da frequência respiratória
 $[\text{CO}_2]$ diminui \rightarrow aumento do pH \rightarrow redução da frequência respiratória

Quer saber mais?



Sites

<https://www.msmanuals.com/pt/casa/dist%C3%BArbios-digestivos/gastrite-e-%C3%BAlcera-p%C3%A9ptica/infec%C3%A7%C3%A3o-por-helicobacter-pylori>

(Acesso em: 25 out. 2021)

O site apresenta informações (como sintomas, diagnóstico e tratamento) a respeito da infecção da mucosa estomacal pela bactéria *Helicobacter pylori*.

<https://agencia.fapesp.br/fumar-pode-aumentar-risco-de-esquizofrenia/15375/>

(Acesso em: 25 out. 2021)

O artigo analisa o risco do desenvolvimento de esquizofrenia em fumantes.

Exercícios complementares

- 1. Famerp-SP 2020** O sistema digestório humano trabalha de forma voluntária e involuntária. O início e o final da digestão são controlados de forma voluntária. Ao longo do tubo digestório, vários movimentos peristálticos e a produção de secreções são realizados de forma involuntária.
 - a) Cite duas ações, uma que ocorre no início e outra que ocorre no final da atividade digestória, que são consideradas voluntárias.
 - b) Qual tipo de músculo presente no tubo digestório desencadeia os movimentos peristálticos? Explique como o estômago consegue autorregular a secreção de suco gástrico de forma involuntária.
- 2. UFPR 2020** A pele é revestida por um tecido epitelial estratificado queratinizado, que é uma excelente barreira contra a invasão de patógenos, como bactérias. Por que esse tipo de epitélio não ocorre na superfície do intestino delgado, por onde passa o bolo alimentar?
- 3. Uerj 2019** Durante a digestão, o alimento é transportado ao longo do tubo digestório por meio de contrações involuntárias denominadas peristaltismo, o que impede o refluxo do alimento. Para tanto, essas contrações são mantidas até a chegada do alimento ao intestino delgado, onde diminuem de intensidade. Aponte duas consequências da redução do peristaltismo no intestino delgado que favorecem a digestão e absorção dos alimentos.
- 4. FMP-RJ 2017** 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.
 - a) Explique de que forma a grande quantidade de íons bicarbonato presente na secreção pancreática contribui para a digestão dos nutrientes.
 - b) Nomeie o hormônio que, assim como a secretina, chega ao pâncreas pela circulação sanguínea e provoca a secreção de enzimas digestivas pancreáticas.
 - c) 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.
- 5. USCS-SP 2016** A doença celíaca consiste em uma reação inflamatória nas vilosidades intestinais, desencadeada a partir de peptídeos, componentes do glúten presente em alimentos derivados do trigo, cevada, centeio, entre outros.

Peptídeos são moléculas orgânicas caracterizadas pelo agrupamento em sequência de unidades moleculares menores.

- Qual a unidade molecular dos peptídeos? Quantos tipos diferentes dessa unidade existem no organismo humano?
- O que são e qual a função das vilosidades intestinais?

6. UFU-MG 2016 Nos vertebrados, a digestão é extracelular. Com base nessa afirmação, responda:

- As aves apresentam moela. O que é esta estrutura e para que ela serve?
- No intestino delgado humano desembocam duas glândulas importantes: o pâncreas e o fígado. O que as diferencia? Qual é a função do fígado?
- Para que servem as vilosidades intestinais presentes no intestino delgado humano?

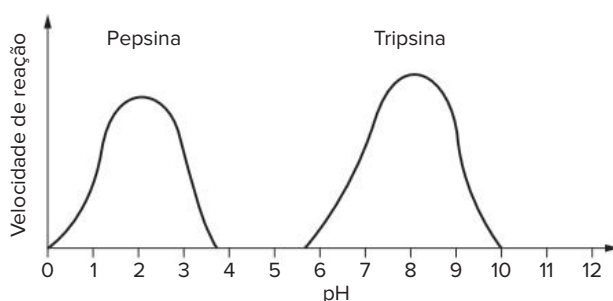
7. Uerj 2016 Dentre os distúrbios mais comuns do aparelho digestório, pode-se citar a intolerância à lactose.

A incapacidade do organismo em digerir essa molécula provoca dores abdominais, náuseas e diarreias.

Aponte o fator responsável pela incapacidade de digerir a lactose e identifique o suco digestório que estará modificado em um paciente com esse distúrbio.

Cite, ainda, a região do tubo digestório em que a lactose é degradada em uma pessoa saudável e indique os produtos da sua digestão.

8. Fuvest-SP 2016 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.



S. S. Mader. *Biology*, 2010. Adaptado.

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.

- Complete o quadro abaixo, 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				
Substrato				
Valor de pH				

- Qual é o resultado esperado em cada tubo de ensaio, caso o frasco contenha apenas pepsina?
- Em que órgão(s) do sistema digestório humano atuam a pepsina e a tripsina?

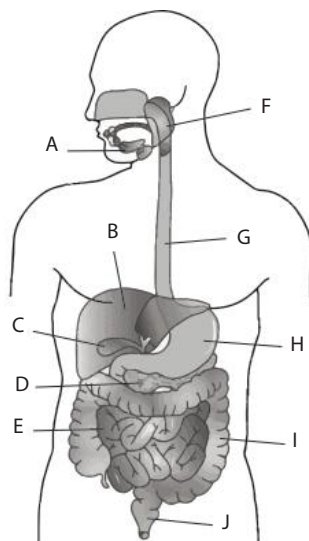
9. Fasm-SP 2016 Na parede do estômago humano há glândulas que secretam o suco gástrico, uma solução aquosa ácida e rica em enzimas que atuam na digestão.

- Qual é o ácido presente no suco gástrico? Em um indivíduo saudável, por que esse ácido não digere o próprio estômago?
- Cite e explique a função da principal enzima ativa presente no suco gástrico.

10. Fasm-SP 2016 Paulinho gosta muito de leite, mas é intolerante à lactose e, toda vez que bebe leite, sente cólicas, tem o abdome distendido, flatulência e diarreia. Seu médico e seu nutricionista disseram que esses sintomas podem ser minimizados se Paulinho trocar a ingestão de leite pela ingestão de iogurte e queijo frescos.

- A que grupo de nutrientes pertence a lactose? Por que os intolerantes à lactose não suportam essa substância em seu trato digestório?
- Explique por que pessoas com intolerância à lactose toleram melhor o iogurte e o queijo frescos ao leite in natura.

- 11. Unifesp 2015** Recomenda-se frequentemente aos vestibulandos que, antes do exame, prefiram alimentos ricos em carboidratos (glicídios) em vez de gorduras (lipídios), pois estas são digeridas mais lentamente. Além da função energética, os carboidratos exercem também funções estruturais, participando, por exemplo, dos sistemas de sustentação do corpo de animais e vegetais.
- Cite duas estruturas, uma no corpo de um animal e outra no corpo de um vegetal, em que se verifica a função estrutural dos carboidratos.
 - Ao chegar ao duodeno, as gotas de gordura são processadas por agentes não enzimáticos e por uma enzima em especial. Identifique estes agentes e esta enzima, mencionando a ação de cada um.
- 12. Fuvest-SP 2015** A figura abaixo mostra órgãos do sistema digestório humano.



Identifique com a letra correspondente, nomeando-o,

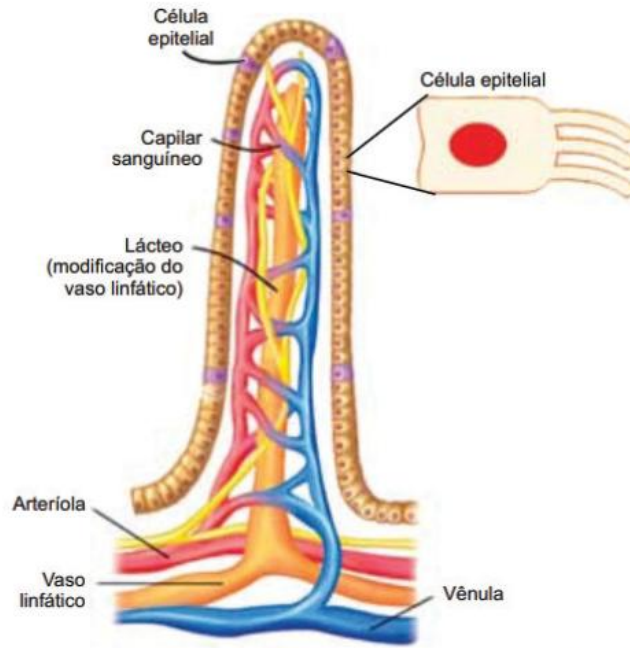
- o órgão cuja secreção contém bicarbonato de sódio, além de várias enzimas digestivas;
 - o principal órgão responsável pela absorção de nutrientes;
 - o órgão em que se inicia a digestão de proteínas;
 - o órgão que produz substâncias que auxiliam a digestão de gorduras, mas que não produz enzimas.
- 13. Unicamp-SP 2015** A vaca é um ruminante, cujo estômago tem compartimentos onde ocorre o processo de digestão da celulose. Esse processo é auxiliado por microrganismos.
- Que tipo de relação biológica existe entre a vaca e esses outros seres vivos? Justifique.
 - Que nutrientes do mesmo grupo da celulose os humanos conseguem digerir?
- 14. Uerj 2015** Um laboratório analisou algumas reações ocorridas durante o processo de digestão do amido em seres humanos. Para isso, foram utilizados quatro tubos de ensaio, cada um contendo pequena concentração de amido, igual a 0,05 mg/mL e excesso de enzima digestiva em relação a esse substrato. O experimento consistia em adicionar uma gota de solução de iodo a cada um dos tubos de ensaio. Observe, abaixo, as condições experimentais empregadas:

	1	2	3	4
temperatura	37 °C	100 °C	-1 °C	0 °C
pH	neutro	neutro	neutro	3

Cite o nome de uma enzima, encontrada no tubo digestório humano, que poderia ser utilizada no experimento para hidrolisar o amido.

Ao reagir com o iodo, o amido assume coloração azulada. Identifique o único tubo de ensaio que não apresentará tal coloração e justifique sua resposta em função das duas condições experimentais empregadas.

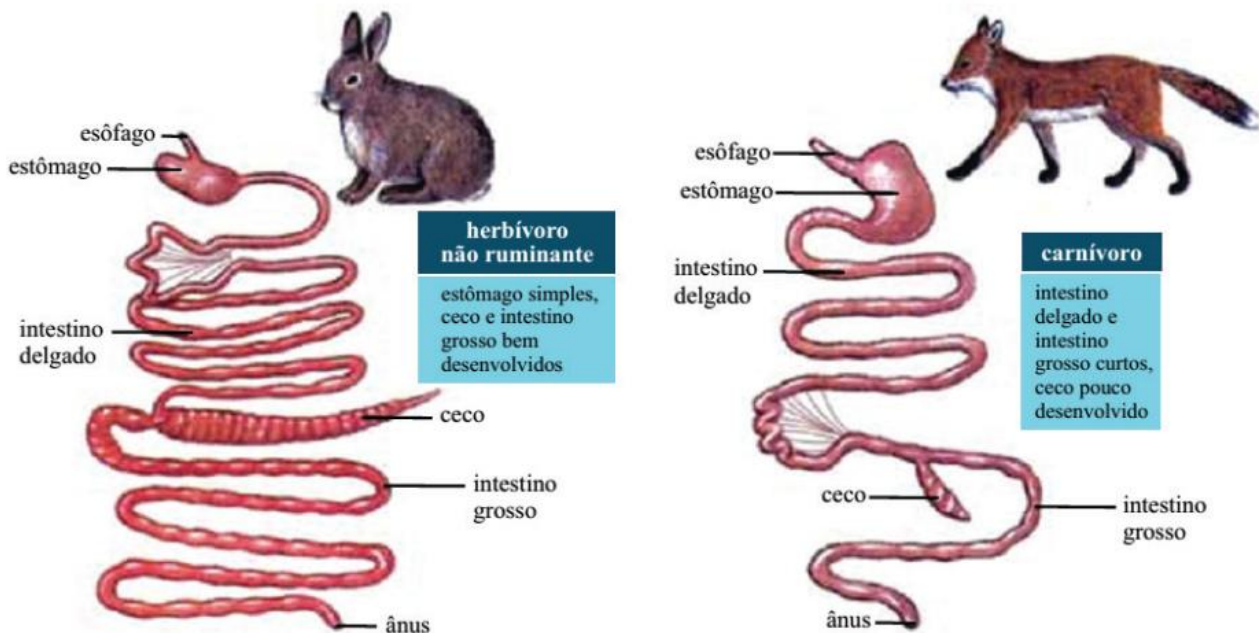
15. **FCMSCSP 2021** A figura ilustra a composição vascular e o tecido epitelial de um órgão do sistema digestório humano.



(<https://biobanter.wordpress.com>. Adaptado.)

- Cite a modificação da membrana celular que permite a identificação desse órgão. Cite a função dessa modificação da membrana celular.
- A vascularização desse órgão é dada pelos capilares sanguíneos e pelo vaso linfático. Qual a função de cada um desses vasos presentes nessa região?

16. **Unifesp 2014** A figura representa os sistemas digestivos de dois mamíferos, um herbívoro não ruminante e um carnívoro estrito.



- Considerando a dieta de cada um dos animais, explique por que os intestinos do herbívoro são consideravelmente mais longos do que os do carnívoro.
- Nos mamíferos, a saliva contém ptialina (amilase salivar), enzima que atua na digestão de polissacarídeos. A partir dessa informação, é correto afirmar que, nos herbívoros, a digestão química começa na boca e, nos carnívoros, começa apenas no estômago? Justifique sua resposta.

17. FMJ-SP 2021 A vagotomia (secção de ramos do nervo vago) é uma técnica cirúrgica aplicada em alguns pacientes com úlcera estomacal. Esse procedimento permite reduzir os estímulos do sistema nervoso central ao estômago, fazendo-o diminuir a secreção do ácido que agride a mucosa gástrica.

- a) Qual ácido é secretado no estômago? Como esse ácido atua na ativação de enzimas do suco gástrico?
- b) Explique por que, após a vagotomia, a secreção do suco gástrico não é interrompida e a digestão do alimento continua ocorrendo no estômago.

18. FMJ-SP 2016 Os mamíferos ruminantes apresentam um estômago com quatro compartimentos: rúmen (pança), retículo (barrete), omaso (folhoso) e abomaso (coagulador).

- a) Sabe-se que existem micro-organismos na região do rúmen e do retículo. Qual o principal papel desses micro-organismos na digestão dos vegetais ingeridos pelos ruminantes? Explique por que o fornecimento excessivo de antibióticos aos ruminantes pode fazê-los emagrecer.
- b) Qual compartimento do estômago dos ruminantes tem o papel análogo ao estômago humano? Como ocorre a digestão química nesse compartimento do estômago dos ruminantes?

19. Fuvest-SP 2021

Canto V Estância 81

E foi que, de doença crua e feia,
A mais que eu nunca vi, desampararam
Muitos a vida, e em terra estranha e alheia
Os ossos para sempre sepultaram.
Quem haverá que, sem ver, o creia?
Que tão disformemente ali lhe incharam
As gengivas na boca, que crescia
A carne e juntamente apodrecia?

Luis Vaz de Camões, Os Lusíadas.

É correto afirmar que Camões, neste trecho, descreveu sintomas de

- a) peste bubônica, zoonose transmitida por ratos que assolou populações europeias e asiáticas no século XIV, propagada pelas viagens comerciais.
- b) escorbuto, deficiência em vitamina C, doença comum nas viagens ultramarinas europeias dos séculos XV e XVI, como a de Vasco da Gama em busca das Índias.
- c) malária, doença de ampla ocorrência nas viagens de exploradores para a África e Américas nos séculos XV e XVI.
- d) varíola, doença viral disseminada no Velho Mundo e trazida pelos navegantes dos séculos XV e XVI às colônias, onde dizimou populações nativas.
- e) leishmaniose, parasitose transmitida por mosquitos e contraída pelos primeiros exploradores da Amazônia e dos Andes durante o século XVI.

20. Enem PPL 2018 De acordo com o Ministério da Saúde, a cegueira noturna ou nictalopia é uma doença caracterizada pela dificuldade de se enxergar em ambientes com baixa luminosidade. Sua ocorrência pode estar relacionada a uma alteração ocular congênita ou a problemas nutricionais. Com esses sintomas, uma senhora dirigiu-se ao serviço de saúde e seu médico sugeriu a ingestão de vegetais ricos em carotenoides, como a cenoura.

Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br>.
Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Essa indicação médica deve-se ao fato de que os carotenoides são os precursores de

- a) hormônios, estimulantes da regeneração celular da retina.
- b) enzimas, utilizadas na geração de ATP pela respiração celular.
- c) vitamina A, necessária para a formação de estruturas fotorreceptoras.
- d) tocoferol, uma vitamina com função na propagação dos impulsos nervosos.
- e) vitamina C, substância antioxidante que diminui a degeneração de cones e bastonetes.

21. UFPR 2018 A falta de vitaminas pode causar doenças chamadas avitaminoses, cujos sintomas dependem do tipo de vitamina que está deficiente. Em um estudo realizado em diferentes populações humanas, foram constatados os seguintes sintomas e doenças relacionados a avitaminoses:

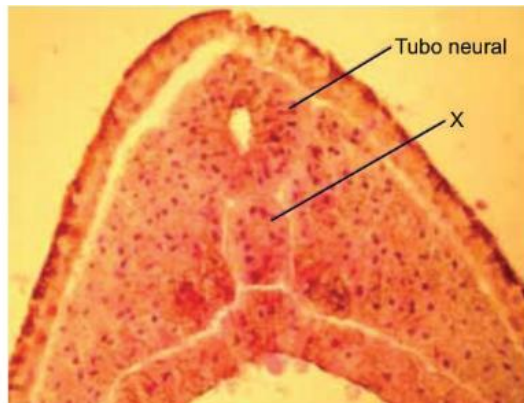
- | | |
|----------------|-----------------------|
| (1) raquitismo | (3) hemorragias |
| (2) escorbuto | (4) cegueira noturna. |

Assinale a alternativa com a dieta correta para o tratamento de cada uma das quatro avitaminoses acima identificadas.

- a) (1) cenoura, abóbora e fígado como fontes de vitamina D. – (2) frutas cítricas como fontes de vitamina C. – (3) peixe como fonte de vitamina A. – (4) vegetais com folhas verdes como fontes de vitamina K.
- b) (1) peixe, leite e gema de ovo como fontes de vitamina D. – (2) frutas cítricas como fontes de vitamina C. – (3) vegetais com folhas verdes como fonte de vitamina K. – (4) abóbora, fígado e cenoura como fontes de vitamina A.
- c) (1) peixe, leite e gema de ovo como fonte de vitamina K. – (2) frutas cítricas como fontes de vitamina A. – (3) vegetais com folhas verdes como fonte de vitamina D. – (4) cenoura, abóbora e fígado como fonte de vitamina C.
- d) (1) cenoura, abóbora e fígado como fontes de vitamina D. – (2) peixe, leite e gema de ovo como fontes de vitamina K. – (3) vegetais com folhas verdes como fonte de vitamina A. – (4) frutas cítricas como fontes de vitamina C.
- e) (1) vegetais com folhas verdes como fonte de vitamina D. – (2) cenoura, abóbora e fígado como fontes de vitamina C. – (3) frutas cítricas como fontes de vitamina K. – (4) peixe, leite e gema de ovo como fontes de vitamina A.

22. UFPR 2014 Um problema do estilo de vida nas grandes cidades é que as pessoas, cada vez menos, tomam banhos de sol. Dentre fatores que podem decorrer desse problema está o aumento da predisposição à osteoporose, que é a descalcificação dos ossos, ou o raquitismo, em crianças. Qual a vitamina, cujo precursor é ativado por luz solar, envolvida nesses processos? Qual a função dessa vitamina na prevenção das doenças mencionadas acima?

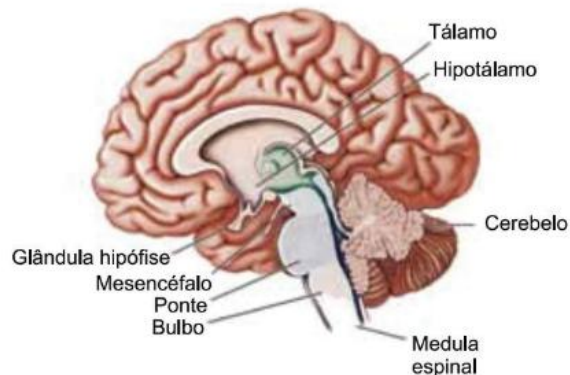
23. FCMSCSP 2021 A imagem ilustra um corte transversal do anfióxico, com destaque para a região dorsal.



(www.bio.sunyorange.edu)

- Qual é a estrutura indicada por X? Cite o folheto embrionário que origina essa estrutura.
- Sabe-se que a formação do tubo neural no ser humano depende fundamentalmente de uma vitamina. Que vitamina é essa? Cite um órgão que se origina a partir do tubo neural.

24. Unisa-SP 2017 (Adapt.) A figura ilustra alguns órgãos do sistema nervoso central humano.

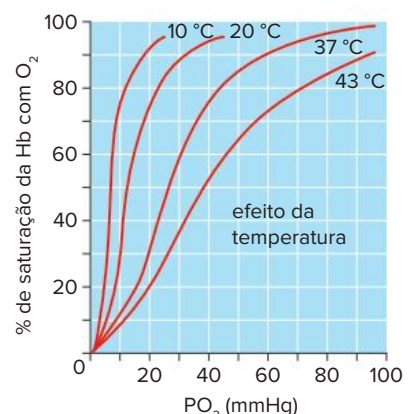


O excesso de gás carbônico no sangue desencadeia um mecanismo de controle que, com a participação de um importante órgão do sistema nervoso central (SNC), reduz a concentração desse gás. Explique esse mecanismo de controle e cite o nome do importante órgão do SNC que participa dessa autorregulação.

