

Tecido Epitelial

Histologia (do grego *histos*, tecido; e *logos*, estudo) é a parte da Biologia que estuda os tecidos.

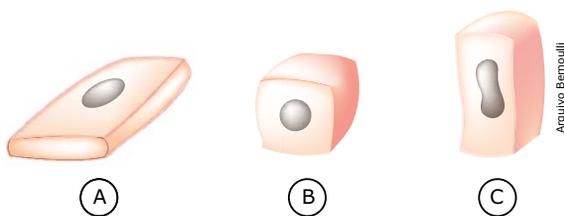
Os tecidos, originados a partir dos folhetos embrionários (ectoderma, mesoderma e endoderma), são grupos de células especializadas em realizar determinadas funções.

Os animais podem apresentar quatro tecidos básicos ou fundamentais. São eles: **epitelial**, **conjuntivo**, **muscular** e **nervoso**. No estudo que faremos sobre esses tecidos, tomaremos como referencial os tecidos do corpo humano.

TECIDOS EPITELIAIS

Os tecidos epiteliais ou, simplesmente, epitélios se caracterizam por apresentarem células justapostas (uma ao lado da outra), bem unidas, com substância intercelular escassa ou ausente. A união das células epiteliais é mantida, principalmente, pelos desmossomos, embora as interdigitações, as glicoproteínas do glicocálix e a zona de oclusão também contribuam para essa adesão.

As dimensões e a morfologia das células epiteliais variam muito. Assim, encontramos desde células achatadas (pavimentosas), como um ladrilho, até células prismáticas (mais altas do que largas).



Morfologia de células epiteliais – A. célula pavimentosa (achatada); B. célula cúbica; C. célula prismática (colunar, cilíndrica).

Os epitélios, com raras exceções, são avasculares, isto é, os vasos sanguíneos não penetram no tecido. Não há, portanto, contato direto de suas células com as paredes dos vasos sanguíneos. Por isso, a nutrição das células epiteliais se faz por difusão dos nutrientes a partir de capilares sanguíneos existentes no tecido conjuntivo subjacente, isto é, que vem logo abaixo do epitélio.

Separando o epitélio do conjunto subjacente, existe uma camada acelular (sem células) denominada **lâmina basal**, constituída principalmente de proteínas e glicoproteínas sintetizadas pelas células epiteliais. A lâmina basal é permeável aos nutrientes oriundos do conjuntivo subjacente, permitindo, assim, que o epitélio seja convenientemente alimentado. A lâmina basal serve também de suporte para o tecido epitelial, fixando-o no tecido conjuntivo subjacente.

Os epitélios são inervados, ou seja, recebem terminações nervosas livres, que, às vezes, formam uma rica rede intraepitelial.

Outra característica dos epitélios é a constante renovação de suas células feita por uma atividade mitótica contínua. As células epiteliais são, portanto, células lábeis. A velocidade dessa renovação, porém, é variável, podendo ser muito rápida em certos casos e mais lenta em outros. O epitélio que reveste internamente o intestino, por exemplo, se renova a cada 2-3 dias, e o epitélio das glândulas salivares leva mais de 2 meses para se renovar.

Os tecidos epiteliais podem ter origem a partir dos três folhetos embrionários. Por exemplo: o tecido epitelial da epiderme tem origem ectodérmica; o endotélio (que reveste os vasos sanguíneos) é de origem mesodérmica; o epitélio que reveste a cavidade do tubo digestório e das vias respiratórias se origina do endoderma.

Conforme seja especializado em fazer revestimento de superfícies no nosso corpo ou em produzir secreções, reconhecemos dois tipos básicos de tecido epitelial: tecido epitelial de revestimento e tecido epitelial secretor.

Tecido epitelial de revestimento

Os epitélios de revestimento recobrem e protegem toda a superfície externa do nosso corpo, bem como as cavidades do organismo (cavidade bucal, cavidade estomacal, cavidades nasais, etc.).

De acordo com o número de camadas celulares existente sobre a lâmina basal, o tecido epitelial de revestimento pode ser classificado como simples ou estratificado.

- **Tecido epitelial de revestimento simples (uniestratificado)** – É constituído por uma única camada de células apoiadas sobre a lâmina basal.
- **Tecido epitelial de revestimento estratificado** – É constituído por várias camadas (estratos) de células apoiadas sobre a lâmina basal.
- Em um grupo à parte, temos o chamado **tecido epitelial de revestimento pseudoestratificado**. Trata-se, na realidade, de uma variedade do epitelial simples, formado por uma única camada de células de tamanhos diferentes. Isso confere ao tecido, quando observado em microscopia óptica, uma aparente estratificação dada pela posição dos núcleos das células.



L.B. = Lâmina basal; C.S. = Conjuntivo subjacente.

De maneira geral, os epitélios estratificados estão relacionados à função de proteção, enquanto os epitélios simples, por sua pequena espessura, prestam-se melhor à absorção e à troca de substâncias.

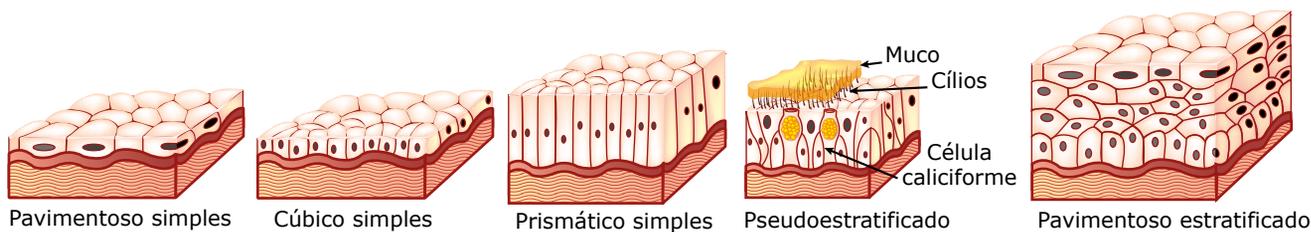
De acordo com a morfologia de suas células, o tecido epitelial de revestimento pode ser pavimentoso, cúbico, prismático ou de transição (as células variam de forma de acordo com o estado funcional do órgão). Em certos locais, as células desse tecido podem apresentar modificações na face apical, como microvilosidades e cílios.

Na classificação do tecido epitelial de revestimento de um determinado local, leva-se em consideração o número de camadas celulares e a morfologia das células. Nos epitélios estratificados, a classificação de acordo com a morfologia se baseia na forma das células da camada mais superficial. No quadro a seguir, estão as principais variedades do tecido epitelial de revestimento existentes em nosso organismo, assim como os principais locais onde são encontradas.

Tecido epitelial de revestimento

Simple	Pavimentoso	Endotélio (revestimento interno dos vasos sanguíneos), mesotélio das serosas* (pleura, pericárdio e peritônio) e alvéolos pulmonares. Pleura (serosa dos pulmões), pericárdio (serosa do coração) e peritônio (serosa dos órgãos abdominais). O mesotélio é a parte epitelial das serosas.
	Cúbico (cuboide)	Revestimento externo dos ovários e das paredes dos túbulos renais.
	Prismático (colunar)	Mucosa gástrica, mucosa intestinal e o revestimento interno das tubas uterinas. Na mucosa intestinal, as células epiteliais possuem microvilosidades que são evaginações da membrana plasmática que aumentam a capacidade de absorção. Nas tubas uterinas, as células são ciliadas. O movimento de varredura realizado pelos cílios ajuda a levar o zigoto para o útero.
Estratificado	Pavimentoso	Epiderme (camada mais externa da pele), mucosa bucal, mucosa esofágica e mucosa vaginal. Na epiderme, esse tecido é queratinizado, ou seja, a camada mais superficial desse tecido é formada por células mortas impregnadas pela proteína queratina, que reduz a permeabilidade da superfície externa da pele e constitui em uma barreira contra a penetração de muitos micro-organismos. Nas mucosas bucal, esofágica e vaginal, ele é não queratinizado.
	Transicional (de transição)	Revestimento interno da bexiga. Suas células, em especial as da camada mais superficial, mudam de forma de acordo com o estado funcional do órgão. Quando a bexiga está vazia, essas células têm uma forma mais globosa, mas, à medida que a bexiga vai se enchendo, elas assumem uma morfologia mais distendida, voltando à morfologia anterior quando do esvaziamento do órgão.
Pseudoestratificado	Mucosa nasal, revestimento interno da traqueia e dos brônquios. Suas células são ciliadas e, entre elas, encontram-se células caliciformes, que são glândulas unicelulares produtoras de muco. O muco e os cílios ajudam a remover parte das impurezas normalmente presentes no ar inspirado.	

*As serosas são membranas epitélio-conjuntivas que envolvem certos órgãos.



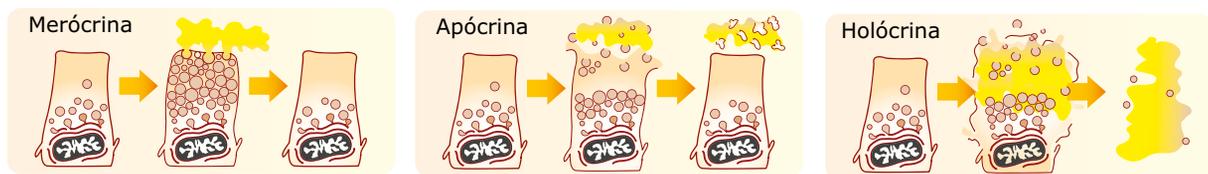
Classificação do tecido epitelial.

Tecido epitelial secretor ou glandular

O tecido epitelial secretor é formado por células epiteliais especializadas em produzir secreções. Tais células se proliferam a partir dos epitélios de revestimento, formando as glândulas.

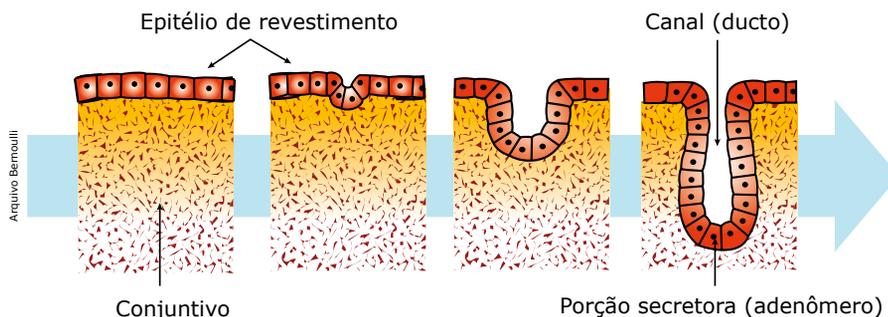
- Quanto ao número de células, as glândulas podem ser unicelulares (ex.: células caliciformes) ou pluricelulares (maioria).
- Quanto ao modo de eliminação de suas secreções, as glândulas podem ser merócrinas, apócrinas e holócrinas.

- A) Glândulas merócrinas (écrinas)** são aquelas cujas células eliminam os produtos secretados sem perda de alguma parte do citoplasma celular. A maioria das glândulas é desse tipo. Como exemplo, temos as glândulas lacrimais, as glândulas salivares e a maioria das glândulas sudoríparas.
- B) Glândulas apócrinas (holomerócrinas)** são aquelas cujas células eliminam a secreção juntamente com uma parte do seu citoplasma. A parte do citoplasma perdida se regenera logo em seguida. As glândulas mamárias e as glândulas sudoríparas modificadas existentes nas axilas (glândulas axilares) e na região perianal são exemplos de glândulas apócrinas.
- C) Glândulas holócrinas** são aquelas cujas células morrem e se fragmentam com a produção da secreção, restando, no fim, a secreção e os restos celulares que juntos são eliminados em um determinado local do corpo. Em nosso organismo, um bom exemplo desse tipo de glândula são as sebáceas, encontradas na derme junto aos folículos pilosos (canais que abrigam os pelos). A secreção das sebáceas é o sebo, substância de natureza gordurosa (lipídica) que tem a finalidade de lubrificar a nossa pele e os pelos, tornando-os mais flexíveis.



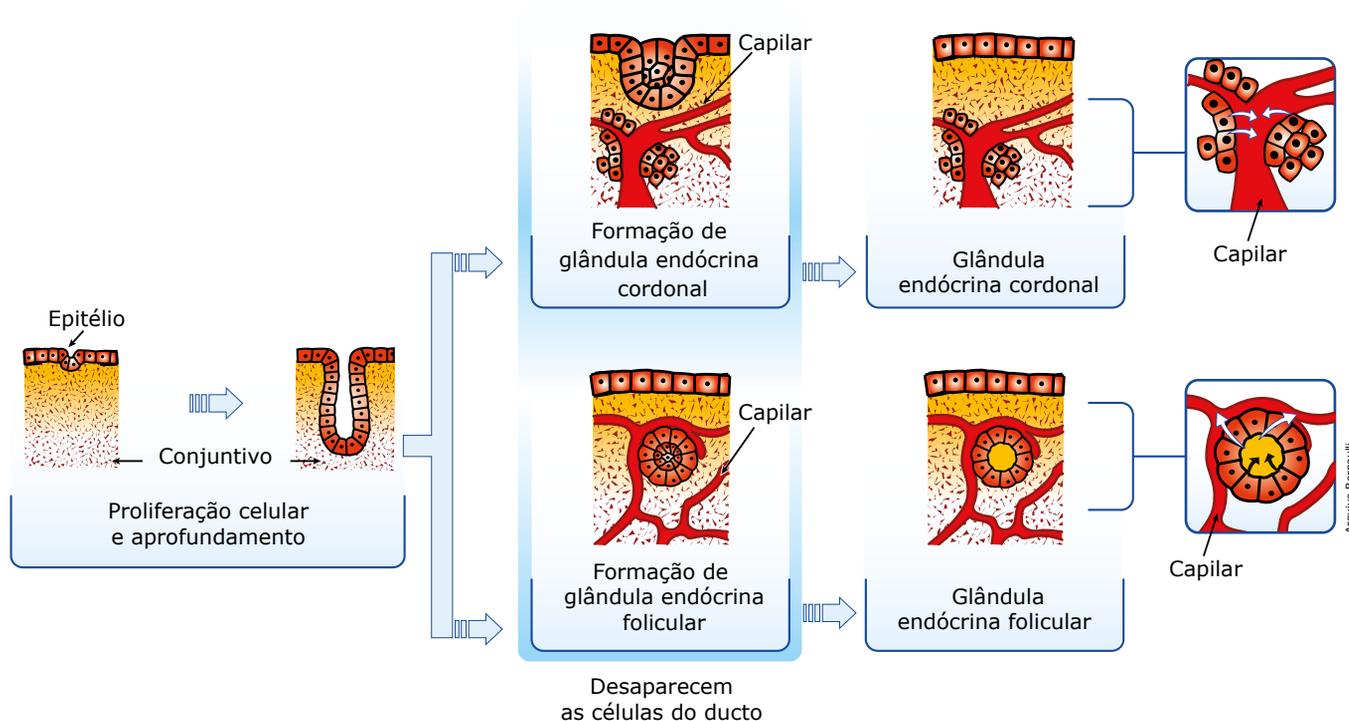
Representação do modo de secreção das glândulas merócrinas, apócrinas e holócrinas.

- Quanto ao local onde eliminam suas secreções, as glândulas podem ser exócrinas ou endócrinas.
- A) Glândulas exócrinas**, também chamadas de glândulas de secreção externa, eliminam suas secreções na superfície externa do corpo (sobre a epiderme) ou no interior de uma cavidade externa do organismo. É o caso, por exemplo, das glândulas sudoríparas, que lançam sua secreção (o suor) na superfície externa do nosso corpo, e das glândulas salivares, cuja secreção (a saliva) é lançada na cavidade bucal.



Origem das glândulas exócrinas pluricelulares – Como todas as glândulas, as exócrinas são oriundas do epitélio de revestimento: as células epiteliais de revestimento se multiplicam por mitoses e penetram no tecido conjuntivo subjacente, em que algumas células se diferenciam em células secretoras, formando o adenômero (porção secretora da glândula), e outras formam o ducto ou canal, que transporta a secreção a ser eliminada.

B) Glândulas endócrinas, também chamadas de glândulas de secreção interna, são aquelas que não possuem ductos e eliminam suas secreções na corrente sanguínea. Suas secreções geralmente são hormônios e exercem ação reguladora em nosso organismo. Hipófise, tireoide e paratireoide são exemplos de glândulas endócrinas.



Origem das glândulas endócrinas – Assim como as glândulas exócrinas, as glândulas endócrinas também se originam do tecido epitelial de revestimento, sendo que, nesse caso, há o desaparecimento das células do ducto. Podem ser cordonais (maioria) ou foliculares (ex.: tireoide). Nas cordonais, as células secretoras se dispõem em cordões celulares, separados por capilares sanguíneos. Nas foliculares, as células secretoras se agrupam formando vesículas, em que as secreções são acumuladas antes de serem lançadas nos capilares.

Algumas glândulas são exócrinas e endócrinas ao mesmo tempo e, por isso, são denominadas **anfícrinas** (mistas, exoendócrinas). Um exemplo de glândula anfícrina é o nosso pâncreas. Ao produzir o suco pancreático, secreção que é lançada na cavidade do duodeno, o pâncreas se comporta como uma glândula exócrina e, ao produzir insulina e glucagon, secreções que são lançadas na corrente sanguínea, se comporta como uma glândula endócrina.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFV-MG) As glândulas, que podem ser unicelulares ou multicelulares, são especializadas em produzir substâncias necessárias aos processos vitais do organismo. Com relação a essas estruturas, é incorreto afirmar que
- A) todas as substâncias secretadas pelas glândulas são denominadas hormônios.
 - B) cada secreção de uma determinada glândula endócrina estimula uma resposta específica em um "órgão-alvo".
 - C) uma mesma glândula endócrina pode secretar mais de um tipo de substância.
 - D) todas as glândulas exócrinas multicelulares apresentam dutos para eliminar suas secreções.
 - E) todas as glândulas são formadas a partir da proliferação de células epiteliais.

- 02.** (UFF-RJ) Quando observamos um tecido epitelial ao microscópio, verificamos que
- A) geralmente é vascularizado, com exceção dos epitélios encontrados no sistema respiratório.
 - B) é altamente vascularizado na epiderme e nos intestinos.
 - C) geralmente é avascularizado, com exceção do epitélio do tubo digestório.
 - D) geralmente é avascular e recebe nutrição do conjuntivo subjacente, por difusão.
 - E) é altamente vascularizado, com exceção dos epitélios encontrados no tubo digestório e na epiderme.

- 03.** (UFPR) Quais as características do tecido epitelial?
- A) Tecido derivado do ectoderma e constituído por estruturas que funcionam preferencialmente dando conexão orgânica.
 - B) Tecido derivado do mesoderma com abundante substância intercelular e com funções de proteção.
 - C) Tecido proveniente de qualquer um dos folhetos embrionários, de constituição eminentemente celular e com funções de revestimento, proteção e secreção.
 - D) Tecido derivado do endoderma, formado por células preferencialmente poliédricas e com funções de proteção.
 - E) Tecido formado por células pavimentosas, de origem mesodérmica e com funções de contração celular.

- 04.** (UFCG-PB) Um agrupamento de células diferenciadas e especializadas na execução de uma função biológica denomina-se tecido, que são classificados em tecidos que constituem os órgãos, e estes constituem os sistemas. Os sistemas, por sua vez, comandam as atividades vitais nos seres vivos.
- Nesse contexto, é incorreto afirmar que o tecido epitelial
- A) constitui-se de dois tipos básicos: o primeiro, de revestimento ou protetor, e o segundo, glandular ou secretor.

- B) é formado por células justapostas, geralmente poliédricas, e apresenta escassez de substâncias intercelulares, tendo como principal função revestir e proteger as superfícies do organismos.
- C) apresenta elevada quantidade de substância intercelular, e suas células possuem formas e funções bastante variadas, com diversas especializações.
- D) pode ser classificado quanto ao número de camadas e ao formato das células, tais como: pavimentoso simples e estratificado, cúbico simples e estratificado e prismático simples.
- E) é identificado no revestimento da traqueia e dos brônquios como pseudoestratificado e, no revestimento interno da bexiga, como estratificado de transição.

- 05.** (Unifor-CE) Considere os seguintes elementos:



- I. Células secretoras.
- II. Duto que elimina a secreção.
- III. Capilares que atravessam a glândula.
- IV. Secreção mucosa.
- V. Secreção de hormônios.

Na tabela a seguir, assinale a alternativa que contém os elementos que caracterizam glândulas endócrinas e exócrinas.

	Glândulas endócrinas	Glândulas exócrinas
A)	I, II, V	I, III, IV
B)	I, V	II, II, IV
C)	I, III, V	I, II, IV
D)	II, III, IV	I, V
E)	III, IV	III, V

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (CEFET-MG-2015) A taxa de multiplicação celular está diretamente relacionada com a propensão ao surgimento de problemas no controle da replicação, gerando diferentes tipos de câncer. Dessa forma, o tecido com maior chance de ocorrência dessa doença é o
- A) ósseo.
 - B) epitelial.
 - C) nervoso.
 - D) muscular.
 - E) sanguíneo.
- 02.** (UniEVANGÉLICA-2015) A doença autoimune denominada pênfigo vulgar caracteriza-se histologicamente pela formação de vesículas intratecuiduais logo acima da camada basal fazendo com que esta se destaque do tecido conjuntivo subjacente. Pela característica histológica descrita, o pênfigo é uma doença que atinge o tecido
- A) epitelial de revestimento.
 - B) conjuntivo adiposo.
 - C) muscular liso.
 - D) conjuntivo cartilaginoso.

03. (Cesgranrio) Quando um epitélio se apresenta constituído por uma única camada de células, de formato cilíndrico, está bem adaptado à função de

- A) armazenamento. D) sustentação.
B) absorção. E) revestimento externo.
C) transporte.

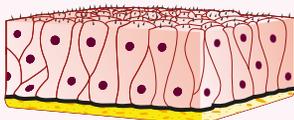
04. (PUC Minas) A afirmativa falsa sobre o epitélio é:

- A) O estratificado de transição é encontrado em revestimento interno da bexiga.
B) O estratificado pavimentoso é encontrado em revestimento do esôfago.
C) O simples prismático é encontrado em revestimento do intestino.
D) O simples pavimentoso é encontrado em revestimento de vasos.
E) O pseudoestratificado é encontrado em revestimento da boca.

05. (UFSC) Os tecidos epiteliais de revestimento têm em comum o fato de estarem apoiados em tecidos conjuntivos e de apresentarem reduzida espessura, mesmo nas modalidades constituídas por várias camadas de células. Tais características estão justificadas num dos itens a seguir. Assinale-o.

- A) Presença de queratina que impermeabiliza as células, ficando o tecido conjuntivo responsável pela sustentação do epitélio.
B) Ausência de vasos sanguíneos, que resulta em nutrição obrigatória por difusão a partir de tecido conjuntivo subjacente.
C) Como a função desses epitélios é meramente revestidora, não há razão para que sejam muito espessos.
D) Como servem a funções do tipo impermeabilização e absorção, grandes espessuras seriam desvantajosas.
E) A rede de vasos capilares que irriga abundantemente esses epitélios torna desnecessárias grandes espessuras, abastecendo ainda, por difusão, o tecido conjunto subjacente.

06. (UERN) O corpo dos animais é constituído por tecidos, associados em órgãos, onde cada um, devido às suas características, desempenha determinada função. O tecido epitelial possui especializações importantes, como revestimento do exterior dos organismos, assim como cavidades internas e órgãos ocos, fabricar secreções, absorver nutrientes, detectar estímulos, etc. A figura exemplifica um tipo de epitélio de revestimento. Observe.

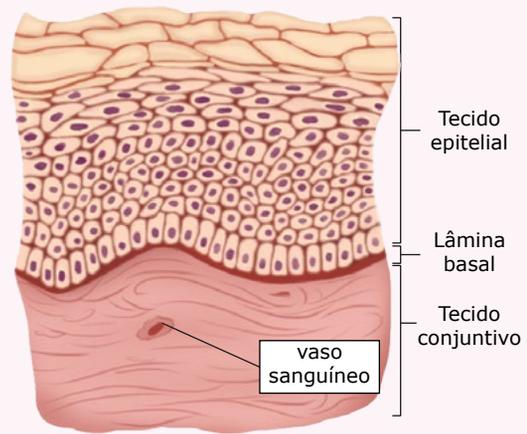


Disponível em: <www.edu.xunta.es>.

É incorreto afirmar que

- A) é encontrado revestindo a traqueia.
B) é estratificado, apresentando núcleos em alturas diferentes.
C) as células se encontram justapostas e apoiadas na lamina basal.
D) o tecido é avascular, sendo nutrido pelo tecido conjuntivo adjacente.

07. (EBMSP) O esquema representa uma porção da pele humana, mostrando os seus componentes em um corte transversal.

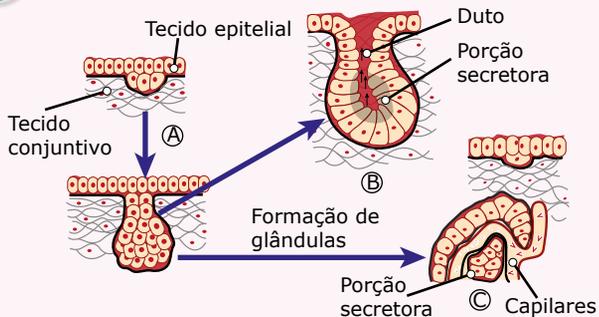


SER PROTAGONISTA. *Biologia*: revisão: Ensino médio. São Paulo: Edições SM, 2014. p. 40.

A pele, juntamente com as glândulas sebáceas e sudoríparas, unhas, pelos e cabelos, é um órgão integrante do sistema tegumentar do corpo. Em relação à estrutura da pele, é correto afirmar:

- A) A camada superficial da epiderme é formada por tecido epitelial morto e multiestratificado e a camada mais interna possui as células vivas formadoras do tecido conjuntivo.
B) As células da epiderme são originadas na camada basal e se movem para cima, tornando-se mais cilíndricas à medida que ascendem.
C) A pele atua na relação do corpo com o meio externo pela presença de receptores sensoriais, que são os percussores para a ação posterior do sistema nervoso central.
D) Os vasos sanguíneos, presentes na derme, são responsáveis pela nutrição e pelo fornecimento de melanina e queratina para as células epiteliais da epiderme.
E) A capacidade proliferativa das células da pele é limitada devido à presença de células mortas queratinizadas próximas à lâmina basal entre a epiderme e a derme.

12. (UFMS) Observe a figura a seguir, que representa um tecido epitelial glandular, analise as proposições e assinale a(s) correta(s).



- 01. A glândula salivar é um exemplo de glândula como a ilustrada em C.
- 02. Para formação das glândulas pelo tecido epitelial, ocorrem a proliferação e a penetração das células do tecido epitelial no tecido conjuntivo, como ilustrado em A.
- 04. O produto de secreção da glândula ilustrada em C é liberado diretamente na circulação sanguínea.
- 08. A glândula tireoide é um exemplo de glândula como a ilustrada em B.
- 16. O pâncreas, por apresentar atividade endócrina e exócrina, é considerado uma glândula mista.
- 32. As glândulas exócrinas mantêm sua conexão com o epitélio que as originou, e seus produtos são eliminados para o meio exterior pelo ducto até a superfície do corpo, ou até uma cavidade interna de um órgão, como ilustrado em B.

Soma ()

SEÇÃO ENEM

01. (Enem) Os tecidos animais descritos no quadro são formados por um conjunto de células especializadas, e a organização estrutural de cada um reflete suas respectivas funções.

Tecido	Organização estrutural
Ósseo	Células encerradas em uma matriz extracelular rica principalmente em fibras colágenas e fosfato de cálcio.
Conjuntivo denso	Grande quantidade de fibras colágenas.
Conjuntivo frouxo	Fibras proteicas frouxamente entrelaçadas.
Epitelial de revestimento	Células intimamente unidas entre si, podendo formar uma ou mais camadas celulares.
Muscular estriado esquelético	Longas fibras musculares ricas em proteínas filamentosas.

De acordo com a organização estrutural dos tecidos descrita, aquele que possui a capacidade de formar barreiras contra agentes invasores e evitar a perda de líquidos corporais é o tecido

- A) ósseo.
- B) conjuntivo denso.
- C) conjuntivo frouxo.
- D) epitelial de revestimento.
- E) muscular estriado esquelético.

02. Em certas condições anormais, um tipo de tecido epitelial pode transformar-se em outro. Este processo, que é reversível, é chamado de metaplasia. [...] Em pessoas que fumam grande quantidade de cigarros, o epitélio [...] que reveste os brônquios pode transformar-se em epitélio estratificado pavimentoso.

JUNQUEIRA & CARNEIRO. Histologia Básica. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008 p. 82. [Fragmento]

O tecido epitelial que normalmente reveste internamente os órgãos das vias respiratórias mencionadas no texto é o

- A) simples pavimentoso.
- B) simples cúbico.
- C) pseudoestratificado.
- D) estratificado-cúbico.
- E) transicional.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. D
- 03. C
- 04. C
- 05. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. A
- 03. B
- 04. E
- 05. B
- 06. B
- 07. C
- 08. A
- 09. Ambas são formadas a partir da proliferação de células epiteliais de revestimento que invadem o tecido conjuntivo subjacente. No caso das glândulas exócrinas, forma-se um ducto (canal), que comunica a porção secretora da glândula com a superfície epitelial da qual ela se originou. É através desse ducto que as glândulas exócrinas eliminam suas secreções na superfície externa do corpo ou no interior de uma cavidade do organismo. No caso das glândulas exócrinas, esse ducto desaparece e, assim, suas secreções são lançadas na corrente sanguínea.
- 10. D
- 11. A
- 12. Soma = 54

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Tecidos Conjuntivos Próprio, Adiposo e Hematopoiético

Originados a partir do mesoderma, os tecidos conjuntivos se caracterizam por apresentarem diversos tipos de células, separadas por abundante matriz (substância) intercelular, e por serem vascularizados (com exceção do tecido cartilaginoso).

O quadro a seguir mostra as principais variedades de tecido conjuntivo.

Tecidos conjuntivos

Propriamente dito (TCPD)	Frouxo	
	Denso	Modelado (Tendinoso)
		Não modelado (Fibroso)
De propriedades especiais	Adiposo	
	Hematopoiético	Mieloide
		Linfoide
De transporte	Sanguíneo	
	Linfático	
De sustentação	Cartilaginoso	
	Ósseo	

TECIDO CONJUNTIVO PROPRIAMENTE DITO

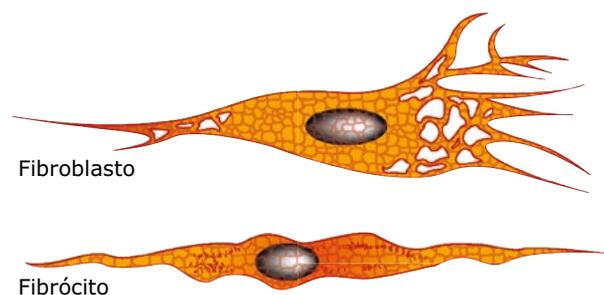


Também chamado de conjuntivo próprio ou conjuntivo comum, o tecido conjuntivo propriamente dito se caracteriza por ter uma grande variedade de células, separadas por uma substância intercelular constituída pela substância fundamental amorfa e por fibras proteicas. O quadro a seguir mostra os principais componentes desse tecido.

Tecido conjuntivo propriamente dito

Células	Fibroblastos Fibrócitos Macrófagos Histiócitos Adipócitos Mastócitos Plasmócitos Células mesenquimatosas	
Substância intercelular	Substância amorfa	
	Fibras proteicas	Colágenas
		Elásticas
	Reticulares	

- Fibroblastos** são as células mais frequentes do tecido conjuntivo propriamente dito. Volumosas, de contornos irregulares, mostram-se com aspecto estrelado e, às vezes, com expansões ramificadas do citoplasma. São responsáveis pela produção da substância intercelular. Têm grande atividade na síntese de proteínas, que são necessárias à formação das fibras da substância intercelular. Por isso, apresentam o retículo endoplasmático granuloso e o complexo golgiense bastante desenvolvidos. Quando adultas, essas células se tornam relativamente inativas (em repouso), passando a ser chamadas de **fibrócitos**. Os fibrócitos apresentam uma morfologia mais regular devido à retração das expansões citoplasmáticas. Em processos de cicatrização, havendo um estímulo adequado, o fibrócito pode voltar a sintetizar fibras, passando a ter novamente o aspecto do fibroblasto.



Arquivo Bernoulli

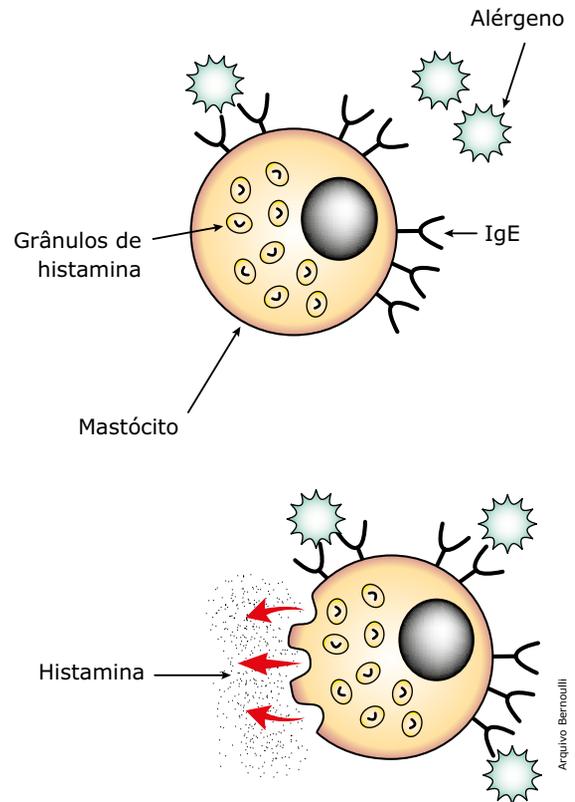
- **Macrófagos** são células grandes, móveis, que se deslocam por movimentos ameboides. Sua função é limpar o tecido, fagocitando agentes infecciosos que penetram o corpo e, também, restos de células mortas. Como possuem alto poder fagocitário, os macrófagos são importantes células de defesa do nosso organismo. Quando não estão em atividade de fagocitose, permanecem fixos (imóveis), retraindo os pseudópodes, passando a ser chamados de **histiócitos**.

Os macrófagos se originam dos monócitos (um tipo de glóbulo branco) que atravessam a parede dos vasos sanguíneos e penetram no conjuntivo próprio, onde aumentam de tamanho e intensificam a síntese de proteínas. O complexo golgiense se torna mais desenvolvido, e o número de lisossomos, microtúbulos e microfilamentos aumenta. Portanto, o monócito e o macrófago são a mesma célula, em diferentes fases de maturação. No fígado, os macrófagos recebem o nome especial de células de Kupffer. Alguns macrófagos também apresentam antígenos e possuem numerosos prolongamentos, que aumentam consideravelmente a superfície celular, onde ficam retidas as moléculas estranhas (antígenos), facilitando assim a resposta imunitária.

- **Adipócitos** são células volumosas, arredondadas, que armazenam grande quantidade de gordura no citoplasma. Com o acúmulo de gordura, o núcleo da célula é deslocado para a periferia.
- **Mastócitos** são células grandes, globosas, de citoplasma granuloso, ou seja, que contém grânulos, encontradas, especialmente, junto aos vasos sanguíneos. Essas grânulações são acúmulos de **heparina** e **histamina**, substâncias produzidas por essas células. A heparina é um anticoagulante, e a histamina é uma substância vasodilatadora, que, também, aumenta a permeabilidade dos vasos sanguíneos, sendo liberada nos processos inflamatórios e alérgicos. A reação alérgica pode variar de pessoa para pessoa, dependendo do tipo de alérgeno que a provoca. Alergia a pelos de animais, por exemplo, costuma provocar inflamação das mucosas, com lacrimejamento e secreção nasal abundante. Já alergia a substâncias contidas em alimentos pode provocar vômitos e diarreia. Em muitos tipos de alergia, a musculatura lisa dos bronquíolos se contrai, provocando estreitamento das vias respiratórias e dificultando, assim, a passagem do ar.

Havendo predisposição genética, quando ocorre a primeira exposição do organismo ao alérgeno (antígeno), uma classe especial de imunoglobulinas (anticorpos), a imunoglobulina E (IgE), passa a ser produzida e se fixa na membrana dos mastócitos.

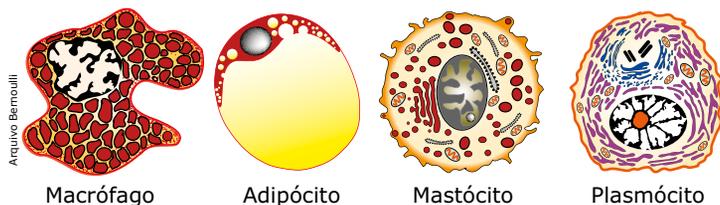
Ao penetrar o organismo, em uma exposição subsequente, o alérgeno se liga à imunoglobulina E da membrana dos mastócitos, provocando uma reação nessas células conjuntivas, que, então, passam a liberar histamina para o meio extracelular.



Atividade do mastócito em resposta a antígenos.

A histamina liberada pelos mastócitos provoca os conhecidos sintomas de coriza, lacrimejamento, edema e congestão das mucosas, como nas rinites, indisposição geral, dor de cabeça, estreitamento dos brônquios (bronquite asmática). Essas reações alérgicas são denominadas "reações de sensibilidade imediata" porque ocorrem rapidamente, poucos minutos após a penetração do antígeno. Medicamentos que inibem a ação da histamina, os anti-histamínicos, aliviam os sintomas da alergia.

- **Plasmócitos** são células pequenas, ovaladas, com um retículo endoplasmático rugoso muito desenvolvido. O núcleo, que não ocupa posição central, apresenta uma cromatina disposta de tal forma que lembra, segundo alguns autores, uma "roda de carroça". Os plasmócitos também são células de defesa, uma vez que produzem anticorpos contra substâncias e contra micro-organismos estranhos. Os plasmócitos se originam dos linfócitos B (um tipo de glóbulo branco).



Macrófago Adipócito Mastócito Plasmócito

Tipos celulares do tecido conjuntivo propriamente dito.

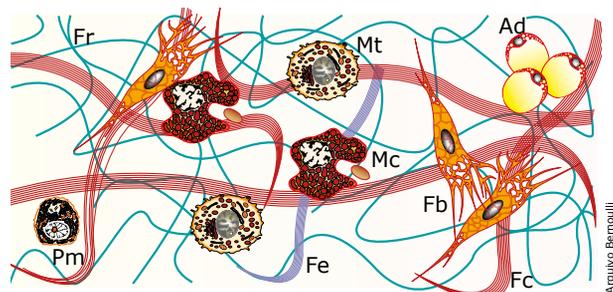
Além das células já mencionadas, leucócitos e células mesenquimatosas também são encontrados no tecido conjuntivo propriamente dito. Os leucócitos (glóbulos brancos), como os neutrófilos, eosinófilos e linfócitos, chegam ao conjuntivo próprio vindos do sangue por diapedese, ou seja, migrando através das paredes dos capilares e vênulas. As células mesenquimatosas são células embrionárias, indiferenciadas, que persistem no tecido conjuntivo do indivíduo adulto, sendo capazes de se diferenciar em alguns tipos de células conjuntivas, como fibroblastos.

- **Substância fundamental amorfa** é uma substância viscosa, de aspecto gelatinoso, constituída por água, sais, proteínas e, principalmente, mucopolissacarídeos (glicoproteínas) produzidos pelos fibroblastos. Essa substância preenche os espaços entre as células e as fibras do conjuntivo.
- **Fibras** são filamentos proteicos encontrados dispersos na substância amorfa. Elas são formadas por proteínas produzidas pelos fibroblastos e podem ser de três tipos: colágenas, elásticas e reticulares.
 1. **Fibras colágenas** são as mais grossas e as mais frequentemente encontradas. São constituídas por uma proteína denominada colágeno, que é a proteína mais abundante do corpo humano (cerca de 30% do total de proteínas do corpo). São flexíveis, brancas e possuem grande resistência, distendendo-se pouco quando tensionadas.
 2. **Fibras elásticas** são mais finas do que as colágenas, de coloração amarela, sendo constituídas pela proteína elastina, que, conforme o próprio nome diz, possui boa elasticidade. Quando você puxa e solta a pele da parte de cima de sua mão, são as fibras elásticas que rapidamente devolvem à pele sua forma original.
 3. **Fibras reticulares** são as mais delgadas do tecido conjuntivo e se entrelaçam de forma a constituir um retículo (pequena rede). São constituídas por colágeno associado a glicídios.

O tecido conjuntivo propriamente dito (TCPD) é subdividido em: tecido conjuntivo frouxo e tecido conjuntivo denso.

Tecido conjuntivo frouxo

É um tecido em que não há predomínio acentuado de algum elemento, sejam células, fibras ou substância fundamental. Suas fibras estão dispostas sem qualquer orientação. É de consistência delicada, flexível e pouco resistente à tração. Esse tecido forma a lâmina própria, camada de tecido conjuntivo que apoia e nutre o tecido epitelial das mucosas. Mucosa é o conjunto formado pelo epitélio e pelo tecido conjuntivo que reveste cavidades úmidas, como a boca, estômago, intestinos, etc. É encontrado também envolvendo nervos, vasos sanguíneos e linfáticos.



Tecido conjuntivo frouxo - Fb = Fibroblasto; Mc = Macrófago; Ad = Adipócito; Mt = Mastócito; Pm = Plasmócito; Fc = Fibra colágena; Fr = Fibra reticular; Fe = Fibra elástica.

Tecido conjuntivo denso

Há predomínio de fibras colágenas em relação às células. Entre as células, as mais frequentes são os fibroblastos. É muito resistente e, conforme a disposição de suas fibras, subdivide-se em modelado e não modelado.

Denso modelado

Também conhecido por denso ordenado ou, ainda, tendinoso, apresenta fibras colágenas dispostas de forma ordenada, organizadas em uma única direção, formando feixes compactos e paralelos. Entre esses feixes, há fibroblastos. É o tecido que forma os **tendões** e os **ligamentos**.

OBSERVAÇÃO

Os tendões são cordões muito resistentes que ligam os músculos aos ossos. Um tendão bem visível é o que liga os músculos da panturrilha ("batata" da perna) ao osso do calcâneo, o tendão calcâneo (conhecido popularmente por tendão de Aquiles).

Os ligamentos são cordões que ligam os ossos entre si, unindo-os na região das articulações.

Denso não modelado

Também chamado de denso desordenado, possui fibras colágenas distribuídas de maneira difusa, não ordenadas, em todas as direções. É encontrado na camada mais profunda da derme, no perióstio (película que envolve os ossos), no pericôndrio (película que envolve as cartilagens) e nas cápsulas que envolvem alguns órgãos, como os rins, o fígado, os testículos e o baço.

TECIDO CONJUNTIVO ADIPOSO



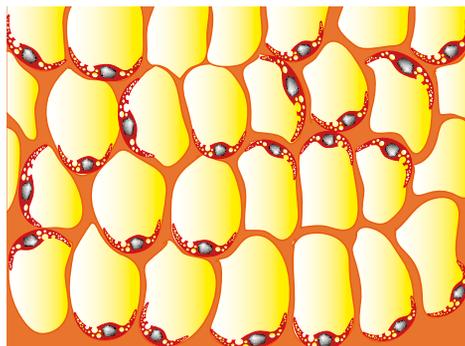
O tecido conjuntivo adiposo ou gorduroso possui os mesmos constituintes do conjuntivo propriamente dito, apresentando, entretanto, um predomínio de adipócitos. Os fibroblastos, macrófagos e mastócitos, bem como as fibras proteicas, estão em número reduzido. As células adiposas (adipócitos), que são numerosas, se reúnem formando grupos de células, separados por septos de tecido conjuntivo frouxo.

As células adiposas se originam no embrião, a partir dos lipoblastos, derivados das células mesenquimatosas indiferenciadas. Acredita-se que, durante um curto período de tempo, após o nascimento, estímulos diversos e, principalmente, alimentação excessiva promovam o aparecimento de novos lipoblastos. Depois dessa fase, as células adiposas não se dividem mais, e o crescimento do tecido ocorre devido ao acúmulo de lipídios nos adipócitos. Assim, o indivíduo adulto engorda pela deposição de lipídios nas células adiposas já existentes.

O tecido adiposo pode ser unilocular ou multilocular.

Tecido adiposo unilocular (tecido adiposo comum, tecido adiposo amarelo)

Suas células são grandes e possuem o citoplasma preenchido por uma volumosa gota de gordura, cuja degradação libera energia para o metabolismo, ou seja, para a produção de ATP. A coloração desse tecido varia entre o branco e o amarelo-escuro, dependendo, em parte, da dieta. Essa coloração se deve principalmente ao acúmulo de carotenoides dissolvidos nas gorduras. É um tecido de reserva, pois armazena gordura, combustível orgânico altamente energético (lembre-se de que os lipídios constituem a segunda fonte de energia para o nosso organismo). Além de ser reservatório energético, exerce outras funções, como a de isolamento térmico e a de proteção contra choques mecânicos (ação amortecedora dos choques). Também produz o hormônio leptina que atua no hipotálamo, diminuindo o apetite e aumentando o gasto de energia.



Arquivo Bernoulli

Tecido adiposo unilocular

O tecido adiposo unilocular se distribui no corpo humano de acordo com biotipo, sexo e idade e constitui reserva de energia e de proteção contra o frio. É encontrado na tela subcutânea (panículo adiposo, tecido subcutâneo, hipoderme), na medula óssea amarela (tutano) e também pode ocorrer ao redor de alguns órgãos, como os rins e o coração.

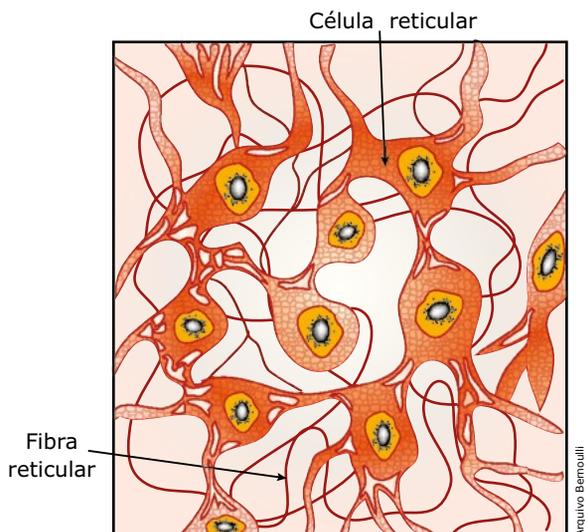
Tecido adiposo multilocular (tecido adiposo pardo)

Suas células são menores do que as do tecido unilocular, têm forma poligonal e apresentam, em seu citoplasma, várias gotículas de gordura e numerosas mitocôndrias. Sua coloração parda se deve à vascularização abundante e às numerosas mitocôndrias presentes em suas células. Por serem ricas em citocromos, as mitocôndrias têm cor avermelhada. As mitocôndrias do tecido multilocular possuem, nas suas membranas internas, uma proteína chamada termogenina, que impede a ocorrência das reações de ATP sintetase e, em consequência disso, a energia liberada pelo fluxo de elétrons não é usada para sintetizar ATP, sendo dissipada como calor. Assim, a função do tecido adiposo multilocular é produzir calor. Ao contrário do tecido unilocular, que é encontrado por quase todo o corpo, o tecido multilocular é de distribuição limitada. Predomina em fetos e em recém-nascidos, protegendo-os contra o frio excessivo. Como esse tecido não cresce nem há neoformação do mesmo após o nascimento, nem ocorre transformação de um tipo de tecido adiposo em outro, sua quantidade no adulto é extremamente reduzida.