25. Unifesp 2017 Em uma maratona ocorrem diversas alterações no corpo do maratonista. A pressão parcial de O_2 (PO_2) nos tecidos musculares pode cair de 14 mmHg para 12 mmHg. A temperatura corporal sofre elevação no início da corrida e depois se mantém estável, com ligeiras variações. Ao longo da prova, ocorre diminuição do pH no interior das hemácias (cujos valores normais variam entre 7,35 e 7,45), embora o pH do plasma não sofra grandes variações.

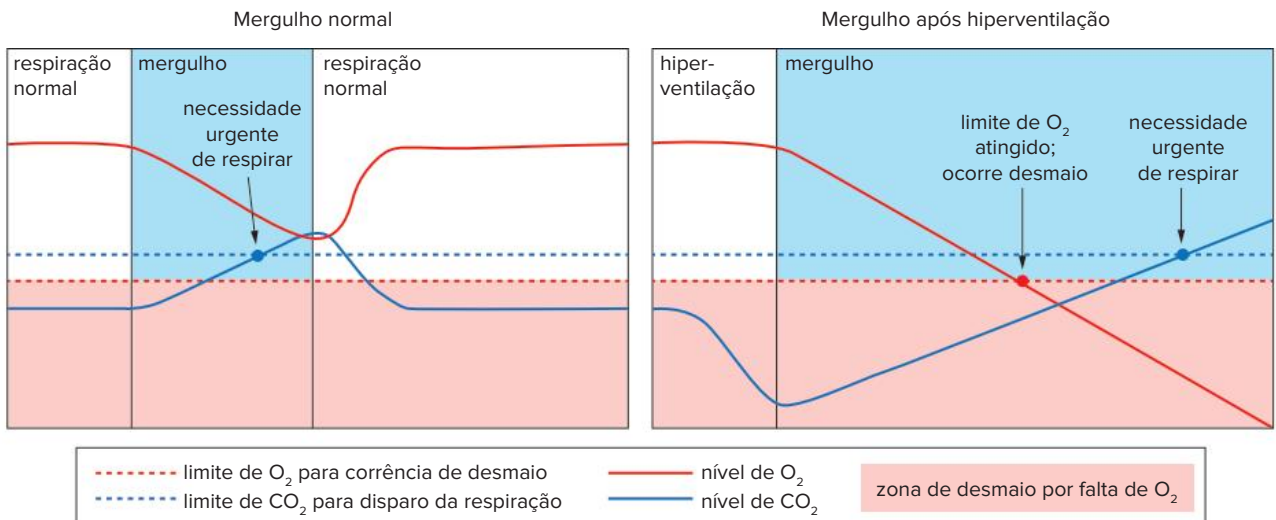
O gráfico experimental representa o efeito da temperatura corporal humana sobre a porcentagem de saturação da hemoglobina com O_2 .

- Por que ocorre elevação da temperatura corporal durante a maratona? Qual o efeito dessa elevação sobre a oferta de O_2 para os tecidos musculares?
- O que provoca a redução de pH no interior das hemácias? Por que, apesar dessa redução, o pH sanguíneo não diminui a ponto de se tornar ácido?



(Rui Curi. *Fisiologia básica*, 2009.)

- 26. Uerj 2016** Os mergulhadores de profundidade rasa, ou seja, de menos de 7 m, com o objetivo de aumentar o tempo de permanência em apneia sob a água, realizam a manobra conhecida como hiperventilação: inspirar rapidamente, várias vezes, a fim de remover da corrente sanguínea uma quantidade de CO_2 maior do que o organismo é capaz de produzir. No entanto, como a concentração de CO_2 é responsável por produzir a necessidade de respirar, essa mesma manobra pode, também, provocar desmaios sob a água, com risco de morte para o mergulhador que a pratica. Observe nos gráficos as diferentes concentrações de O_2 e CO_2 em duas situações de mergulho.

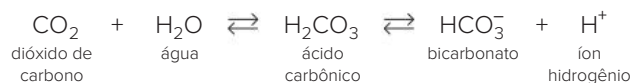


Adaptado de image.slidesharecdn.com.

Indique a principal estrutura do sistema nervoso central envolvida no controle involuntário da respiração e, também, a principal alteração do sangue detectada por essa estrutura.

Em seguida, com base nos gráficos, explique por que, ao realizarem a hiperventilação, esses mergulhadores podem sofrer desmaios.

- 27. USCS-SP 2016** Em um acidente de trabalho, um homem teve seu tórax perfurado e o ferimento permaneceu aberto até que fosse levado ao hospital. Ao chegar ao hospital, constatou-se que nenhum órgão vital fora atingido e que os músculos respiratórios respondiam aos estímulos para inspirar e expirar. Ainda assim, o ar que chegava aos pulmões era insuficiente e o homem apresentava quadro característico de asfixia.
- Quais são os músculos que participam dos movimentos que levam à ventilação pulmonar?
 - Explique por que, no acidente descrito, a perfuração no tórax comprometeu a ventilação pulmonar.
- 28. UFPR 2013** Para manter o pH sanguíneo em limites compatíveis com a sobrevivência ($7,35 < \text{pH} < 7,45$) o organismo lança mão de uma série de mecanismos de controle. Um deles é o sistema tampão do bicarbonato, representado pela equação:



Levando-se em consideração a equação apresentada, qual o efeito sobre o pH sanguíneo:

- do vômito, com perda do conteúdo estomacal?
 - da diarreia, com perda do conteúdo intestinal?
 - do aumento forçado da frequência respiratória?
- 29. UFPE 2013** A respiração é um processo de trocas gasosas que ocorre de forma característica, de acordo com o modo de vida do organismo, sempre obedecendo às leis físico-químicas que regem os gases. Quanto à respiração humana, analise o que se afirma a seguir.
- A fixação do O_2 à hemoglobina é menor em grandes altitudes.
 - Para que ocorra expiração, a pressão intrapulmonar deve ser menor que a atmosférica.
 - A difusão de CO_2 dos tecidos para o sangue é maior nos músculos do que nos pulmões, e aumenta com a atividade física.
 - A entrada de ar nos pulmões ocorre quando aumenta o volume pulmonar por contração do diafragma.
 - A expansão do tórax pela movimentação das costelas aumenta a pressão intrapulmonar e permite a expiração.

30. Cotil-SP 2019 Os problemas ambientais são mais alarmantes nos grandes centros industrializados, onde a emissão de gases dos automóveis e das fábricas polui a atmosfera e pode afetar diretamente a saúde do sistema respiratório das pessoas que lá vivem.

Para que a poluição do ar atinja os alvéolos pulmonares, é necessário que haja uma mudança de volume da caixa torácica, permitindo que o ar entre. Na entrada de ar, o volume da caixa torácica:

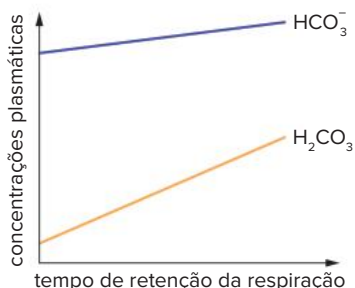
- diminui e facilita a entrada de ar.
- aumenta e facilita a entrada de ar.
- diminui e dificulta a entrada de ar.
- aumenta e dificulta a entrada de ar.

31. Uerj O CO_2 produzido pelo metabolismo dos tecidos é, em grande parte, transportado no sangue sob a forma de bicarbonato e de ácido carbônico. Em condições normais, tais compostos encontram-se na seguinte proporção:

$$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{H}_2\text{CO}_3} = \frac{20}{1}$$

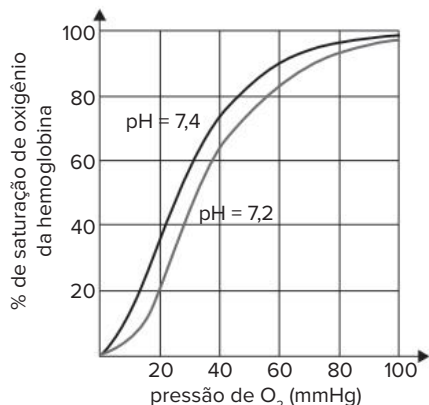
Esse sistema de transporte, cuja parte alcalina corresponde ao HCO_3^- e a parte ácida ao H_2CO_3 , constitui o principal mecanismo de manutenção do pH do sangue em 7,4.

Algumas situações, como prender a respiração por tempo prolongado, podem alterar a taxa normal desses dois compostos no plasma, conforme se observa no gráfico a seguir:



Indique a alteração observada no pH do sangue quando a respiração é suspensa por tempo prolongado. Justifique sua resposta, utilizando as informações do gráfico.

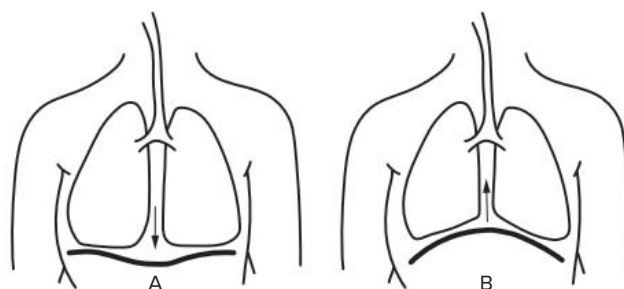
32. PUC-RJ 2017 O gráfico abaixo mostra a influência do pH na combinação do oxigênio com a hemoglobina.



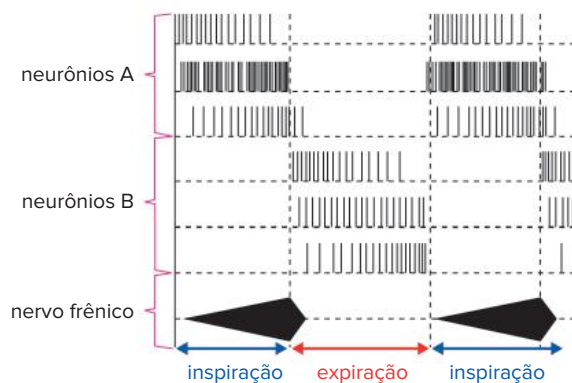
Em condições normais, o pH do sangue humano é 7,4, mas pode baixar durante exercício intenso, em função da liberação de ácido lático e de gás carbônico. Com base nessas observações, assinale a afirmativa correta.

- Durante exercício intenso, é maior a saturação da hemoglobina.
- A saturação de oxigênio na hemoglobina é maior em pH mais ácido.
- Em pH mais ácido, a hemoglobina libera mais oxigênio para as células musculares.
- Em pH mais básico, a hemoglobina libera mais oxigênio para as células musculares.
- A saturação da hemoglobina varia de acordo com o pH, mas independe da pressão de oxigênio no sangue.

33. PUC-RJ 2017 Explique, com base nas Figuras abaixo, o papel desempenhado pelo diafragma humano durante a inspiração (A) e a expiração (B) do ar.



34. FCMSCSP 2018 O gráfico mostra a atividade elétrica de dois tipos de neurônios, A e B, que emitem impulsos nervosos conduzidos pelo nervo frênico até o músculo diafragma, promovendo a inspiração ou expiração.

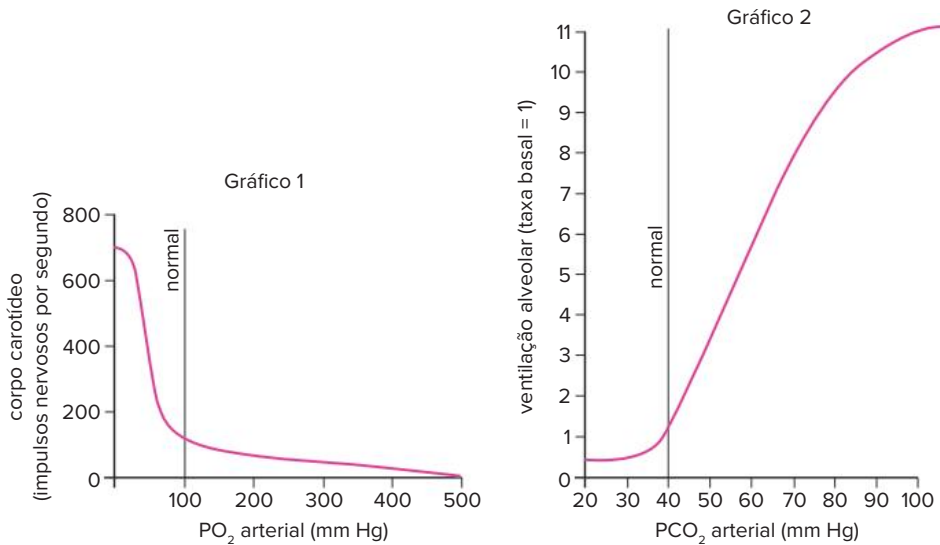


(Rui Curi e Joaquim P. A. Filho. *Fisiologia básica*, 2009. Adaptado.)

- Qual dos neurônios, A ou B, controla a contração do músculo diafragma? Durante a ação desse neurônio, o que ocorre com a pressão no interior dos pulmões?
- Como o aumento da pressão parcial de CO_2 altera o pH sanguíneo e influencia a atividade dos neurônios A e B?

35. FMJ-SP 2017 Os gráficos 1 e 2 demonstram como as pressões parciais de gás oxigênio (PO_2) e de gás carbônico (PCO_2) nas artérias influenciam processos fisiológicos importantes para o funcionamento equilibrado do sistema respiratório humano.

O gráfico 1 aborda a PO_2 em função da atividade do corpo carotídeo, um corpúsculo situado na artéria carótida, que contém células quimiorreceptoras sensíveis à presença do gás oxigênio. O gráfico 2 aborda a PCO_2 em função da ventilação alveolar. Estão indicadas nos gráficos as pressões parciais normais desses gases para uma pessoa em repouso.



(Guyton and Hall. *Textbook of medical physiology*, 2011. Adaptado.)

- Qual órgão do sistema nervoso central controla a frequência dos movimentos respiratórios? Qual o efeito sobre a frequência desses movimentos quando a pressão parcial de O_2 for de 50 mm Hg?
- Como é transportada a maior parte do CO_2 no sangue? Por que uma PCO_2 superior à normal provoca o aumento da ventilação alveolar?

BNCC em foco

EM13CNT302

- OBB 2014** Considerando-se a massiva propaganda diária veiculada na mídia com o objetivo de vender produtos à base de vitaminas e microelementos que, pretensamente, melhorariam o desempenho físico e mental, as intoxicações por essas substâncias passaram a se constituir em considerável risco para humanos. A situação pode ser considerada similar em relação aos animais, em especial, no que se refere às tentativas de se elevar a produtividade.

(Fonte: <http://www.pvb.com.br>)

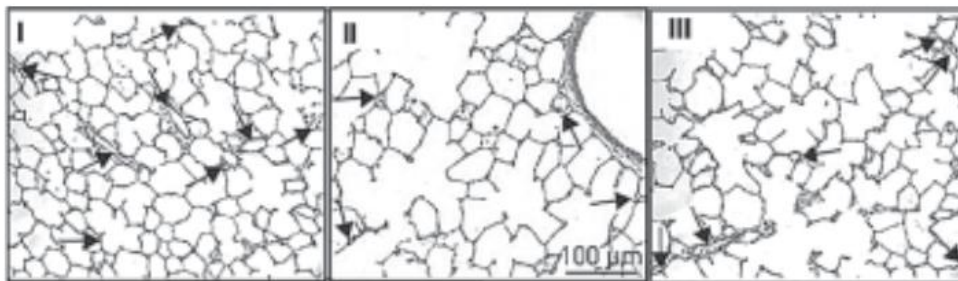
A intoxicação causada por vitaminas de que trata o texto é denominada

- perivitaminose, levando à superprodução de enzimas que têm nas vitaminas suas coenzimas.
- avitaminose, causando maior dano ao organismo as vitaminas hidrossolúveis.
- perivitaminose, estando em excesso sais minerais que acumulam vitaminas.
- hipervitaminose, sendo maior o risco no caso de vitaminas lipossolúveis.
- hipovitaminose, ocasionando problemas como escorbuto e xeroftalmia.

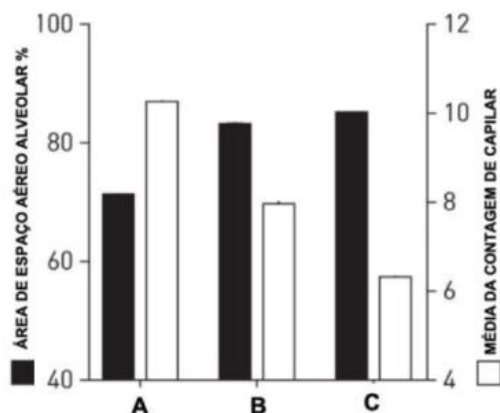
EM13CNT303

- Unicamp-SP 2020** O uso de cigarros eletrônicos é crescente entre jovens. Na composição desses cigarros encontramos propilenoglicol, glicerol, água, nicotina e flavorizantes, que são aquecidos e vaporizados para inalação. Um estudo foi desenvolvido com animais experimentais expostos a três fatores distintos: ar ambiente, nicotina e cigarro eletrônico. Constatou-se que a exposição à nicotina e ao cigarro eletrônico causa aumento da área de espaço aéreo alveolar e redução das paredes alveolares, em comparação com o grupo exposto ao ar ambiente. Adicionalmente, o grupo exposto ao cigarro eletrônico apresentou maior redução no número de capilares alveolares, mesmo quando comparado ao grupo exposto à nicotina. A conclusão indicou um prejuízo mais significativo para as trocas gasosas e perfusão de sangue pulmonar no grupo exposto ao cigarro eletrônico.

As imagens a seguir são fotomicrografias que representam, em mesma escala, os alvéolos pulmonares dos animais dos grupos estudados, mostrando o espaço aéreo alveolar; as setas representam o número de capilares alveolares.



O gráfico abaixo mostra dados quantitativos referentes à área de espaço aéreo alveolar e à contagem de capilar.



Considerando os resultados mencionados acima, assinale a alternativa que relaciona corretamente o painel da fotomicrografia e os dados gráficos do grupo exposto ao cigarro eletrônico.

- a) II-B. b) II-C. c) III-B. d) III-C.

EM13CNT104

3. O índice de qualidade do ar é uma ferramenta matemática desenvolvida para simplificar o processo de divulgação da qualidade do ar. Esse índice foi criado usando como base uma longa experiência desenvolvida nos EUA.

Os parâmetros contemplados pela estrutura do índice utilizado pela CETESB são:

- partículas inaláveis (MP_{10})
- partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$)
- fumaça (FMC)
- ozônio (O_3)
- monóxido de carbono (CO)
- dióxido de nitrogênio (NO_2)
- dióxido de enxofre (SO_2)

Para cada poluente medido, é calculado um índice, que é um valor adimensional. Dependendo do índice obtido, o ar recebe uma qualificação, que corresponde a uma classe de qualidade, além de uma cor:

Estrutura do índice de qualidade do ar							
Qualidade	Índice	MP_{10} ($\mu g/m^3$) 24h	$MP_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) 24h	O_3 ($\mu g/m^3$) 8h	CO (ppm) 8h	NO_2 ($\mu g/m^3$) 1h	SO_2 ($\mu g/m^3$) 24h
N1 – Boa	0 – 40	0 – 50	0 – 25	0 – 100	0 – 9	0 – 200	0 – 20
N2 – Moderada	41 – 80	>50 – 100	>25 – 50	>100 – 130	>9 – 11	>200 – 240	>20 – 40
N3 – Ruim	81 – 120	>100 – 150	>50 – 75	>130 – 160	>11 – 13	>240 – 320	>40 – 365
N4 – Muito Ruim	121 – 200	>150 – 250	>75 – 125	>160 – 200	>13 – 15	>320 – 1130	>365 – 800
N5 – Péssima	>200	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

*O valor em horas apresentado para cada poluente refere-se ao tempo de amostragem

Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>

Dentre os poluentes apresentados, indique aquele que afeta diretamente o transporte de gás oxigênio pelo sangue e explique o motivo pelo qual isso ocorre.

Frente 1

Capítulo 6 – Proteínas

Revisando

- São polímeros orgânicos formados pela união de vários aminoácidos.
- Estrutural: colágeno
Transporte: hemoglobina
Movimento: actina
Alimento (nutrição): albumina
Defesa: anticorpo anti-Rh
Coordenação: insulina
Ação catalítica: sacarase
- Síntese por desidratação.
- São os aminoácidos que não são produzidos pelo organismo humano e têm de ser adquiridos na alimentação.
- É a sequência de aminoácidos da proteína.
- Estrutura terciária.
- DNA – RNAm – aminoácidos.
- Aminoácidos – função.
- São proteínas com função catalítica.
- É um cofator orgânico que se liga a algumas enzimas e que viabilizam a sua função catalítica.

Exercícios propostos

- D
- B
- a) Considerando que a temperatura do corpo humano tem uma média que varia entre 36 °C e 37 °C, as bactérias que podem realizar simbiose são as correspondentes à espécie 1.
b) O intervalo seria de 45 °C a 50 °C, pois nesse intervalo pode ser encontrado um maior número de espécies de bactérias: as espécies 1, 3, 4 e 5.
c) As espécies 1, 2 e 4 não sobreviveriam. O processo bioquímico que impede a sobrevivência das bactérias é a desnaturação de suas enzimas.
- a) A curva que representa a reação na presença de uma enzima é a I. A presença da enzima diminui a energia de ativação da reação, fazendo com que sua velocidade aumente, de acordo com a quantidade de substrato até atingir sua velocidade máxima.
b) Ao atingir a velocidade máxima da reação, os sítios ativos das enzimas estão na capacidade máxima de ligação, e não há mais enzimas disponíveis para processar o excedente de substrato.
- B
- C
- A
- C
- D
- A
- A
- C
- D
- A
- C

Exercícios complementares

- D
- a) Isso acontece porque alterações no pH intracelular geram uma mudança na estrutura espacial das proteínas, processo conhecido como desnaturação, o que prejudicará suas funções.