TECIDO CONJUNTIVO HEMATOPOIÉTICO



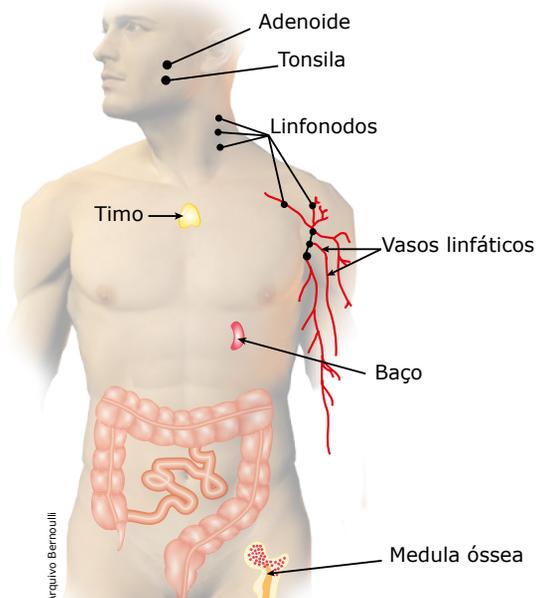
Também chamado de hematocitopoiético ou, ainda, de reticular, esse tecido, responsável pela hematopoiese (formação das células sanguíneas), é formado por fibras reticulares em íntima associação com células reticulares primitivas, que são, na realidade, fibroblastos especializados na produção de fibras reticulares. Entre as células reticulares, existe um número variável de macrófagos e muitas células hematopoiéticas, que darão origem às células do sangue.



Desenho esquemático do tecido reticular, mostrando as relações entre as células reticulares e as fibras do mesmo nome. As fibras têm localização extracelular.

O tecido hematopoiético é subdividido em duas variedades: mieloide e linfoide.

- A) Tecido mieloide** – Encontrado no interior dos ossos longos, formando a medula óssea vermelha ou hematogena, é responsável pela produção de hemácias (glóbulos vermelhos), plaquetas e leucócitos (glóbulos brancos).
- B) Tecido linfoide** – Encontrado espalhado pelo nosso corpo, principalmente no timo, no baço e nos gânglios linfáticos (linfonodos). Adenoide e tonsilas (amígdalas) também possuem esse tecido. No tecido linfoide, ocorre maturação de linfócitos (um tipo de glóbulo branco). Também é rico em macrófagos e plasmócitos.

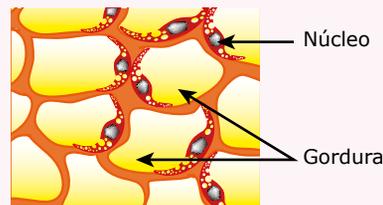


Órgãos com tecido hematopoiético.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (PUC Minas) Não é conjuntivo o tecido
 - A) ósseo.
 - B) cartilaginoso.
 - C) sanguíneo.
 - D) hematopoiético.
 - E) glandular.
- 02.** (EFOA-MG) O tecido responsável pela formação de células sanguíneas vermelhas (hematopoiético mieloide) é encontrado no(s)
 - A) interior dos ossos.
 - B) coração.
 - C) baço.
 - D) fígado.
 - E) gânglios linfáticos.
- 03.** (UFV-MG) Os órgãos do corpo humano são formados por vários tecidos. Cada tecido possui células com funções específicas. O tecido representado a seguir foi observado em corte histológico ao microscópio óptico.



Pelo tipo de células, pode-se afirmar que o exemplo é um tipo de tecido

- A) epitelial.
 - B) conjuntivo.
 - C) hematopoiético.
 - D) muscular.
 - E) glandular.
- 04.** (Unimontes-MG) Algumas células do tecido conjuntivo estão relacionadas à resposta imunológica. As afirmativas a seguir se referem a essas células. Analise-as e assinale a alternativa correta.
 - A) Os mastócitos originam-se de linfócitos T.
 - B) Os plasmócitos produzem anticorpos.
 - C) Os macrófagos têm papel central na alergia.
 - D) Os fibroblastos fagocitam restos de células.

- 05.** (FESPI-BA) Examinando um tecido conjuntivo frouxo, um histologista observou três tipos de células e fez as seguintes anotações:

I	II	III
Células arredondadas. Produzem anticorpos contra substâncias estranhas.	Células com enorme vacúolo central. Reserva substâncias nutritivas.	Células grandes mais ou menos ovoides. Ingerem, por fagocitose, bactérias ou outros agentes infecciosos.

As características observadas nos grupos I, II e III encontram-se, respectivamente, em

- A) células adiposas, macrófagos, plasmócitos.
 B) fibroblastos, macrófagos, plasmócitos.
 C) plasmócitos, células adiposas, macrófagos.
 D) células adiposas, plasmócitos, macrófagos.
 E) fibroblastos, células adiposas, macrófagos.

- 04.** (UECE) Em uma prova prática de histologia humana, o professor solicitou que os estudantes analisassem uma lâmina e elaborassem uma descrição do material observado. Uma das respostas foi: "o tecido apresenta espaço entre as células, é ricamente vascularizado, possui grande quantidade de substância intercelular e nele constata-se a presença de fibras na matriz extracelular".

- Pode-se afirmar corretamente que a descrição acima se refere ao tecido
- A) epitelial. C) muscular.
 B) conjuntivo. D) nervoso.

- 05.** (UNISC-RS) A ação dos mastócitos do tecido conjuntivo propriamente dito pode ser relacionada com

- A) processos alérgicos.
 B) produção de fibras colágenas.
 C) fagocitose de antígenos.
 D) regeneração do tecido.
 E) nenhuma das alternativas anteriores está correta.

- 06.** (UFPR) A vitamina C atua na reação de hidroxilação enzimática da prolina em hidroxiprolina, aminoácidos essenciais para a formação do colágeno. A partir dessa informação, é possível afirmar que a vitamina C está relacionada à manutenção de qual tipo de tecido dos organismos multicelulares?

- A) Conjuntivo. D) Nervoso.
 B) Epitelial. E) Adiposo.
 C) Sanguíneo.

- 07.** (Unioeste-PR) Um estudante visualizando uma lâmina ao microscópio óptico observa um tecido que contém feixes espessos e ondulados de fibras colágenas dispostos irregularmente. Observa também o núcleo oval de fibroblastos separados por feixes de colágeno. O material observado pelo aluno é o tecido

- A) conjuntivo mucoso.
 B) conjuntivo frouxo.
 C) conjuntivo elástico.
 D) conjuntivo reticular.
 E) conjuntivo denso não modelado.

- 08.** (UEPB) Aquiles, guerreiro mitológico e um semideus, é o maior dos heróis gregos, sétimo filho de Peleu, rei dos *Mirmidões*, com Tétis, a mais bela das *neréidas*, ninfa marinha e neta da Terra e do Mar. Uma das versões correntes conta que, inconformada com a mortalidade dos filhos que gerava, Tétis mergulhou seu filho nas águas do rio Estige, o rio infernal, segurando-o pelo calcanhar, para torná-lo invulnerável. Assim, este ponto ficou vulnerável, visto que não havia sido mergulhado naquelas águas imortalizantes. Aquiles cresceu e se tomou um dos principais heróis gregos da Guerra de Troia, sendo, ao final, atingido e morto por Páris, com uma flecha no calcanhar.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UEA-AM-2016) Analisando um fragmento de tecido com o auxílio de um microscópio óptico, um histologista observou a presença de fibroblastos, macrófagos, mastócitos e células mesenquimais. O fragmento sob análise pertence ao tecido

- A) conjuntivo. D) hematopoético.
 B) nervoso. E) cartilaginoso.
 C) muscular.

- 02.** (UNIUBE-MG) No tecido conjuntivo denso há o predomínio de fibras colágenas e de fibroblastos. Quando as fibras colágenas de um tecido conjuntivo denso estão organizadas em feixes seguindo uma orientação fixa, como se observa nos tendões e ligamentos, esse tecido conjuntivo é chamado de

- A) elástico. D) denso não modelado.
 B) frouxo. E) mucoso.
 C) denso modelado.

- 03.** (Unifor-CE) Considere as seguintes funções:

- Isolamento térmico
- Reserva energética
- Proteção contra choques mecânicos

Nos mamíferos, essas três funções são desempenhadas

- A) pela pelagem.
 B) pela epiderme.
 C) pelas glândulas sebáceas.
 D) pela circulação da pele.
 E) pelo pânículo adiposo.

Daí se falar hoje em tendão de Aquiles, uma denominação vulgar para o tendão calcâneo, que se encontra na parte inferior e posterior da perna.

Do ponto de vista histológico, o tendão calcâneo é formado por:

- A) Tecido conjuntivo fibroso.
- B) Tecido conjuntivo denso modelado.
- C) Tecido conjuntivo cartilaginoso.
- D) Tecido conjuntivo frouxo.
- E) Tecido conjuntivo ósseo.

09. (UFPI) Para amenizar rugas e vincos na pele sem intervenção do bisturi, os médicos contam com algumas substâncias como o colágeno, o silicone e os ácidos (Restylane e afins), que apresentam atividade fraca quando aplicadas na pele por uso externo, mas mostram bons resultados quando injetadas na derme. Indique a alternativa que apresenta a explicação correta.

- A) A derme é a camada mais externa da pele, e sua localização facilita a atuação das substâncias, que vão atuar no tecido epitelial.
- B) A derme, composta de tecido conjuntivo, é quem confere elasticidade e resistência à pele, e a aplicação interna dessas substâncias atua no preenchimento dos locais falhos.
- C) A perfeita união entre as células epiteliais faz com que o epitélio seja totalmente impermeável à água e a essas substâncias.
- D) As substâncias, quando aplicadas pelo uso externo, estimulam a duplicação das camadas do tecido epitelial da derme, mas a camada de queratina não permite que atuem na derme.
- E) As glândulas exócrinas presentes no tecido epitelial atuam como barreiras físicas e químicas, impedindo a passagem das substâncias até a derme, evitando sua atividade.

10. (UEFS-BA) A popularização da tatuagem nas últimas duas décadas, principalmente entre os jovens, provoca agora uma corrida dos arrependidos aos consultórios dos dermatologistas para apagar os desenhos na pele. [...] O grau de sucesso da remoção depende das cores da tatuagem. Tons escuros, como preto e azul-marinho, são mais fáceis de remover, mas é quase impossível apagar totalmente as cores claras. Mesmo quando o desenho é eliminado por completo, é comum a região da pele onde repousava a tatuagem ficar manchada, com um tom esbranquiçado. A ação do laser é agressiva. Uma vez que o raio atinge a tatuagem, ele explode os pigmentos em partículas ainda menores, que são absorvidas pelos macrófagos. Essas células são eliminadas pelo sistema linfático, levando consigo os micropigmentos.

MELO, Carolina. *Veja*, São Paulo: Abril, ed. 2287, ano 45, n. 38, p. 110-112. 19 set. 2012.

No procedimento para remoção das tatuagens, o raio *laser* explode os pigmentos em pequenas partículas, que são absorvidas pelos macrófagos, células que se caracterizam por apresentar

- A) capacidade de produção de anticorpos em resposta à presença de agentes estranhos ao organismo.
- B) intensa atividade fagocitária, participando da defesa orgânica.
- C) membrana celular pobre em moléculas de colesterol, que lhe confere a rigidez essencial às suas funções.
- D) elevada taxa de síntese, necessária ao seu papel no processo de cicatrização de ferimentos.
- E) função anticoagulante associada à heparina acumulada em seus vacúolos.

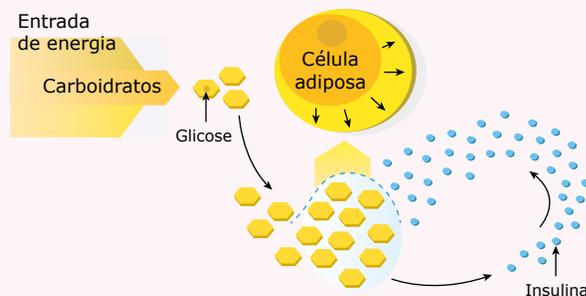
11. (IFNMG) As reações alérgicas ou “alergias” ocorrem quando determinada substância irritante (alérgeno) entra em contato com nosso organismo, provocando os sintomas como o inchaço local, se for na conjuntiva dos olhos; se a substância for ingerida, pode causar alergia estomacal com diarreias e vômitos; e, se for inalada, pode provocar espirros e coriza. Mas se o alérgeno entra na corrente sanguínea, a reação anafilática pode ter grande amplitude, sendo chamada de choque anafilático, com sintomas como taquicardia, queda da pressão arterial, inchaço na glote, diarreias e vômitos. O choque pode levar à morte e deve ser tratado imediatamente.

Com base no trecho anterior e em seus conhecimentos sobre o assunto, assinale a alternativa que indica as células responsáveis por esse mecanismo e as suas respectivas funções nos tecidos em que se encontram:

- A) Macrófagos – realizam a fagocitose de partículas e corpos estranhos no organismo.
- B) Mastócitos – produzem e liberam a histamina, que é uma substância vasodilatadora, e a heparina, que é uma substância anticoagulante.
- C) Plasmócitos – produzem as imunoglobulinas, que constituem os anticorpos que participam dos mecanismos de defesa contra substâncias estranhas ou microrganismos que penetrem os tecidos.
- D) Linfócitos – presentes no sangue, atuam na produção de anticorpos, destroem células anormais como as cancerosas e atuam na imunidade do organismo.

12. (UEFS-BA) Uma das hipóteses – desequilíbrio hormonal – para explicar a obesidade considera a complexa regulação fisiológica de células adiposas.

A figura esquematiza aspectos básicos dessa hipótese.



TAUBES, Gary. Qual deles engorda? *Scientific American Brasil*, São Paulo: Abril, ano 12, n. 137, p. 57. out. 2013.

Sobre as células adiposas, constituintes de um tipo especial de tecido conjuntivo, é correto afirmar:

- A) Perdem o núcleo ao longo do seu ciclo de vida pelo acúmulo de reserva energética sob a forma de gotículas de gordura.
- B) Exibem uma rede de fibras colágenas que retém os depósitos de gordura no interior do compartimento citoplasmático.
- C) Sofrem processo de diferenciação, a partir de células mesenquimatosas e alteram seu volume em função da dinâmica fisiológica.
- D) Aumentam de número por constantes divisões mitóticas, mantendo a relação superfície-volume no limite peculiar a todas as células humanas.
- E) Apresentam um extenso sistema de endomembranas, em virtude da ausência de organelas envolvidas no metabolismo bioenergético.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem–2017) A terapia celular tem sido amplamente divulgada como revolucionária, por permitir a regeneração de tecidos a partir de células novas. Entretanto, a técnica de se introduzirem novas células em um tecido, para o tratamento de enfermidades em indivíduos, já era aplicada rotineiramente em hospitais.

A que técnica refere-se o texto?

- A) Vacina.
- B) Biópsia.
- C) Hemodiálise.
- D) Quimioterapia.
- E) Transfusão de sangue.

- 02.** (Enem–2017) O diclorodifeniltricloroetano (DDT) é o mais conhecido dentre os inseticidas do grupo dos organoclorados, tendo sido largamente usado após a Segunda Guerra Mundial para o combate aos mosquitos vetores da malária e do tifo. Trata-se de um inseticida barato e altamente eficiente em curto prazo, mas, em longo prazo, tem efeitos prejudiciais à saúde humana. O DDT apresenta toxicidade e característica lipossolúvel.

D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (diclorodifeniltricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental - uma revisão. *Química Nova*, n. 6, 2002 (Adaptação).

Nos animais, esse composto acumula-se, preferencialmente, no tecido

- A) ósseo.
- B) adiposo.
- C) nervoso.
- D) epitelial.
- E) muscular.

- 03.** (Enem–2015) A definição de queimadura é bem ampla, porém, basicamente, é a lesão causada pela ação direta ou indireta produzida pela transferência de calor para o corpo. A sua manifestação varia desde bolhas (flictenas) até formas mais graves, capazes de desencadear respostas sistêmicas proporcionais à gravidade da lesão e sua respectiva extensão. Muitas vezes, os primeiros socorros prestados à vítima, em vez de ajudar, acabam agravando ainda mais a situação do paciente.

Disponível em: <www.bombeiros-bm.rs.gov.br>.
Acesso em: 28 fev. 2012 (Adaptação).

Ao se deparar com um indivíduo que sofreu queimadura com formação de flictena, o procedimento de primeiros socorros que deve ser realizado antes de encaminhar o paciente ao hospital é

- A) colocar gelo sobre a flictena para amenizar o ardor.
- B) utilizar manteiga para evitar o rompimento da flictena.
- C) passar creme dental para diminuir a ardência da flictena.
- D) perfurar a flictena para que a água acumulada seja liberada.
- E) cobrir a flictena com gazes molhadas para evitar a desidratação.

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. A
- 03. B
- 04. B
- 05. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. C
- 03. E
- 04. B
- 05. A
- 06. A
- 07. E
- 08. B
- 09. B
- 10. B
- 11. B
- 12. C

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. B
- 03. E



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Tecidos Conjuntivos de Sustentação e de Transporte

TECIDOS CONJUNTIVOS DE SUSTENTAÇÃO

Tecido cartilaginoso

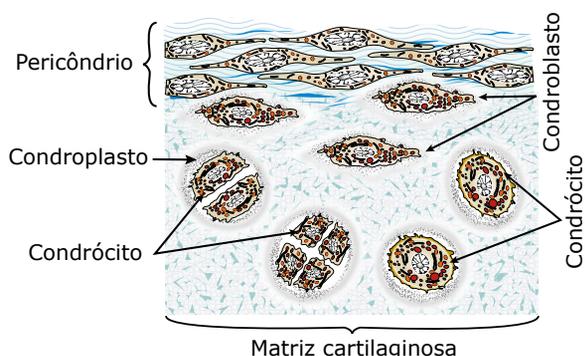
Como os demais tipos de tecido conjuntivo, o tecido cartilaginoso, ou simplesmente cartilagem, contém células (condroblastos e condrócitos) e uma substância intercelular, chamada de matriz cartilaginosa.

Os condroblastos são as células cartilaginosas jovens, com intensa atividade metabólica, responsáveis pela fabricação da matriz cartilaginosa. Originam-se da diferenciação de células mesenquimatosas.

Os condrócitos são células cartilaginosas adultas, originárias dos condroblastos. São encontrados no interior de lacunas, denominadas condroplastos, escavadas na matriz cartilaginosa. Um condroplasto (lacuna) pode conter um ou mais de um condrócito.

A matriz cartilaginosa é constituída da substância fundamental amorfa (rica em mucopolissacarídeos ácidos, como o ácido hialurônico e o ácido condroitinsulfúrico) e de fibras proteicas (colágenas e elásticas).

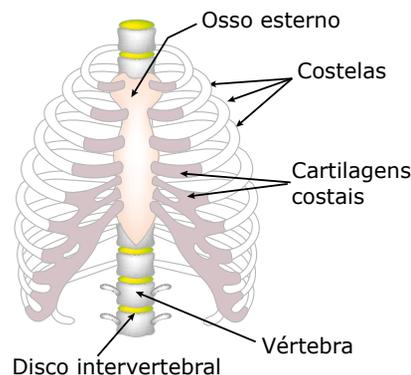
O tecido cartilaginoso é desprovido de vasos sanguíneos, de vasos linfáticos e de nervos. Na maioria das cartilagens, os nutrientes necessários à manutenção de suas células provêm, por difusão, dos vasos sanguíneos existentes no pericôndrio (película de tecido conjuntivo denso não modelado que envolve a cartilagem). As substâncias se difundem lentamente do pericôndrio para a matriz cartilaginosa, o que explica o baixo metabolismo da cartilagem e a dificuldade dos processos de regeneração desse tecido. Como também não possuem nervos, as cartilagens não têm sensibilidade.



Componentes do tecido cartilaginoso.

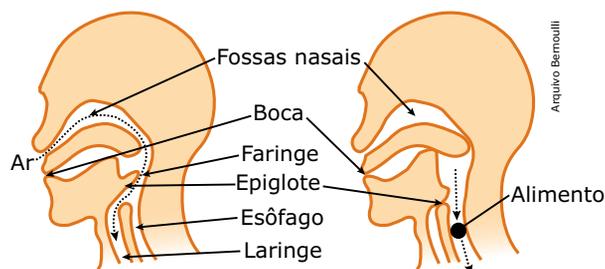
De acordo com a abundância e com o tipo de fibra presente na sua matriz, existem três variedades de cartilagem: hialina, elástica e fibrosa.

- **Cartilagem hialina** - É a mais frequente do corpo humano e se caracteriza por possuir uma quantidade moderada de fibras colágenas e não ter fibras elásticas. Forma o primeiro esqueleto do embrião, que, posteriormente, é substituído por um esqueleto ósseo na maioria dos vertebrados. No adulto, é encontrada no nariz, na laringe, nos anéis da traqueia e dos brônquios, na extremidade ventral das costelas (cartilagens costais, que ligam as costelas ao osso esterno), nos discos epifisários dos ossos longos e nas articulações móveis entre ossos longos (cartilagens articulares).



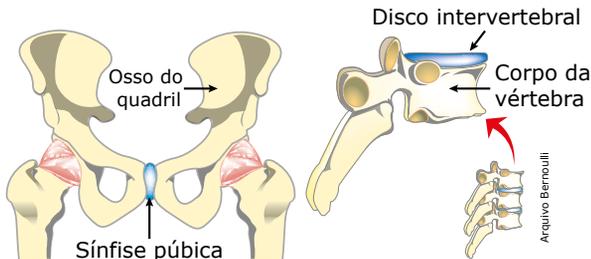
Localização da cartilagem hialina.

- **Cartilagem elástica** - Além de fibras colágenas, também possui fibras elásticas entrelaçadas, o que lhe confere maior elasticidade. É encontrada no pavilhão auditivo (orelha) e na epiglote.



Localização da cartilagem elástica.

- **Cartilagem fibrosa (fibrocartilagem)** – Sua matriz é constituída quase que exclusivamente de fibras colágenas dispostas em espessos feixes. É a cartilagem mais resistente que existe no organismo, sendo encontrada nos discos intervertebrais, na sínfise púbica (união no plano mediano dos ossos do quadril) e nos meniscos. Na fibrocartilagem, não existe pericôndrio.



Localização da cartilagem fibrosa.

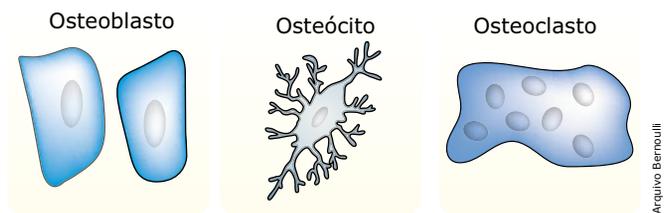
Além das funções de suporte e modelagem, as cartilagens revestem as superfícies das articulações e, por serem lisas e escorregadias, facilitam os movimentos dos ossos.

Tecido ósseo

É formado pela substância intercelular, denominada matriz óssea, e por três tipos de células: osteoblastos, osteócitos e osteoclastos.

A matriz óssea possui uma parte orgânica (matriz óssea orgânica) e uma parte mineral ou inorgânica (matriz óssea inorgânica). A orgânica é constituída, predominantemente, de fibras colágenas, e a parte inorgânica é formada, principalmente, por cristais de fosfato de cálcio (hidroxiapatita) que se depositam sobre as fibras colágenas.

Enquanto os minerais conferem dureza, o colágeno dá flexibilidade e resistência ao tecido ósseo. Isso pode ser comprovado por meio de dois experimentos relativamente simples. No primeiro, experimente remover com vinagre o fosfato de cálcio de um osso de galinha. O vinagre contém cerca de 4% de ácido acético e, como o fosfato de cálcio é solúvel em soluções ácidas, o vinagre é um descalcificador. Renove o vinagre a cada dois dias, pois o processo é lento e sua duração vai depender do grau de mineralização do osso. Observe que, quando todo o cálcio estiver removido, o osso tornar-se-á flexível, mas manterá a mesma forma que apresentava inicialmente. No segundo, retire do osso apenas o componente orgânico, representado principalmente pelo colágeno, deixando nele a parte mineral. Isso pode ser feito por meio de fervura prolongada e posterior desidratação em forno. O osso ficará reduzido apenas à estrutura inorgânica calcária, tornando-se extremamente quebradiço.



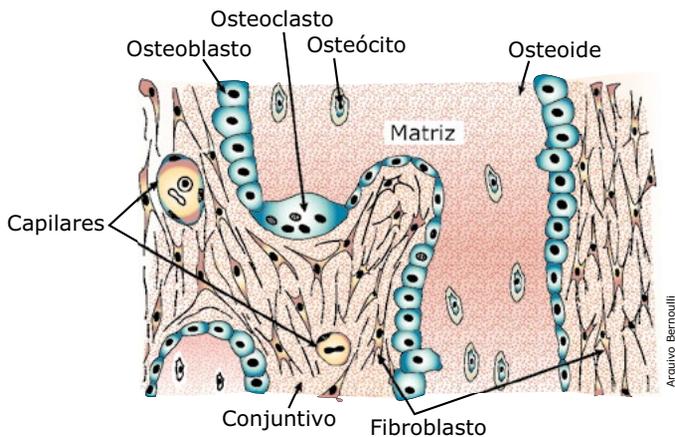
Células do tecido ósseo.

Os osteoblastos têm forma cúbica e são as células ósseas jovens, originárias da diferenciação de células mesenquimatosas. Constroem o tecido ósseo, pois produzem a matriz óssea orgânica. Por isso, são encontrados nas zonas onde o tecido ósseo está em formação (tecido ósseo primário). A matriz óssea, recém-formada, adjacente aos osteoblastos ativos, e que não está ainda calcificada, recebe o nome de osteoide. Após serem envolvidos pela matriz óssea que eles próprios produzem, os osteoblastos se transformam em osteócitos. Os osteócitos são as células ósseas adultas, originárias do desenvolvimento dos osteoblastos. Localizam-se no interior de lacunas (cavidades), denominadas osteoplastos, escavadas na própria matriz óssea. Os diversos osteoplastos se comunicam uns com os outros por meio de canaliculos. Esses canaliculos também permitem a comunicação dos osteócitos com os canais vasculares da matriz, permitindo, assim, a nutrição das células ósseas.

Os osteoclastos são células globosas, gigantes, multinucleadas, originárias dos monócitos do sangue circulante. Após atravessar a parede dos capilares dos ossos, os monócitos se fundem para formar os osteoclastos. Por meio da ação de enzimas que produzem e liberam, os osteoclastos promovem a digestão da matriz óssea e, em seguida, reabsorvem a matriz digerida (reabsorção da matriz óssea). Essa ação dos osteoclastos é fundamental para o processo de renovação do tecido ósseo. O tecido ósseo, principalmente nos jovens, está em renovação constante. Essa renovação é realizada mediante uma fase de reabsorção, seguida de uma fase de reconstrução. Os osteoclastos são responsáveis pela reabsorção, e os osteoblastos, pela reconstrução do tecido. A presença de osteoclastos em uma determinada área de tecido ósseo indica que, nessa área, está havendo reabsorção da matriz óssea. Após uma fratura, por exemplo, os osteoclastos se tornam muito ativos, participando de forma marcante no processo de regeneração do tecido ósseo.

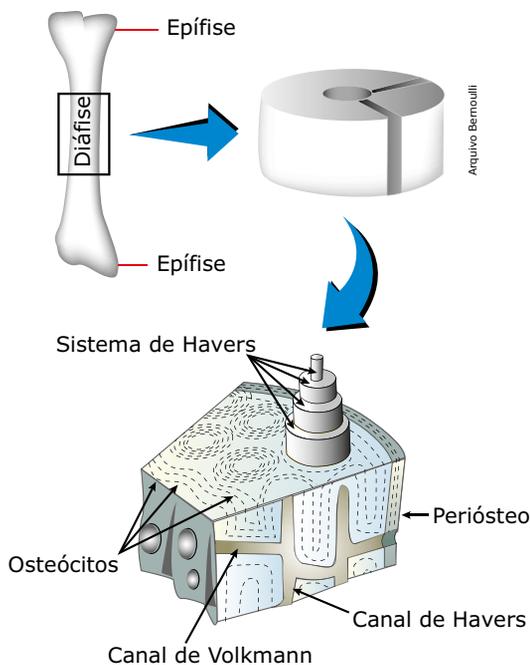
O tecido ósseo pode ser classificado em primário e secundário.

- **Tecido ósseo primário (imaturo)** – É o primeiro tecido ósseo formado em um determinado local. Nele, as fibras colágenas formam feixes dispostos irregularmente e a matriz apresenta menor quantidade de minerais (pouco mineralizada). Gradativamente, o tecido ósseo primário vai sendo substituído pelo tecido ósseo secundário.

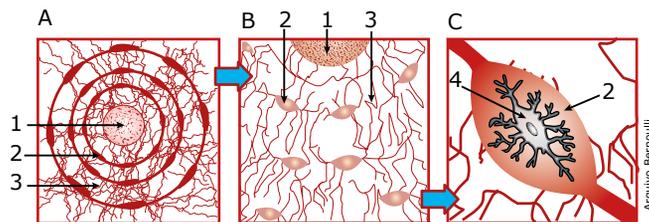


Tecido ósseo primário.

- Tecido ósseo secundário (maduro, lamelar)** – Sua principal característica é possuir osteoplastos dispostos em camadas concêntricas em torno de canais, os canais centrais (canais de Havers). Cada canal central contém vasos sanguíneos, nervos e tecido conjuntivo frouxo. Os canais centrais se comunicam transversalmente uns com os outros por meio dos canais perforantes (canais de Volkmann), que também contêm vasos sanguíneos e fibras nervosas. Cada canal central com as camadas concêntricas de osteoplastos que o circundam recebe o nome de sistema de Havers ou ósteon. No tecido ósseo secundário (adulto ou maduro), existem diversos sistemas de Havers ou osteônios. As cavidades dos canais de Havers e de Volkmann são revestidas por uma camada de células achatadas, denominada endóstio.



Componentes do tecido ósseo secundário.



Detalhes de um sistema de Havers – A. Por inteiro; B. Parcial; C. Detalhe de um osteoplasto; 1. Canal de Havers; 2. Osteoplasto (lacuna onde se aloja um osteócito); 3. Canaliculos por onde se dá a difusão de líquidos e gases respiratórios. Ao redor do canal de Havers, as lâminas calcárias se dispõem concêntrica, formando as lamelas ósseas. 4. Osteócito.

Os ossos

O tecido ósseo é o tecido mais abundante em um osso. O osso é, portanto, um órgão. Em um osso, existem vários tipos de tecidos: hematopoiético, cartilaginoso, adiposo, sanguíneo, nervoso, além do tecido ósseo que obviamente é o predominante.

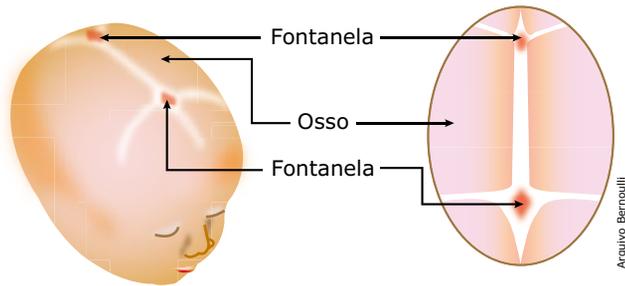
O processo de formação dos ossos tem o nome de ossificação ou osteogênese e pode ser de dois tipos: intramembranoso e endocondral.

- Ossificação intramembranosa ou conjuntiva** – É feita a partir de uma membrana de tecido conjuntivo embrionário. O tecido ósseo começa a se formar às custas de osteoblastos resultantes da diferenciação de células mesenquimatosas. Esses osteoblastos sintetizam grande quantidade de colágeno, organizando uma matriz descalcificada, chamada osteoide. Por calcificação da matriz, surgem zonas ou pontos de ossificação, e as células, aí aprisionadas, constituem os osteócitos. Resultam, assim, lâminas ósseas irregulares que aos poucos crescem e se fundem.

A parte da membrana conjuntiva que não sofre ossificação e que recobre agora o osso formado constitui o perióstio.

A ossificação intramembranosa é o processo formador dos ossos chatos de nosso organismo, como os do crânio, e também contribui para o crescimento em espessura dos ossos longos.

Em nosso crânio, durante a ossificação intramembranosa, nos pontos de sutura da caixa craniana, persistem as fontanelas (“moleiras”) menos rígidas.



Crânio fetal, mostrando as fontanelas ("moleiras") – As conhecidas "moleiras" dos recém-nascidos correspondem a regiões menos rígidas nas quais a ossificação intramembranosa não se completou. Progressivamente, a membrana dessas regiões será substituída por tecido ósseo, desaparecendo, então, as "moleiras".

- **Ossificação endocondral ou intracartilaginosa** – É feita a partir de um molde de cartilagem hialina, cuja morfologia é semelhante à do osso que vai se formar, porém de tamanho menor. Nesse processo, o tecido cartilaginoso será gradualmente substituído pelo tecido ósseo. Não há transformação de cartilagem em osso, e sim substituição do tecido cartilaginoso pelo tecido ósseo.

A maioria dos ossos de nosso corpo se forma por esse tipo de ossificação. Esse processo é responsável pelo crescimento em comprimento dos ossos longos, contribuindo também para a formação dos ossos curtos.

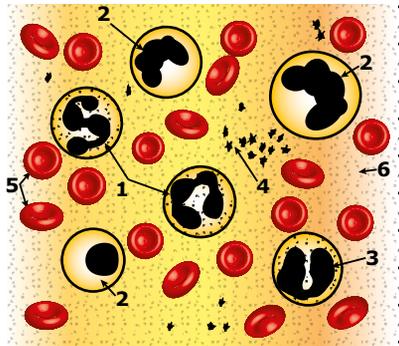
Tanto na ossificação intramembranosa como na endocondral, o primeiro tecido formado é o primário, que, pouco a pouco, será substituído pelo tecido ósseo secundário.

TECIDO CONJUNTIVO DE TRANSPORTE



Tecido sanguíneo

O tecido sanguíneo (sangue) é constituído de uma substância intercelular líquida, denominada plasma, e de elementos celulares (elementos figurados) representados pelas células sanguíneas (glóbulos vermelhos e glóbulos brancos) e por fragmentos de células denominados plaquetas.



Sangue – 1, 2 e 3. Diferentes tipos de glóbulos brancos; 4. Plaquetas; 5. Glóbulos vermelhos; 6. Plasma.

Plasma sanguíneo

É constituído por cerca de 90% de água e de 10% de substâncias orgânicas diversas e íons minerais.

As substâncias orgânicas estão representadas por proteínas, aminoácidos, lipídios, glicose, vitaminas e excretas nitrogenadas (ureia, ácido úrico, etc.). Entre as proteínas, a mais abundante é a albumina, que tem papel fundamental na manutenção da pressão osmótica do sangue. Também existem proteínas encontradas no plasma que atuam como enzimas; algumas participam das reações da coagulação; outras atuam como hormônios e existem, ainda, proteínas de defesa (imunoglobulinas ou anticorpos). Entre os íons minerais, predominam os de sódio, de cloro, de potássio, de cálcio e de fosfato.

Glóbulos vermelhos (eritrócitos, hemácias)

São produzidos na medula óssea vermelha e constituem as células sanguíneas mais numerosas. No indivíduo adulto, são encontrados em média 4,5 a 5,5 milhões de hemácias/mm³ de sangue. Esse número pode sofrer alterações em função de anemias e da altitude. Existem situações em que a taxa de hemácias diminui no sangue ou, então, o número de hemácias pode ser normal, mas cada uma delas pode conter pouca hemoglobina e, conseqüentemente, ser incapacitada de transportar convenientemente o O₂. Nessas situações, temos uma anemia (hipoemia, hipoglobulia).

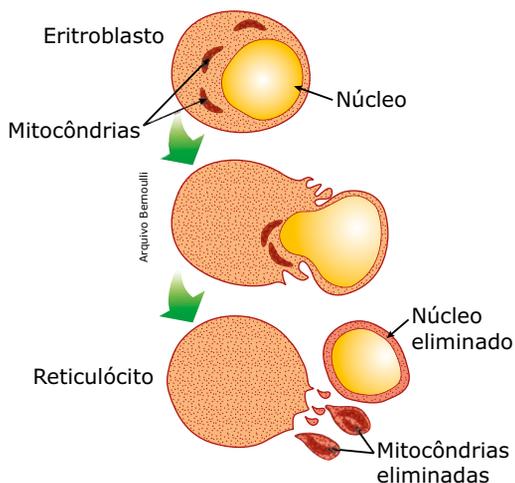
As anemias podem ter como causa: hemorragias (perda de sangue); produção insuficiente de hemácias pela medula óssea; produção de hemácias com hemoglobina insuficiente; destruição acelerada das hemácias.

Também existem situações em que o número de hemácias aumenta. É o que acontece em regiões de grande altitude, onde a disponibilidade de O₂ no ar atmosférico é baixa. Tal fenômeno é chamado de hiperglobulia compensatória ou policitemia. As baixas tensões de O₂ nas grandes altitudes estimulam a maior produção dessas células e a entrada de um maior número delas na circulação. A deficiência de oxigênio nos tecidos (hipoxia) aumenta, no sangue, o teor do hormônio eritropoietina, liberado pelas células dos rins. Esse hormônio estimula a medula óssea a produzir maior número de eritrócitos. Na produção de hemácias, são indispensáveis fatores nutricionais, como a vitamina B₁₂, o ácido fólico e o ferro.

Uma vez lançada na circulação, uma hemácia vive em média de 90 a 120 dias. Por serem continuamente renovadas, tornam-se necessárias a remoção e a conseqüente destruição das hemácias envelhecidas, o que é feito, principalmente, pelo baço e também pelo fígado. As células de Kupffer do fígado têm como função fagocitar hemácias velhas e liberar o ferro contido nas moléculas de hemoglobina. Esse processo de retirada e destruição das hemácias velhas da circulação tem o nome de hemocátrese.

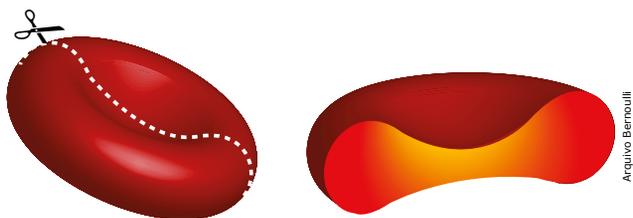
As hemácias circulantes dos mamíferos são anucleadas. Nos demais vertebrados, são nucleadas. Os eritrócitos se formam na medula óssea vermelha a partir de células chamadas eritroblastos. No curso de sua diferenciação, os eritroblastos dos mamíferos expõem o núcleo e sintetizam grande quantidade de moléculas de hemoglobina, transformando-se nos reticulócitos. Os reticulócitos passam para a corrente sanguínea, onde perdem as organelas citoplasmáticas (mitocôndrias, ribossomos, etc.), transformando-se nos eritrócitos. Em virtude de não possuírem núcleo nem organelas, as hemácias não se reproduzem, não sintetizam proteínas, têm um metabolismo relativamente baixo e vida curta.

A célula precursora da hemácia é o eritroblasto, que, em condições normais, não é encontrado no sangue, mas apenas na medula óssea vermelha. Durante sua formação, o eritroblasto expõe o núcleo e fabrica hemoglobina, transformando-se no reticulócito, que amadurece e se transforma na hemácia.



Formação das hemácias.

As hemácias dos mamíferos possuem uma forma de disco bicôncavo. Esse formato aumenta a superfície da membrana plasmática, proporcionando uma maior troca de gases (O_2 e CO_2). Em algumas patologias, a forma normal das hemácias é alterada. Na anemia falciforme, por exemplo, as hemácias, em baixa tensão de O_2 , assumem a forma de "meia-lua" ou de "lâmina de foice", o que justifica o nome dessa anemia.



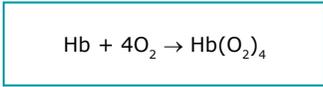
Hemácia de mamífero em corte transversal.

A função dos glóbulos vermelhos é a de transportar os gases respiratórios (O_2 e CO_2) em nosso organismo.

Transporte de O_2

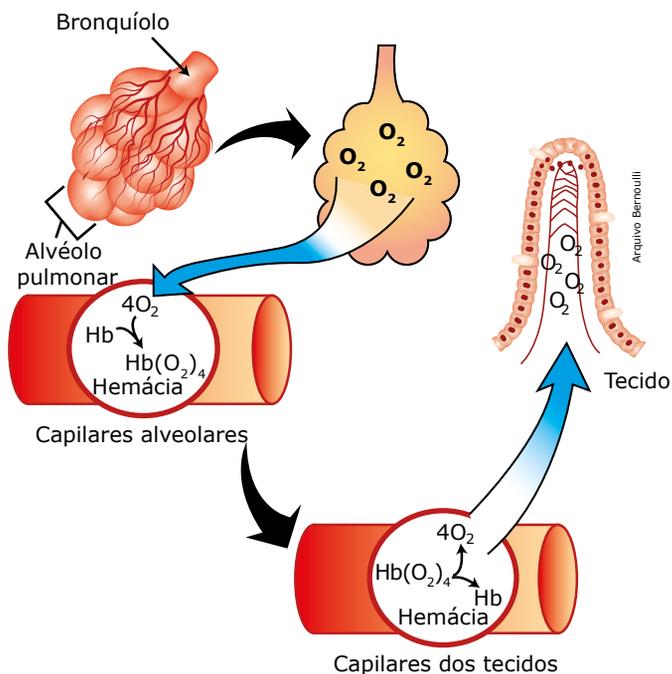
É feito dos pulmões para os tecidos por meio da corrente sanguínea e pode ser assim resumido:

Nos alvéolos pulmonares, o oxigênio presente no ar se difunde para o interior da hemácia, formando com a hemoglobina moléculas de oxiemoglobina. Cada molécula de hemoglobina se combina com quatro moléculas de oxigênio. Isso se deve ao fato de cada molécula de hemoglobina possuir quatro radicais heme e cada um deles poder se ligar a um O_2 .



Hb = Hemoglobina; $Hb(O_2)_4$ = Oxiemoglobina.

Embora haja grande afinidade entre a hemoglobina e o oxigênio, a combinação entre ambos é fraca e instável. Assim, a oxiemoglobina é um composto instável que, no nível dos capilares dos tecidos, se dissocia, liberando o oxigênio que, por difusão, vai para as células dos tecidos.

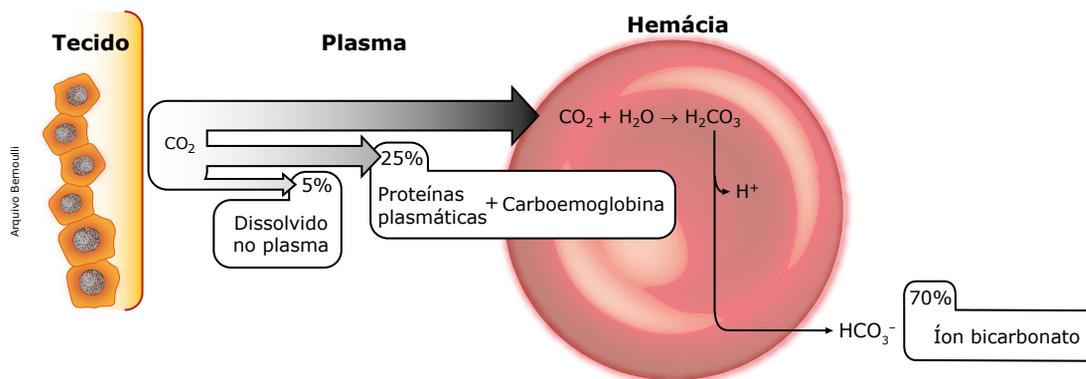


Transporte de O_2 - Hb = Molécula de hemoglobina; $Hb(O_2)_4$ = Oxiemoglobina. Na espécie humana, encontramos dois tipos de hemoglobina: a hemoglobina fetal (HbF) e a hemoglobina de adulto (HbA). A HbF tem maior afinidade pelo oxigênio que a HbA presente nas hemácias da mãe, e por isso há permanente transferência do O_2 da circulação materna para a circulação fetal.

Transporte de CO₂

Também é feito pela corrente sanguínea, porém no sentido inverso ao do O₂, ou seja, é transportado dos tecidos, onde é produzido pela respiração celular, para os pulmões, a fim de que possa ser eliminado do nosso organismo por meio da expiração.

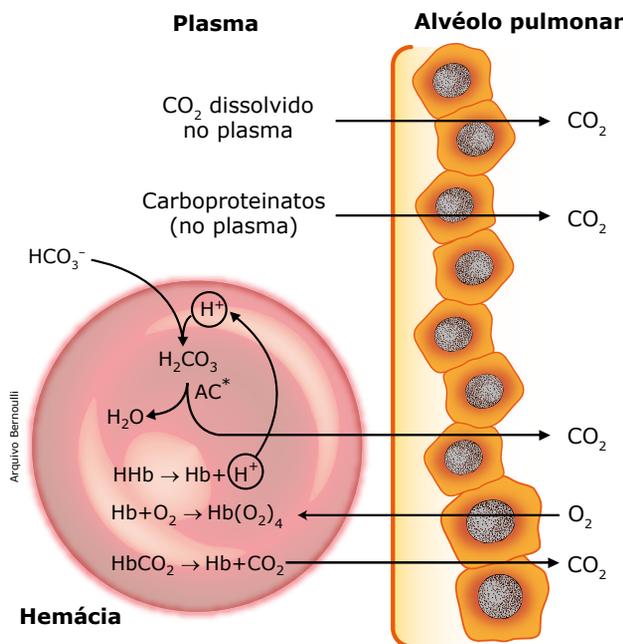
O CO₂ lançado pelos tecidos na corrente sanguínea é levado até os alvéolos pulmonares por três processos: 5% dissolvidos no plasma sanguíneo, 25% transportados por proteínas do plasma e por hemoglobina das hemácias e 70% como íons bicarbonato, dissolvidos no plasma.



Transporte de CO₂.

O transporte de CO₂ pelo sangue ocorre de maneira diferente daquela descrita para o oxigênio. A solubilidade do CO₂ no plasma é maior do que a do O₂. Assim, cerca de 5% do gás carbônico que se difunde dos tecidos para o sangue permanecem dissolvidos no plasma, sendo, dessa forma, transportados para os pulmões. Cerca de 25% se combinam com proteínas plasmáticas, formando carboproteinatos, e com a hemoglobina, dentro das hemácias, formando a carboemoglobina (HbCO₂). Os carboproteinatos são transportados pelo próprio plasma e a carboemoglobina é transportada pelas hemácias. A maior parte do CO₂, cerca de 70%, ao penetrar na corrente sanguínea no nível dos tecidos, se difunde para o interior das hemácias, onde, sob a ação catalisadora da enzima anidrase carbônica, reage com a água, formando o ácido carbônico (H₂CO₃). O ácido carbônico, assim formado, imediatamente se dissocia em íons H⁺ e HCO₃⁻ (íon bicarbonato). Os íons H⁺ permanecem no interior das hemácias ligados à hemoglobina, enquanto os íons HCO₃⁻ se difundem para o plasma, sendo transportados até os capilares sanguíneos que circundam os alvéolos pulmonares. Nesses capilares, os íons bicarbonato penetram em hemácias onde se combinam com os íons H⁺, liberados pela hemoglobina, reconstituindo o ácido carbônico que, por ação da anidrase carbônica, se dissocia em H₂O e CO₂. Por difusão, o CO₂ vai para o interior dos alvéolos pulmonares, sendo eliminado do organismo pela expiração.