- A modificação da estrutura das enzimas que participam do ciclo de Krebs prejudica seu funcionamento e causa consequências ao funcionamento da cadeia respiratória, o que diminui a produção de ATP.
- D
- B
- Proposta IV. O ferro é essencial para a síntese de hemoglobina – pigmento vermelho presente nas hemácias –, que realiza o transporte de oxigênio dos pulmões aos tecidos do corpo.
- D
- E

BNCC em foco

- Em temperaturas corporais muito elevadas, as enzimas, que são proteínas com funções específicas, podem sofrer desnaturação, deixando de funcionar. Nesse caso, o organismo poderá entrar em colapso. Daí a urgência em procurar ajuda profissional.
- O colágeno é a proteína estrutural mais comum no organismo, estando presente em diferentes tecidos corporais, como o tecido conjuntivo da derme e a parede de vasos sanguíneos. Por isso, quando a proteína não é sintetizada, o organismo não pode produzir novos tecidos para fechar ferimentos (cicatrização). Pelo mesmo motivo, as paredes dos vasos sanguíneos enfraquecem e se rompem mais facilmente.
- Quando a alimentação não repõe as perdas energéticas causadas pelo exercício, haverá déficit de energia corporal. Consequentemente, o corpo perde tecido adiposo. Se essa perda for muito grande, a leptina terá sua produção diminuída, baixando de concentração na corrente sanguínea, ou até mesmo deixará de ser produzida. Isso deverá levar o organismo a uma série de desajustes hormonais, que afetarão diferentes funções orgânicas, entre elas o ciclo menstrual. Ou seja, um motivo provável de as mulheres atletas não menstruarem está na perda de tecido adiposo, que, por meio da produção de leptina, influencia a produção de estrógenos ovarianos, responsáveis pela manutenção do ciclo ovariano ou menstrual.

Capítulo 7 – Ácidos nucleicos e síntese de proteínas

Revisando

- São macromoléculas constituídas por nucleotídeos. Os dois tipos são DNA e RNA.
- Ribose, que pertence ao RNA, e desoxirribose, que pertence ao DNA.
- Em células eucariontes, o DNA está presente no núcleo, no cloroplasto e nas mitocôndrias; nas células procariontes, está presente no citoplasma.
- A molécula de DNA em organismos eucariontes apresenta as extremidades livres, caracterizando um filamento contínuo, com proteínas, chamadas histonas, associadas à dupla fita de DNA, auxiliando no processo de enovelamento do filamento.

- O DNA contém o material genético hereditário, que é passado para as gerações seguintes por meio da reprodução, e é responsável por armazenar as informações de síntese enzimática, responsáveis pelo controle do metabolismo celular.
- É o processo de formação de proteínas a partir do RNAm.
- RNAm, que contém a informação transcrita do DNA; RNAt, que transporta os aminoácidos necessários para a síntese proteica; e RNAr, relacionado ao processo de tradução.
- É a tabela de correspondência entre três bases nitrogenadas e um aminoácido.
- Em quase todos os seres vivos, a correspondência entre as bases nitrogenadas e o aminoácido correspondente é a mesma.
- Porque diferentes códons correspondem ao mesmo aminoácido.

Exercícios propostos

- | | |
|------------------------|-------|
| 1. B | 15. D |
| 2. E | 16. B |
| 3. C | 17. C |
| 4. C | 18. C |
| 5. E | 19. C |
| 6. C | 20. C |
| 7. C | 21. B |
| 8. D | 22. C |
| 9. B | 23. C |
| 10. C | 24. E |
| 11. Soma: 01 + 04 = 05 | 25. C |
| 12. D | 26. D |
| 13. C | 27. B |
| 14. E | |

Exercícios complementares

- a) Segundo informações do texto, é provável que em outro lugar do universo alguma outra forma de vida obedeça a uma lógica parecida de funcionamento do DNA. Outra justificativa científica poderia ser a importância para compreender o funcionamento do DNA, das mutações, do desenvolvimento de doenças e das alterações genômicas.
b) É possível formar 512 códons ($= 8^3$).
b.1) Fita complementar de DNA: CTG PCZ TBG SAP
b.2) Sequência de bases do RNA: CUG PCZ UBG SAP
b.3) São formados quatro códons.
- D
- D
- Soma: 01 + 04 + 08 + 16 = 29
- a) Tipo de molécula: ácido ribonucleico (RNA).
Justificativa: a uridina se incorpora ao ácido ribonucleico. O RNA ribossômico é principalmente sintetizado no nucléolo, o que justifica a presença de uridina neste local.
b) Compartimento: núcleo.
Justificativa: a timidina é exclusiva do DNA, encontrado principalmente no núcleo.

6. E
 7. V; F; V; F; F
 8. a) É a correspondência entre as trinças de bases dos códons e os aminoácidos por eles codificados.
 b) Porque um único aminoácido pode ser codificado por mais de um códon.
 9. Não. O código genético é degenerado, isto é, pode haver códons diferentes para determinado aminoácido.
 10. a) Porque um modelo com códons de duas letras não contemplaria a diversidade de 20 aminoácidos existentes.
 b) Como o código genético é degenerado, mais de um códon pode determinar o mesmo aminoácido, porém cada códon sempre especifica um único tipo de aminoácido; há códons que indicam parada no processo de síntese de proteína e não correspondem a nenhum aminoácido.
 11. a) A duplicação e a replicação semiconservativa das moléculas de DNA permitem que as informações genéticas de um indivíduo sejam transmitidas aos descendentes.
 b) Sim, as mutações são responsáveis por gerar variabilidade genética entre os indivíduos descendentes, o que, ao longo de muitas gerações, leva à diversificação das espécies.
 12. D
 13. val - his - leu - thr - pro - glu - glu - lys
 14. Soma: 04 + 08 = 12
 15. a) RNA-polimerase
 b) UAC
 c) W - A - T - S - O - N - E - C - R - I - C - K
 d) A proteína não será formada, pois foi alterado o códon de iniciação.
 16. E
 17. Soma: 01 + 02 = 03
 18. V; F; V; F; V
 19. E
 20. A mudança 2, pois essa é a única que provoca troca de aminoácidos. Essa troca altera a estrutura do peptídeo, o que pode alterar sua função.
 21. C

BNCC em foco

1. C
 2. a) Síntese de proteínas.
 b) Em 1, está representada a transcrição do DNA, com a síntese de RNA. Em 2, está representado o processamento do RNA mensageiro (RNAm), ou a “edição” da molécula. Em 3, está representada a tradução do RNAm, com a síntese de uma proteína.
 3. a) O erro está na sequência do meio: no DNA normal é GAG e no DNA que sofreu mutação é GTG; ou seja, uma adenina foi substituída por uma timina.

	Hemoglobina A	Hemoglobina S
Sequência do DNA	CCT-GAG-GAG	CCT-GTG-GAG
Sequência do RNAm	GGA-CUC-CUC	GGA-CAC-CUC
Sequência do RNAt	CCU-GAG-GAG	CCU-GUG-GAG
Sequência de aminoácidos na proteína	Pro - Glu - Glu	Pro - Val - Glu

3. Glicólise (citossol), ciclo de Krebs (matriz mitocondrial) e fosforilação oxidativa (membrana interna mitocondrial).
 4. Anaeróbio. ATP, NADH e H⁺.
 5. É um aceptor intermediário de hidrogênios.
 6. Gás carbônico, NADH e H⁺.
 7. Cítrico, NADH, H⁺, FADH₂, ATP.
 8. ATP e água.
 9. É o conjunto de reações entre moléculas pequenas para sintetizar moléculas maiores.
 10. É a degradação de moléculas maiores em moléculas menores.
 11. A fotossíntese ocorre obrigatoriamente na presença de luz, enquanto a quimiossíntese não precisa de luz para acontecer.
 12. DNA pequeno e circular sem histonas.
 13. Amiloplastos, leucoplastos e cromoplastos.
 14. Etapa fotoquímica, que demanda energia luminosa e que ocorre nos tilacoides e nas lamelas, e a etapa química, que não demanda energia luminosa e que ocorre no estroma.
 15. É a formação de ATP, a partir de ADP e Pi, empregando energia luminosa.
 16. CO₂. Utiliza ATP e NADP + H⁺.
 17. Carboidrato, que não é utilizado pela fase fotoquímica, e ADP, Pi e NADP⁺, utilizados pela fase fotoquímica.
 18. É o fator que, não sendo disponibilizado em quantidade suficiente, limita a taxa de fotossíntese. Os principais fatores limitantes da fotossíntese são: CO₂, temperatura e luz.
 19. É o ponto em que a taxa de fotossíntese e de respiração celular aeróbia se equivalem.

Exercícios propostos

1. B
 2. B
 3. D
 4. C
 5. E
 6. C
 7. B
 8. D
 9. D
 10. Soma: 08
 11. A
 12. D
 13. B
 14. C
 15. C
 16. A
 17. E
 18. A
 19. E
 20. C
 21. C
 22. B
 23. C
 24. A
 25. A
 26. B
 27. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31
 28. A
 29. A
 30. D
 31. E
 32. D
 33. A
 34. D
 35. E
 36. E
 37. B
 38. A espécie cultivada em local sombreado é a B, porque plantas de sombra necessitam de menor quantidade de luz para fazer a fotossíntese, conseqüentemente apresentam um menor ponto de compensação fótico. E as altas temperaturas causaram desnaturação das enzimas, o que interferiu nas taxas de respiração e fotossíntese.

Exercícios complementares

1. Soma: 01 + 02 + 04 + 16 = 23
 2. Soma: 02 + 04 = 06
 3. Como a produção de ATP via metabolismo aeróbio é insuficiente pelas limitações no aporte de oxigênio durante o exercício de alta intensidade, a célula muscular passa a usar, principalmente, a fermentação láctica, que gera ATP de modo mais rápido e tem o lactato como produto do processo. Essa fermentação é o mecanismo pelo qual a célula muscular reoxida o NADH + H⁺, permitindo o funcionamento contínuo da glicólise em condições anaeróbias.

Capítulo 8 – Bioenergética

Revisando

1. Gás carbônico, água e ATP.
 2. Desidrogenação é a remoção de hidrogênios de uma molécula orgânica. Descarboxilação é a retirada de um grupamento carboxila, processo que gera gás carbônico. Fosforilação é acréscimo de fosfato, como ocorre na formação de ATP a partir de ADP.

4. As células musculares realizam a fermentação láctica (que libera o ácido láctico) quando não há oxigênio suficiente para suprir a demanda de ATP por meio da respiração celular. Para evitar a produção excessiva e o acúmulo desse ácido, o atleta amador poderia realizar um aquecimento muscular e treinamentos periódicos antes das competições, a fim de ativar a circulação sanguínea, facilitar o transporte de O₂ e retirar com maior eficácia as excretas produzidas.

5. D

6. B

7. a) Rotas 1 e 2, ou seja, fermentação alcoólica e láctica.

b) Organismos:

Rota 1 – fungos (fermento biológico).

Rota 2 – bactérias (lactobacilos).

Produtos:

Rota 1 – bebidas alcoólicas e pães.

Rota 2 – iogurtes e coalhadas.

8. C

9. a) Porque ocorria esgotamento do suprimento de oxigênio, necessário à respiração do animal, no interior do recipiente de vidro.

b) A fotossíntese produz o oxigênio consumido pela respiração do camundongo, e o gás carbônico produzido na respiração do camundongo é reutilizado pela planta na fotossíntese.

c) Mitocôndria: respiração celular.
Cloroplasto: fotossíntese.

10. E

11. a) Os processos bioquímicos apresentados ocorrem nos cloroplastos.

b) As quatro etapas da fotossíntese são captação de luz e armazenamento da energia proveniente dela, transporte de elétrons para a transformação da energia luminosa em energia química, produção de ATP e a fixação de carbono.

c) Os organismos autotróficos são fotossintetizantes ou quimiosintetizantes e, assim, produzem matéria orgânica para sua sobrevivência. Já os organismos heterotróficos buscam organismos vegetais e/ou animais como fonte de energia.

12. Soma: 02 + 04 = 06

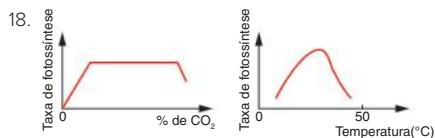
13. A disposição apresentada melhora a eficiência da fotossíntese, por aumentar a superfície total de exposição dos cloroplastos.

14. D

15. D

16. D

17. Além da clorofila *a*, as plantas possuem a clorofila *b*, cujos máximos de absorção da luz do sol ocorrem nos comprimentos de onda 450 a 500 nm e 625 a 650 nm.



19. a) A maior taxa de fotossíntese ocorreu no tubo A, pois está mais próximo da fonte luminosa. Nele, houve maior absorção de CO₂ do meio, o que tornou o meio alcalino, e o cresol mostrou a cor arroxeada.

b) No tubo B, a taxa de respiração foi maior do que a fotossíntese, levando à liberação de CO₂ para o meio. Essa liberação levou ao aumento na concentração de H₂CO₃ e deixou o meio ácido, e o cresol adquiriu a cor amarela.

20. Soma: 01 + 08 = 09

21. V; V; V; F; F

22. D

23. Soma: 01 + 04 + 16 = 21

24. A

26. C

25. B

27. B

28. a) O ciclo de Krebs é uma das fases da respiração celular aeróbica, e ocorre nas mitocôndrias.

b) NAD e FAD são aceptores e fazem o transporte de hidrogênios para a cadeia respiratória. Essas moléculas fornecerão energia para a síntese de ATP.

29. D

31. C

30. C

32. C

BNCC em foco

1. a) Trata-se da respiração celular, processo que ocorre nas mitocôndrias e que é responsável pela liberação de energia dos nutrientes e seu armazenamento em moléculas de ATP.



2. a) Trata-se do processo de fermentação alcoólica. Percebe-se o cheiro de álcool e o fato de a polpa rica em sacarose estar “desaparecendo”. Os açúcares presentes na polpa são convertidos em etanol e CO₂ pelas leveduras.

b) Nessa etapa, as bactérias realizam a fermentação láctica, que tem como produto, além da energia que a bactéria utiliza, o ácido láctico.

c) Nessa etapa, ocorre fermentação acética, evidenciada pelo cheiro de vinagre e pela forte acidez do meio. A etapa de fermentação láctica e a de fermentação acética ocorrem quase concomitantemente, por isso o ácido láctico também contribui para diminuir o pH, ou seja, para aumentar a acidez do meio.

d) Devem ser investigadas as bactérias que realizam fermentação láctica, como as *Lactobacillus* e as *Streptococcus*. O objetivo da segunda parte da questão é promover a discussão de possíveis metodologias para a seleção de bactérias mais adequadas, retomando-se assim a discussão de seleção artificial e mutações genéticas, e introduzir questões como o melhoramento genético por manipulação em laboratório.

3. As plantas desse tipo de ambiente, o que inclui muitas árvores gigantes, contêm grandes quantidades de carbono incorporado em sua matéria orgânica; e sua derrubada e, especialmente, a queima – por exemplo, para a produção de carvão vegetal ou em incêndios provocados para a transformação da floresta em novas áreas para a pecuária e a agricultura – representam um grande aumento nas emissões de carbono para o ambiente. Além disso, plantas mortas eliminam CO₂ ao sofrerem decomposição, e com menor cobertura vegetal, o sequestro de gás carbônico da atmosfera é muito reduzido.

A retirada da floresta também implica redução da cobertura vegetal, desregulando a temperatura, que tende à elevação, contribuindo, portanto, para o aquecimento. Finalmente, quando grandes áreas são utilizadas para a pecuária, nelas são criadas centenas ou até milhares de cabeças de gado, e esses animais, além de liberarem CO₂ na respiração, também eliminam metano (CH₄), outro importante gás de efeito estufa.

Capítulo 9 – Origem dos primeiros seres vivos

Revisando

1. Vapor de água, metano, amônia e gás hidrogênio.

2. Altas temperaturas, elevada quantidade de radiação ultravioleta e muitos raios, provenientes de intensas tempestades.

3. Aminoácidos.

4. Os aminoácidos teriam sido levados pelas chuvas até as regiões das rochas, que, ainda quentes, teriam propiciado reações dos aminoácidos em proteínas.

5. Compostos formados por blocos de proteínas envolvidos por uma película de água, presentes nos oceanos antigos.

6. A disponibilidade de oxigênio permitiu o surgimento da respiração aeróbica para os seres vivos, o que aumentou a eficiência energética e metabólica dos organismos, e a formação de ozônio, que permitiu o surgimento da camada de ozônio, conferindo proteção contra radiação. Isso possibilitou a exploração da vida em ambiente terrestre.

7. Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), gás nitrogênio (N₂) e vapor de água.

8. Seria um organismo fermentador com RNA como material genético.

Exercícios propostos

1. C

6. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15

2. D

7. E

3. A

8. B

4. B

9. B

5. C

Exercícios complementares

- E
- Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$
- Soma: $01 + 02 + 08 + 16 = 27$
- E 5. D 6. C
- a) Os cientistas testaram a hipótese heterotrófica, segundo a qual os gases da atmosfera primitiva poderiam formar, espontaneamente, os compostos orgânicos que originaram as primeiras formas viventes no planeta Terra.
b) Aminoácidos.
c) Os organismos autótrofos fotossintetizantes surgiram por conta de efeitos mutagênicos, o que contribuiu para o aumento da concentração de O_2 na atmosfera.
- E 9. D 10. A 11. A
- Em lo poderiam ter se desenvolvido bactérias (ou arqueas) quimioautotróficas. A energia para a síntese de matéria orgânica seria obtida a partir da oxidação de substâncias inorgânicas.
- E 14. E

BNCC em foco

- Era a teoria da abiogênese ou da geração espontânea, segundo a qual a matéria inanimada (orgânica, como a carne, ou até inorgânica, como a lama) poderia gerar espontaneamente formas vivas, como os vermes e os sapos.
- a) Conforme as evidências obtidas por Redi, os vermes surgiam de ovos que moscas colocavam na carne.
b) Pode-se dizer que sim, pois Redi usou o raciocínio lógico e, dessa forma, seguiu os principais passos do método: 1) observou um fenômeno: o aparecimento de vermes na carne; 2) formulou um problema: "como os vermes surgiram na carne?"; 3) levantou dados e elaborou uma hipótese: surgiram de ovos colocados por moscas; 4) criou um experimento para testar sua hipótese, com frascos experimentais (abertos) e frascos controle (fechados com tecido); 5) observou o resultado: só surgiram vermes nos frascos abertos; 6) chegou a uma conclusão: de fato, os vermes surgiam de ovos colocados pelas moscas.
- a) O texto está se referindo ao aumento da concentração de gás oxigênio (O_2) na atmosfera terrestre, provocado pela fotossíntese de um número cada vez maior de cianobactérias.
b) O aumento da concentração de gás oxigênio na atmosfera dizimou boa parte dos organismos anaeróbios, que, até então, eram as formas de vida predominantes na Terra. Por isso, o gás oxigênio é considerado um poluente para a atmosfera primitiva.
c) Além de causar a extinção de formas de vida anaeróbias, o aumento na concentração de gás oxigênio na atmosfera modificou totalmente o ambiente do planeta, uma vez que o oxigênio é fortemente reativo e oxida muitas substâncias. Quem sobreviveu à atmosfera rica em gás oxigênio – organismos com respiração aeróbia – acabou prevalecendo.

Capítulo 10 – Citoplasma e hipótese da endossimbiose

Revisando

- O citoplasma, em uma célula eucariótica, situa-se entre a membrana plasmática e a membrana nuclear.
- Citosol é uma massa coloidal composta fundamentalmente de água e proteínas.
- No citosol, estão imersos as organelas, as inclusões (acúmulos de materiais como proteínas ou lipídeos) e o citoesqueleto; diversos materiais que desempenham papéis relevantes no metabolismo celular estão dissolvidos no citosol (íons, açúcares, bases nitrogenadas, aminoácidos e RNA).
- Cloroplasto é uma estrutura membranosamente relacionada com a fotossíntese. Possui DNA próprio e apresenta capacidade de se reproduzir, originando novas organelas.
- Ribossomos são constituídos por proteínas e por RNA ribossômico, proveniente do nucléolo. São formados por duas subunidades, uma maior do que a outra, reunindo-se as duas apenas durante a síntese de proteínas.
- A teoria endossimbiótica é a mais aceita atualmente para explicar a origem das mitocôndrias e dos cloroplastos. Segundo essa teoria, essas organelas seriam, originalmente, seres procariontes que foram englobados por seres eucariontes e que passaram a viver em simbiose com eles.
- Proteínas e outras substâncias produzidas e armazenadas pelos retículos endoplasmáticos podem ser transportadas em vesículas, que se fundem às membranas do complexo golgiense. Ali, essas substâncias são modificadas e secretadas ou transportadas até outras organelas.
- Ambos são vesículas membranosas que contêm enzimas, mas as enzimas dos lisossomos promovem reações de digestão, e as enzimas dos peroxissomos promovem, exclusivamente, reações de oxidação.
- Microfilamentos, filamentos intermediários e microtúbulos.
- Centríolos são estruturas constituídas de microtúbulos, presentes em pares nas células animais. Eles participam da divisão celular e da formação dos flagelos nos espermatozoides humanos.

Exercícios propostos

- D 2. B
- A organela citoplasmática que sofre fragmentação é o complexo de golgiense, que produz vesículas responsáveis pela formação dos acrossomos (cabeça dos espermatozoides), o que a relaciona à reprodução humana.
- D 5. E 6. C 7. C
- Soma: $02 + 04 + 08 = 14$
- E
- Soma: $01 + 04 + 32 = 37$
- E 16. B
- B 17. B
- E 18. A
- A 19. D
- A 20. C

- V; F; F; F; V
- C 23. A 24. C 25. A
- Soma: $02 + 04 + 08 + 64 = 78$
- a) Lisossomos são organelas citoplasmáticas constituídas por uma membrana originada a partir do complexo golgiense. Contêm enzimas digestivas que foram produzidas pelos ribossomos do retículo endoplasmático rugoso.
b) Digestão intracelular heterofágica e autofágica.
c) Mitocôndrias são as organelas responsáveis pela produção de energia (ATP), por meio da respiração celular e necessária ao metabolismo da célula.
- B

Exercícios complementares

- B
- a) Ribossomos são responsáveis pela síntese das proteínas celulares.
b) Os ribossomos aderidos às membranas do retículo endoplasmático são especializados em produzir proteínas para exportação. Após a síntese, os polipeptídeos serão transferidos ao complexo golgiense. Essa organela encarrega-se de promover a eliminação dessas substâncias em grânulos de secreção.
c) Mitocôndrias e cloroplastos são organelas citoplasmáticas capazes de produzir suas próprias proteínas, já que possuem também material genético em seu interior.
- B 4. D
- a) A água oxigenada é aplicada em ferimentos visando à sua desinfecção por bactérias anaeróbias. Isso acontece porque a decomposição da água oxigenada, reação catalisada pela enzima catalase, libera oxigênio livre. Dessa forma, impede-se a proliferação de tais bactérias, como é o caso do *Clostridium tetani*, agente causador do tétano.
b) A organela é o lisossomo, que participa do processo de digestão intracelular.
- a) Os centríolos são as organelas celulares importantes por darem origem aos cílios e aos flagelos que vão produzir os movimentos celulares.
b) O homem com dificuldades na formação das proteínas pode apresentar infecções recorrentes pela malformação dos cílios da traqueia; também ocorrerá a infertilidade, pois será afetada a produção do flagelo responsável pela mobilidade do espermatozoide.
- Mitocôndrias realizam a respiração celular, ou seja, produzem a energia necessária à manutenção do metabolismo celular. O retículo endoplasmático granuloso apresenta ribossomos que são responsáveis pela síntese de proteínas.
- D 9. C 10. A
- Soma: $02 + 08 = 10$
- E 14. E
- C 15. B
- Soma: $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$
- A 18. D 19. B

BNCC em foco

- a) A estrutura 1 corresponde ao cloroplasto (são visíveis os tilacoides no interior da organela); a estrutura 2 corresponde a mitocôndrias (são visíveis as cristas mitocondriais); a estrutura 3 corresponde ao complexo golgiense (estrutura em forma de sacos empilhados); e a estrutura 4 corresponde ao núcleo celular (grande e com membrana delimitando).
 - b) A teoria endossimbiótica explica a origem das mitocôndrias e dos cloroplastos. Segundo essa teoria, essas organelas seriam, originalmente, seres procariontes que foram englobados por seres eucariontes e que passaram a viver em simbiose com eles.
- a) Trata-se de um organismo autótrofo fotossintetizante, já que apresenta cloroplasto.
 - b) Trata-se de um organismo aeróbio, já que apresenta mitocôndrias.
- O núcleo contém o DNA, a partir do qual será produzido o RNA e, depois, as proteínas necessárias ao funcionamento do cloroplasto e da mitocôndria. Essas proteínas serão empacotadas e transportadas por vesículas originadas do complexo golgiense.

Capítulo 11 – Os envoltórios celulares

Revisando

- a) Celulose.
 - b) Além de proteger as estruturas celulares, tem função esquelética, o que permite a sustentação da planta.
 - c) Celulose, suberina ou lignina.
 - d) A parede celular vegetal tem como característica ser espessa e dotada de rigidez.
- Plasmalema e membrana lipoproteica.
 - Sua composição química básica são fosfolípidos e proteínas.
 - Proteger a célula, contribuir para a manutenção da forma e controlar as trocas entre a célula e o meio externo.
 - V; F; F; V
 - Controlar o fluxo de materiais.
 - Glicocálice é uma camada formada pelos carboidratos da superfície externa de células animais. Essa estrutura protege a célula e pode promover lubrificação, diminuindo o atrito contra agentes externos.

Exercícios propostos

- Soma: $01 + 08 = 09$
 - D
 - Soma: $08 + 32 = 40$
 - a) I. Proteína
II. Bicamada fosfolipídica
III. Carboidrato
 - b) Osmose; difusão facilitada.
 - c) O glicocálice está indicado pelo número III.
- A
 - D

Exercícios complementares

- A
- A
- B
- B
- a) Os fosfolípidos e as proteínas são os dois componentes estruturais das membranas plasmáticas.
- b) O glicocálix, também conhecido como glicocálice, é a camada frouxa de moléculas de carboidratos ligadas a lipídeos ou a proteínas que se encontra na parte externa da membrana plasmática.

BNCC em foco

- a) 1. Vacúolo central; 2. Cloroplasto; 3. Parede de celulose.
 - b) Os plasmodesmos são canais citoplasmáticos que se formam através das paredes de celulose. Eles permitem a comunicação entre as células, com a troca de materiais.
 - c) Na célula vegetal jovem, forma-se uma parede inicial constituída de celulose, que é sintetizada próximo à membrana plasmática. Essa é a parede primária, que acompanha o crescimento da célula. Posteriormente, após a diferenciação celular, ocorre a deposição de mais materiais na face interna dessa parede, dando origem à parede secundária, que pode ter mais de uma camada e ser formada por suberina ou lignina, além da celulose.
- a) A estrutura indicada pelo número 1 é a membrana plasmática da célula. A estrutura indicada pelo número 2 é o vacúolo.
 - b) A organização geral da membrana da célula, conforme representação nos esquemas, pode ser descrita como uma dupla camada de moléculas de fosfolípidos, sendo que cada molécula tem uma porção polar (ou cabeça) voltada para o ambiente externo à célula ou para o ambiente interno a esta, e uma porção apolar (ou cauda), que fica voltada para o interior da dupla camada.
 - c) Está representado o processo de endocitose, que permite à célula a incorporação de partículas orgânicas usadas como nutrientes, na fagocitose, realizada, por exemplo, por seres unicelulares heterótrofos ou por células especializadas de seres pluricelulares, ou de gotículas de líquidos do meio extracelular, na pinocitose, realizada por seres unicelulares ou por diferentes células de organismos pluricelulares, por exemplo, a absorção de nutrientes líquidos pelas células do epitélio intestinal em mamíferos.
- Na imagem podem ser observadas especializações de membrana presentes, por exemplo, em tecidos epiteliais (na imagem, epitélio de revestimento do colo do útero humano): os desmossomos (em vermelho), cuja função é aumentar a aderência entre células, permitindo que suportem maiores trações, e também as interdigitações (canto superior esquerdo da imagem), que aumentam a superfície de contato entre as células, permitindo maior adesão entre elas.

Frente 2

Capítulo 6 – O ser humano e o ambiente

Revisando

- É a população que ultrapassou a capacidade limite do ambiente.
 - a) Destruição de habitats para pastagens e plantações; isso promove emprego de defensivos agrícolas, empobrecimento do solo, erosão, lixiviação e assoreamento.
 - b) Utilização de terras (moradia e indústrias), desmatamento, mineração, extração de petróleo, poluição (ar, água e solo).
- É o processo que arrasta parte do solo de uma região para outra, sendo causado pela água ou pelo vento.
 - É o carregamento de nutrientes da superfície do solo pela água. Promove o empobrecimento do solo, impedindo o estabelecimento de espécies vegetais e da fauna associada.
 - É o acúmulo de sedimentos (argila, areia ou lodo) no fundo de rios, canais ou lagos, reduzindo a profundidade e a velocidade da corrente. É causada por erosão e é acelerada por desmatamento, ocupação urbana, mineração, agricultura e pecuária.
 - É um processo que resulta na descontinuidade no ambiente de uma ou mais espécies. Suas consequências são a perda de condições para a sobrevivência de muitas espécies e a interrupção do fluxo de genes entre os grupos que ficaram isolados.
 - Espécies exóticas ocupam nichos ecológicos disponíveis em seu novo meio; sua introdução pode causar a extinção de espécies nativas, ao estabelecer relações de predação, parasitismo ou competição com as mesmas, tornando-se, assim, espécies invasoras.
 - A superexploração pode se dar por meio da caça, como é o caso dos rinocerontes em Sumatra e Java, ou da pesca, como é o caso da sardinha no Brasil.
 - É a contaminação da água, do ar ou do solo com materiais ou energia em quantidade suficiente para causar desequilíbrio local.
 - São poluentes gerados diretamente por uma fonte produtora. São poluentes primários o dióxido de enxofre (SO_2) e o dióxido de nitrogênio (NO_2).
 - São poluentes formados a partir de poluentes primários, como o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3).
 - Porque no inverno o ar é mais frio, tornando-se mais denso e ocupando as camadas mais próximas ao solo, o que impede a formação de uma corrente de ar ascendente. Essa camada de ar frio retém muitas partículas sólidas, o que dificulta a penetração de luz e o aquecimento do solo; acima dessa camada com muitos poluentes, há uma camada de ar quente. Nessas condições, não ocorre circulação vertical do ar nem dissipação de poluentes.
 - Óxidos de nitrogênio e CFCs.
 - É a retenção de energia térmica pela atmosfera, causada por CO_2 , CH_4 , vapor d'água, CFCs e óxidos de nitrogênio.

15. Porque as árvores sequestram CO_2 da atmosfera, diminuindo o efeito estufa.
16. É o fornecimento em excesso de nutrientes para um ambiente aquático, causando a proliferação massiva de fitoplâncton, o que resulta na diminuição drástica do nível de oxigênio da água e consequente morte da flora e fauna ali presentes.
17. É o crescimento rápido e exagerado de microrganismos que compõem o fitoplâncton de um corpo de água.
18. Demanda bioquímica de oxigênio.
19. Porque ele forma uma película sobre a água que prejudica a captação de luz pelo fitoplâncton.
20. É a utilização de bactérias para degradar algum poluente, como o petróleo.
21. É a passagem e o acúmulo de substâncias não biodegradáveis ao longo de uma cadeia alimentar.
22. Filtros de ar, conversores catalíticos e fontes alternativas de energia.
23. A técnica de hidroponia, o tratamento de esgoto e do lixo, a utilização de adubos orgânicos e a rotação de culturas.
24. É a utilização dos recursos naturais de forma a permitir o bem-estar da população atual sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras, preservando as espécies e os recursos naturais.
25. É a área de território, expressa em hectares, utilizada para atender às necessidades de manutenção de determinados estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo.

Exercícios propostos

- | | |
|-------|--------------------------|
| 1. E | 21. A |
| 2. B | 22. D |
| 3. E | 23. A |
| 4. D | 24. C |
| 5. B | 25. E |
| 6. A | 26. E |
| 7. C | 27. C |
| 8. C | 28. C |
| 9. D | 29. C |
| 10. D | 30. A |
| 11. E | 31. D |
| 12. A | 32. Soma: $08 + 16 = 24$ |
| 13. E | 33. B |
| 14. C | 34. D |
| 15. A | 35. A |
| 16. A | 36. D |
| 17. B | 37. E |
| 18. B | 38. D |
| 19. B | 39. B |
| 20. A | 40. C |

Exercícios complementares

- | | | |
|------|------|------|
| 1. B | 4. D | 7. E |
| 2. A | 5. A | 8. A |
| 3. A | 6. C | 9. B |
10. A introdução de espécies exóticas invasoras pode resultar na perda de biodiversidade por competição, predação ou parasitismo das espécies nativas. Entre os fatores bióticos que contribuem para o sucesso de uma espécie invasora,

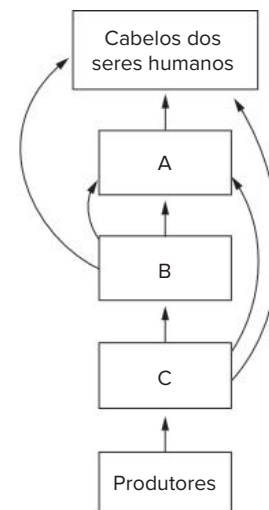
destaca-se a ausência de predadores, parasitas ou patógenos da espécie introduzida. Além disso, organismos invasores podem ser mais resistentes ou apresentarem taxa de reprodução mais elevada que as espécies locais.

11. C
12. a) Magnificação trófica.
b) Após a contaminação da água pelo mercúrio, haverá a absorção do contaminante pelos produtores (plantas, algas). Em seguida, os consumidores (peixes), ao se alimentarem dos produtores, serão contaminados pelo mercúrio. E, posteriormente, ocorrerá a contaminação do ser humano (Yanomami), que se alimenta dos consumidores.
c) Sim. Assim como o mercúrio, o DDT é um elemento não biodegradável que é incorporado pelos autotróficos e passa para os consumidores, tendendo a apresentar maior concentração nos níveis tróficos superiores.
13. V; V; F; V; V
14. a) B, a alteração observada impede a dispersão dos poluentes.
b) Inversão térmica. A alteração da qualidade do ar pode gerar grandes problemas, por exemplo, o aumento da incidência de doenças respiratórias devido ao aumento de poluentes no ar.
15. a) Chuva ácida, devido ao aumento de gases, que vão provocar a diminuição do pH da água, e destruição da camada de ozônio, o que facilita a penetração da radiação ultravioleta.
b) A relação ecológica é o parasitismo. Respiração cutânea.
16. a) As plantas, por meio do processo de fotossíntese, captam o CO_2 da atmosfera, promovendo a redução desse gás, que é um dos principais contribuintes para o efeito estufa.
b) Vantagem das queimadas naturais: podem contribuir para a reciclagem de minerais do solo ou favorecer o florescimento de espécies de plantas adaptadas ao fogo. Desvantagem das queimadas não naturais: podem provocar extinção da microbiota, empobrecimento do solo, entre outras consequências, desencadeando processos erosivos.
c) Ação na atmosfera: destruição da camada de ozônio. Importância da redução para os seres vivos: manutenção da camada de ozônio que protege os seres vivos dos efeitos nocivos de raios ultravioletas provenientes do Sol, como câncer de pele e catarata.
17. a) Para o gráfico 1: a queima de combustíveis fósseis/as queimadas de florestas. Para o gráfico 2: o derretimento das calotas polares.
b) O aumento do CO_2 na atmosfera aumenta a temperatura do ambiente (aquecimento global), causando derretimento do gelo polar.
18. O metano, que é produzido pela atividade de microrganismos do tubo digestório do gado.

19. O fitoplâncton, representado pelas algas, produz a matéria orgânica e o oxigênio necessários à manutenção de vidas no planeta. O zooplâncton integra cadeias alimentares de ambientes aquáticos e serve de alimento a diversos outros organismos.

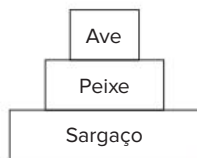
20. Na situação A, devido ao fenômeno da eutrofização, há uma proliferação generalizada de microrganismos, levando a um decréscimo na entrada de luz na água e na disponibilidade de oxigênio. Esse fato leva à proliferação de microrganismos anaeróbios, tendo como consequência a morte dos organismos aeróbios.
Na situação B, a menor concentração da matéria orgânica aumenta a incidência da luz, favorecendo a fotossíntese e aumentando, assim, o nível de oxigênio.

21. a) A combustão incompleta dos combustíveis, sobretudo os de origem fóssil, libera monóxido de carbono (CO) no ambiente. Sendo assim, a menor circulação de veículos no período analisado resultou em redução da concentração de CO na atmosfera. O etanol é uma fonte renovável de energia e menos poluente que os combustíveis de origem fóssil. Portanto, o estímulo ao uso de etanol promovido pelo Proálcool resulta em benefícios ambientais.
b) O dióxido de nitrogênio (NO_2) reage com a água (H_2O), formando ácidos, a exemplo do ácido nítrico (HNO_3), que leva à redução do pH da água da chuva. A precipitação ácida reduz o pH da água nos ecossistemas aquáticos afetando a atividade enzimática dos seres vivos. Dessa forma, a fotossíntese realizada pelos representantes do nível trófico dos produtores é prejudicada. Ao afetar a taxa fotossintética dos produtores, a chuva ácida prejudica as cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos como um todo.
22. a) Observe esquema a seguir.



- b) Sim. A mandioca é rica em açúcares e pobre em proteínas. O peixe é rico em proteínas. A eliminação dos peixes da dieta levaria à desnutrição proteica da população humana.
23. a) A concentração de oxigênio diminui porque as manchas de petróleo impedem que a luz do Sol penetre na água; portanto, os organismos clorofilados marinhos não realizam fotossíntese.

- b) Os poluentes marinhos podem ser tóxicos às aves; as aves podem não conseguir voar, pois ficam com as penas encharcadas de petróleo ao mergulharem no mar; pela diminuição da disponibilidade de alimentos de origem marinha.
24. Soma: $01 + 04 + 08 + 16 = 29$
25. a) Problemas neurológicos devido ao mercúrio presente nos peixes contaminados.
- b) Intoxicação/envenenamento e morte dos animais.
- c) A liberação dos efluentes gerados pela área III levará ao processo de eutrofização no rio. Uma possível solução é o tratamento do esgoto e a despoluição da água do rio.
- d) Assoreamento.
26. Soma: $01 + 02 + 08 = 11$
27. a) Por serem herbívoras, as espécies I e II são as primeiras a apresentar os compostos organoclorados em seus tecidos. É o caso da cigarrinha e do gafanhoto.
- b) Inseticidas organoclorados, como o DDT, não são biodegradáveis e, por esse motivo, acumulam-se ao longo das cadeias e das teias alimentares. As curvas V e VI podem corresponder, entre outros, aos lagartos e às cobras.
28. a) A rarefação da camada de ozônio resulta na maior incidência de radiação ultravioleta na superfície do planeta. Entre as consequências, podem ser citadas: mutações e formação de células cancerígenas; produção de radicais livres e envelhecimento precoce; morte de organismos planctônicos; lesões em tecidos e queimaduras; supressão no sistema imune.
- b) Os primeiros sinais de recuperação da camada de ozônio podem ser atribuídos à substituição dos CFCs por outros gases com efeitos menos prejudiciais.
29. O despejo de esgoto resulta no excesso de nutrientes na água. Isso possibilita a reprodução excessiva de microalgas na superfície, que bloqueiam a entrada de luz e provocam a morte de algas nas camadas mais profundas da coluna d'água. Com a queda na fotossíntese e a atuação dos decompositores aeróbicos, há a redução na concentração de oxigênio dissolvido na água. Com isso, os vertebrados (aeróbicos) morrem, diminuindo, assim, o tamanho das populações desses animais. Na ausência de oxigênio, os microrganismos anaeróbicos se multiplicam e realizam a decomposição da matéria orgânica morta. Portanto, haverá o aumento no tamanho das populações destes organismos.
30. B
31. C
32. D
33. V; V; V; V; V
34. A
35. E
36. V; F; F; V; F
37. O fenômeno que provoca a formação das ilhas de sargaço é chamado eutrofização e é caracterizado pelo excesso de nutrientes na água. A pirâmide ecológica de biomassa que representa a cadeia alimentar sargaço → peixe → ave é:



BNCC em foco

1. a) O excesso de matéria orgânica (eutrofização) provoca a rápida multiplicação do fitoplâncton (floração de algas), o que aumenta a turbidez da água, diminuindo a passagem de luz e levando à redução da taxa fotossintética e à diminuição na produção de O_2 . Por isso, nas camadas mais superficiais do rio, os organismos acabam morrendo por falta de O_2 , aumentando a disponibilidade de matéria orgânica, o que leva ao aumento das populações de bactérias decompositoras aeróbicas, que consomem o O_2 disponível. Isso causa a morte de outros organismos aeróbicos, como os peixes e outros animais, acrescentando ainda mais matéria orgânica à água, o que leva à proliferação das

bactérias decompositoras anaeróbicas, que liberam na água resíduos como o gás sulfídrico, H_2S , substância que, além do odor desagradável, ao reagir com a água, dá origem ao ácido sulfídrico, o que torna a água imprópria para consumo.

- b) O objetivo da questão é propor a discussão sobre a poluição de rios, problema frequente e que atinge diversos locais. Um projeto de despoluição do rio, acompanhado da instalação de redes de coleta e de estações de tratamento de esgotos, requer investimento público, assim como cobrança da população por resultados.
2. a) Esse fenômeno se caracteriza pelo acúmulo progressivo de uma substância ao longo de uma cadeia alimentar. Em geral, são substâncias tóxicas introduzidas no ambiente por seres humanos, como certos inseticidas ou metais pesados (chumbo e mercúrio, por exemplo), não são degradadas pelos organismos e se acumulam nos tecidos corporais. Assim, quando um organismo ingere a substância, ela permanece em seu corpo e passa para o corpo de um eventual predador, aumentando de concentração ao longo dos níveis tróficos da cadeia. Os microplásticos, por não serem digeridos pelos organismos, também podem sofrer bioacumulação e biomagnificação trófica, ao passar de organismos de um nível trófico para nível trófico superior.
- Observação: os problemas causados pelos microplásticos ainda não são bem conhecidos, pois esses estudos são recentes. Além do acúmulo das partículas em organismos, sabe-se que esses materiais também têm em sua composição substâncias químicas tóxicas, como os ftalatos e o bisfenol A, que são cancerígenos.
- b) Diversos animais de grande porte, como golfinhos, tartarugas, aves e baleias, são afetados quando ingerem esses plásticos, que confundem com suas presas ou que acabam sendo ingeridos ao se alimentarem. Também podem acontecer acidentes em que os animais ficam presos aos objetos plásticos (por exemplo, redes de pesca de nylon) e morrem asfixiados.
- c) Uma forma pela qual os microplásticos podem afetar os seres humanos ocorre por meio da biomagnificação trófica, já que peixes e outros frutos-do-mar fazem parte da alimentação humana e podem conter substâncias acumuladas ao longo da cadeia alimentar. Exemplo de caminho percorrido pelo microplástico ao longo de uma cadeia alimentar: Microplástico → Zooplâncton → Peixe carnívoro → Peixe carnívoro maior → Ser humano.
3. a) A causa do derretimento de geleiras é o aquecimento global, já evidenciado por diferentes estudos, realizados por várias instituições do mundo.

Observação: o que pode ser discutido nesta questão é a causa do aquecimento global, ainda que existam fortes evidências de que a principal causa é o aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Uma possibilidade é discutir as causas desse problema, fortemente relacionado ao aumento do consumo e da produção industrial, ao uso crescente de combustíveis fósseis, ao desenvolvimento cada vez maior da pecuária (emissões de gás metano pelo gado) e à derrubada de florestas. Há também causas naturais, como os gases emitidos pela erupção de vulcões, e outras que resultam de ações humanas, como o derretimento do solo congelado (permafrost), com emissão de gás metano.