Você não deve confundir carboemoglobina (HbCO₂), que é a combinação da hemoglobina com o dióxido de carbono (gás carbônico), com carboxiemoglobina (HbCO), que resulta da combinação da hemoglobina com o monóxido de carbono (CO). A carboemoglobina é um composto instável, a carboxiemoglobina é estável. Uma vez inspirado, o CO passa dos alvéolos pulmonares para a corrente sanguínea, penetrando nas hemácias e estabelecendo com a hemoglobina uma ligação estável, a carboxiemoglobina, inutilizando a hemácia para o transporte do oxigênio, pois o O₂ não consegue “deslocar” o CO que se acha ligado à hemoglobina. A consequência, evidentemente, é a diminuição da oxigenação dos tecidos. Dependendo da quantidade de CO inspirado e da taxa de carboxiemoglobina formada, pode-se ter a morte do organismo por asfixia (falta de oxigenação adequada dos tecidos).



*AC = anidrase carbônica

Trocas gasosas entre hemácias e alvéolos pulmonares.

Glóbulos brancos (leucócitos)

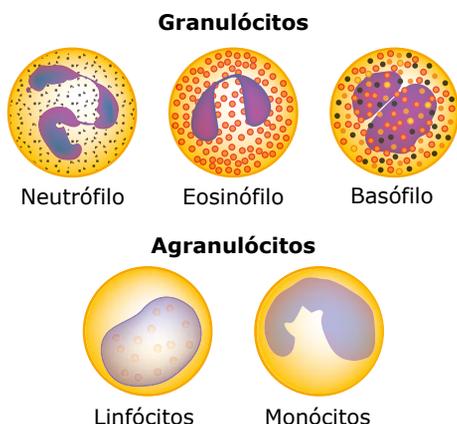
Formados na medula óssea vermelha, são as maiores células sanguíneas, sendo que alguns sofrem maturação nos chamados órgãos linfoides (timo, baço). Seu número ou taxa normal no indivíduo adulto está compreendido em uma faixa de 5 000 a 10 000/mm³ de sangue. Taxas um pouco superiores a 10 000/mm³ caracterizam uma leucocitose, quadro clínico típico de infecção, que pode ser geral ou localizada.

A queda do número de leucócitos (abaixo de 5 000/mm³) é denominada leucopenia, o que compromete as defesas naturais do organismo contra os agentes invasores. A leucopenia pode ocorrer muitas vezes em consequência de intoxicações graves ou pelo uso indiscriminado de certos medicamentos.

Os leucócitos têm uma vida média muito curta, de somente alguns dias, às vezes permanecendo na corrente sanguínea apenas por algumas horas. Alguns são destruídos pela ação de suas próprias enzimas; outros, que atravessam a parede intestinal, os dutos salivares ou os túbulos renais, são eliminados, respectivamente, com as fezes, a saliva e a urina. Muitos, porém, ao atingirem o limite de sua capacidade vital, são destruídos pelos mesmos órgãos que promovem a destruição das hemácias envelhecidas.

Os leucócitos têm a capacidade de atravessar as paredes dos vasos sanguíneos, penetrar outros tecidos e, assim, combater corpos estranhos ou invasores que não estejam na corrente sanguínea. Essa capacidade dos leucócitos de sair dos vasos sanguíneos é denominada **diapedese**.

Os glóbulos brancos são células nucleadas e estão divididos em dois grupos conforme apresentem ou não granulações em seu citoplasma. Assim, temos: leucócitos granulócitos e leucócitos agranulócitos.

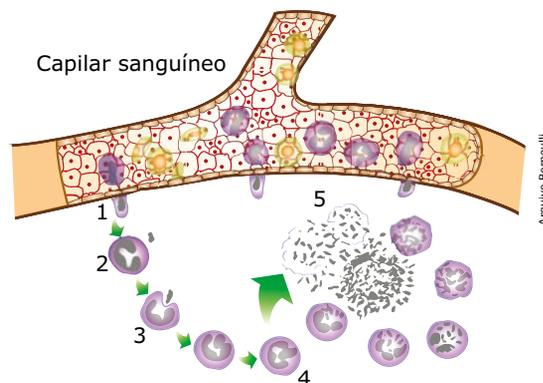


Glóbulos brancos.

Leucócitos granulócitos (granulosos, polimorfonucleares)

Possuem o citoplasma repleto de granulações. Por muito tempo se supôs que tais granulações fossem constituídas apenas de lisossomos especializados. Todavia, sabe-se hoje que algumas granulações têm composição química diferente dos lisossomos. São de três tipos: neutrófilo, eosinófilo (acidófilos) e basófilos.

- I. **Neutrófilos** - No adulto, são os leucócitos mais abundantes (cerca de 60% do total de leucócitos) e, em geral, têm núcleo trilobulado (com três lóbulos). São muito ativos na fagocitose de elementos estranhos ao organismo. Englobam e digerem micro-organismos invasores. Muitas vezes, ao fagocitarem bactérias, são destruídos por toxinas produzidas por esses micro-organismos. Os neutrófilos mortos, em decomposição, são denominados piócitos. O acúmulo desses restos de neutrófilos com bactérias e toxinas caracteriza o pus.



Atividade leucocitária - 1. Neutrófilo realizando a diapedese; 2. Neutrófilo diante de uma bactéria; 3. Neutrófilo fagocitando a bactéria; 4. Digestão intracelular da bactéria; 5. Neutrófilos mortos em meio a bactérias e toxinas (pus).

- II. **Eosinófilos** - Constituem cerca de 3% do total de leucócitos. O núcleo é, em geral, bilobulado e o citoplasma apresenta grânulos relativamente grandes. São menos ativos na fagocitose do que os neutrófilos. Em doenças alérgicas e algumas parasitoses, há um aumento do número dessas células.
- III. **Basófilos** - São os menos numerosos (apenas 1% do total de leucócitos). Apresentam núcleo volumoso e morfológicamente irregular. Suas granulações são maiores do que as dos demais granulócitos. Os basófilos também fazem fagocitose, embora não sejam muito ativos nessa função. Eles se destacam mais na produção de heparina (substância anticoagulante) e de histamina (substância vasodilatadora, liberada em processos alérgicos).

Leucócitos agranulócitos (agranulosos, mononucleados)

Não possuem granulações no citoplasma. São de dois tipos: monócitos e linfócitos.

- I. **Monócitos** - Perfazem cerca de 6% dos leucócitos. O núcleo dessas células tem a forma que lembra um rim ou uma ferradura.

Os monócitos podem sair do sangue e alojar-se em outros tecidos, dando origem a diferentes tipos de células que têm em comum a grande capacidade de fagocitose. No tecido conjuntivo propriamente dito, os monócitos dão origem aos macrófagos; no fígado, às células de Kupffer; no tecido nervoso, às células micróglias.

Os monócitos e todas as células a que eles dão origem formam o chamado **sistema mononuclear fagocitário**, também denominado por alguns de **sistema reticuloendotelial**.

II. Linfócitos – Constituem aproximadamente 30% dos leucócitos. Apresentam um núcleo volumoso e não possuem granulações no citoplasma. Relacionam-se com a produção de anticorpos. Certos linfócitos são capazes de atravessar as paredes dos vasos sanguíneos e penetrar no conjuntivo propriamente dito, onde se transformam em plasmócitos. Alguns podem também se transformar num tipo especial de células, denominadas células rejeitadoras de enxertos, que podem invadir e destruir os órgãos transplantados.

Existem duas classes principais de linfócitos: linfócitos B e linfócitos T.

- **Linfócitos B** – Receberam esse nome por terem sido descobertos na Bursa de Fabricius, uma projeção saculiforme da porção terminal da cloaca de aves. Os mamíferos não possuem essa estrutura. Neles, os linfócitos B se originam na medula óssea. Por movimentação ameboide, penetram nos capilares sanguíneos e são levados pelo sangue para órgãos linfáticos, onde proliferam quando ativados por antígenos e se diferenciam em plasmócitos produtores de anticorpos.

- **Linfócitos T** – Representam de 65-75% dos linfócitos do sangue. Seus precursores originam-se na medula óssea, penetram no sangue, são retidos no timo, onde proliferam e se diferenciam em linfócitos T que, novamente carregados pelo sangue, vão ocupar áreas definidas nos outros órgãos linfáticos. Há três tipos de linfócitos T: citotóxicos, auxiliares e supressores.

1. **Linfócitos T citotóxicos (CD₈)** – Reconhecem e destroem células que possuem na membrana plasmática moléculas proteicas estranhas, como também os vírus que têm, em suas cápsulas proteicas, moléculas estranhas ao corpo do indivíduo. Esses linfócitos são os principais responsáveis pela rejeição de órgãos transplantados e, por isso, eram conhecidos, anteriormente, como células rejeitadoras de enxertos. Agem diretamente sobre células estranhas pela produção de proteínas chamadas perforinas que abrem orifícios nas membranas plasmáticas, provocando a lise das células.

2. **Linfócitos T auxiliares (T-helper, CD₄)** – Reconhecem um antígeno (substância estranha ao organismo) e estimulam os linfócitos B a se transformarem em plasmócitos, células produtoras de anticorpos. São esses os linfócitos atacados pelo vírus da Aids. Com isso, ficam prejudicados o reconhecimento de antígenos e a subsequente estimulação dos linfócitos B para a produção de anticorpos, tornando o indivíduo vulnerável a várias doenças.

3. **Linfócitos T supressores** – Inibem a produção de anticorpos, quando estes já estão em concentração adequada ou já não são mais necessários.

Imunidade

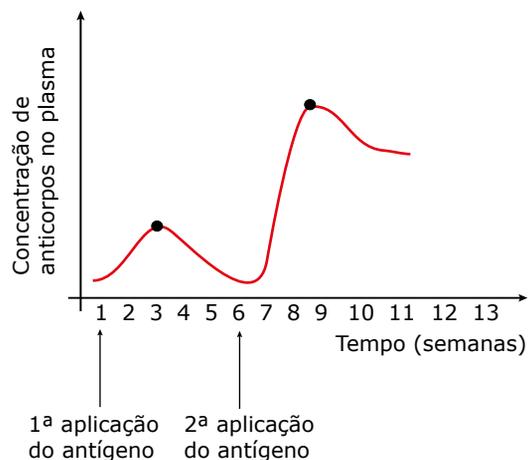
Em conjunto, os linfócitos B e T são os principais responsáveis pela imunidade (imunização), mediada por anticorpos, isto é, pela capacidade que tem o nosso organismo de se defender e tornar-se resistente (imune) às doenças infecciosas graças à produção de imunoglobulinas (anticorpos). A imunidade mediada pelos linfócitos B é chamada de **imunidade humoral**, e a mediada pelos linfócitos T é a **imunidade celular**. O termo "humoral" provém do latim *humor*, que significa, originalmente, "fluido ou líquido corporal". Imunidade humoral é aquela mediada por anticorpos. A imunidade celular é mediada por células. Na imunidade celular, atuam os linfócitos T citotóxicos, que possuem, na membrana plasmática, proteínas que reconhecem e se ligam a células anormais ou infectadas por vírus, lançando sobre elas uma substância chamada perforina, que destrói a membrana plasmática.

Conforme os anticorpos sejam produzidos em nosso próprio organismo ou não, a imunidade pode ser ativa ou passiva. O quadro a seguir mostra os tipos de imunidade mediada por anticorpos:

Imunidade	
Ativa	Natural
	Artificial
Passiva	Natural
	Artificial

A imunidade é ativa quando o nosso próprio organismo reconhece o antígeno e passa a produzir anticorpos específicos contra ele. Esse tipo de imunidade é de longa duração, pois desenvolve a chamada memória imunológica (memória imunitária).

Ao receber um antígeno, o organismo, após alguns dias, passa a liberar no plasma sanguíneo uma taxa do anticorpo específico. Essa é a chamada resposta imunitária primária. Uma segunda exposição ao mesmo antígeno eleva mais rapidamente a taxa do mesmo anticorpo no sangue e leva a uma maior concentração de anticorpos no plasma. É a resposta imunitária secundária.



Resposta imunitária.

Durante a resposta imunitária, todos os tipos de linfócitos se multiplicam. Há dois mecanismos que atuam em sequência para estimular a multiplicação dos linfócitos: a) o reconhecimento das substâncias estranhas (antígenos) ao corpo; b) a estimulação dos linfócitos que realizam esse reconhecimento por proteínas especiais, as **interleucinas**, produzidas por macrófagos e por linfócitos T auxiliares.

Uma vez que um linfócito aprendeu a reconhecer o “inimigo”, as interleucinas fazem com que ele se multiplique por mitose. Assim, todas as células oriundas de um linfócito que reconheceu determinado antígeno têm a capacidade de reconhecê-lo.

Os linfócitos continuam a se multiplicar enquanto houver antígenos capazes de ativá-los. À medida que os antígenos são destruídos e vão desaparecendo, o número de linfócitos especializados em combatê-los vai diminuindo.

Mesmo após uma infecção ter sido neutralizada, resta no organismo certa quantidade de linfócitos especiais, as células de memória, que guardam durante anos, em geral, pelo resto da vida do organismo, a capacidade de reconhecer agentes infecciosos com os quais o organismo esteve em contato. Em caso de novo ataque, as células de memória são imediatamente ativadas e estimuladas a se reproduzir. Surge, então, em curto intervalo de tempo, um exército de células defensoras específicas.

- **Imunidade ativa natural** – Os antígenos penetram naturalmente em nosso organismo por diferentes vias (respiratórias, digestivas, urinárias, etc.), são reconhecidos como “estranhos” e, em seguida, passamos a produzir anticorpos específicos contra eles. Esse tipo de imunidade aparece, por exemplo, após o indivíduo ter, pela primeira vez, determinadas doenças infecciosas (sarampo, rubéola, caxumba, etc.). Geralmente, essas doenças só acometem o organismo uma única vez. Após ter essas doenças pela primeira vez, o nosso organismo se torna resistente (imune) aos seus agentes causadores.
- **Imunidade ativa artificial** – Os antígenos são forçados a penetrar em nosso organismo, uma vez que são introduzidos pela aplicação de vacinas.

As vacinas são medicamentos preventivos (profiláticos), contendo os próprios antígenos ou agentes infecciosos mortos (ou atenuados) que são introduzidos em nosso organismo, estimulando-o a produzir anticorpos.

Os antígenos presentes na vacina desencadeiam, no organismo vacinado, uma resposta imune primária, em que há produção de células de memória. Após algum tempo, caso o organismo seja invadido pelos micro-organismos contra os quais foi imunizado, a resposta à infecção (resposta secundária) será rápida e os micro-organismos invasores serão prontamente destruídos antes mesmo de aparecerem sintomas da doença.

Quando recebemos anticorpos já prontos, elaborados por um outro organismo, a imunidade é passiva, é de curta duração e não desenvolve a memória imunológica.

- **Imunidade passiva natural** – Os anticorpos são recebidos do organismo materno na vida intrauterina, através da placenta, e após o nascimento, através da amamentação. Esses anticorpos recebidos da mãe, embora sejam de curta duração, protegem a criança durante os seus primeiros meses de vida contra uma série de infecções.

- **Imunidade passiva artificial** – Os anticorpos são recebidos mediante a aplicação de soros terapêuticos, que são soluções curativas, contendo altas concentrações de anticorpos contra determinado agente infeccioso.

O soro é preparado da seguinte maneira: injetam-se em um animal de grande porte, em geral cavalo, doses sucessivas e crescentes de um antígeno contra o qual se deseja obter anticorpos. A pequena quantidade de antígenos inicialmente injetada não chega a prejudicar o animal, mas é suficiente para estimular seu sistema imunitário a produzir anticorpos específicos contra o antígeno. À medida que doses progressivamente maiores do antígeno são injetadas no animal, acentua-se a resposta imunitária e o animal produz quantidades cada vez maiores de anticorpos específicos. Após certo tempo, o animal fica imunizado, contendo em seu sangue grande quantidade de anticorpos contra o tipo de antígeno injetado. Retiram-se, então, amostras de sangue do animal, de onde se extraem os anticorpos, com os quais se prepara o soro. Ao ser injetado no paciente, os anticorpos do soro reconhecem o antígeno que está desencadeando a doença, inativando-o prontamente.

A aplicação de soro é eficaz em casos de emergência, mas não confere imunidade permanente, pois a memória imunológica não é estimulada e os anticorpos injetados desaparecem da circulação em poucos dias.



Resposta celular contra célula-alvo

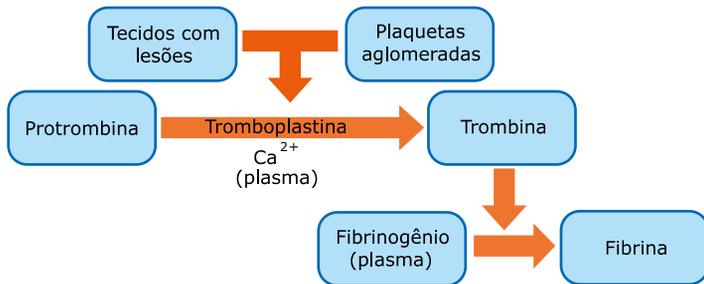
Esse objeto de aprendizagem apresenta, sucintamente, como ocorre a resposta dos linfócitos frente a uma célula-alvo infectada. Assistindo ao vídeo, é importante que se tenha em mente a relevância da resposta celular para a proteção do nosso corpo contra doenças, como cânceres e viroses.

Observação: Os processos de transcrição e tradução viral no citoplasma da célula hospedeira estão simplificados para fins didáticos.

Plaquetas (trombócitos)

São fragmentos celulares sem núcleo, liberados por projeções citoplasmáticas de megacariócitos (um dos tipos de célula da medula óssea vermelha), que penetram nos capilares da medula. Seu número normal está compreendido em uma faixa de 200 000 a 400 000/mm³ de sangue. O aumento desse número é a trombocitose e a diminuição, a trombocitopenia. São menores do que as hemácias e possuem microvesículas contendo tromboplastina (tromboquinase), enzima que tem importante papel no mecanismo da coagulação sanguínea. Duram em média de 3 a 6 dias e sua função é dar início ao mecanismo da coagulação.

A **coagulação sanguínea** é uma série de reações químicas que tem por finalidade produzir uma emaranhada rede de uma proteína especial chamada fibrina. Essa série de reações é desencadeada nos locais de ruptura dos vasos sanguíneos, onde imediatamente se aglomeram as plaquetas. O mecanismo da coagulação sanguínea pode ser resumido da seguinte maneira:



Coagulação sanguínea.

Quando há lesão de um vaso sanguíneo, as plaquetas se aderem às fibras colágenas das paredes do vaso lesado e, juntamente aos tecidos danificados, liberam uma enzima denominada tromboplastina ou tromboquinase. Na região liberada, a tromboplastina inativa a heparina e, juntamente a íons Ca^{2+} , catalisa a transformação da protrombina em trombina. A protrombina é uma das proteínas do plasma sanguíneo. É produzida pelo fígado e lançada na corrente sanguínea. É uma proteína inativa e sua produção no fígado é catalisada pela vitamina K. A trombina (proteína ativa), uma vez formada, converte o fibrinogênio em fibrina. O fibrinogênio (proteína inativa) também é produzido no fígado e lançado na corrente sanguínea, onde passa a fazer parte do plasma. A fibrina é uma proteína insolúvel, fibrosa, cujos filamentos entrelaçados formam uma rede de malhas muito finas, a rede de fibrina. Os elementos figurados do sangue ficam, então, aprisionados nas malhas dessa rede, e o acúmulo deles forma o coágulo, estancando a hemorragia.

OBSERVAÇÃO

O volume normal de sangue no homem é de 70 a 100 mL por quilo, o que corresponde aproximadamente a 1/11 da massa corporal. Assim, uma pessoa com cerca de 70 kg possui de 5 a 6 litros de sangue.

Tecido linfático

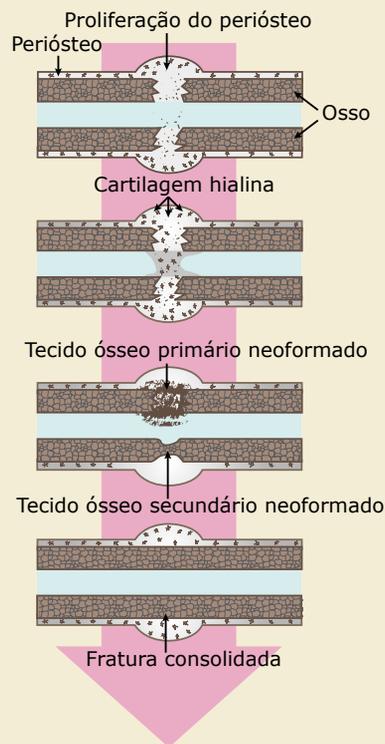
O tecido linfático (linfa), assim como o sanguíneo, é formado por uma parte líquida, o plasma linfático, e por elementos figurados, constituídos de células.

- **Plasma linfático** – É semelhante ao plasma sanguíneo, porém mais diluído em virtude de apresentar uma menor concentração de proteínas.
- **Elementos figurados da linfa** – Estão representados basicamente por linfócitos (95%) e alguns leucócitos granulócitos. Hemácias, monócitos e plaquetas normalmente não ocorrem na linfa.

FRATURAS ÓSSEAS

As fraturas ósseas podem ser de dois tipos: fechada e exposta. Fechada quando há rompimento ósseo e a pele permanece íntegra; exposta, se ocorrer ruptura da pele. Nas duas situações, ocorrem hemorragia local, pela lesão dos vasos sanguíneos do osso, destruição da matriz e morte de células ósseas junto ao local fraturado.

Quando fraturados, os ossos apresentam alta capacidade de regeneração graças às células do perióstio e do endóstio. Primeiramente, o coágulo sanguíneo e os restos celulares da matriz são removidos pelos macrófagos. Em seguida, células do perióstio e do endóstio próximos à área fraturada respondem com uma intensa proliferação, formando um colar (anel) conjuntivo em torno da fratura e também penetrando o espaço compreendido entre as extremidades rompidas do osso. Nesse local, também há formação de pequenos fragmentos de cartilagem hialina. A partir desses fragmentos de cartilagem hialina e do anel conjuntivo, ocorre o processo de ossificação, formando inicialmente um tecido ósseo primário que constitui o chamado calo ósseo. Esse calo ósseo une as extremidades do osso fraturado. Pouco a pouco, o tecido primário do calo ósseo será remodelado e substituído por tecido ósseo secundário (lamelar), até que a estrutura do osso seja totalmente refeita.



Esquema de recuperação de fratura em corte longitudinal.

Havendo suspeita de uma fratura óssea, até que o acidentado chegue a um hospital ou pronto-socorro, a primeira providência é imobilizar a parte afetada. Além de impedir o desalinhamento dos ossos, a imobilização também reduz a dor e o inchaço. Não tente colocar o osso no lugar. Caso seja possível, aplique bolsa de gelo no local. O gelo atua como anti-inflamatório, ajudando a reduzir o inchaço e a dor. Entretanto, é bom lembrar que, quando aplicado por muito tempo, o gelo pode danificar os tecidos e também causar dor. Assim, quando o local ficar muito gelado e dolorido, retire o gelo por alguns minutos.

- 05.** (PUC Minas) Tendo em vista o processo imunológico, a correlação está falsa em:
-  A) Imunidade causada por doença – ativa natural.
 B) Imunidade causada por soro terapêutico – passiva artificial.
 C) Imunidade causada por soro antiofídico – ativa artificial.
 D) Imunidade causada pelo organismo materno – passiva natural.
 E) Imunidade causada por vacina – ativa artificial.

- 04.** (UECE) Diversos fatores concorrem para o estabelecimento de uma doença óssea que gera um grande transtorno para pessoas idosas, por fazer com que seus ossos se quebrem com facilidade. Dentre os fatores causadores dessa doença estão a produção excessiva do paratormônio, que estimula o aumento de osteoclastos, e a deficiência de vitamina A, que desequilibra a atividade de osteoblastos e osteoclastos. Essa doença é denominada:
- A) osteoporose.
 B) raquitismo.
 C) osteomalacia.
 D) osteopenia.