- b) O fato de o gelo flutuante derreter não modifica seu volume, que já faz parte do volume total de água oceânica. O que faz diferença é o derretimento do gelo que está sobre ilhas e continentes, pois, ao derreter, a água escorre para o mar e, se o volume da geleira for muito grande, o volume de água acrescentado ao mar também será grande, podendo elevar o nível do mar.
- c) Porque, na década de 1970, descobriu-se que esses gases sobem para as altas camadas da atmosfera (estratosfera), onde liberam cloro (Cl), que reage com as moléculas de gás ozônio (O_3), destruindo-as. Até que se descobrisse essa ação dos CFCs e que fossem substituídos, a ação desses gases provocou uma diminuição na espessura da camada de ozônio, conhecida como "buraco na camada de ozônio", permitindo a passagem de um excesso de radiações ultravioletas do Sol, que são prejudiciais à vida.

Observação: desde a proibição do uso de CFCs, por um acordo internacional, a camada de ozônio vem se recuperando gradativamente.

Capítulo 7 – Procariontes: bactérias e arqueas

Revisando

1. Archaea, Bactéria e Eukarya.
2. Água salgada, água doce, solo, interior de hospedeiros e no ar.
3. Peptidoglicano. Micoplasmas.
4. São invaginações da membrana, relacionadas à respiração celular.
5. O DNA pode ser encontrado como cromatina ou plasmídeo (molécula circular). O DNA bacteriano não está associado a histonas.
6. As bactérias heterótrofas liberam enzimas digestivas no ambiente, realizando digestão extracorpórea.
7. Alguns exemplos são comensalismo, mutualismo e amensalismo.
8. Fotossíntese e quimiossíntese.
9. Esses processos metabólicos caracterizam-se pela degradação da molécula de glicose. A respiração aeróbia tem o gás oxigênio como aceptor final de elétrons e produz uma quantidade maior de energia que a respiração anaeróbia, que utiliza outro elemento (diferente do oxigênio) como aceptor final de elétrons. Já a fermentação (processo aeróbio) degrada parcialmente a molécula de glicose e gera produto orgânico (como etanol, ácido láctico, metano, ácido acético); o saldo energético da fermentação é o menor entre esses três processos.
10. Bipartição, que só gera variabilidade quando ocorrem mutações.
11. O esporo é uma forma de resistência que permite a sobrevivência em condições ambientais adversas.
12. Importância industrial: as bactérias estão envolvidas na produção de medicamentos, como antibióticos, e de alimentos e bebidas, como vinhos e derivados de leite; e na engenharia genética, como na produção de moléculas de interesse humano. Importância ecológica: elas atuam como decompositoras, produtoras e participam do ciclo do nitrogênio, por exemplo.
13. Gotículas eliminadas no ar por pessoa contaminada, ingestão de água ou alimentos contaminados, contato sexual (IST), picada de animais ou ferimentos.
14. Arqueas não possuem peptidoglicano em sua parede celular.

Exercícios propostos

1. D
2. C
3. E
4. B
5. Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$
6. A
7. D
8. D
9. Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$
10. A
11. E
12. E

Exercícios complementares

1. D
2. E
3. B
4. Soma: $02 + 04 + 08 = 14$
5. E

6. Soma: $02 + 32 = 34$
7. E
8. A água das enchentes espalha a urina do rato contaminada com a bactéria causadora da leptospirose, aumentando o risco de contágio e, conseqüentemente, o número de casos da doença.
9. C
10. Sífilis – é causada pela bactéria *Treponema pallidum* e transmitida por contato sexual, transfusões sanguíneas e via placentária da mãe para o filho.
Cólera – ocorre pela ingestão de água e alimentos contaminados com fezes humanas de doentes ou portadores da bactéria *Vibrio cholerae*.
11. E
12. E
13. E
14. C
15. B
16. A
17. D
18. D
19. C
20. A
21. C
22. B
23. B
24. D
25. a) Bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, ou bacilo de Koch.
b) Transmissão direta de pessoa a pessoa por meio de secreções contaminadas pelo bacilo, produzidas nas vias respiratórias do doente.
c) O uso indiscriminado de antibióticos seleciona as variedades de bactérias resistentes aos medicamentos.
26. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$
27. Soma: $02 + 08 + 16 = 26$
28. a) O *Vibrio cholerae* é uma bactéria, organismo unicelular e procaríota, pertencente ao Reino Monera.
b) Lavar bem os alimentos ingeridos crus, beber água tratada e ter acesso a instalações sanitárias e saneamento básico são medidas adequadas para evitar as doenças diarreicas de veiculação hídrica.
29. B
30. B
31. D
32. C
33. a) Trata-se da bactéria *Treponema pallidum*, causadora da sífilis.
b) A bactéria atravessa a barreira placentária e alcança o feto, provocando a infecção e, conseqüentemente, lesões no sistema nervoso central.
34. Soma: $02 + 08 = 10$
35. B

BNCC em foco

1. a) São sintomas da tuberculose, infecção causada por uma bactéria (*Mycobacterium tuberculosis*).
b) A tuberculose é transmitida pelo contato com as secreções nasais do doente, com gotículas de saliva eliminadas com a fala ou outras secreções eliminadas com a tosse.
É possível evitar a transmissão da bactéria entre pessoas mantendo-se uma distância segura entre elas ou, se forem necessários a proximidade e o contato, usando máscara de proteção de nariz e boca e adotando medidas básicas de higiene, como lavar as mãos cuidadosamente com água e sabão ou usar antissépticos para higienizar as mãos.

A tuberculose pode ser prevenida por meio da aplicação da vacina BCG (*Bacillus Calmette-Guérin*), que é oferecida gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e deve ser dada às crianças ao nascer, ou, no máximo, até os 4 anos, 11 meses e 29 dias de idade.

- c) Porque, quando ele deixa de tomar os antibióticos, podem ser selecionadas cepas de bactérias resistentes (mutantes) a um ou mais de um dos medicamentos utilizados, que passam a se multiplicar. Assim, os medicamentos deixam de ser eficientes, diminuindo as possibilidades de cura.
 - d) Uma vez que a tuberculose pode ser prevenida com a vacina BCG, e que a vacina deve ser aplicada nas crianças no nascimento, ou no máximo até um dia antes de completarem cinco anos, a hipótese mais provável é que as crianças não estejam sendo vacinadas.
2. a) Trata-se de arqueas, grupo que inclui os extremófilos, organismos que podem viver em ambientes de condições extremas, por exemplo, ambientes muito salinos, muito ácidos, muito frios ou muito quentes. São procariontes, isto é, em sua célula o material genético não está isolado por uma membrana, mas mergulhado diretamente no citoplasma, e também não possuem organelas delimitadas por membranas. Apresentam parede celular externa à membrana plasmática, mas em arqueas essa parede celular não contém peptidoglicano, diferentemente da parede celular de bactérias.
b) Porque eles estão adaptados à vida em ambientes extremos, como seria em Marte (se comparado ao ambiente predominante na Terra), planeta cuja atmosfera é constituída predominantemente de gás carbônico (CO_2), que poderia ser usado pelos organismos metanogênicos em seu metabolismo.
 3. a) Trata-se de uma bactéria, pois sua parede celular contém peptidoglicano e, apesar de apresentar pigmentos fotossintéticos, estes não estão em cloroplastos, mas em tilacoides. A presença do pigmento ficocianina indica tratar-se de uma cianobactéria.
b) Trata-se de microrganismo autotrófico fotossintetizante, ou seja, microrganismo que produz matéria orgânica (glicose) usando gás carbônico e energia da luz, como indica a presença de pigmentos que captam a energia luminosa (clorofila e ficocianina).
c) A foto mostra uma cianobactéria, microrganismo fotossintetizante e aeróbio, cujos ancestrais teriam contribuído para aumentar a concentração de gás oxigênio na atmosfera terrestre, provocando a extinção de primitivas formas anaeróbias e tornando o ambiente propício para o desenvolvimento de novas formas de vida. Além disso, parte do gás oxigênio produzido formou a camada de ozônio, que protege a Terra do excesso de radiação ultravioleta, permitindo que formas de vida ocupassem o ambiente terrestre.

Capítulo 8 – Vírus

Revisando

1. Significa que os vírus só têm atividade metabólica quando infectam uma célula hospedeira.
2. Reprodução, mutação, material genético e evolução.
3. É uma unidade viral completa, que pode conter nucleocapsídeo, cauda e fibras da cauda.
4. É um conjunto constituído pelo capsídeo proteico e material genético.
5. Lipídeos e glicoproteínas.
6. Ela pode ocorrer de três modos principais: injeção de ácido nucleico, fusão e endocitose.
7. Ar (por meio de gotículas), lesões e contato com sangue contaminado, ingestão de alimentos contaminados, animais infectados.
8. Lítico e lisogênico. No princípio, o ciclo lisogênico não gera ruptura da célula, mas ela pode ocorrer após certo tempo.
9. É a estrutura formada pelo DNA do vírus e pelo DNA da célula hospedeira.
10. O HIV possui RNA como material genético e tem as enzimas integrase e transcriptase reversa.
11. Por fazer o processo de transcrição reversa.
12. RNA; ele não forma outro tipo de ácido nucleico (DNA) ao longo de seu ciclo.
13. O material genético desses vírus é o RNA.
14. Já há vacina para a febre amarela, mas não para a dengue, zika vírus e chikungunya.
15. A prevenção dessas doenças envolve o combate aos mosquitos adultos, o uso de repelentes e o cuidado para evitar acúmulos de água.

Exercícios propostos

1. E
2. D
3. C
4. C
5. D
6. C
7. A
8. B
9. A
10. C
11. A
12. V; F; F; V; V
13. D
14. C
15. C
16. B
17. a) Os linfócitos T são infectados pelos vírus e destruídos após os primeiros anos da doença.
b) Grande parte dos vírus é destruída pela produção e pela atuação de linfócitos e outras células de defesa, ainda em grande número durante o primeiro ano de desenvolvimento da doença.
18. C

Exercícios complementares

1. B
2. B
3. E
4. D
5. D
6. E
7. E
8. Relações sexuais, transfusões sanguíneas, compartilhamento de seringas e instrumentos cirúrgicos não esterilizados e via placentária da mãe para o filho.
9. A
10. a) Os vírus são acelulares, diferentemente dos demais organismos vivos. Sua estrutura é simples, sendo formados por uma cápsula de proteína (capsídeo) que envolve uma ou mais moléculas de ácidos nucleicos. Alguns vírus podem apresentar também um envelope lipoproteico externo ao nucleocapsídeo.
b) De modo geral, os vírus de RNA utilizam o maquinário celular para a formação de cópias de material genético viral e síntese de proteínas que vão compor os novos capsídeos. Alguns vírus

de RNA, como é o caso do HIV, realizam um processo específico conhecido como transcrição reversa.

- c) Os vírus não são considerados seres vivos por parte da comunidade científica pelo fato de não apresentarem organização celular, não possuírem metabolismo próprio e dependerem obrigatoriamente de uma célula para replicar seu material genético.
11. A
12. E
13. Soma: $01 + 16 = 17$
14. B
15. C
16. A
17. B
18. D
19. B
20. B
21. C
22. D
23. B
24. Soma: $01 + 04 = 05$
25. a) O vírus pode penetrar na célula por meio de endocitose ou da fusão do envelope viral com a membrana plasmática. Após a penetração do nucleocapsídeo viral, ocorre o processo de transcrição reversa, com formação de DNA a partir do RNA viral. O DNA viral formado é integrado ao DNA da célula, e, após isso, haverá a produção de novos RNAs virais e proteínas que serão usadas na montagem de novos vírus.
b) A aids é uma virose causada pelo retrovírus HIV. A transmissão pode ocorrer por meio de relações sexuais sem proteção, transfusão com sangue contaminado, da mãe para o filho durante a gestação ou no parto, bem como por meio do compartilhamento de objetos perfurocortantes contaminados.
26. E
27. a) O mosquito *Aedes aegypti* é o transmissor da dengue, da febre amarela, da chikungunya e do zika vírus.
b) As substâncias liberadas pela queima da vela de andiroba são capazes de diminuir o apetite das fêmeas dos mosquitos. Dessa forma, os pernilongos atacarão com menor voracidade o ser humano. Assim, a produção dos ovos desses mosquitos, que depende do sangue ingerido pelos animais, será menor, e haverá diminuição da densidade populacional desses vetores. Portanto, conseqüentemente, diminuirá a proliferação das doenças por eles veiculadas.
28. Os inibidores de proteases impedem que essas enzimas clivem a poliproteína que dará origem a várias enzimas e proteínas importantes para a síntese de novas partículas virais.
29. a) Sintetiza DNA a partir de RNA.
b) Incorporação do DNA produzido pelo vírus ao genoma da célula hospedeira.
30. E
31. A principal razão para o monitoramento das populações de macacos é que a morte de primatas indica a presença e a proximidade do vírus da febre amarela na região, alertando para a necessidade de serem adotadas medidas preventivas. A ocorrência frequente dessa doença em regiões tropicais se deve às condições ambientais, uma vez que ambientes quentes e úmidos favorecem a proliferação do mosquito transmissor da doença.
32. a) O câncer de colo de útero, pois sua incidência é maior entre as mulheres de países pobres.
b) O método de prevenção é o uso do preservativo (“camisinha”).
33. A
34. B
35. B
36. a) A informação correta apresentada pelo Grupo 1 refere-se ao fato de que a transmissão da febre amarela em áreas urbanas é feita pelo mesmo vetor de outras doenças. O agente transmissor em questão é a fêmea contaminada do mosquito *Aedes aegypti*, que também pode atuar na transmissão da dengue, por exemplo.
b) A informação errada apresentada pelo Grupo 2 refere-se ao argumento de que a forma silvestre da febre amarela é associada a ambientes abertos e secos. A forma silvestre dessa doença deve ser associada a ambientes de mata tropical fechada e úmida, uma vez que os vetores *Haemagogus* e *Sabethes* são encontrados preferencialmente nesses locais.

BNCC em foco

- a) Os vírus são organismos acelulares e, portanto, não têm metabolismo próprio. Essas características dão suporte à ideia de que eles não são seres vivos. Porém, os vírus são capazes de se reproduzir, apresentam material genético, sofrem mutações e evoluem. Essas características dão suporte à ideia de que eles são seres vivos.
 - b) Com o avanço tecnológico dos últimos cem anos, foi possível descobrir cada vez mais organismos, o que foi dificultando a definição de vida.
2. D
- a) Os coronavírus, como o SARS-Cov-2, podem ser transmitidos entre pessoas por meio de gotículas de saliva expelidas com espirros, tosse ou simplesmente ao falar. De modo geral, a máscara impede a transmissão do vírus por meio dessas gotículas. As aglomerações podem potencializar a transmissão do vírus entre as pessoas, por isso proibi-las durante a pandemia foi uma medida importante para a contenção da doença.
 - b) Vírus são parasitas celulares obrigatórios: uma vez que eles não têm metabolismo próprio, só conseguem se reproduzir se invadirem células e se utilizarem dos componentes celulares para produzir cópias de si mesmos. Eles estão programados por seu material genético a invadir determinadas células, e não outras; por isso, cada tipo de vírus infecta determinados organismos ou determinadas células de certos organismos.
 - c) Modificações no material genético – por exemplo, mutações e/ou recombinações, como a união do material genético de um vírus ao material genético de outro vírus ou outros organismos (formação de quimera) – seguidas de seleção natural daqueles que adquiriram características vantajosas, seja na invasão da célula hospedeira, seja na replicação no interior dela.

Capítulo 9 – Fungos e algas

Revisando

- São exemplos de fungos: cogumelo, bolor, orelha-de-pau, leveduras (o fermento biológico) e organismos causadores de micoses (pé de atleta).
- Fungos são eucariontes, uni ou pluricelulares e aclorofilados.
- Os fungos apresentam uma parede celular constituída de quitina e possuem glicogênio como reserva alimentar.
- A digestão é extracorpórea, com os fungos lançando as enzimas no ambiente.
- É um conjunto de hifas.
- Corpo de frutificação é a estrutura reprodutiva dos fungos e corresponde à parte visível do organismo, que emerge após o desenvolvimento das hifas no substrato.
- Certos fungos são empregados na produção de antibióticos, como a penicilina. As leveduras, como o *Saccharomyces*, são empregadas na produção de álcool e de pães.
- Fungos têm importância como decompositores e como organismos pioneiros, pois, por meio de relações mutualísticas, colonizam ambientes e modificam as condições locais, o que possibilita a instalação de outras espécies.
- Candidíase, pé de atleta e ferrugens.
- Eucariontes; uni ou pluricelulares; clorofiladas.
- Algas ocupam ambientes que apresentam umidade e luz, como o solo úmido e o meio aquático.
- Ágar, alginato e diatomito.
- São constituintes do fitoplâncton. Algumas algas podem causar um fenômeno conhecido como maré vermelha.

Exercícios propostos

- | | |
|------|-------|
| 1. C | 6. A |
| 2. D | 7. A |
| 3. E | 8. B |
| 4. D | 9. B |
| 5. A | 10. B |

- | | |
|-------|------------------------------------|
| 11. B | 18. B |
| 12. B | 19. E |
| 13. A | 20. Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$ |
| 14. C | 21. C |
| 15. B | 22. B |
| 16. A | 23. E |
| 17. B | |

Exercícios complementares

- O aluno retirou apenas os corpos de frutificação dos fungos quando passou o pano com álcool. O micélio do fungo permaneceu no interior da madeira da porta e, após uma semana, toda a parte externa reprodutiva foi refeita.
 - a) Os fungos são heterótrofos, ou seja, alimentam-se de matéria orgânica presente no ambiente. Mais especificamente, os fungos liberam enzimas digestivas no ambiente, que realizam a digestão da matéria orgânica de forma extracorpórea.
 - b) Reprodução por esporos, que são resistentes em condições ambientais adversas.
3. E
- O corpo de frutificação atua na reprodução dos fungos por meio da liberação de esporos. A retirada dessa estrutura não compromete a sobrevivência da espécie, uma vez que o micélio vegetativo, responsável pela nutrição e crescimento do fungo, será mantido.
 - a) Os fungos são organismos heterótrofos que se reproduzem por esporos em pelo menos uma fase de sua vida. Com as bactérias, eles têm papel importante nos ecossistemas, pois são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, participando da ciclagem de nutrientes na natureza.
 - b) Os fungos produzem toxinas que permanecem nas sementes mesmo após serem eliminados. Essas toxinas podem causar intoxicação no ser humano.
 - c) Fungos, assim como os animais, são heterótrofos e têm glicogênio como substância de reserva. No entanto, há fungos que, como as plantas, formam e lançam seus esporos ao vento.
- | | |
|------|------|
| 6. D | 8. A |
| 7. C | 9. E |
- a) A maré vermelha ocorre em março. O gráfico demonstra que esse é o mês em que há maior abundância de dinoflagelados.
 - Os dinoflagelados chegam à dieta de uma pessoa ao passar pelos diferentes níveis tróficos de uma cadeia alimentar. Assim, uma pessoa pode evitar a intoxicação não ingerindo alimentos originados de um local onde tenha ocorrido a maré vermelha.
 - O rápido aumento da abundância de dinoflagelados foi provocado pelo despejo de esgoto doméstico na água, resultando em maior quantidade de nutrientes disponíveis para essas microalgas. Por outro lado, o rápido declínio ocorreu por causa da diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água devido ao processo de floração, que levou ao bloqueio da entrada de luz e redução na fotossíntese.
- a) São eucariontes, clorofiladas, autótrofas, não apresentam tecidos verdadeiros, podem ser unicelulares ou pluricelulares.
 - São produtores do ecossistema aquático.
 - Cana e milho.
12. V; V; V; V; F
- a) Podem ser citados os filos Chlorophyta, Dinophyta ou Charophyta.
 - O pigmento é a clorofila, armazenado no interior dos cloroplastos.
 - A maré vermelha é um fenômeno resultante da proliferação excessiva de dinoflagelados. As toxinas liberadas por essas algas causam a morte de peixes e outros animais, podendo até mesmo intoxicar seres humanos.
- a) As condições necessárias para que as leveduras realizem a fermentação são: ambiente anaeróbico, temperatura adequada e presença do substrato inicial. Trata-se de uma fermentação alcoólica cujo substrato é a glicose; e os produtos são etanol, gás carbônico e energia.
 - Do ponto de vista da nutrição, os indivíduos do reino Fungi e Animalia possuem como semelhança serem heterótrofos, aclorofilados e utilizarem o glicogênio como reserva energética. Ainda do ponto de vista da nutrição, em todos os fungos, a digestão é

extracorpórea e absorviva, enquanto a maioria dos animais realiza digestão intracorpórea, podendo ser intra ou extracelular.

15. A análise dos gráficos permite concluir que a presença da planta *Alliaria petiolata* provocou a diminuição da colonização das raízes por micorrizas e conseqüentemente reduziu o aumento da biomassa seca das árvores nativas. A vantagem para a planta invasora *Alliaria petiolata* é que, ao dificultar o desenvolvimento das espécies nativas, ela enfrentará menor competição por espaço, água e nutrientes no solo.

A associação entre fungos micorrízicos e as raízes das mudas favorece o aumento da biomassa seca, uma vez que os fungos permitem maior absorção de minerais pelos vegetais. Em troca, os fungos recebem parte da matéria orgânica das plantas às quais estão associados.

16. E

17. B

BNCC em foco

- a) Trata-se do corpo de frutificação do fungo estrutura importante para a reprodução do organismo.
b) O cheiro de animal morto emitido pelo fungo tem duas importantes funções para a espécie: de defesa e de reprodução. O cheiro afasta possíveis predadores, que poderiam comer o fungo e destruir sua possibilidade de reprodução, e atrai insetos, que pousam sobre a estrutura em que estão os esporos e podem transportá-los para longe, contribuindo para a disseminação da espécie.
- Isso acontece porque as algas vermelhas têm um complexo sistema de pigmentos captadores de energia luminosa. Os pigmentos acessórios (ficoeritrina e ficocianina) presentes em suas células permitem o máximo de absorção de energia luminosa, estimulando a atividade fotossintética até mesmo em águas relativamente profundas.
- a) Os organismos do fitoplâncton captam a energia da luz solar e realizam o processo de fotossíntese, produzindo matéria orgânica a partir do gás carbônico do ambiente. Parte dessa matéria orgânica é transferida aos outros organismos, por meio das diferentes cadeias alimentares que compõem a teia.
b) As bactérias atuam na reciclagem de nutrientes, pois decompõem os organismos mortos e repõem no ambiente os componentes em circulação, que poderão ser reutilizados por outros organismos, como outras bactérias e os organismos do fitoplâncton.

Capítulo 10 – Plantas e ciclos reprodutivos

Revisando

- Os principais grupos de plantas são: briófitas (musgo), pteridófitas (samambaia), gimnospermas (pinheiro) e angiospermas (laranjeira).
- É um tipo de divisão celular que mantém constante o número de cromossomos.
- É um tipo de divisão celular que reduz à metade o número de cromossomos.
- É o ciclo haplobionte diplonte. A meiose gera gametas.
- Metagênese é a alternância de duas gerações, uma haploide e outra diploide.
- O gametófito é haploide, tem estruturas reprodutoras denominadas gametângios e gera os gametas.
- O esporófito é diploide, tem estruturas reprodutoras denominadas esporângios e gera os esporos.
- É o ciclo diplobionte. A meiose gera esporos.
- O gameta masculino é o anterozoide. O gameta feminino é a oosfera.
- É o ciclo haplobionte haplonte. A meiose gera esporos, é realizada pelo zigoto e é denominada zigótica.

Exercícios propostos

- B
- A
- a) O esporófito corresponde à fase diploide do ciclo de vida das plantas.
b) Os esporângios são estruturas diploides que realizam meiose para produção de esporos.

c) O gametófito é haploide.

6. E

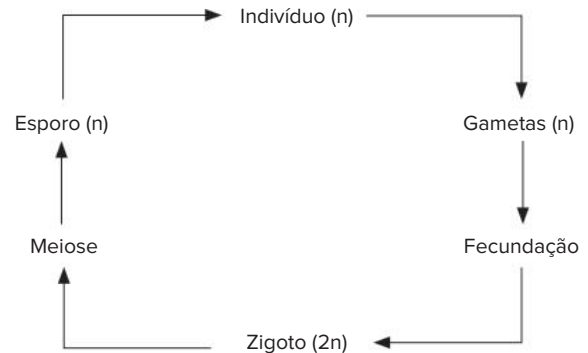
7. D

Exercícios complementares

- C
- a) A geração haploide mais duradoura nos vegetais do tipo A está mais sensível às mudanças ambientais ou sujeita às expressões negativas do genótipo.
b) Aumento da variabilidade genética.
- a) I – Mitose; II – Meiose esporica; III – Mitose; IV – Mitose; V – Fecundação.
b) Na evolução das plantas terrestres, há uma tendência de redução do gametófito e aumento gradual da complexidade do esporófito.

BNCC em foco

- A
- A vespa-do-figo é um animal e, portanto, apresenta ciclo de vida haplobionte diplonte, no qual há apenas um indivíduo diploide; a meiose é gamética, já que forma gametas. Já a figueira, uma planta, tem ciclo de vida diplobionte, ou seja, há alternância de gerações entre um indivíduo diploide e outro haploide; a meiose é esporica, já que forma esporos.
- A meiose, neste caso, é zigótica, e o ciclo ocorre em algas.



Capítulo 11 – Briófitas e pteridófitas

Revisando

- Plantas vasculares são denominadas traqueófitas e incluem pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.
- Plantas dotadas de vasos têm transporte de seiva mais rápido do que por difusão, possibilitando a elas apresentar grande porte.
- Plantas dotadas de sementes são gimnospermas e angiospermas, sendo conjuntamente denominadas espermatófitas ou fanerógamas.
- Plantas sem sementes são as briófitas e as pteridófitas, conjuntamente denominadas criptógamas.
- A fase desenvolvida é o gametófito; a fase reduzida é o esporófito.
- O gametângio masculino é o anterídio, que produz gametas denominados anterozoides. O gametângio feminino é o arquegônio, que produz o gameta denominado oosfera.
- É a forma de reprodução sexuada na qual o gameta masculino é pequeno e móvel, e o gameta feminino é grande e imóvel.
- Os esporos são produzidos por meiose.
- É uma estrutura constituída por filamentos derivados da germinação de um esporo; o protonema forma vários gametófitos.
- A fase mais desenvolvida é o esporófito; o gametófito é a fase reduzida.
- O caule da samambaia é do tipo rizoma; a ele se ligam raízes adventícias.
- Soro é uma estrutura reprodutora situada em um folíolo de samambaia; contém esporângios, que produzem esporos.
- É do tipo oogâmica e é dependente de água.

Exercícios propostos

1. E
2. A
3. B
4. A
5. B
6. C
7. Soma: $01 + 02 + 08 + 16 = 27$
8. A
9. E

Exercícios complementares

1. D
2. D
3. a) Em samambaias, a fase esporofítica é duradoura e constituída por um vegetal completo, com raiz, caule e folhas. O caule pode ser subterrâneo (rizoma), e as folhas compostas são formadas por folíolos que, quando férteis, apresentam soros em sua face ventral. A fase gametofítica (protalo) é transitória e representada por um vegetal verde, de pequeno porte e achatado. Essa fase laminar possui rizoides e órgãos produtores de gametas – arquegônios (feminino) e anterídios (masculino).
- b) A célula A é o esporo, e a célula B, o zigoto resultante da fecundação dos gametas.
4. a) O hadroma, responsável pelo transporte da seiva inorgânica (ou seiva bruta), pode ser relacionado ao xilema das plantas vasculares. O leptoma, por sua vez, pode ser relacionado ao floema, pois é responsável pelo transporte da seiva orgânica (ou elaborada).
- b) A presença dos tecidos condutores hadroma e leptoma na espécie *D. superba* permite a realização de um transporte de seiva mais rápido e eficaz quando comparado aos musgos que não apresentam esses tecidos. A lignina é uma molécula encontrada nas plantas vasculares terrestres, associada à celulose na parede celular, que fornece rigidez, auxilia na impermeabilidade e garante resistência mecânica e proteção contra ataques microbiológicos aos tecidos vegetais.
5. F; V; V; V
6. a) Briófitas – plantas de pequeno porte cujo transporte de líquidos em seu interior ocorre por difusão de célula a célula.
Pteridófitas – plantas de maior porte, sendo o transporte de líquidos realizado por meio de vasos condutores.
- b) Briófitas são plantas que atuam como um dos grupos de organismos pioneiros no processo de sucessão ecológica em ambientes úmidos, possibilitando:
 - o aumento da umidade local;
 - a instalação e a sobrevivência de plantas herbáceas;
 - a maior disponibilidade de matéria orgânica (alterações ambientais);
 - o estabelecimento (gradativo) de outras espécies vegetais e animais.
7. a) Presença de gametas flagelados (anterozoides).
- b) Musgos são vegetais avasculares e, por isso, de pequeno porte. O transporte de água e nutrientes se faz de célula a célula, por difusão. Samambaias são plantas vasculares de porte médio. Nessas plantas, o transporte de água e nutrientes é realizado por um sistema de vasos condutores representado pelos vasos lenhosos (lenho, ou xilema) e vasos liberianos (líber, ou floema).
8. Soma: $01 + 02 + 04 + 16 = 23$
9. C
10. D
11. A
12. B

BNCC em foco

1. E
2. a) Os gametófitos são constituídos por alguns rizoides, filamentos que fixam a planta ao substrato, de onde ela retira água e sais minerais; um caulóide, que é o eixo de sustentação e de

comunicação entre as porções inferior e superior do musgo; e vários filóides, estruturas em forma de pequenas lâminas, clorofiladas, responsáveis pela realização de fotossíntese.

- b) Porque são plantas avasculares, nas quais o transporte de água, glicose e outros nutrientes se faz por difusão, de célula para célula, um processo lento que não seria viável em plantas de grande porte, pois as células das extremidades morreriam.
3. a) As briófitas foram as primeiras plantas a apresentar estruturas que possibilitaram a transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre, mas ainda com ocorrência restrita a locais úmidos. Depois da origem das briófitas, novas estruturas viabilizaram a sobrevivência em locais mais secos, o que tem relação com o surgimento das pteridófitas. O texto menciona que “os fósseis mais conhecidos de briófitas aparecem posteriormente às pteridófitas”, o que contradiz a cronologia da origem dos grupos vegetais aceita atualmente – deve-se considerar que essa colocação foi feita apenas para os fósseis “mais conhecidos” de briófitas e que o registro fóssil dos dois grupos pode ser diferente devido aos constituintes das plantas (pteridófitas apresentam mais estruturas rígidas, como os vasos condutores, ausentes nas briófitas).
- b) Vasos para condução das seivas e estruturas de sustentação.

Capítulo 12 – Gimnospermas

Revisando

1. Araucária ou pinheiro-do-paraná, *Pinus*, cipreste e sequoia.
2. Raiz, caule, folhas, estróbilos e semente.
3. Pinha e pinhão, respectivamente.
4. Sementes nuas. Esse termo é empregado porque as gimnospermas têm sementes, mas não possuem fruto.
5. Gametas são gerados por mitose, e os esporos são produzidos por meiose.
6. Heterosporia.
7. O gametófito masculino também é denominado microprotalo, ou grão de pólen. O gametófito feminino é o saco embrionário (ou megaprotalo).
8. Anemofilia.
9. É a fecundação intermediada pelo crescimento do tubo polínico e que não depende de água.
10. Tegumento e saco embrionário, o qual possui algumas oosferas.
11. É o óvulo fecundado e desenvolvido, que contém o embrião de uma nova planta.
12. Tegumento (2n), endosperma (n) e embrião (2n).

Exercícios propostos

1. E
2. C
3. E
4. C
5. D
6. B
7. B
8. C
9. B
10. C

Exercícios complementares

1. Na construção da resposta e elaboração do esquema, os seguintes processos precisam ser descritos: as araucárias adultas são dioicas (sexos separados) – ocorre formação de esporos por meiose no interior dos estróbilos –; esporo masculino (micrósporo) dá origem ao gametófito masculino (grão de pólen); esporo feminino (megásporo) dá origem ao gametófito feminino – após a formação de gametas, ocorre a fecundação, com formação e posterior liberação da semente.
2. E
3. B
4. a) Pinheiro-do-paraná, que pertence ao grupo das gimnospermas.
- b) O pinhão é a semente comestível do pinheiro-do-paraná.
5. a) A meiose ocorre nos estróbilos masculino e feminino para a produção dos micrósporos e megásporos, que originarão os grãos de pólen e os óvulos, respectivamente.

- b) PINHA – cone (ou estróbilo) da arau-cária. PINHÃO – semente comestível do vegetal.
6. a) Ciprestes e sequoias. As gimnospermas produzem estróbilos sem ovário, nos quais se formam os óvulos. Os óvulos fecundados formam sementes que não são envolvidas por frutos.
- b) Avenca. As pteridófitas são vegetais traqueófitos, ou seja, possuem xilema e floema. Briófitas são plantas avasculares, desprovidas de vasos condutores.
7. a) Não. O turista comprou sementes do pinheiro-do-paraná, planta pertencente ao grupo das gimnospermas e que nunca produz frutos.
- b) O pinheiro não apresenta flores, e sim estróbilos.
8. C
9. a) Entre os grupos apresentados, gimnospermas e angiospermas são plantas que conquistaram de maneira definitiva o ambiente terrestre e não dependem da água para ocorrência da fecundação. Isso ocorre devido ao surgimento do grão de pólen e formação do tubo polínico, que se encarregam de conduzir o gameta masculino até a oosfera.
- b) A presença de um sistema condutor favorece um transporte de seiva mais rápido, eficiente e por distâncias maiores, levando as substâncias necessárias ao crescimento de uma planta para diferentes partes do seu corpo. Desse modo, essas plantas apresentam condições favoráveis para atingir maior porte.

BNCC em foco

1. a) A semente, que, como o ovo amniótico, é uma estrutura reprodutiva que abriga o embrião em seu interior e contém material de reserva (endosperma), responsável por fornecer nutrientes ao embrião no início de seu desenvolvimento; também está envolvida pela casca, que protege o embrião contra a perda de água para o ambiente. Assim como o ovo permitiu aos répteis a independência da água para a reprodução, as sementes permitiram que as primeiras plantas com essa aquisição evolutiva se afastassem da água, disseminando-se para o interior dos continentes.
- b) Briófitas e pteridófitas, que, assim como os anfíbios, dependem da água para a reprodução.
- c) O grupo das gimnospermas foi o primeiro grupo de plantas a contar com essa estrutura.
2. a) Uma vez que a planta é uma gimnosperma, a estrutura mostrada na imagem não pode ser um fruto. Portanto, a afirmação não está correta.
- b) A coloração avermelhada atrai a atenção de pássaros, que podem se alimentar dessa estrutura e contribuir para a disseminação da semente.
3. O desaparecimento de uma espécie de um ambiente leva consigo muitas outras, que dependem dela de diferentes

maneiras. No caso da arau-cária, podem ser citadas a gralha-azul e a cutia, que têm nos pinhões uma importante fonte de alimento, mas muitas outras espécies, como os caxinguelês, podem consumir pinhões. Além disso, uma árvore do porte da arau-cária pode abrigar muitas outras espécies em seus ramos, como aves, pequenos mamíferos e insetos.

Frente 3

Capítulo 5 – Zoologia dos invertebrados II

Revisando

- Na circulação aberta, a hemolinfa passa por vasos sanguíneos e cavidades, chamadas de lacunas, nas quais o líquido banha os tecidos. A pressão, a velocidade de circulação e a capacidade de oxigenação são menores do que no sistema circulatório fechado, no qual o sangue passa o tempo todo por dentro de vasos sanguíneos, com maior pressão e maior velocidade.
- As três principais classes são: Gastropoda (ex.: lesmas, caramujos e caracóis), Bivalvia (ex.: ostras, vieiras e mexilhões) e Cephalopoda (ex.: polvos, lulas e náutilos).
- As três classes são: Oligochaeta (ex.: minhocas), Polychaeta (ex.: verme-de-fogo) e Hirudinea (ex.: sanguessugas).
- As minhocas, ao construírem seus túneis, movimentam grande quantidade de terra, o que favorece a aeração do solo e a infiltração de água. Além disso, se alimentam da matéria orgânica presente no solo, e suas fezes compõem o húmus, um composto rico em nutrientes que fertiliza o solo.
- O exoesqueleto garante sustentação e proteção ao corpo do animal, além de ter sido um fator importante para a ocupação do ambiente terrestre, uma vez que reduz a perda de água para o meio. Os artrópodes apresentam um crescimento descontínuo, pois, como o exoesqueleto quitinoso é uma estrutura rígida, ele limita o crescimento do animal, que só consegue crescer quando faz a muda (ou ecdise). Nesse processo, o animal se desfaz do exoesqueleto antigo, cresce, e logo um novo exoesqueleto é formado, maior do que o anterior.
- Os crustáceos apresentam dois pares de antenas (são tetráceros) e têm o corpo dividido em cefalotórax e abdome.
- Os insetos têm o corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, três pares de pernas e um par de antenas. Já os aracnídeos têm o corpo dividido em cefalotórax e abdome, quatro pares de pernas e não possuem antenas.
- No desenvolvimento ametábolo, a eclosão dos ovos gera formas juvenis que são semelhantes aos adultos, isto é, ocorre desenvolvimento direto. No desenvolvimento hemimetábolo, as formas que saem dos ovos apresentam algumas diferenças em relação aos adultos, como a ausência de asas. Já no desenvolvimento holometábolo ocorre metamorfose completa, ou seja, há uma forma larval totalmente diferente dos adultos. Em geral, essa fase larval ocupa nicho ecológico diferente da fase adulta.

9. Nos equinodermos, o sistema ambulacral é responsável pela locomoção, circulação de substâncias e captura de alimentos.
10. Os cordados apresentam, ao menos em uma fase da vida, uma estrutura chamada notocorda, um tubo nervoso dorsal, fendas faringianas e cauda pós-anal.

Exercícios propostos

- | | |
|--|------------------------|
| 1. C | 15. A |
| 2. B | 16. D |
| 3. A | 17. C |
| 4. C | 18. B |
| 5. C | 19. D |
| 6. A | 20. E |
| 7. C | 21. Soma: 04 + 16 = 20 |
| 8. B | 22. C |
| 9. D | 23. B |
| 10. D | 24. E |
| 11. A | 25. D |
| 12. E | 26. C |
| 13. Soma: 01 + 02 = 03 | 27. C |
| 14. D | 28. D |
| 29. a) O filo Porifera, representado pelas esponjas. | |
| b) Os crustáceos são artrópodes com simetria bilateral (A3), sistema digestório completo (B3), sistema circulatório aberto (C2) e cordão nervoso ventral (D2). | |
| 30. B | 36. A |
| 31. C | 37. A |
| 32. A | 38. E |
| 33. B | 39. Soma: 04 |
| 34. E | 40. B |
| 35. C | |
| 41. Soma: 01 + 02 + 04 + 08 = 15 | |
| 42. Soma: 02 + 04 + 08 + 16 = 30 | |
| 43. C | |
| 44. C | |
| 45. E | |
| 46. Soma: 02 + 04 = 06 | |
| 47. D | 52. E |
| 48. D | 53. D |
| 49. C | 54. A |
| 50. B | 55. Soma: 02 + 08 = 10 |
| 51. C | 56. C |

Exercícios complementares

- a) As zooxantelas têm abrigo e proteção no corpo dos animais, e, em troca, disponibilizam matéria orgânica e oxigênio para eles.
 - Os moluscos, pois formam tecidos verdadeiros, diferentemente dos poríferos, e apresentam sistemas digestório, respiratório, circulatório e excretor, ausentes nos cnidários.
2. Nos cefalópodes, as conchas internas reduzidas ou ausentes permitem uma movimentação mais rápida. O sistema circulatório fechado permite a distribuição de oxigênio de forma mais rápida para os tecidos, essencial para suprir o alto gasto energético que o animal tem. A rápida movimentação e a alta taxa de oxigenação são importantes para o hábito predador dos cefalópodes, que se alimentam de

peixes. Nos gastrópodes terrestres, o desenvolvimento sem a fase larval permite que ele seja menos dependente da água. A maior produção de muco facilita a locomoção em ambientes terrestres, reduzindo o atrito com a superfície, e ajuda a evitar a desidratação.

3. a) Ostra e caramujo.
- b) A substância produzida pela glândula de tinta é liberada quando o cefalópode se sente ameaçado; a vantagem é que a tinta ajuda a despistar um possível predador.
4. a) Uma classe de moluscos que têm rádula é a dos gastrópodes, indicada por II, ou a dos cefalópodes, indicada por III. Os moluscos que não têm rádula são os bivalves, representados por I.
- b) Moluscos sem rádula se alimentam de partículas de alimentos que eles retêm da água, por meio da filtração.
- c) Os moluscos bivalves, por serem filtradores, podem ser ótimos bioindicadores da qualidade da água, uma vez que as toxinas e os poluentes presentes na água podem se acumular em seus tecidos.

5. E

6. E

7. Soma: $04 + 08 = 12$

8. D

9. D

10. Os moluscos bivalves teriam maior chance de sobreviver no aquário C. São animais filtradores, que se alimentam dos microrganismos que estão presentes na água do mar. Nesse experimento, a água do aquário C está sendo bombeada diretamente do mar, sem ser filtrada, ou seja, ela chega com todas as partículas que são naturalmente encontradas ali e que servirão de alimento a esses moluscos. No aquário A, a água possuía sais, mas não os microrganismos, e, em B, eles eram retidos no filtro, então não chegariam até os bivalves.

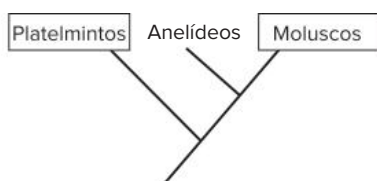
11. a) As espécies exóticas competem com as nativas por alimento ou espaço e têm vantagens, devido à ausência de predadores naturais; elas também podem ser predadoras de espécies nativas ou trazer parasitas, que podem causar doenças e dizimar as espécies nativas.
- b) Para diferenciar os bivalves das demais classes de moluscos, pode-se citar: concha com duas valvas, ausência da rádula, pé em forma de machado e cabeça ausente ou rudimentar. Para incluí-los no filo Mollusca, pode-se citar: corpo mole não segmentado, dividido em cabeça, pé e massa visceral, presença do manto e da concha.
- c) Os bivalves são filtradores, então as partículas e os microrganismos presentes na água podem ficar retidos nos tecidos desses animais e contaminar a pessoa que os ingere.

12. As características exclusivas dos moluscos que podem ser citadas são: corpo mole dividido em cabeça, pé e massa visceral, presença de concha e de manto, presença de rádula.

13. C

14. a) Sabemos, pelas informações sobre o celoma, que a coluna X refere-se aos moluscos (celomados), e a coluna Y, aos platelmintos (acelomados). Os moluscos têm sistema circulatório, e alguns exemplos são o polvo, o caramujo e a ostra. Os anelídeos são celomados, têm simetria bilateral, sistema digestório completo e corpo segmentado, e alguns exemplos são a minhoca, a sanguessuga e os poliquetos. Já os platelmintos não têm sistema circulatório, têm o eixo ântero-posterior definido e alguns exemplos são a planária, a tênia e o esquistossomo.

b)



Esse diagrama representa um cladograma, que mostra as possíveis relações de parentesco entre os grupos de animais.

15. Soma: $02 + 08 = 10$

16. A aquisição da multicelularidade permitiu que os animais tivessem corpos maiores e estruturas especializadas para cada função, como os órgãos, formados por tecidos e células, que permitem uma divisão de tarefas. Já a aquisição do trato digestivo garantiu maior

eficiência para processar os alimentos e absorver os nutrientes. Por fim, a segmentação corporal permitiu que os segmentos se especializassem em funções diferentes e facilitou a locomoção dos animais com essa característica.