- 05.** (Unesp-2018) O professor de um cursinho pré-vestibular criou a seguinte estrofe para discutir com seus alunos sobre um dos tipos de célula do tecido sanguíneo humano.
- Eu sou célula passageira
 Que com o sangue se vai
 Levando oxigênio
 Para o corpo respirar
- De acordo com a composição do tecido sanguíneo humano e considerando que o termo “passageira” se refere tanto ao fato de essas células serem levadas pela corrente sanguínea quanto ao fato de terem um tempo de vida limitado, responda:
- A) Que células são essas e em que órgão de um corpo humano adulto e saudável são produzidas?
 B) Considerando a organização interna dessas células, que característica as difere das demais células do tecido sanguíneo? Em que essa característica contribui para seu limitado tempo de vida, de cerca de 120 dias?

- 06.** (Cesgranrio) Dos vários tipos de colágeno presentes no corpo humano, o colágeno do Tipo I é o mais abundante. Uma doença genética caracterizada por problemas na produção de colágeno do Tipo I é a chamada *Osteogenesis Imperfecta*, ou doença dos ossos de cristal. Pessoas acometidas dessa doença apresentam fragilidade óssea, ossos curvados e baixa estatura, entre outros sintomas. Os acometimentos do tecido ósseo na *Osteogenesis Imperfecta* se devem ao fato de que o colágeno
- A) promove a multiplicação dos osteoplastos.
 B) permite que os osteoclastos não fagocitem.
 C) faz parte da matriz extracelular do osso.
 D) forma depósitos cristalinos de fosfato de cálcio.
 E) preenche as trabéculas de ossos esponjosos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (IFG-GO) [...] Único tipo de tecido conjuntivo que não contém vasos sanguíneos em seu interior, sendo avascular.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. *Biologia das Células*. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2010. p. 251.

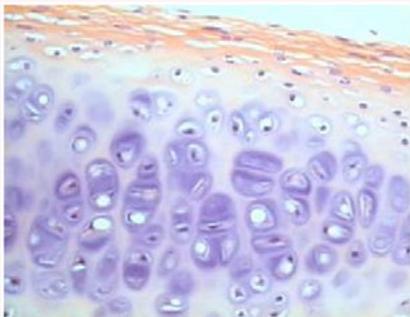
É correto afirmar que o texto faz referência ao tecido conjuntivo especial do tipo

- A) adiposo.
 B) ósseo.
 C) hematopoiético ou hemocitopoético.
 D) denso.
 E) cartilaginoso.
- 02.** (PUC Minas) É característica das hemácias de mamíferos ter
- A) função importante na respiração.
 B) forma biconvexa.
 C) muitas organelas.
 D) núcleo bilobulado.
 E) origem de megacariócito.

- 03.** (UNISC-RS-2015) Os aparelhos ortodônticos exercem forças diferentes daquelas a que os dentes estão naturalmente submetidos. Nos pontos em que há pressão ocorre reabsorção óssea, enquanto no lado oposto há deposição. Desse modo, o dente é deslocado na arcada dentária, à medida que o osso alveolar é remodelado. Este é um exemplo da plasticidade do tecido ósseo, apesar das características de rigidez deste tecido. O processo de reabsorção descrito ocorre através da atividade dos

- A) fibroblastos.
 B) condroblastos.
 C) osteoblastos.
 D) osteócitos.
 E) osteoclastos.

07. (UPE) Analise a figura de um corte histológico de um tipo especial de tecido conjuntivo e as suas características descritas no texto.



LOPES, Sônia. Ed Saraiva, 2006. v. I.

É um tipo de tecido conjuntivo de consistência rígida, que tem função de sustentação e de revestimento de superfícies articulares. Suas células, condrócitos e condroblastos são responsáveis pela formação das fibras colágenas e da substância intercelular, denominada de matriz.

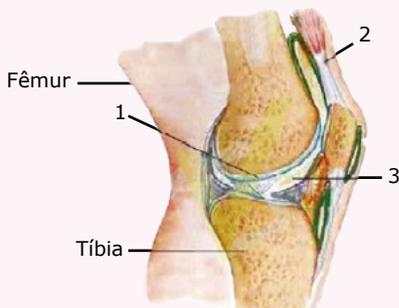
Assinale a alternativa que indica corretamente o tecido correspondente.

- A) Tecido adiposo.
- B) Tecido cartilaginoso.
- C) Tecido epitelial.
- D) Tecido ósseo.
- E) Tecido sanguíneo.

08. (UFF-RJ) O sistema imune apresenta um tipo de célula que passa do vaso sanguíneo para o tecido conjuntivo onde irá exercer sua função de defesa. A célula e a passagem são, respectivamente, identificadas como

- A) basófilos e pinocitose.
- B) macrófagos e fagocitose.
- C) leucócitos e endocitose.
- D) leucócitos e diapedese.
- E) glóbulos brancos e endocitose.

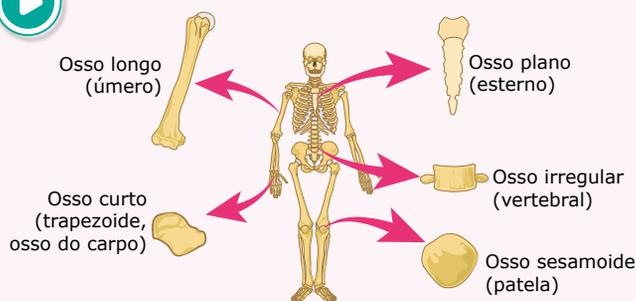
09. (UFRGS-RS) Considere a figura a seguir, que representa uma vista lateral de um joelho humano.



Assinale a alternativa que apresenta os tipos dos tecidos conjuntivos que correspondem, respectivamente, aos números 1, 2, 3 da figura.

- A) Cartilaginoso – denso – frouxo
- B) Reticular – frouxo – cartilaginoso
- C) Frouxo – reticular – frouxo
- D) Cartilaginoso – frouxo – denso
- E) Frouxo – cartilaginoso – denso

10. (PUC Minas) Observe a figura que representa alguns tipos de ossos encontrados no corpo humano.



Indique a afirmativa incorreta.

- A) As fibras colágenas conferem resistência aos ossos e os sais de cálcio, rigidez.
- B) O tecido ósseo é avascular e não apresenta inervação.
- C) A capacidade de regeneração dos ossos diminui com o avançar da idade.
- D) Ossos longos podem apresentar medula óssea vermelha.

11. (UFU-MG) Em uma aula de Biologia, a professora apresentou o hemograma de quatro mulheres adultas, com as seguintes informações:



Valor de referência	Ana	Laura	Clara	Vilma
Hemácias 3 800 000 a 5 200 000/mm ³	4 500 000	4 000 000	5 100 000	4 800 000
Leucócitos 4 000 a 11 000/mm ³	3 000	10 500	14 500	5 600
Plaquetas 140 000 a 450 000/mm ³	180 000	410 000	380 000	240 000

Qual mulher apresenta um quadro característico de reação alérgica?

- A) Ana.
- B) Vilma.
- C) Laura.
- D) Clara.

12. (UFU-MG-2016) Quatro amigas brasileiras marcaram uma viagem para o Peru, onde pretendem conhecer e escalar diversas montanhas. Para se assegurarem de suas condições de saúde, submeteram-se a diversos exames, entre eles um hemograma. Os resultados encontram-se na tabela a seguir, na qual também constam os valores de referência das hemácias, leucócitos e plaquetas.

Amigas	Hemácias Valor de referência 3,9 a 5,0 milhões/mm ³	Leucócitos Valor de referência 3 500 a 10 500 mm ³	Plaquetas Valor de referência 150 a 450 mil/mm ³
Camila	4,53	11 300	303
Paula	2,38	7 800	380
Flávia	4,76	9 400	110
Cecília	3,98	2 900	420

A amiga que terá problemas com a altitude, segundo o hemograma, é

- A) Paula.
- B) Flávia.
- C) Cecília.
- D) Camila.

13. (FUVEST-SP) Se quisermos provocar uma imunidade específica e duradoura em uma pessoa, em relação a determinado antígeno, qual dos dois procedimentos a seguir é o mais adequado?

- A) Injeção do próprio antígeno no indivíduo a ser imunizado.
- B) Injeção de soro sanguíneo de um animal previamente inoculado com o antígeno.

Justifique sua resposta.

14. (PUC Minas) Não é estrutura de um tecido ósseo:

- A) Canal central de Havers.
- B) Canal de Volkmann.
- C) Matriz com fibras colágenas.
- D) Pericôndrio.
- E) Sistema de Havers.

15. (UFRN) Para fazer um *piercing* é necessário saber quais são os principais cuidados apontados por especialistas, dentre eles, o de optar por áreas sem cartilagens, pois pode haver o risco de infecções e formação de queloides. Considerando isto,

- A) Apresente duas funções do tecido cartilaginoso no organismo humano.
- B) Justifique, do ponto de vista da constituição do tecido cartilaginoso, as dificuldades para controlar uma infecção em locais que contenham cartilagens.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2017) O quadro indica o resultado resumido de um exame de sangue (hemograma) de uma jovem de 23 anos.

Hemograma Valores encontrados		Valores de referência (acima de 12 anos – sexo feminino)
Eritrócitos (x 10 ⁶ /mm ³)	4,63	3,8 – 4,8
Plaquetas (mil/mm ³)	87	150,0 – 400,0
Leucócitos totais (mil/mm ³)	6,04	4,5 – 11,0

Com base nesses resultados, qual alteração fisiológica a jovem apresenta?

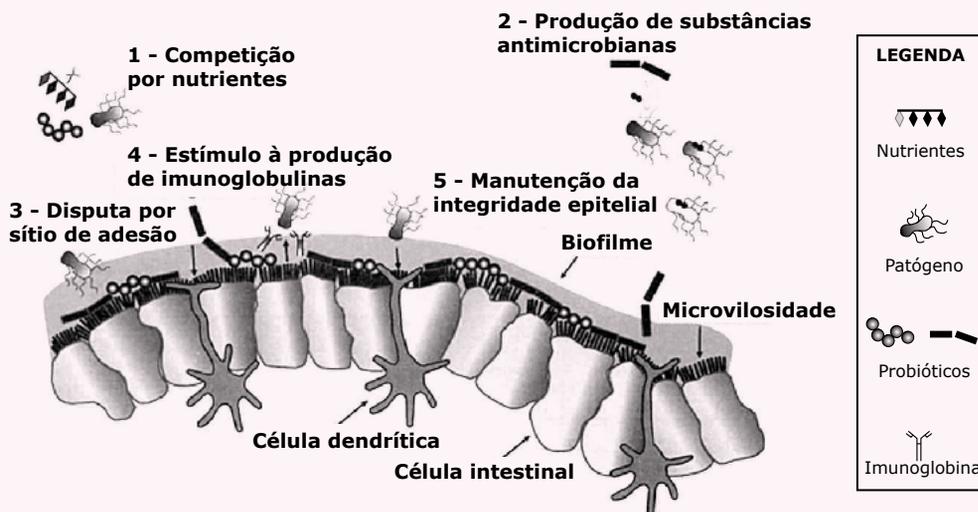
- A) Dificuldade de coagulação sanguínea.
- B) Diminuição da produção de anticorpos.
- C) Aumento dos processos infecciosos e alérgicos.
- D) Diminuição no transporte dos gases respiratórios.
- E) Aumento da probabilidade de formação de coágulo no sangue.

02. (Enem-2017) No Brasil, a incidência da esquistossomose vem aumentando bastante nos estados da Região Nordeste e em Minas Gerais. Para tentar diminuir estes números, a Fundação Oswaldo Cruz anunciou a primeira vacina do mundo contra essa doença. A expectativa é que o produto chegue ao mercado em alguns anos. Disponível em: <www.fiocruz.br>. Acesso em: 11 nov. 2013.

A tecnologia desenvolvida tem como finalidade

- A) impedir a manifestação da doença.
- B) promover a sobrevivência do paciente.
- C) diminuir os sintomas da doença.
- D) atenuar os efeitos colaterais.
- E) curar o paciente positivo.

03. (Enem-2016) Vários métodos são empregados para prevenção de infecções por microrganismos. Dois desses métodos utilizam microrganismos vivos e são eles: as vacinas atenuadas, constituídas por patógenos avirulentos, e os probióticos que contêm bactérias benéficas. Na figura são apresentados cinco diferentes mecanismos de exclusão de patógenos pela ação dos probióticos no intestino de um animal.



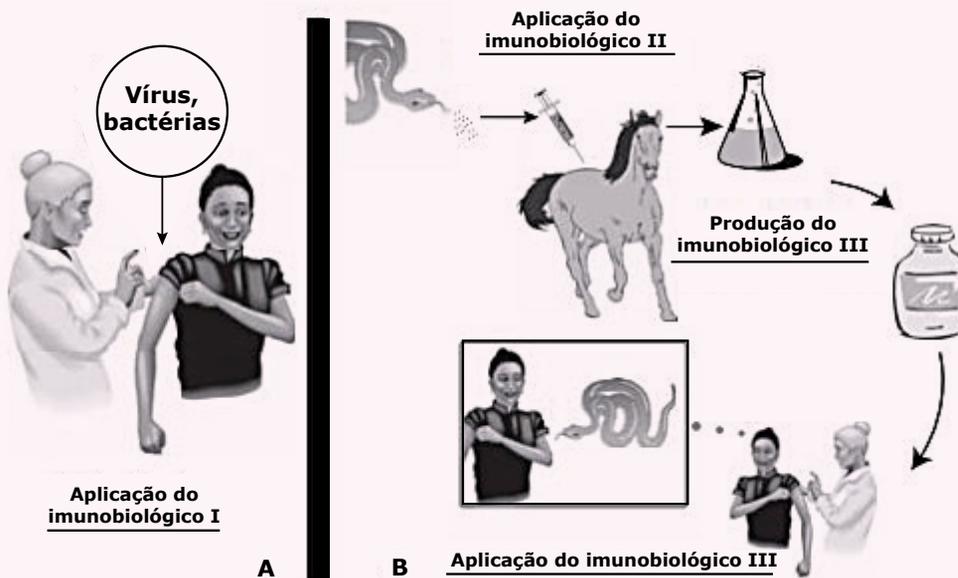
McALLISTER, T. A. et al. Review: The use of direct fed microbials to mitigate pathogens and enhance production in cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, jan. 2011 (Adaptação).

Qual mecanismo de ação desses probióticos promove um efeito similar ao da vacina?

- A) 5
- B) 4
- C) 3
- D) 2
- E) 1

04. (Enem)

Imunobiológicos:
diferentes formas de produção, diferentes aplicações



Embora sejam produzidos e utilizados em situações distintas, os imunobiológicos I e II atuam de forma semelhante nos humanos e equinos, pois

- A) conferem imunidade passiva.
- B) transferem células de defesa.
- C) suprimem a resposta imunológica.
- D) estimulam a produção de anticorpos.
- E) desencadeiam a produção de antígenos.

- 05.** (Enem) Um paciente deu entrada em um pronto-socorro apresentando os seguintes sintomas: cansaço, dificuldade em respirar e sangramento nasal. O médico solicitou um hemograma ao paciente para definir um diagnóstico. Os resultados estão dispostos na tabela:

Constituinte	Número normal	Paciente
Glóbulos vermelhos	4,8 milhões/mm ³	4,0 milhões/mm ³
Glóbulos brancos	(5 000 - 10 000)/mm ³	9 000/mm ³
Plaquetas	(250 000 - 400 000)/mm ³	200 000/mm ³

TORTORA, G. J. *Corpo Humano: fundamentos de anatomia e fisiologia*. Porto Alegre: Artmed, 2000 (Adaptação).

Relacionando os sintomas apresentados pelo paciente com os resultados de seu hemograma, constata-se que

- A) o sangramento nasal é devido à baixa quantidade de plaquetas, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.
 - B) o cansaço ocorreu em função da quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.
 - C) a dificuldade respiratória decorreu da baixa quantidade de glóbulos vermelhos, que são responsáveis pela defesa imunológica.
 - D) o sangramento nasal é decorrente da baixa quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pelo transporte de gases no sangue.
 - E) a dificuldade respiratória ocorreu pela quantidade de plaquetas, que são responsáveis pelo transporte de oxigênio no sangue.
- 06.** (Enem) Os sintomas mais sérios da Gripe A, causada pelo vírus H1N1, foram apresentados por pessoas mais idosas e por gestantes. O motivo aparente é a menor imunidade desses grupos contra o vírus. Para aumentar a imunidade populacional relativa ao vírus da Gripe A, o governo brasileiro distribuiu vacinas para os grupos mais suscetíveis.
- A vacina contra o H1N1, assim como qualquer outra vacina contra agentes causadores de doenças infectocontagiosas, aumenta a imunidade das pessoas porque
- A) possui anticorpos contra o agente causador da doença.
 - B) possui proteínas que eliminam o agente causador da doença.
 - C) estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea.
 - D) possui linfócitos B e T que neutralizam o agente causador da doença.
 - E) estimula a produção de anticorpos contra o agente causador da doença.
- 07.** (Enem) A produção de soro antiofídico é feita por meio da extração da peçonha de serpentes que, após tratamento, é introduzida em um cavalo. Em seguida são feitas sangrias para avaliar a concentração de anticorpos produzidos pelo cavalo. Quando essa concentração atinge o valor desejado, é realizada a sangria final para obtenção do soro.

As hemácias são devolvidas ao animal, por meio de uma técnica denominada plasmaferese, a fim de reduzir os efeitos colaterais provocados pela sangria.

Disponível em: <<http://www.infobibos.com>>. Acesso em: 28 abr. 2010 (Adaptação).

A plasmaferese é importante, pois, se o animal ficar com uma baixa quantidade de hemácias, poderá apresentar

- A) febre alta e constante.
- B) redução de imunidade.
- C) aumento da pressão arterial.
- D) quadro de leucemia profunda.
- E) problemas no transporte de oxigênio.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. A
- 03. A
- 04. C
- 05. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
 - 02. A
 - 03. E
 - 04. A
- 05.
- A) Hemácias ou eritrócitos. Essas células são produzidas na medula óssea vermelha.
 - B) As hemácias nos mamíferos são anucleadas e não possuem organelas. Isso faz com que a célula tenha baixo metabolismo, não faça síntese de proteínas e não se reproduza, resultando em um baixo período de vida.
- 06. C
 - 07. B
 - 08. D
 - 09. A
 - 10. B
 - 11. D
 - 12. A
13. Injeção do próprio antígeno, o que provocará no indivíduo a produção de anticorpos específicos, criando uma memória imunológica. Trata-se, portanto, de um tipo de imunidade ativa e, conseqüentemente, uma imunidade de longa duração.
- 14. D
- 15.
- A) O tecido cartilaginoso tem como funções: sustentação, modelagem, flexibilidade, formação e crescimento dos ossos, revestimento articular e proteção contra choques.
 - B) As cartilagens são avasculares, o que dificulta a chegada de células de defesa ao local da infecção.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

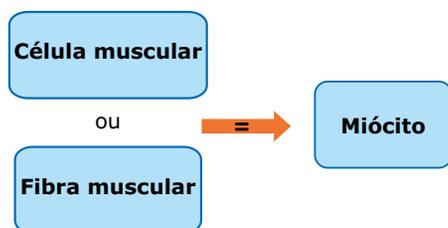
- 01. A
- 02. A
- 03. B
- 04. D
- 05. A
- 06. E
- 07. E



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Tecido Muscular

O tecido muscular é formado por células alongadas, fusiformes (com extremidades afiladas) ou cilíndricas, denominadas miócitos ou fibras musculares, altamente especializadas em realizar contração, proporcionando, assim, os movimentos corporais.



As células musculares são tão diferenciadas e têm características tão peculiares que alguns de seus componentes receberam nomes especiais. A membrana plasmática pode ser chamada de sarcolema; o citoplasma (com exceção das miofibrilas), de sarcoplasma; o retículo endoplasmático, de retículo sarcoplasmático; as mitocôndrias, de sarcossomos.

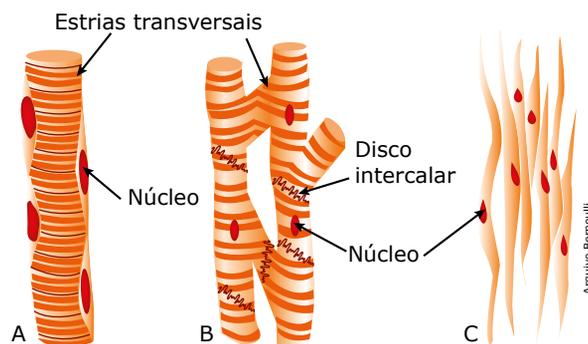
A célula muscular tem em seu citoplasma filamentos proteicos, denominados miofibrilas, constituídos principalmente de duas variedades de proteínas contráteis: actina e miosina. Entre as miofibrilas de actina e de miosina, encontram-se o retículo endoplasmático e as mitocôndrias. Resumidamente, a contração muscular é resultado do deslizamento dos filamentos de actina (mais finos) sobre os filamentos de miosina (mais grossos).

No citoplasma da célula muscular, podemos encontrar também uma proteína, de estrutura e propriedades semelhantes às da hemoglobina, denominada mioglobina. Essa proteína contém ferro e dá uma coloração avermelhada ao tecido. É capaz de ligar-se ao gás oxigênio, funcionando, portanto, como um reservatório de O₂ para a atividade muscular, tendo, inclusive, maior afinidade para com o O₂ do que a hemoglobina.

CLASSIFICAÇÃO

O tecido muscular apresenta as seguintes variedades:

- Estriado esquelético
- Estriado cardíaco
- Não estriado (liso)



Classificação do tecido muscular – A. Tecido muscular estriado esquelético; B. Tecido muscular estriado cardíaco; C. Tecido muscular não estriado (liso).

Tecido muscular estriado esquelético

Formado por células cilíndricas muito longas (podem chegar a 30 cm de comprimento, embora o diâmetro seja microscópico), multinucleadas (polinucleadas), com núcleos periféricos.

A fibra muscular estriada esquelética surge da reunião de várias células mononucleares durante a formação embrionária. Por isso, é considerada um sincício. Entretanto, durante o desenvolvimento do indivíduo, com o seu crescimento, as fibras musculares estriadas esqueléticas se alongam. Para suprir funcionalmente o longo sarcoplasma que se distende, os núcleos se dividem e novos núcleos se formam acompanhando o alongamento da fibra (célula). Assim, a fibra muscular estriada esquelética passa a ser considerada como um plasmódio. Podemos dizer, então, que inicialmente ela é um sincício e, depois, um plasmódio.

Por meio da microscopia eletrônica, foi constatado que o sarcolema (membrana plasmática) da fibra muscular estriada esquelética sofre invaginações, formando uma complexa estrutura de túbulos (sistema T) que envolvem as miofibrilas. Esses túbulos, assim como os canalículos do retículo endoplasmático, participam ativamente da troca de íons cálcio com o hialoplasma durante o mecanismo da contração muscular.

Em microscopia, a fibra estriada esquelética também mostra uma intercalação de faixas claras e escuras, conferindo à célula um aspecto estriado, o que justifica sua denominação. Tais faixas são resultantes da organização dos feixes das miofibrilas de actina e miosina que formam as chamadas estrias transversais.

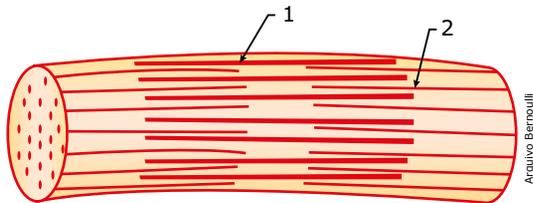


Diagrama do segmento de uma das numerosíssimas miofibrilas que ocorrem paralelamente ao maior eixo da fibra muscular estriada.
1. miofibrila de miosina; 2. miofibrila de actina.

O glicogênio, depositado sob a forma de grânulos, é abundante no sarcoplasma dessas células. Esse glicogênio funciona como depósito de energia, que é mobilizada durante a contração muscular.

As fibras musculares esqueléticas são de contração voluntária e, de acordo com sua estrutura e com uma composição bioquímica, podem ser classificadas em dois tipos: lentas e rápidas.

A) Fibras lentas – Possuem muitas moléculas de mioglobina, muitas mitocôndrias e são bem supridas de vasos sanguíneos. Têm coloração vermelho-escura. São altamente resistentes à fadiga. Como têm reservas substanciais de combustível (glicogênio e lipídios), suas mitocôndrias abundantes podem manter uma produção constante e prolongada de ATP se o oxigênio estiver disponível. Assim, obtêm energia para contração, principalmente por meio da respiração aeróbia, oxidando carboidratos e ácidos graxos. Essas fibras são adaptadas para contrações lentas e continuadas. Dessa forma, os músculos que têm elevadas proporções desse tipo de fibra são bons para o trabalho aeróbico de longa duração (isto é, trabalho que requer muito oxigênio). Os atletas que correm grandes distâncias, os esquiadores, os nadadores e os ciclistas têm os músculos do braço e das pernas constituídos, em sua maior parte, por fibras musculares esqueléticas desse tipo.

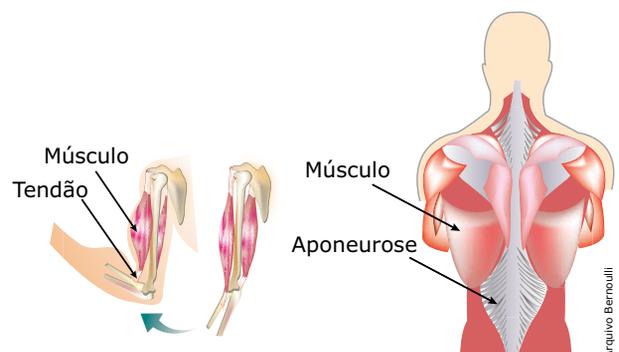
B) Fibras rápidas – Possuem pouca mioglobina, poucas mitocôndrias e poucos vasos sanguíneos. Têm cor vermelho-clara. Obtêm energia para a contração quase que exclusivamente por fermentação a partir da glicose e do glicogênio.

Por isso, tornam-se fatigadas rapidamente. Adaptadas para contrações rápidas e descontínuas (ou de curta duração), essas fibras são especialmente boas para um trabalho de curta duração que requer força máxima. Os campeões de levantamento de peso e os corredores de pequenas distâncias têm elevadas proporções dessas fibras nos músculos das pernas e dos braços.

Nos seres humanos, os músculos esqueléticos apresentam proporções diferentes dos dois tipos de fibras. A herança genética é o principal fator determinante da proporção de fibras de contração rápida e contração lenta em nossos músculos esqueléticos. Assim, existe alguma verdade quando se afirma que se nasce campeão para um determinado tipo de esporte. De certa forma, entretanto, podemos alterar as propriedades das fibras musculares esqueléticas com o treinamento aeróbico. Com o treinamento aeróbico, a capacidade oxidativa das fibras de contração rápida pode melhorar substancialmente. Portanto, uma pessoa que nasce com uma proporção elevada de fibras de contração rápida terá maior probabilidade de se transformar em um campeão de corrida de curta distância; assim como uma pessoa que nasce com uma proporção elevada de fibras de contração lenta terá maior probabilidade de se transformar em um campeão de maratona.

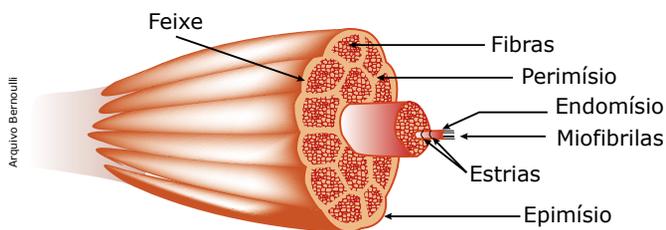
O tecido muscular estriado esquelético é o tecido que ocupa maior volume no corpo e, popularmente, é conhecido por carne; forma os chamados músculos esqueléticos, assim denominados por se acharem ligados aos ossos. Essa ligação pode ser feita por meio de tendões ou de aponeuroses.

Essas estruturas são esbranquiçadas, muito resistentes, constituídas por tecido conjuntivo denso, rico em fibras colágenas. Os tendões são cilíndricos ou, então, têm forma de fita, ao passo que as aponeuroses são laminares.



Tendões e aponeuroses.

Um músculo esquelético é um conjunto de feixes musculares. Um feixe muscular, por sua vez, é um conjunto de fibras musculares. O músculo esquelético, o feixe muscular e a fibra muscular esquelética estão envolvidos, respectivamente, pelas películas epimísio, perimísio e endomísio. O endomísio é uma fina camada de fibras reticulares que envolvem a fibra muscular; o perimísio é uma camada mais espessa de fibras reticulares e colágenas que envolvem o feixe muscular; o epimísio é uma resistente membrana de tecido conjuntivo denso não modelado que envolve o músculo.



Músculo estriado esquelético em corte transversal – Desenho esquemático mostrando a estrutura do músculo estriado esquelético. Observe que o músculo é completamente envolvido pelo tecido conjuntivo do epimísio. Deste, partem os septos do perimísio. Finalmente, vemos o endomísio, que envolve cada fibra muscular. Observe ainda que cada fibra muscular tem diversas estriações transversais, e que seu citoplasma é carregado de miofibrilas.

Tecido muscular estriado cardíaco

É formado por células alongadas, cilíndricas, cujas extremidades se encaixam, o que faz parecer que uma dá continuidade à outra. Muitas dessas células se anastomosam irregularmente, isto é, se ligam uma à outra por meio de ramificações.

Suas células geralmente são mononucleadas (raramente possuem dois núcleos) com os núcleos ocupando posição central. Entre uma fibra (célula) e outra, verifica-se a presença dos discos intercalares, que são regiões das membranas plasmáticas que determinam o limite entre as células. Correspondem, portanto, ao ponto de contato da extremidade de uma célula com a extremidade da outra. O estudo dos discos intercalares em microscopia eletrônica mostrou que eles são áreas especializadas em manter a coesão (união) entre as células musculares cardíacas.

As fibras cardíacas, à semelhança das esqueléticas, também apresentam estrias transversais, resultantes da organização dos feixes de miofibrilas, de actina e de miosina. Apresentam coloração vermelha e têm contração rápida e involuntária.

O tecido muscular estriado cardíaco forma o miocárdio (músculo do coração). O miocárdio é um músculo que independe do sistema nervoso central para sua contração, uma vez que possui automatismo próprio, ou seja, ele mesmo gera estímulos de natureza elétrica para sua contração, em uma região chamada de nódulo sinoatrial (marca-passo), localizada na parte superior direita do coração.

Tecido muscular liso

Formado por células fusiformes, mononucleadas, cujos núcleos ocupam posição central.

As células são pobres em mitocôndrias e em glicogênio, não possuem sistema T e o retículo sarcoplasmático é reduzido.

Suas miofibrilas de miosina e de actina são muito delgadas, o que explica o fato de serem pouco visíveis. Tais miofibrilas não se dispõem em feixes transversais, o que, por sua vez, explica a ausência de estrias transversais nessas células.

Apresentam coloração esbranquiçada (pouca ou nenhuma mioglobina) e contração lenta e involuntária, isto é, independente da vontade do indivíduo. A contração da musculatura lisa está sob o comando do SNA (sistema nervoso autônomo).

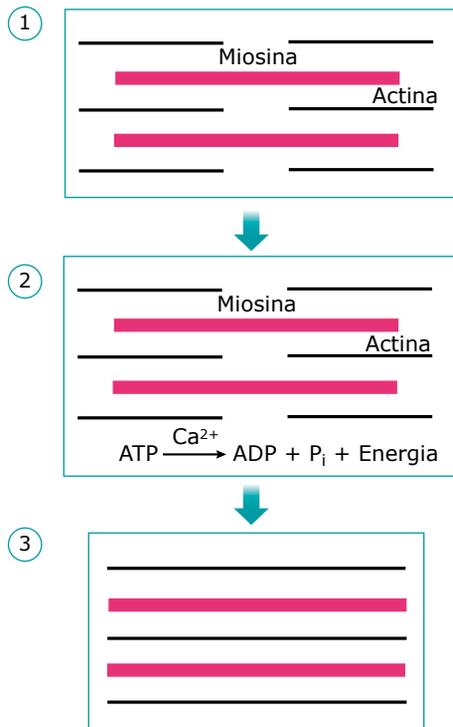
Suas fibras (células) se reúnem, dispostas paralelamente, formando feixes. Esses feixes constituem os chamados músculos lisos ou musculatura lisa. A musculatura lisa é encontrada nas paredes dos vasos sanguíneos (artérias, veias), do tubo digestório (esôfago, estômago, intestinos), da bexiga, das tubas uterinas, do útero, etc. Os movimentos peristálticos (peristaltismos) do tubo digestório e das tubas uterinas, bem como a contração da bexiga e do útero, decorrem da atividade da musculatura lisa existente nesses órgãos.

No caso da bexiga, sua musculatura é lisa e, portanto, a sua contração é involuntária. Contudo, existe um esfíncter (músculo em forma de anel) de músculo estriado na saída do órgão, denominado esfíncter vesical, de contração voluntária, o qual controla a liberação da urina. A micção ocorre quando o esfíncter relaxa (pela vontade do indivíduo), e a bexiga, que já estava contraída, é auxiliada pela contração dos músculos abdominais.

Pelo fato de estar presente em órgãos viscerais (estômago, intestinos, útero, etc.), o tecido muscular liso também é chamado de tecido muscular visceral.

CONTRAÇÃO MUSCULAR

O mecanismo da contração muscular é bastante complexo, envolvendo uma inter-relação de fenômenos físicos e químicos que requerem gasto de energia. Nas fibras musculares estriadas esqueléticas, tal mecanismo pode ser resumido, de forma bastante simplificada, da seguinte maneira:



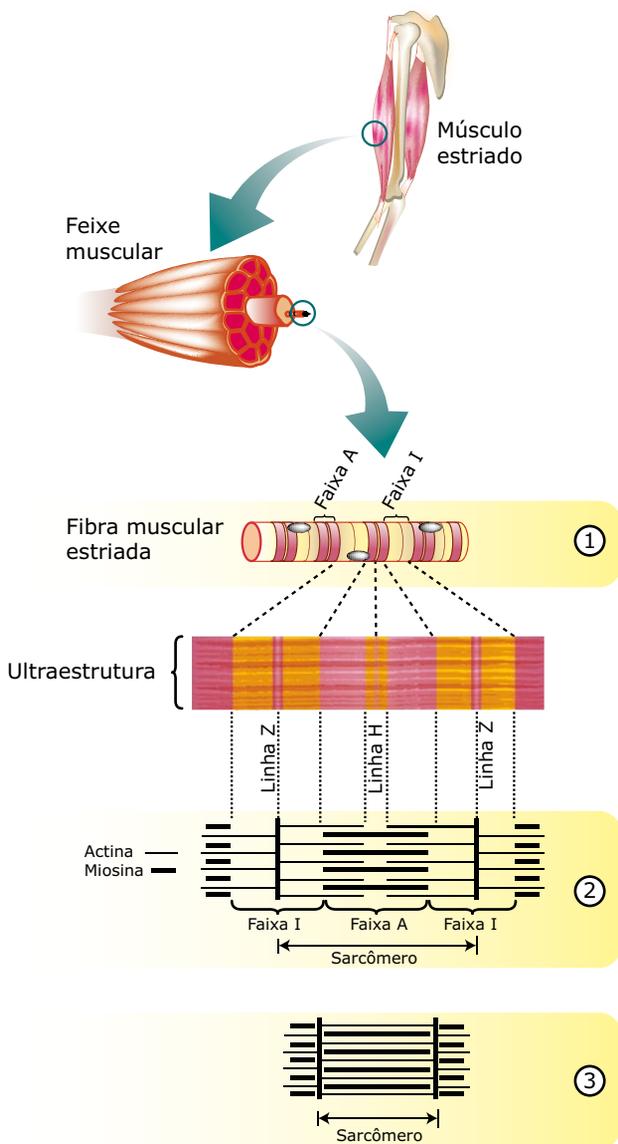
1. Quando recebem o estímulo para a contração, o retículo sarcoplasmático e o sistema T das fibras estriadas liberam íons de Ca^{2+} para o hialoplasma. Nas fibras lisas, os íons de cálcio não ficam armazenados no retículo sarcoplasmático, como acontece nas fibras estriadas. Na fibra lisa, esses íons são armazenados em vesículas ou depressões no sarcolema, sendo liberados frente ao recebimento do estímulo; 2. Em presença desses íons, a miosina adquire uma propriedade ATPásica, ou seja, desdobrando o ATP em ADP + P_i (fosfato inorgânico) e liberando energia;



3. A energia liberada é utilizada no ciclo da contração em que há o encurtamento da fibra muscular. Durante a contração, os filamentos de actina e de miosina conservam seus comprimentos originais, havendo, porém, o deslizamento dos filamentos mais finos (actina) sobre os mais grossos (miosina). É a chamada teoria dos filamentos deslizantes da contração muscular.

Nas fibras estriadas, esse mecanismo de contração é realizado simultaneamente por diversas unidades de contração, chamadas miômeros (sarcômeros).

Conforme já vimos, nas fibras musculares estriadas, as miofibrilas de actina e de miosina se organizam em feixes que formam um intercalamento de faixas claras e escuras. As faixas claras são denominadas faixas, bandas ou discos I (isotrópicas), e as faixas escuras, faixas, bandas ou discos A (anisotrópicas). Os termos isotrópica e anisotrópica são relativos às propriedades ópticas das duas diferentes proteínas. As faixas I apresentam no seu centro uma linha mais escura, denominada linha Z, e as faixas A têm, na região central, uma zona mais clara, conhecida por banda ou zona H.



1. Fibra muscular, mostrando as faixas A e as faixas I. No meio de cada faixa I, há uma linha Z. No meio de cada faixa A, existe uma zona H; 2. O sarcômero relaxado; 3. O sarcômero contraído.

As faixas I (mais claras) correspondem às regiões de superposição de segmentos dos filamentos de actina, e as faixas A (mais escuras), às regiões de superposição de segmentos dos filamentos de actina e de filamentos de miosina. Na fibra descontráida, há, no meio da faixa A, uma região formada apenas pela superposição de segmentos dos filamentos de miosina: é a zona H. As linhas Z são filamentos constituídos, principalmente, pela proteína tropomiosina e nelas se prendem os filamentos de actina. O espaço entre duas linhas Z consecutivas é denominado sarcômero. O sarcômero é a menor porção da fibra estriada capaz de sofrer contração e, por isso, é definido como a unidade contrátil ou funcional da fibra muscular estriada. Quando o sarcômero se contrai, os filamentos de actina deslizam sobre os de miosina. Com isso, as linhas Z se aproximam mais uma da outra, as faixas I diminuem (podendo mesmo desaparecer), a faixa A permanece com a mesma espessura e a zona H diminui, podendo até desaparecer.

A contração de todos os miômeros de uma fibra ao mesmo tempo, evidentemente, determinará a contração de toda a fibra muscular. Se todas as fibras que constituem o músculo também assim o fizerem, haverá contração do músculo por inteiro.

O músculo esquelético nunca fica completamente relaxado. Nele, algumas fibras estão sempre sendo estimuladas e se contraindo, mesmo quando o corpo está em repouso. Esse estado de contração parcial ou semicontração é conhecido como tônus muscular, que, além de manter a firmeza dos músculos, tem uma importância muito grande na manutenção da postura corporal. O tônus não decorre do funcionamento simultâneo de todas as fibras do músculo, mas é o resultado do trabalho ora de algumas, ora de outras, que se revezam. Pelo fato de haver esse revezamento na atividade das fibras, o tônus muscular não está sujeito a fadiga; assim, pode ser mantido durante horas a fio. O tônus está sendo constantemente reajustado pelo sistema nervoso.

A energia para a contração muscular é fornecida diretamente pelas moléculas de ATP quando ocorrer desdobramento em $ADP + P_i$ (fosfato inorgânico). Dessa forma, constantemente, moléculas de ATP estão sendo degradadas no interior das células musculares e, conseqüentemente, moléculas de ATP estão sendo formadas (produzidas) no interior dessas células.

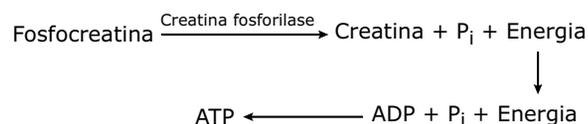
O ATP consumido na contração muscular é produzido por meio de diferentes processos ou vias metabólicas.

Entre eles, destacamos:

A) Respiração celular – É o principal processo formador de ATP nas células musculares. Assim, tanto a glicólise quanto o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória produzem o ATP necessário à contração.

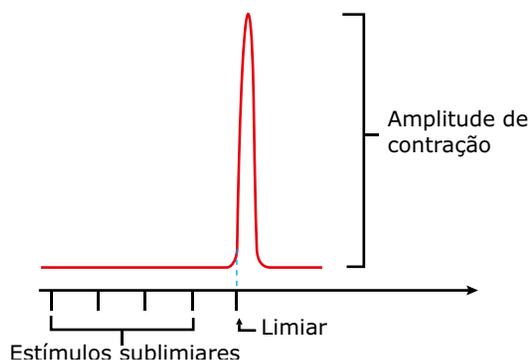
É bom lembrar que, quando há deficiência no suprimento de oxigênio (anaerobiose) por um excessivo trabalho muscular, as células musculares também produzem ATP por meio da fermentação láctica.

B) Transferência do radical fosfato da fosfocreatina – Na fibra muscular, a fosfocreatina (creatina-fosfato) funciona como uma molécula auxiliar no armazenamento de energia. A fosfocreatina pode transferir o seu radical fosfato de alta energia para refazer o ATP a partir de ADP. Essa reação é catalisada por uma enzima, a creatina fosforilase (creatina fosforiltransferase). Dessa forma, quando o suprimento de ATP diminui, a creatina-fosfato fornece fosfato de alta energia para o ADP, o que permite a rápida formação de novas moléculas de ATP.

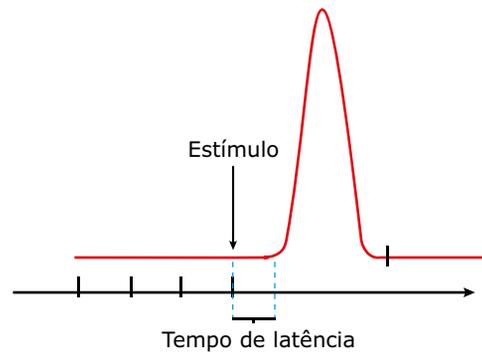


A fosfocreatina não fornece sua energia para ser usada diretamente na contração muscular. Essa substância funciona como um importante reservatório de energia nas células musculares. Quando desdobrada, fornece radical fosfato e energia para regenerar o ATP, mantendo seu nível constante.

As reações da contração muscular são desencadeadas quando a musculatura recebe um estímulo. Da intensidade desse estímulo dependerá o início ou não do mecanismo da contração. A menor intensidade de estímulo capaz de promover a contração é chamada de limiar de excitação.

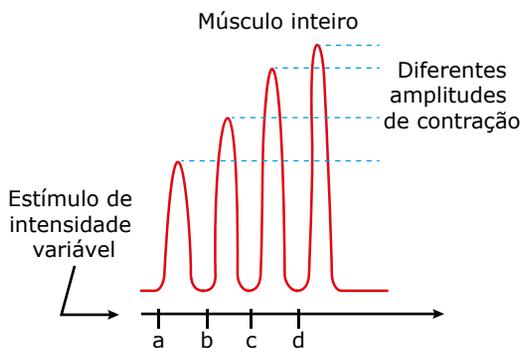
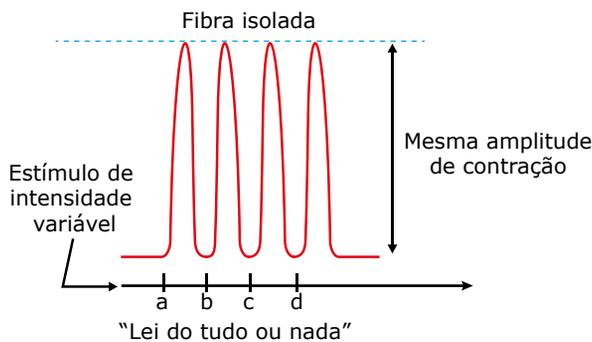


Acima do limiar, os estímulos sempre vão dar uma mesma amplitude de contração se considerarmos apenas uma fibra muscular. É a “lei do tudo ou nada”. Essa lei diz que um estímulo ou é ineficaz ou provoca um grau máximo de contração da fibra, independentemente de sua intensidade. A “lei do tudo ou nada”, entretanto, não vale para um músculo inteiro, pois, se o estímulo é muito mais forte, ele pode desencadear a contração em um número maior de fibras, aumentando, assim, o encurtamento do músculo todo. A gradação na força de contração do músculo, quando submetido a estímulos de intensidade diferentes, não se deve à resposta gradual de cada fibra muscular, mas sim à variação do número de fibras postas em atividade. O grau de contração de um músculo depende da quantidade de fibras estimuladas e da intensidade e da duração do estímulo. Uma estimulação fraca, por exemplo, resulta na contração de apenas algumas fibras e tem como resultado uma contração fraca do músculo. Quando muitas fibras são estimuladas simultaneamente, a contração do músculo é intensa.



Contração muscular

Nessa videoaula, veremos como ocorre o mecanismo de contração muscular.



Quando um músculo recebe um estímulo, pode-se notar, no gráfico, que ele demora frações de segundo para iniciar efetivamente a contração. Esse pequeno intervalo de tempo entre a aplicação do estímulo e o início da contração é o chamado “tempo ou período de latência”. O tempo de latência corresponde à fase bioquímica da contração, uma vez que, durante esse intervalo de tempo, ocorrem nas fibras musculares as reações químicas que visam a liberar energia para o ciclo da contração.

REGENERAÇÃO MUSCULAR

No indivíduo adulto, os três tipos de tecidos musculares, quando lesados, apresentam diferenças quanto à capacidade de regeneração.

No adulto, as células da **musculatura estriada esquelética** não se dividem, no entanto, admite-se que a sua capacidade de regeneração seja realizada com a participação de células conhecidas por **células satélites**. As células satélites, visíveis apenas no microscópio eletrônico, são mononucleadas, fusiformes, dispostas paralelamente às fibras musculares e localizadas dentro da lâmina basal que envolve os miócitos. Quando ocorre uma lesão na musculatura esquelética, as células satélites, que normalmente estão quiescentes (em repouso), entram em atividade, proliferam por mitose e se fundem umas às outras para formar novas fibras musculares esqueléticas. Quando o músculo esquelético é submetido a exercícios intensos, as células satélites também entram em atividade. Nesse caso, elas proliferam por mitoses e se fundem com as fibras musculares já existentes, contribuindo, assim, para o aumento (hipertrofia) do músculo.

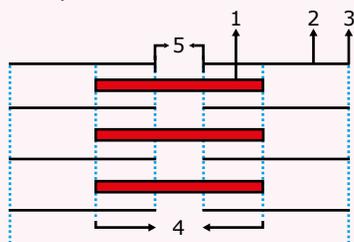
Ao contrário do que acontece nos primeiros anos de vida, no indivíduo adulto, o **tecido muscular estriado cardíaco** praticamente não se regenera. As lesões no miocárdio são reparadas por proliferação do tecido conjuntivo, formando, no local, uma cicatriz.