17. As sanguessugas pertencem ao filo dos anelídeos. O tiflosole é uma espécie de dobra presente no sistema digestório de alguns animais, que garante uma maior superfície de contato com os nutrientes, otimizando sua absorção pelo intestino.

18. B

19. a) Figura 1: platelmintos – a figura indica a ausência de um celoma verdadeiro.

Figura 2: nematódeos (nematelmintos) – a figura indica um pseudoceloma, já que a cavidade não é totalmente revestida pelo tecido intermediário.

Figura 3: anelídeos – a figura indica um celoma verdadeiro, revestido pelo tecido intermediário.

- b) Podem ser citadas as seguintes vantagens das cavidades corpóreas:
 - facilitam o crescimento e o movimento dos órgãos internos;
 - o líquido que preenche a cavidade pode servir como proteção dos órgãos internos contra choques mecânicos;
 - o animal se torna mais flexível, o que favorece sua movimentação e seu deslocamento;
 - o líquido pode auxiliar no transporte de substâncias.

20. D

21. D

22. E

23. A

24. a) O animal pertence ao filo Arthropoda. De acordo com o gráfico, ele ficou sem crescer por dois períodos (B e D).

- b) O exoesqueleto de quitina é a estrutura que impede os artrópodes de crescer continuamente. Seu crescimento só ocorre quando o animal realiza ecdise (ou muda).

25. O animal pertence ao filo dos artrópodes, cujos representantes possuem o corpo revestido por um exoesqueleto rígido, que limita o crescimento contínuo desses animais. O processo indicado pelas setas é a ecdise (ou muda). Nesse processo, o animal elimina o exoesqueleto e pode crescer, até que um novo exoesqueleto seja secretado.

26. a) O gráfico A representa o padrão de crescimento de artrópodes, como insetos, crustáceos e aracnídeos, e de nematódeos. Devido à presença de uma estrutura externa rígida (exoesqueleto nos artrópodes e cutícula nos nemátodos) que limita o seu crescimento, o desenvolvimento desses animais é descontínuo e ocorre por meio do processo de ecdise. O gráfico B representa o crescimento dos demais grupos de invertebrados, como poríferos, cnidários, platelmintos, moluscos, anelídeos ou equinodermos, que apresentam crescimento contínuo.

- b) Características morfológicas que podem ser utilizadas para diferenciar os grupos de artrópodes:

- Insetos: corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, presença de um par de antenas, três pares de pernas e presença de asas em alguns grupos.
- Crustáceos: corpo dividido em cefalotórax e abdome, presença de dois pares de antenas, cinco pares de pernas e excreção por glândulas antenais.
- Aracnídeos: corpo dividido em cefalotórax e abdome, ausência de antenas, presença de quatro pares de pernas, presença de quelíceras e excreção por glândulas coxais.
- Miriápodes: corpo dividido em cabeça e troco, pernas nos segmentos do tronco, presença de antenas, um par de mandíbulas e um par de maxilas.

27. A curva que representa corretamente o crescimento dos insetos é a B, com crescimento descontínuo. O exoesqueleto presente nos insetos limita o seu crescimento (platôs da curva B), que só vai ocorrer quando ele passa pela ecdise e substitui o exoesqueleto, diferentemente do que ocorre com os outros animais, cujo crescimento é direto e contínuo, como indicado na curva A.

28. D

29. O animal mostrado na figura corresponde a um crustáceo conhecido como bernardo-eremita ou caranguejo-ermitão, que carrega uma concha de molusco vazia e pertence ao filo dos artrópodes. As falas de Vinicius, Karla e Flávia estão incorretas. A fala de Carlos está correta, pois, como esse animal é um artrópode, possui exoesqueleto e apêndices articulados, que podem ser usados como uma forma

- de defesa. A fala de Igor também está correta, pois a concha que o crustáceo carrega pertence a um molusco.
30. A
31. Soma: 02
32. a) Em relação ao desenvolvimento, os gafanhotos são animais hemimetábolos, ou seja, sua metamorfose é incompleta. As lagartas-do-cartucho são insetos holometábolos, então apresentam a metamorfose completa.
- b) O gafanhoto alado representa o adulto (ou imago) e a lagarta-do-cartucho representa a fase larval.
33. Sim, os piolhos da cabeça são ectoparasitas que se alimentam do sangue do hospedeiro.
34. Nos insetos, como o besouro, existem poros na superfície do corpo chamados de espiráculos, através dos quais o ar entra no corpo do animal e chega às traqueias, que irão transportá-lo diretamente aos tecidos, onde ocorrem as trocas gasosas; por isso a cabeça submersa não afetou esse processo. Já nos mamíferos, o ar entra no corpo e chega até os pulmões pelas vias aéreas, localizadas na região da cabeça. A submersão da cabeça de Pedrinho impediu que o ar entrasse e chegasse aos pulmões; por isso, ele não conseguiu ficar por muito tempo.
35. a) Entre as estruturas que possibilitaram a conquista do ambiente terrestre podemos citar: a presença de um exoesqueleto quitinoso, que confere proteção mecânica e reduz a perda de água por esses animais; as pernas articuladas, que permitiram a esses animais se locomover rapidamente em meio terrestre; as asas, que permitiram a disseminação dos animais nos diversos ambientes; os espiráculos, que permitem a entrada do ar no corpo do inseto; as traqueias, responsáveis pela oxigenação dos tecidos; e os túbulos de Malpighi, que permitiram a liberação de excretas com menor utilização de água.
- b) Os insetos são ecologicamente importantes porque muitos deles são polinizadores e também são utilizados como controle biológico. Eles também têm sua importância econômica, como as abelhas, que produzem mel; os bichos-da-seda, que produzem o fio de seda, utilizado na indústria têxtil; e vários que podem ser utilizados como controle biológico em lavouras.
36. a) Os piolhos são hemimetábolos, ou seja, sua metamorfose é incompleta. Animais hematófagos, como os piolhos, são aqueles que se alimentam de sangue.
- b) Os piolhos sofrem mutações ao longo de gerações, e uma delas pode conferir a esses animais resistência aos piolhidas. Devido a essa vantagem, os piolhos resistentes sobrevivem e se reproduzem, passando a resistência a seus descendentes, o que faz com que esses medicamentos se tornem inúteis para eliminá-los.
37. Esse animal pertence ao filo Arthropoda. Na imagem, está indicada a lagarta, que representa a fase larval e vai formar a pupa. Na fase de pupa, o artrópode se abriga em uma espécie de casulo, e passará por uma metamorfose completa, que dará origem ao adulto (ou imago), que é completamente diferente da larva.
38. D
39. Soma: 01 + 02 = 03
40. A
41. Soma: 01 + 32 = 33
42. Soma: 02 + 16 = 18
43. a) Os carrapatos pertencem ao filo Arthropoda. As características presentes em animais desse filo são: corpo segmentado, apêndices articulados e exoesqueleto de quitina.
- b) O agente etiológico da doença de Lyme é a bactéria *Borrelia burgdorferi* e seu vetor é o carrapato-estrela (*Amblyomma cajennense*). Os hospedeiros dessa bactéria são animais domésticos, como cães e gatos, e até mesmo o ser humano.
44. a) A presença de escorpiões nesses espaços pode ocorrer devido ao acúmulo de entulhos, pedaços de madeira e folhagens, que podem servir de abrigo a esses animais. Outro fator que contribui para a dispersão dos escorpiões é o acúmulo de lixo e falta de limpeza em casas e terrenos baldios, que podem atrair insetos como as baratas, das quais se alimentam os escorpiões.
- b) O aguilhão é utilizado para inoculação de veneno, sendo importante à captura de presas ou como forma de defesa; ele fica localizado na extremidade do último segmento do abdome do escorpião, chamado de télson.
45. a) O animal pertence ao grupo dos aracnídeos, e é possível identificá-lo pela presença de quatro pares de pernas e de um par de pedipalpos.
- b) A vantagem de ter machos cuidadores é a maior proteção dos ovos, garantindo o nascimento e o crescimento de maior número de filhotes, além da manutenção da espécie em ambientes com a presença de predadores.
46. Soma: 01 + 02 + 04 = 07
47. Soma: 08 + 64 = 72
48. a) Nos equinodermos, o blastóporo dá origem ao ânus e a boca se forma posteriormente. Os cordados também são animais deuterostômios.
- b) Não, pois ao longo da evolução dos metazoários invertebrados, a simetria passou de radial, nos cnidários, para bilateral, nos grupos a partir dos platelmintos. No desenvolvimento dos equinodermos, ocorre o oposto, uma vez que as larvas apresentam simetria bilateral, enquanto a simetria radial (pentarradial) observada no adulto é secundária.
49. a) O animal pertence ao filo dos equinodermos. Como classes desse filo, podem ser indicadas: classe Crinoidea (ex.: lírios-do-mar ou penas-do-mar), Asteroidea (ex.: estrelas-do-mar), Echinoidea (ex.: ouriços-do-mar ou bolachas-de-praia), Holothuroidea (ex.: pepinos-do-mar) e Ophiuroidea (ex.: serpentes-do-mar).
- b) Os equinodermos são animais dioicos que realizam fecundação externa e exibem desenvolvimento indireto, com larvas de simetria bilateral.
50. E
51. B
52. E
53. As características que podem ser citadas para embasar as relações com os vertebrados são a presença de notocorda, fendas branquiais, tubo nervoso dorsal e cauda pós-anal, que estão presentes em pelo menos um estágio da vida desses animais. A denominação do táxon se dá pela presença da notocorda, que se estende até a região mais anterior do corpo. A notocorda é formada durante a etapa da organogênese, a partir de células do arquêntero, que se evaginam e se destacam, dando origem à forma de bastão, característica dessa estrutura.
54. A
55. Soma: 04 + 08 = 12
56. A

BNCC em foco

1. D
2. B
3. C

Capítulo 6 – Zoologia dos vertebrados

Revisando

1. Os animais ectotérmicos dependem de fontes externas de calor, pois o que é produzido pelo metabolismo não é suficiente para a termorregulação. Já nos animais endotérmicos, o calor produzido pelo metabolismo é capaz de manter sua temperatura. A ectotermia limita a distribuição geográfica desses animais porque, em ambientes frios, eles teriam dificuldade para se aquecer e poderiam sofrer hipotermia. Por isso, a maioria dos animais ectotérmicos é encontrada em ambientes de climas temperados ou quentes.
2. Os osteíctes são peixes de esqueleto ósseo, com nadadeira homocerca (com lobos iguais) e que têm bexiga natatória. Os condrites possuem esqueleto cartilaginoso, nadadeira heterocerca (com lobos diferentes) e não têm bexiga natatória.
3. Os anfíbios podem ser divididos nas ordens Anura (ex.: sapos, rãs e pererecas), Urodela (ex.: salamandras) e Apoda, ou Gymnophiona (ex.: cecílias, também chamadas de cobras-cegas).
4. Os anfíbios realizam respiração cutânea, o que exige que a pele desses animais esteja sempre úmida. Essa exigência limita a distribuição desses animais a locais de grande umidade.

- O âmnio é responsável por evitar a desidratação do embrião e protegê-lo de choques mecânicos; o alantoide armazena as excretas nitrogenadas do embrião; o cório é responsável pela proteção e, juntamente com o alantoide, participa das trocas gasosas; e o saco vitelínico armazena o vitelo, substância de reserva nutritiva.
- O que permitiu que os répteis conquistassem o meio terrestre foi o surgimento do ovo amniótico com casca, uma pele queratinizada e impermeável, fecundação interna e excreção de ácido úrico.
- Os ossos pneumáticos e a ausência de dentes e de bexiga urinária são adaptações que tornam o corpo das aves mais leves, facilitando o voo. Esses ossos são porosos e, por isso, menos densos. A ausência de dentes torna a cabeça mais leve e a ausência de alguns órgãos reduzem o peso do corpo.
- Presença de pelos, de glândulas mamárias e músculo diafragma. Também poderiam ser mencionadas hemácias anucleadas, glândulas sudoríferas e sebáceas e dentes diferenciados em incisivos, caninos, pré-molares e molares.
- Os mamíferos podem ser divididos em três subclasses: a dos monotremados (Prototheria), representada por ornitorrincos e equidnas; a dos marsupiais (Metatheria), representada pelos cangurus e gambás, e a dos placentários (Eutheria), representada pela maioria dos mamíferos, como cães, gatos, coelhos, tamanduás, preguiças, cavalos, bois, onças, ursos, elefantes, lobos, capivaras, ratos, morcegos, baleias, gorilas, chimpanzés, entre outros.
- A placenta é um órgão formado pelos vasos sanguíneos da mãe e do feto, através do qual são passados nutrientes, anticorpos e oxigênio da mãe para o feto, e retirados da circulação fetal o gás carbônico e outros resíduos do metabolismo.

Exercícios propostos

- | | |
|------------------|-------|
| 1. C | 19. B |
| 2. A | 20. B |
| 3. D | 21. A |
| 4. A | 22. A |
| 5. V; F; V; F; V | 23. A |
| 6. B | 24. D |
| 7. E | 25. C |
| 8. A | 26. D |
| 9. D | 27. C |
| 10. A | 28. E |
| 11. A | 29. B |
| 12. D | 30. A |
| 13. D | 31. E |
| 14. B | 32. E |
| 15. D | 33. B |
| 16. E | 34. A |
| 17. C | 35. D |
| 18. C | 36. D |

Exercícios complementares

- A lampreia-marinha e a enguia são animais aquáticos, e a respiração de ambas é branquial. As enguias possuem mandíbula, estrutura ausente na boca das lampreias.
 - Em seu hábitat natural, as lampreias-marinhas fazem parte da cadeia alimentar e têm predadores, que controlam o número de indivíduos, mantendo o equilíbrio da cadeia alimentar. As espécies locais, nativas dos Grandes Lagos da América do Norte, são predadas pelas lampreias, que não têm predadores naturais nesse ambiente, então se proliferam rapidamente e reduzem as populações de espécies nativas.
- As hemácias murcham, pois, como estão hipotônicas em relação ao meio extracelular, perdem água por meio da osmose.
 - A bexiga natatória é o órgão responsável por fazer o controle da flutuabilidade do peixe e a manutenção do equilíbrio do animal em diferentes profundidades. A vantagem de ela estar ligada ao sistema digestório é que o peixe pode enchê-la com o ar da superfície engolindo-o com a boca.
- Os peixes ósseos possuem opérculo e bexiga natatória, estruturas ausentes nos peixes cartilagosos. Além disso, nos peixes ósseos a boca fica na região anterior do corpo e a nadadeira caudal é

simétrica, enquanto nos cartilagosos a boca é ventral e a nadadeira caudal é assimétrica. A fecundação nos peixes cartilagosos é interna e nos ósseos é externa.

- As arraia são peixes pertencentes ao grupo dos condrictes, animais que possuem esqueleto cartilaginoso e boca ventral, realizam fecundação interna e não têm opérculo nas brânquias.
 - Os sapos pertencem à classe dos anfíbios, animais que possuem pele úmida, uma fase larval aquática com respiração branquial, respiração cutânea e pulmonar nos adultos e ovos protegidos por uma membrana. Já os lagartos pertencem à classe dos répteis, animais de pele seca e queratinizada, com respiração pulmonar e ovos com casca calcária, sem fase larval aquática.
 - As aranhas inoculam seu veneno por meio de quelíceras, estruturas presentes na parte anterior do cefalotórax. Já os escorpiões inoculam seu veneno por um agulhão no último segmento do abdome.
- Soma: $01 + 02 = 03$
- Soma: $01 + 08 = 09$
- Soma: $02 + 04 = 06$
- Soma: $02 + 04 = 06$
- Soma: $02 + 04 + 32 = 38$
- As modificações que podem ser citadas são o surgimento de membros locomotores, a respiração pulmonar e a pele ricamente vascularizada e com glândulas que a mantêm sempre úmida.
 - Os anfíbios ápodes (Apoda) não possuem membros locomotores e seu corpo tem formato cilíndrico, com olhos vestigiais. Já os urodelos (Urodela) possuem quatro membros locomotores e cauda. Os anuros (Anura) não possuem cauda e têm quatro membros locomotores adaptados ao salto.
- Espera-se encontrar maior abundância de anfíbios nas florestas.
 - Os anfíbios são animais que devem estar próximos a ambientes aquáticos, pois sua fecundação é externa e sua fase larval é aquática. Além disso, devem manter sua pele úmida, para permitir as trocas gasosas, então o bioma que deve ter maior abundância de anfíbios é aquele que apresenta maior umidade, como as florestas, devido ao maior volume de chuvas e umidade relativa do ar.
- Soma: $01 + 02 = 03$
- As características que podem ser citadas são: presença de uma fase da vida aquática, dependência da água para reprodução e ovo sem casca protetora, pois isso os torna vulneráveis às mudanças que ocorrem no ambiente, como a presença de poluentes na água. Outra característica é a pele permeável, o que os torna mais sensíveis a alguns tipos de substâncias poluentes do ar e da água.
- Podem ser citadas: respiração por meio de pulmões com ampla superfície de trocas gasosas; pele queratinizada e impermeável, que impede a perda de água para o meio; presença de ovo amniótico com casca calcária, que garante a proteção do embrião e evita sua desidratação; excreção predominantemente de ácido úrico, resíduo metabólico pouco tóxico e pouco solúvel em água, com baixa demanda hídrica; e fecundação interna, mecanismo independente da água.
- Soma: $04 + 08 = 12$
- Soma: $01 + 04 + 16 = 21$
- D
- O ovo amniótico possui um líquido que envolve o embrião, evitando a perda de água e servindo como proteção mecânica, o que torna o desenvolvimento dos animais amniotas independente da água, favorecendo a ocupação do ambiente terrestre.
 - A casca protege o embrião e seus anexos, além de fornecer cálcio para a formação do esqueleto do animal.
- O âmnio evita a desidratação do embrião. O embrião retira as moléculas orgânicas do saco vitelínico.
 - As adaptações que podem ser citadas são a pele queratinizada, a respiração pulmonar e a fecundação interna.
- Não, pois ambos os ovos são amnióticos e possuem os mesmos anexos embrionários: âmnio, córion, alantoide e saco vitelínico.
 - As cobras e os lagartos teriam maior dificuldade para sobreviver, pois são animais ectotérmicos, ou seja, não conseguem manter constante a temperatura interna, então dependem do meio para se aquecer. Em um ambiente frio, a taxa metabólica

é reduzida e isso impede que eles sobrevivam por muito tempo nessas condições.

21. **Âmnio:** é preenchido pelo líquido amniótico, que envolve o embrião e impede que ele sofra choques mecânicos e desidratação; **cório:** envolve todos os anexos embrionários, protege o embrião e auxilia nas trocas gasosas; **saco vitelino:** armazena o vitelo, substância que irá nutrir o embrião durante seu desenvolvimento; **alantoide:** armazena as excretas, realiza trocas gasosas e retira cálcio da casca, auxiliando na formação do esqueleto do animal.
22. Soma: $01 + 04 = 05$
23. O “antepassado” mostrado é um dinossauro. Atualmente, sabe-se que as aves compartilham um ancestral comum com um grupo de dinossauros, os terópodes, sendo consideradas por alguns autores como “dinossauros modernos”.
24. a) O nicho ecológico se refere ao comportamento de um ser vivo, sua forma de obtenção de alimento, sua interação com outros seres vivos e com o meio, sua reprodução, entre outros fatores. Os dois trechos citados podem ser escolhidos dentre os abaixo citados: “Uma ave de rapina sobrevoava um fragmento”; “que forrageava em busca de alimentos”; “avistou um pequeno roedor”; “capturou a presa com suas garras”.
- b) A endotermia é a manutenção da temperatura do corpo constante, graças à produção de calor pelo metabolismo. Essa propriedade tem alta demanda energética, por isso a necessidade de alimentação constante dos filhotes. Os ovos chocados em ninhos são mantidos em temperaturas constantes e ideais para o desenvolvimento dos embriões e manutenção dos filhotes recém-nascidos.
25. As características que podem ser citadas são: presença de ossos pneumáticos (reduz o peso do corpo); ausência de dentes (reduz o peso da cabeça); ausência de bexiga (não acumula excretas nitrogenadas no corpo); excreção de ácido úrico (necessita de menos água para eliminar as excretas).
26. a) Os ossos pneumáticos são estruturas porosas que, por serem mais leves, reduzem o peso do animal, característica que facilita o voo.
- b) Os sacos aéreos são prolongamentos dos pulmões, que auxiliam na oxigenação dos tecidos, aumentando a circulação de ar, e garantem maior produção de energia para o voo.
27. a) As aves migratórias voam em grandes altitudes, onde o ar é rarefeito, então a maior afinidade pelo oxigênio garante que elas possam aproveitar de maneira mais eficiente a pouca quantidade disponível desse gás. Além disso, como elas voam por grandes distâncias, precisam de maior quantidade de oxigênio para produzir mais ATP, por meio da respiração celular.
- b) As adaptações que podem ser citadas são: a presença de penas, que facilitam o voo; as asas, que permitem a ocorrência do voo; os sacos aéreos, que garantem melhor oxigenação dos tecidos; e os ossos pneumáticos, que, por serem porosos, reduzem o peso do animal e facilitam o voo, além de permitir melhor circulação do ar.
28. a) As características dos mamíferos que podem ser citadas são: presença de glândulas mamárias, de pelos no corpo, do músculo diafragma e dentes diferenciados (incisivos, caninos, pré-molares e molares).
- b) Monotremados: ornitorrincos e equidnas. Marsupiais: cangurus, gambás e coalas. Placentários: cães, gatos, ursos, bovinos, equinos, roedores, suínos, elefantes, leões, onças e morcegos.
29. A espécie que difere é a *Didelphis albiventris*, o gambá, um animal marsupial. Em geral, os gambás apresentam uma bolsa (marsúpio) do lado de fora do corpo da mãe, que abriga os embriões durante grande parte de seu desenvolvimento, onde os filhotes são amamentados. Nas outras espécies, os filhotes se desenvolvem dentro do corpo da mãe, e estão ligados à placenta, estrutura pela qual são passados os nutrientes da mãe para o feto. Após o nascimento, esses filhotes são alimentados com o leite, produzido e secretado pelas glândulas mamárias das fêmeas.
30. Os animais prototérios se desenvolvem fora do corpo da mãe, dentro de ovos com reservas nutritivas que garantem o desenvolvimento do embrião, como é o caso dos ornitorrincos e das equidnas. Nos animais metatérios, também chamados de marsupiais, o embrião inicia seu desenvolvimento no útero da mãe e termina no marsúpio, espécie de bolsa presente do lado de fora do corpo materno na maioria

das espécies. Já nos eutérios, o desenvolvimento embrionário ocorre totalmente dentro do útero da mãe, e a placenta estabelece o meio de trocas de substâncias entre o organismo da mãe e do feto, como é o caso do ser humano.

31. a) Nos gambás, animais metatérios ou marsupiais, os embriões começam a se desenvolver no interior do corpo da mãe, mas a placenta rudimentar se solta e os filhotes saem precocemente do útero, e se alojam dentro do marsúpio, encontrado na maioria das espécies, onde terminam seu desenvolvimento.
- b) O anexo embrionário é a placenta. A placenta tem várias funções, como permitir a passagem de nutrientes da mãe para o feto, garantir a ocorrência das trocas gasosas, produzir hormônios e eliminar excretas produzidas pelo embrião.
32. Nessa gestação, havia cinco cordões umbilicais, um para cada filha. O âmnio é preenchido pelo líquido amniótico, que envolve o embrião e o protege contra a desidratação e choques mecânicos.
33. a) O saco vitelínico está presente em todos os grupos de vertebrados. O âmnio e o alantoide estão presentes em todos os vertebrados, exceto nos peixes e anfíbios.
- b) Não se pode afirmar que a concentração de oxigênio seja a mesma. Nas artérias maternas, o sangue tem alta concentração de oxigênio, enquanto nas artérias umbilicais a concentração desse gás é baixa e a do gás carbônico é alta. De acordo com o enunciado, o sangue que chega ao feto pela veia umbilical será bombeado para seu cérebro e membros, o que indica que ele está oxigenado, e o sangue que retorna para a placenta, pelas artérias umbilicais, está rico em gás carbônico.
34. Soma: $01 + 04 + 16 = 21$
35. A
36. A

BNCC em foco

1. E
2. A placenta é responsável pela passagem de nutrientes, gases, células de defesa, anticorpos, hormônios e outras substâncias do corpo da mãe para o feto, além de remover resíduos metabólicos. A presença de micropilósticos é preocupante, pois eles podem prejudicar as trocas entre mãe e feto. Também podem ser transferidos para a circulação fetal e causar uma série de problemas, como o entupimento de vasos sanguíneos, respostas imunes e até a liberação de toxinas que podem afetar o bebê.
3. Os ornitorrincos, os cangurus e os gambás seriam os menos afetados pela descoberta citada, pois não são mamíferos placentários. Os monotremados, como os ornitorrincos, botam ovos, então seu filhote se desenvolve fora do corpo da mãe. Já nos marsupiais, como cangurus e gambás, os filhotes saem do corpo da mãe prematuros e se alojam numa espécie de bolsa, o marsúpio, onde terminam seu desenvolvimento.

Capítulo 7 – Digestão e respiração

Revisando

1. O alimento entra pela boca e passa para a faringe, em seguida vai para o esôfago, chega ao estômago, passa para o intestino delgado, para o intestino grosso e é eliminado pelo ânus.
Boca → Faringe → Esôfago → Estômago → Intestino delgado → Intestino grosso → Ânus
2. Na boca ocorre a digestão mecânica dos alimentos, através da mastigação, realizada pelos dentes e auxiliada pela língua, que também atua na deglutição. Na boca também se inicia a digestão química, com a ação de uma enzima presente na saliva, a amilase salivar (ou ptialina), responsável pela digestão do amido. O alimento triturado e umidificado pela saliva forma o bolo alimentar, que é deglutido.
3. A digestão das proteínas se inicia no estômago, pela ação de uma protease, a pepsina.
4. A bile é produzida pelo fígado e ela é responsável pela emulsificação dos lipídios, como óleos e gorduras, processo que facilita a ação das enzimas lipases na digestão. O suco pancreático é produzido pelo pâncreas, e é composto por bicarbonato de sódio, para neutralizar o material ácido vindo do estômago, e por enzimas, responsáveis pela digestão de diferentes componentes, como o amido e proteínas.

- A ptialina atua na boca, tem o amido como substrato, a maltose como produto e tem $\text{pH} = 7$ como valor ótimo de ação. A pepsina atua no estômago, age sobre proteínas, tem peptídeos como produto e $\text{pH} = 2$ como valor ótimo de ação. Todas as demais enzimas atuam no intestino delgado (duodeno) e têm $\text{pH} = 8$ como valor ótimo de ação. A tripsina e a quimiotripsina atuam sobre proteínas, gerando peptídeos; a amilase pancreática atua sobre o amido, gerando maltoses; as lipases atuam sobre óleos e gorduras, gerando ácidos graxos e glicerol; as peptidases atuam sobre peptídeos, gerando aminoácidos; as nucleases atuam sobre DNA e RNA, gerando nucleotídeos; as nucleotidasas atuam sobre nucleotídeos, gerando pentoses, fosfatos e bases nitrogenadas; a sacarase, a maltase e a lactase atuam sobre a sacarose, a maltose e a lactose, respectivamente, gerando glicose, frutose e galactose.
- As vilosidades e microvilosidades são, respectivamente, dobras do epitélio do intestino delgado e das membranas das células que o formam. Nesse órgão há grande quantidade de nutrientes resultantes do processo digestivo, que devem ser absorvidos. A presença das vilosidades e das microvilosidades aumenta a superfície de absorção dessas substâncias, permitindo que uma maior quantidade chegue ao sangue para ser distribuída às células.
- O ar entra pelas fossas nasais, passa pela faringe e laringe, chega à traqueia e vai para os brônquios, passa pelos bronquíolos e chega aos alvéolos, estruturas pulmonares responsáveis pelas trocas gasosas. Fossas nasais → Faringe → Laringe → Traqueia → Brônquios → Bronquíolos → Alvéolos
- Na inspiração, o diafragma contrai e se abaixa; os músculos intercostais contraem e se elevam; o volume do tórax aumenta; a pressão interna do tórax diminui; e o ar entra nos pulmões. Na expiração, o diafragma relaxa e se eleva; os músculos intercostais relaxam e se rebaixam; o volume do tórax diminui; a pressão interna do tórax aumenta; e o ar sai dos pulmões.
- O controle involuntário dos movimentos respiratórios é realizado pelo bulbo.
- O aumento da concentração de gás carbônico no sangue causa aumento na formação de ácido carbônico e, conseqüentemente, a redução do pH sangue. O aumento da acidez é detectado pelo bulbo, estrutura do sistema nervoso central que, nessa situação, estimula os movimentos respiratórios, aumentando a frequência respiratória a fim de eliminar o excesso de CO_2 .

Exercícios propostos

- E
- D
- C
- E
- E
- E
- A
- E
- E
- E
- C
- C
- C
- D
- C
- D
- E
- E
- A
- E
- E
20. C
21. C
22. B
23. E
24. C
25. C
26. Soma: $01 + 16 + 64 = 81$
27. C
28. A
29. D
30. C
31. D
32. A
33. E
34. D
35. E

Exercícios complementares

- Ações voluntárias no início da atividade digestória: mastigação e a deglutição. Ação voluntária no final da atividade digestória: defecação (liberação das fezes).
- Os movimentos peristálticos são desencadeados pelos músculos lisos. A autorregulação ocorre quando o alimento chega ao estômago e a mucosa gástrica começa a secretar a gastrina, hormônio que estimula a produção e a secreção do suco gástrico.

Quando o pH se torna mais ácido, a gastrina é inibida e, portanto, há redução na secreção do suco gástrico.

- Uma das funções da pele é revestir e proteger o corpo, impedindo a entrada de agentes invasores. Ela é formada por várias camadas de células, que, devido à presença da queratina, são impermeáveis. Já o intestino delgado, responsável pela absorção de nutrientes, é formado por uma camada fina e permeável de células, garantindo que as moléculas provenientes da digestão sejam absorvidas.
- É no intestino delgado que se encontra a maior parte das enzimas que atuam na digestão. Com a redução do peristaltismo, o alimento passa mais lentamente pelo trato intestinal, ficando mais tempo exposto à ação das enzimas digestivas e possibilitando maior tempo de contato com as vilosidades intestinais, o que permite maior absorção dos nutrientes.
- a) O quimo que chega no intestino delgado, vindo do estômago, é ácido; os íons bicarbonato atuam na alcalinização do duodeno, dando condições de ação às enzimas digestivas, já que o pH ótimo delas é em torno de 8.
b) O hormônio que estimula o pâncreas a secretar as enzimas digestivas é a colecistocinina.
c) O quimo entra em contato com a mucosa intestinal e estimula a secreção da enteroquinase, que ativa o tripsinogênio no duodeno. O tripsinogênio também pode ser estimulado pela tripsina já formada.
- a) Os peptídeos são formados por aminoácidos. Existem 20 tipos diferentes de aminoácidos, dos quais o corpo humano é capaz de sintetizar apenas 12, sendo o restante obtido pela alimentação.
b) As vilosidades são projeções do revestimento epitelial, presentes nas dobras intestinais, cuja função é aumentar a superfície de contato e a taxa de absorção de nutrientes.
- a) A moela é uma modificação do estômago das aves, correspondente à sua função mecânica, responsável pela trituração dos alimentos.
b) O pâncreas é estimulado pela colecistocinina e pela secretina e produz o suco pancreático, secreção com enzimas digestivas e íons bicarbonato. Já o fígado não sintetiza enzimas – a função desse órgão é produzir a bile, que facilita a ação das lipases devido à sua ação emulsificadora de gorduras.
c) As vilosidades são projeções que aumentam a superfície do intestino, para facilitar a absorção de nutrientes.
- A incapacidade de digerir a lactose ocorre devido à ausência da enzima lactase, encontrada no suco entérico, modificado em pessoas com intolerância. A degradação da lactose ocorre no intestino delgado, formando glicose e galactose.
- a) A pepsina e a tripsina são proteases, enzimas que hidrolisam as proteínas; portanto, o substrato utilizado no experimento deve ser uma proteína. Como ambas digerem o mesmo tipo de substrato, a diferenciação entre elas deverá ser feita com base no pH em que ocorre a digestão das proteínas do experimento, uma vez que a pepsina só atua em meio ácido ($\text{pH} = 2$, característico do estômago), e a tripsina, em meio alcalino ($\text{pH} = 8$, característico do intestino delgado). Para os tubos de controle, deverá ser utilizada a água, e nos tubos de teste, a enzima. A montagem dos tubos deverá ser:

	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4
Enzima ou água	Água	Enzima	Água	Água
Substrato	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína
Valor de pH	$\text{pH} = 2$	$\text{pH} = 2$	$\text{pH} = 8$	$\text{pH} = 8$

- Caso o frasco contenha apenas pepsina, a digestão ocorre apenas no tubo 2, que contém a enzima em pH ácido. Não ocorre digestão nos tubos 1 e 3, pois eles não contêm enzimas, apenas a água esterilizada, e não ocorre no 4 porque a pepsina não atua em pH alcalino.
- A pepsina atua no estômago e a tripsina atua no duodeno (intestino delgado).
- a) O suco gástrico contém ácido clorídrico (HCl). Esse ácido não age sobre o próprio estômago devido à presença do muco, substância produzida pelas glândulas da mucosa estomacal,

- formando uma camada protetora que impede a ação do ácido sobre o próprio órgão.
- b) A pepsina é a enzima presente no suco gástrico, e sua função é iniciar a digestão das proteínas, quebrando-as em peptídeos menores.
10. a) A lactose é um carboidrato formado por uma glicose ligada a uma galactose. Os intolerantes à lactose não são capazes de digerir esse açúcar, devido à ausência da enzima lactase. Como não é digerida, a lactose se acumula no trato digestório do intolerante, causando os sintomas citados.
- b) O iogurte e o queijo são produzidos a partir da fermentação do leite, e, nesse processo, a lactose é hidrolisada, para que a glicose seja utilizada na produção de energia pelos microrganismos fermentadores. É por isso que os intolerantes toleram melhor a ingestão desses tipos de alimentos.
11. a) Nos animais, o carboidrato pode ter função estrutural, formando o exoesqueleto quitinoso dos artrópodes, enquanto nos vegetais ele forma a parede celular de celulose.
- b) Os agentes não enzimáticos são os sais biliares, que compõem a bile, secreção responsável por emulsificar as gorduras, facilitando a ação das enzimas, como a lipase pancreática. As lipases pancreáticas hidrolisam as gorduras, formando glicerol e ácidos graxos.
12. a) D - Pâncreas. O bicarbonato de sódio está presente no suco pancreático.
- b) E - Intestino delgado.
- c) H - Estômago.
- d) B - Fígado. A bile emulsifica as gorduras e não é uma secreção que contém enzimas.
13. a) A relação que existe é o mutualismo, no qual ambos os organismos envolvidos são beneficiados. Os microrganismos têm grande disponibilidade de alimento e estão protegidos dentro do corpo do animal, enquanto a vaca consegue utilizar os nutrientes provenientes da digestão da celulose pelos microrganismos, mesmo sem ter a enzima celulase.
- b) Os humanos conseguem digerir outros carboidratos, como o amido e o glicogênio.
14. A enzima que poderia ser utilizada no experimento é a ptialina (ou amilase salivar), presente na boca e que atua em pH neutro. O tubo que não terá a coloração azulada será o 1, pois a 37 °C e em pH neutro, a enzima tem sua atividade ótima; então ocorre a hidrólise do amido. Já nos outros tubos, as condições não permitem a ação da enzima, pois em 2 e 3 a temperatura está muito alta ou muito baixa, e em 4 o pH está ácido, então não ocorre a digestão do amido, que reage com o iodo tornando a solução azulada.
15. a) Essa modificação corresponde às microvilosidades, que aumentam a superfície de absorção dos nutrientes oriundos da digestão.
- b) Os vasos sanguíneos transportam o oxigênio até as células intestinais e retiram o gás carbônico, que é destinado aos pulmões; o sangue também é responsável pela coleta dos nutrientes oriundos da digestão, distribuindo-os pelo corpo. Os vasos linfáticos participam do transporte de componentes lipídicos (na forma de quilomícrons) para o corpo.
16. a) Os herbívoros se alimentam de vegetais, que são ricos em celulose e lignina, compostos difíceis de digerir. Esses animais possuem intestino mais longo, permitindo que o alimento demore mais para percorrê-lo e fique exposto às enzimas por mais tempo, tornando a digestão mais eficiente. Além disso, os herbívoros não produzem celulase e a digestão da celulose é realizada por microrganismos presentes no ceco, uma porção do intestino, que é maior nesses animais. Já nos carnívoros, o alimento é rico em proteínas, cuja digestão se inicia no estômago – desse modo, o alimento não precisa passar tanto tempo exposto às enzimas do intestino delgado.
- b) No caso de um carnívoro estrito, cuja dieta inclui apenas carne, a afirmação é verdadeira, pois a digestão das proteínas se inicia apenas no estômago, enquanto nos herbívoros ela se inicia na boca.
17. a) O ácido clorídrico (HCl) é secretado no estômago. Esse ácido é responsável pela conversão do pepsinogênio, forma inativa da pepsina, em sua forma ativa.
- b) A secreção do suco gástrico também é estimulada pela gastrina, hormônio cuja liberação ocorre quando o alimento está chegando ao estômago; portanto, mesmo com a vagotomia, a digestão continua acontecendo nesse órgão.
18. a) Os microrganismos são responsáveis pela digestão da celulose, já que os ruminantes não produzem a enzima celulase. O fornecimento excessivo de antibióticos pode causar a morte das bactérias presentes no rúmen e no retículo, dificultando a digestão da celulose e reduzindo a quantidade de nutrientes absorvidas pelo animal.
- b) O abomaso (coagulador) tem papel análogo ao estômago humano, pois é nesse órgão que ocorre a secreção do suco gástrico, rico em enzimas e ácido clorídrico. A digestão química ocorre pela ação da pepsina, enzima responsável pela digestão das proteínas.
19. B
20. C
21. B
22. A vitamina envolvida nesse processo é a D (colecalfiferol). A vitamina D estimula a absorção de cálcio e fósforo no intestino, que serão utilizados na formação e na manutenção da matriz óssea, garantindo que os ossos não sejam enfraquecidos e evitando a osteoporose e o raquitismo.
23. a) A estrutura indicada por X é a notocorda, originada da mesoderme.
- b) A vitamina B9 (ácido fólico) garante a correta formação do tubo neural. O tubo neural dá origem às estruturas do sistema nervoso, como cérebro, cerebelo, bulbo e medula espinal.
24. O excesso de gás carbônico no sangue causa redução do pH, pois há maior formação de ácido carbônico (H_2CO_3), que pode se dissociar, liberando íons H^+ e bicarbonato. O aumento de acidez é percebido pelos quimiorreceptores presentes no bulbo, que estimulam o aumento da frequência respiratória.
25. a) Para a ocorrência da contração muscular, é necessária grande quantidade de energia, proveniente de reações como a respiração celular e a fermentação, que liberam calor, causando a elevação da temperatura corporal. De acordo com o gráfico, maiores temperaturas estão associadas a menores valores de saturação da hemoglobina com O_2 , condição que permite a liberação desse gás para as células musculares, aumentando a PO_2 .
- b) A respiração celular libera CO_2 , que reage com a água e forma ácido carbônico (H_2CO_3). Essa ácido se dissocia e forma íons H^+ e HCO_3^- , responsáveis por reduzir o pH sanguíneo. Com a redução do pH, o bulbo é estimulado e aumenta a frequência respiratória, acelerando a eliminação do CO_2 , o que impede que o pH continue diminuindo a ponto de deixar o sangue ácido.
26. O bulbo é responsável pelo controle involuntário da respiração. Ele detecta a redução no pH sanguíneo, devido ao aumento da concentração de CO_2 , e estimula o retorno dos movimentos respiratórios. Com a hiperventilação, ocorre redução na concentração de CO_2 , fazendo com que o indivíduo demore mais para chegar ao limite de disparo da respiração, já que os níveis de CO_2 estarão baixos. Ao mesmo tempo, os níveis de O_2 diminuem, a ponto de o limite para o desmaio ser atingido antes que a concentração de CO_2 estimule a volta da respiração, como indicado no gráfico 2 (mergulho após hiperventilação).
27. a) A ventilação pulmonar ocorre pela ação do diafragma e dos músculos intercostais.
- b) A ventilação foi comprometida, pois, com a perfuração do tórax, o movimento dos músculos não causa aumento e diminuição da pressão interna, dificultando a entrada e a saída do ar, uma vez que as pressões interna e externa se igualam.
28. a) O vômito causa a perda do ácido clorídrico estomacal. A produção de ácido clorídrico mobiliza íons H^+ do sangue, causando o aumento do pH sanguíneo.
- b) O conteúdo intestinal é alcalino, devido à presença do bicarbonato; portanto, sua perda acarreta redução do pH sanguíneo, tornando-o mais ácido.
- c) O aumento forçado da frequência respiratória elimina maior quantidade de CO_2 , o que aumenta o pH sanguíneo.
29. V; F; V; V; F
30. B
31. A suspensão da respiração por tempo prolongado aumenta a concentração de CO_2 no sangue e causa a redução do pH. Isso determina maior formação de H_2CO_3 (curva amarela do gráfico), devido à interação do gás com a água. Parte do ácido carbônico se dissocia, formando H^+ e HCO_3^- , por isso há também um pequeno aumento dos íons bicarbonato (curva azul do gráfico).

32. C
33. Durante a inspiração (A), o diafragma se contrai e desce, aumentando o volume da caixa torácica. Com o aumento do volume, a pressão interna dos pulmões diminui e permite a entrada do ar. Na expiração (B), o diafragma relaxa e volta ao lugar, reduzindo o volume da caixa torácica. Assim, a pressão interna dos pulmões aumenta e o ar sai.
34. a) A contração do diafragma é controlada pelo neurônio A. Quando o diafragma se contrai, ele causa o aumento do volume da caixa torácica e a redução da pressão no interior dos pulmões, permitindo a entrada do ar (inspiração). De acordo com o gráfico, o neurônio A está ativo (emitindo impulsos nervosos) durante os períodos de inspiração.
- b) O aumento da pressão parcial de CO_2 resulta em maior interação desse gás com a água, formando ácido carbônico (H_2CO_3). Esse ácido se dissocia e forma íons H^+ , que reduzem o pH sanguíneo. O bulbo percebe a redução do pH sanguíneo e aumenta a frequência respiratória, estimulando o aumento da frequência dos impulsos nervosos A e B, responsáveis pela inspiração e expiração.
35. a) O bulbo controla a frequência dos movimentos respiratórios. Quando a pressão parcial de O_2 for de 50 mmHg, abaixo da considerada normal (100 mmHg), a frequência dos movimentos

respiratórios fica alta, devido ao aumento dos impulsos nervosos no corpo carotídeo.

- b) A maior parte do CO_2 é transportada pelo plasma sanguíneo, na forma de íons bicarbonato. Níveis de PCO_2 acima do normal causam redução do pH do sangue, resultando em acidose, devido ao aumento da concentração de íons H^+ , provenientes da dissociação do ácido carbônico (H_2CO_3) formado. O bulbo percebe a alteração no pH e estimula o aumento da ventilação alveolar, para eliminar maior quantidade de CO_2 e aumentar o pH.

BNCC em foco

1. D
2. B
3. O poluente que afeta diretamente o transporte de gás oxigênio é o monóxido de carbono (CO). Ele tem, aproximadamente, 250 vezes mais afinidade pela hemoglobina que o gás oxigênio, ligando-se a ela no mesmo ponto de ligação do O_2 e formando um composto muito estável chamado carboxiemoglobina (HbCO). Quantidades relativamente pequenas de monóxido de carbono podem se associar a grande parte da hemoglobina presente no organismo, tornando-a indisponível para o transporte de gás oxigênio.