O **tecido muscular liso** apresenta boa capacidade de regeneração. Ocorrendo nesse tecido uma lesão, as células que não foram destruídas entram em mitose e reparam o tecido lesado.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (Cesgranrio) A energia imediata que supre o processo de contração muscular é derivada de ligações ricas em energia provenientes de
- trifosfato de adenosina.
 - creatina fosfato.
 - ácido fosfoenol pirúvico.
 - difosfato de adenosina.
 - Nenhuma das anteriores.
- 02.** (UECE) O conceito de sarcômero engloba o de estruturas como sarcolema e retículo sarcoplasmático e está associado a um determinado tipo de tecido. Nessa estrutura temos a abundante presença de:
- Plastos e íons de magnésio.
 - Plastos e íons de cálcio.
 - Mitocôndrias e íons de magnésio.
 - Mitocôndrias e íons de cálcio.
- 03.** (UFSC) O tecido muscular liso possui células
- bifurcadas, plurinucleadas, de contração lenta e involuntária.
 - fusiformes, uninucleadas, de contração lenta e involuntária.
 - fusiformes, plurinucleadas, de contração lenta e voluntária.
 - cilíndricas, uninucleadas, de contração rápida e involuntária.
 - cilíndricas, binucleadas, de contração rápida e voluntária.
- 04.** (Unifor-CE) Considere os seguintes conjuntos de características:
- Células com um único núcleo central.
 - Células com muitos núcleos periféricos.
 - Células com estrias transversais.
 - Células sem estrias transversais.
- Contração involuntária.
 - Contração voluntária.
- A associação que caracteriza o tecido responsável pelos batimentos cardíacos é:
- I - X - a
 - I - Y - b
 - II - Y - b
 - I - X - b
 - II - X - a
- 05.** (PUC Minas) Sarcômero é a unidade contrátil da fibra muscular estriada. Observando com atenção o esquema de um sarcômero, os filamentos de miosina estão representados por



- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UFRGS-RS) Os músculos envolvidos no deslocamento do corpo e nos movimentos do sistema digestório são, respectivamente, dos tipos
- estriado e não estriado.
 - esquelético e estriado.
 - não estriado e estriado.
 - não estriado e esquelético.
 - estriado cardíaco e não estriado.
- 02.** (PUC Minas) São dadas a seguir algumas características de três tipos de tecido muscular animal:
- Possui apenas um núcleo, com contração relativamente lenta.
 - Apresenta células cilíndricas extremamente longas, multinucleadas, de contração rápida e voluntária.
 - Tem células normalmente mononucleadas, de contrações rápidas e involuntárias, com presença de discos intercalares.
- As características se referem, respectivamente, aos seguintes tecidos musculares:
- Liso, estriado esquelético e estriado cardíaco.
 - Estriado esquelético, liso e estriado cardíaco.
 - Estriado cardíaco, liso e estriado esquelético.
 - Liso, estriado cardíaco e estriado esquelético.
 - Estriado cardíaco, estriado esquelético e liso.
- 03.** (UFPA-MG) Assinale a alternativa que caracteriza corretamente a fibra muscular estriada esquelética.
- Multinucleada, núcleos centralizados, contração involuntária
 - Mononucleada, núcleo periférico, contração involuntária
 - Mononucleada, núcleo centralizado, contração voluntária
 - Multinucleada, núcleos periféricos, contração voluntária
- 04.** (UERJ-2017) As células musculares presentes nas asas das aves migratórias possuem maior concentração de determinada organela, se comparadas às células musculares do restante do corpo. Esse fato favorece a utilização intensa de tais membros por esses animais. Essa organela é denominada:
- núcleo
 - centríolo
 - lisossoma
 - mitocôndria

- 05.** (FASEH-MG-2018) As células dos músculos esqueléticos recebem o nome de fibras musculares, e a contração dessas fibras se dá pela ação de proteínas fibrilares contráteis. A aparência dessas proteínas ao microscópio óptico forma faixas claras e escuras, daí o nome de tecido estriado.
- Assinale a alternativa correta que indica a estrutura formada por essas faixas.
- Sarcoplasma.
 - Sarcolema.
 - Miofibrilas.
 - Sarcômero.

- 06.** (Uncisal) Quase todas as funções do corpo são em partes musculares. Sem músculos os vertebrados não poderiam se mover, seus tecidos poderiam enfraquecer e os produtos de suas glândulas não poderiam ser distribuídos. O sistema muscular associado ao esqueleto é de grande importância nos mecanismos locomotores. Os vertebrados apresentam três tipos de músculos: estriado esquelético, não estriado e estriado cardíaco.

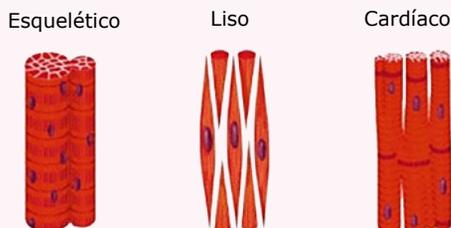
Dadas as proposições a seguir,

- I. Os músculos estriados são ligados ao esqueleto e apresentam contração voluntária.
- II. Os músculos não estriados são encontrados na parede dos órgãos ocos e apresentam contração voluntária.
- III. Os músculos estriados cardíacos formam o miocárdio e possuem fibras de contração involuntária.

Verifica-se que apenas

- A) I, II e III estão corretas.
- B) I e II estão corretas.
- C) I, II e III estão incorretas.
- D) I e III estão corretas.
- E) II e III estão corretas.

- 07.** (FACISB) A figura mostra os três tipos de tecidos musculares.



Disponível em: <www.sobiologia.com.br> (Adaptação).

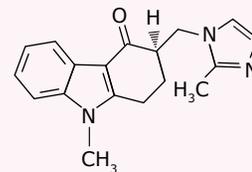
Sobre esses tecidos, é correto afirmar que

- A) o tecido muscular esquelético é formado por células mononucleadas adaptadas a contrações lentas e involuntárias.
- B) o tecido muscular liso é o responsável pelos movimentos peristálticos do esôfago, estômago e intestinos.
- C) as células do tecido muscular estriado cardíaco tornam as paredes dos átrios mais espessas que as dos ventrículos, no coração dos mamíferos.
- D) as células do tecido muscular estriado cardíaco apresentam placas motoras e suas contrações são controladas pelo sistema nervoso central.
- E) o tecido muscular esquelético, adaptado a movimentos lentos, apresenta apenas fibras brancas, uma vez que é pobre em mitocôndrias e mioglobina.

- 08.** (UFU) A exposição "O Fantástico Corpo Humano", atualmente em cartaz em São Paulo, mostra corpos humanos inteiros e peças preservadas em silicone. O visitante dessa exposição poderá notar diversos feixes de fibras musculares e tendões em corpos mostrados em posições cotidianas, como alguém lendo um livro, chutando uma bola, comendo.

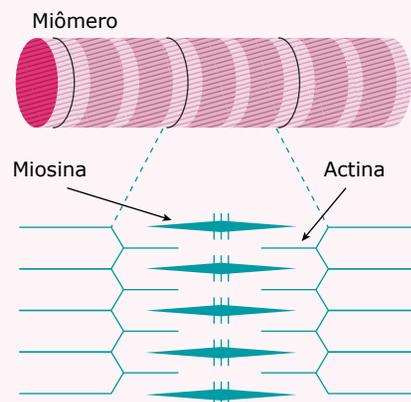
Em relação ao músculo esquelético, é correto afirmar que

- A) nas extremidades do músculo esquelético, formam-se bainhas de tecido conjuntivo frouxo, os tendões, que prendem o músculo ao osso.
 - B) o músculo esquelético propicia a locomoção, juntamente com os tendões e os ossos, devido à diminuição do comprimento dos sarcômeros das miofibrilas. No processo de contração muscular, os filamentos espessos de actina se sobrepõem aos filamentos delgados de miosina.
 - C) a contração do músculo esquelético é dependente de íons de sódio, armazenados no retículo endoplasmático, que favorecem ligação da actina com a miosina.
 - D) o músculo esquelético é formado por tecido muscular estriado esquelético e tecido conjuntivo rico em fibras colágenas, o qual envolve o músculo como um todo e mantém os feixes de fibras musculares, nervos e vasos sanguíneos unidos.
- 09.** (UNIFICADO-RJ) Ondansetrona é uma substância ativa de medicamentos, que possui atividade antiemética. É utilizada para controlar as náuseas e vômitos provocados por quimioterapia e radioterapia, assim como em pós-operatórios, pelo mesmo motivo. A Ondansetrona, ao ser usada na prevenção e tratamento de náuseas e vômitos, não estimula o peristaltismo gástrico ou intestinal. Sua fórmula estrutural está representada a seguir.



O peristaltismo gastrointestinal é promovido por um tecido que apresenta células

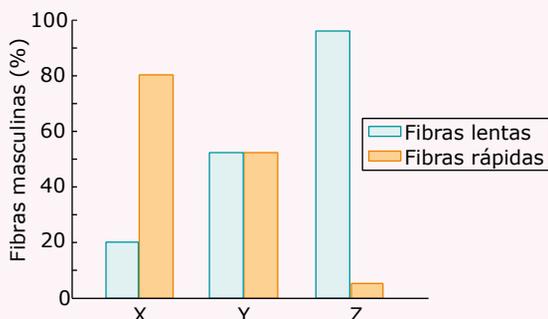
- A) mononucleadas e sem estrias no citoplasma.
 - B) com contrações rápidas, fortes e voluntárias.
 - C) ramificadas e unidas por discos intercalares.
 - D) que não contêm filamentos de actina e miosina.
 - E) multinucleadas e com grande retículo endoplasmático.
- 10.** (UFRGS-RS) No miócito esquelético, as miofibrilas são constituídas por filamentos de actina e miosina, na disposição apresentada no esquema a seguir.



- O que acontece quando ocorre contração muscular?
- Diminuem os filamentos de actina e miosina.
 - Diminuem os filamentos de miosina.
 - Diminuem e se espessam os filamentos de miosina.
 - Os filamentos de actina deslizam entre os de miosina.
 - A linha Z torna-se mais espessa, englobando os filamentos de actina.

11. (UFPI) O ATP gasto durante a contração muscular é rapidamente repostado, graças a uma substância que transfere seu grupo fosfato energético para o ADP, transformando-o em ATP. Essa substância é denominada
- adenosina trifosfato.
 - guanosina trifosfato.
 - creatina-fosfato.
 - miosina-fosfato.
 - actina-fosfato.

12. (UFV-MG) O gráfico a seguir mostra a porcentagem de fibras musculares esqueléticas de contração rápida e de contração lenta nos músculos das pernas de três pessoas (X, Y e Z) com diferentes tipos de atividade física.



Com base no gráfico, calouros do curso de Educação Física concluíram que:

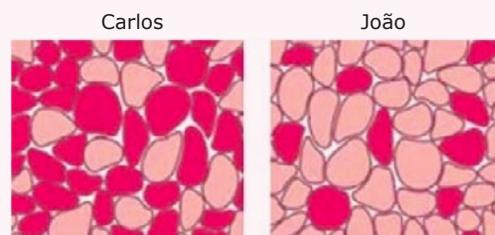
- X deve ser um corredor velocista de 100 metros rasos, pois esforços intensos de curta duração exigem maior porcentagem de fibras rápidas.
- Y deve ser um adulto comum e ativo, pois esforços leves e de média duração exigem a mesma porcentagem de fibras rápidas e lentas.
- Z deve ser uma pessoa que apresenta lesão na medula espinhal, pois esforços moderados e de longa duração exigem maior porcentagem de fibras lentas.

Estão corretas as conclusões:

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

13. (Unesp-2016) As Olimpíadas de 2016 no Brasil contarão com 42 esportes diferentes. Dentre as modalidades de atletismo, teremos a corrida dos 100 metros rasos e a maratona, com percurso de pouco mais de 42 km. A musculatura esquelética dos atletas que competirão

nessas duas modalidades apresenta uma composição distinta de fibras. As fibras musculares do tipo I são de contração lenta, possuem muita irrigação sanguínea e muitas mitocôndrias. Ao contrário, as fibras do tipo II são de contração rápida, pouco irrigadas e com poucas mitocôndrias. As fibras do tipo I têm muita mioglobina, uma proteína transportadora de moléculas de gás oxigênio que confere a estas fibras coloração vermelha escura, ao passo que as do tipo II têm pouca mioglobina, sendo mais claras. A imagem ilustra a disposição das fibras musculares de cortes histológicos transversais, vistas ao microscópio, da musculatura dos atletas Carlos e João. Cada atleta compete em uma dessas duas modalidades.



Disponível em: <www.victoris.urgent.br>.

Por que é possível afirmar que Carlos é o atleta que compete na maratona? Que metabolismo energético predomina em suas fibras musculares?

Determine o metabolismo energético que predomina nas fibras musculares de João e explique por que ele é mais suscetível à fadiga muscular quando submetido ao exercício físico intenso e prolongado.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2015) A toxina botulínica (produzida pelo bacilo *Clostridium botulinum*) pode ser encontrada em alimentos malconservados, causando até a morte de consumidores. No entanto, essa toxina modificada em laboratório está sendo usada cada vez mais para melhorar a qualidade de vida das pessoas com problemas físicos e / ou estéticos, atenuando problemas como o blefaroespasmto, que provoca contrações involuntárias das pálpebras.

BACHUR, T. P. R. et al. Toxina botulínica: de veneno a tratamento. *Revista Eletrônica Pesquisa Médica*, n. 1, jan. mar. 2009 (Adaptação).

O alívio dos sintomas do blefaroespasmto é consequência da ação da toxina modificada sobre o tecido

- glandular, uma vez que ela impede a produção de secreção de substâncias na pele.
- muscular, uma vez que ela provoca a paralisia das fibras que formam esse tecido.
- epitelial, uma vez que ela leva ao aumento da camada de queratina que protege a pele.
- conjuntivo, uma vez que ela aumenta a quantidade de substância intercelular no tecido.
- adiposo, uma vez que ela reduz a espessura da camada de células de gordura do tecido.

02. As fibras musculares esqueléticas podem ser classificadas em dois tipos: fibras lentas e fibras rápidas. O quadro a seguir mostra algumas diferenças entre esses dois tipos de fibras.

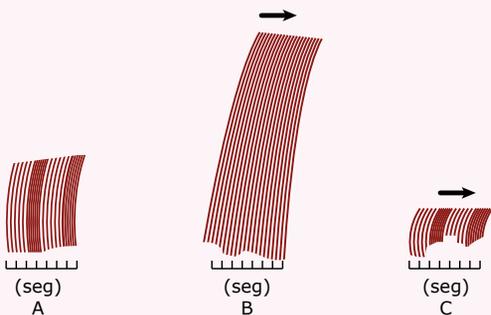
Fibras lentas	Fibras rápidas
Muitas moléculas de mioglobina	Poucas moléculas de mioglobina
Muitas mitocôndrias	Poucas mitocôndrias
Coloração vermelho-escuro	Coloração vermelho-clara
Adaptadas para contrações lentas e continuadas (longa duração)	Adaptadas para contrações rápidas e descontínuas (curta duração)

“Em aves que voam pouco, como galinhas e perus, os músculos esqueléticos peitorais, que movimentam as asas, são empregados apenas para movimentos de curta duração. Em contrapartida, os músculos das coxas são usados de forma mais constante. Em aves migratórias, que voam grandes distâncias, acontece o contrário.”

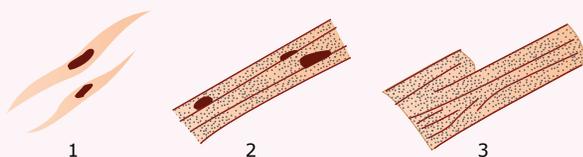
Com base nas informações do quadro e do texto, é correto dizer que

- A) os músculos peitorais da galinha e da ave migratória têm coloração vermelho-escuro.
- B) os músculos das coxas da galinha e da ave migratória têm coloração vermelho-clara.
- C) nas aves migratórias o músculo peitoral e o da coxa têm a mesma coloração.
- D) o músculo peitoral da galinha tem coloração vermelho-clara.
- E) nas aves migratórias todos os músculos têm coloração vermelho-clara.

03. O tecido muscular apresenta três variedades: não estriado (liso), estriado esquelético e estriado cardíaco. As figuras 1, 2 e 3 representam esquematicamente as fibras musculares dessas diferentes variedades do tecido muscular. Os gráficos (A, B e C) representam o registro de contração muscular normal de uma dessas três fibras comparado com os efeitos da aplicação das drogas atropina e muscarina.



Registro de contrações das fibras musculares (todos construídos na mesma escala)



Representação esquemática das fibras musculares

Com base nas informações das figuras e sabendo-se que a atropina e a muscarina agem antagonicamente sobre os batimentos cardíacos e, ainda, que o registro B mostra o efeito da atropina, conclui-se que a fibra que apresentou os registros A, B e C foi

- A) a fibra 1 e o registro A mostra o efeito da muscarina sobre ela.
- B) a fibra 1 e o registro B mostra o efeito da atropina sobre ela.
- C) a fibra 2 e o registro A mostra o efeito da muscarina sobre ela.
- D) a fibra 3 e o registro C mostra o efeito da muscarina sobre ela.
- E) a fibra 3 e o registro A mostra o efeito da atropina sobre ela.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. D
- 03. B
- 04. A
- 05. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. A
- 03. D
- 04. D
- 05. D
- 06. D
- 07. B
- 08. D
- 09. A
- 10. D
- 11. C
- 12. B
- 13. Carlos é o maratonista, pois apresenta fibras musculares de contração lenta, com mais vasos sanguíneos, mioglobina e O₂. O metabolismo predominante é a respiração. João é o velocista, pois apresenta fibras musculares de contração rápida, menos capilares sanguíneos, mioglobina e O₂. O metabolismo predominante é o anaeróbio, que libera ácido lático, provocando fadiga.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. D
- 03. D



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Ciclos Biogeoquímicos

O fluxo de energia nos ecossistemas é acíclico e unidirecional, isto é, a energia é transferida ao longo das cadeias alimentares, dos produtores até os decompositores, passando ou não pelos consumidores. A matéria, no entanto, pode ser reciclada, uma vez que, nos ecossistemas, a matéria tem um fluxo cíclico, circulando constantemente entre os meios biótico e abiótico do ecossistema.

CICLO DO CARBONO

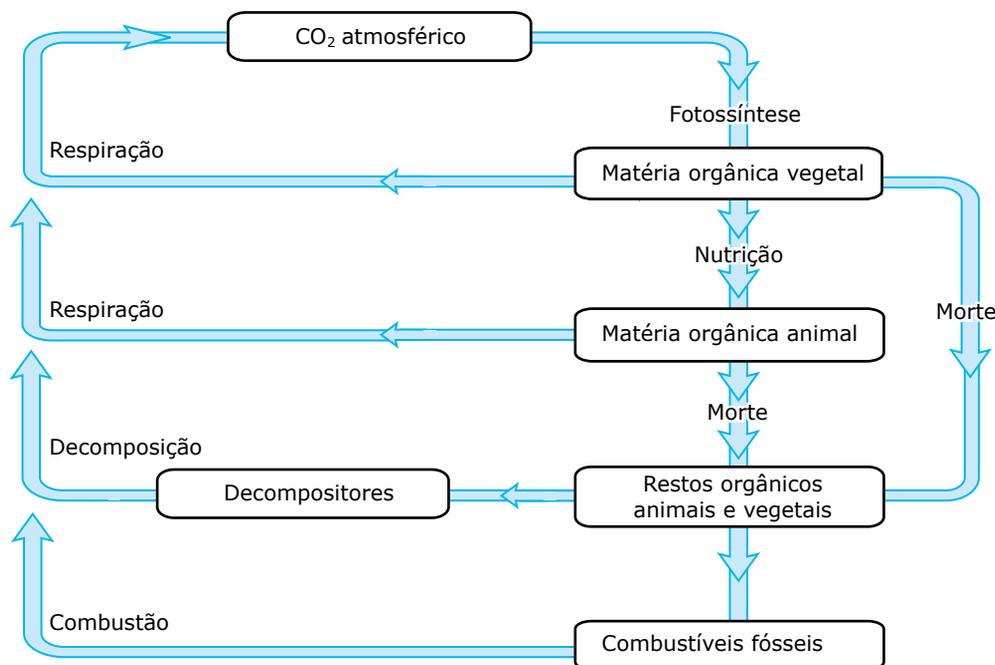
O carbono é um dos elementos químicos indispensáveis aos seres vivos, uma vez que entra na constituição das moléculas de todas as substâncias orgânicas.

É no meio abiótico que está a fonte primária desse elemento químico: as moléculas de CO_2 , presentes na atmosfera e também dissolvidas nas águas dos ecossistemas aquáticos (rios, lagos, mares, etc.). Esse CO_2 é absorvido pelos seres fotossintetizantes, sendo, então, utilizado para a síntese de moléculas orgânicas (glicose, por exemplo).

A matéria orgânica fabricada pelos vegetais fotossintetizantes é utilizada na própria respiração do vegetal ou, então, serve de alimento para os animais. Nos animais, essa matéria também será usada na respiração celular. Tanto a respiração vegetal como a respiração animal liberam CO_2 , devolvendo carbono ao meio abiótico.

Os cadáveres e os restos orgânicos de animais e vegetais podem ter dois destinos no meio ambiente: ou sofrem decomposição ou se acumulam, dando origem, com o passar do tempo, aos combustíveis fósseis (petróleo, hulha). As reações da decomposição e a queima desses combustíveis também liberam CO_2 no meio ambiente. Aliás, a queima de qualquer matéria orgânica, como as que ocorrem nas queimadas de uma floresta ou de um campo, também libera CO_2 na atmosfera.

O esquema a seguir representa as principais etapas do ciclo do carbono.



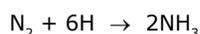
Ciclo do carbono – Observe que o CO_2 é retirado do meio abiótico pela fotossíntese e devolvido por meio de diferentes processos: respiração animal, respiração vegetal, decomposição e combustão.

CICLO DO NITROGÊNIO

O nitrogênio é outro elemento indispensável aos seres vivos, uma vez que entra na constituição de muitas moléculas orgânicas, como as proteínas e os ácidos nucleicos, fundamentais para os processos vitais.

A fonte primária de nitrogênio para os seres vivos é a atmosfera. Lembre-se de que 78% da atmosfera é constituída de N_2 . A atmosfera, portanto, é um grande reservatório de nitrogênio. Entretanto, a maioria das espécies de seres vivos é incapaz de incorporar e metabolizar o nitrogênio em sua forma gasosa e elementar (N_2). Assim, é preciso que o N_2 atmosférico seja convertido em formas químicas que possam ser utilizadas pelos seres vivos, como amônia (NH_3) e íons nitrato (NO_3^-). Essa transformação é denominada **fixação de nitrogênio**.

Certas bactérias (*Azotobacter*, *Rhizobium*, cianobactérias) possuem a enzima nitrogenase e, por isso, conseguem incorporar o N_2 da atmosfera, metabolizá-lo e fixá-lo sob a forma de amônia (NH_3). Essa conversão do N_2 em NH_3 é conhecida por fixação biológica de nitrogênio, biofixação de nitrogênio ou fixação biótica de nitrogênio.



Biofixação do nitrogênio – As bactérias responsáveis por essa transformação são chamadas de bactérias fixadoras de nitrogênio.

Nos ecossistemas aquáticos, as cianobactérias são os principais fixadores de nitrogênio. No solo, existem bactérias fixadoras de nitrogênio de vida livre, como as do gênero *Azotobacter*, e bactérias fixadoras que vivem em associação mutualística com raízes de plantas leguminosas (soja, feijão, ervilha, alfafa, etc.), como é o caso das bactérias do gênero *Rhizobium*. As bactérias de vida livre fixam apenas o nitrogênio necessário para o seu próprio uso e liberam o nitrogênio fixado (sob a forma de amônia) somente quando morrem e sofrem o processo de decomposição. As bactérias que vivem em mutualismo com as raízes de leguminosas liberam para o solo parte do nitrogênio que fixam, recebendo das plantas os produtos da fotossíntese.

Além da biofixação, outros processos naturais também são responsáveis pela liberação ou formação de amônia (NH_3) no meio ambiente. É o caso de muitos animais que, por meio da excreção, liberam amônia para o meio ambiente, o que também ocorre quando há decomposição de cadáveres e restos orgânicos de animais e plantas. Essa decomposição que leva à produção de amônia recebe o nome de amonificação (amonização).

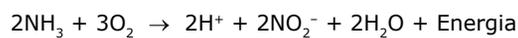
Uma pequena parte dessa amônia é absorvida por algumas plantas; outra parte pode se combinar com a água existente no solo, formando hidróxido de amônio (NH_4OH), que, ionizando-se, produz íons amônio (NH_4^+) e hidroxila (OH^-), conforme mostra a equação a seguir:



Embora a amônia seja tóxica para a maioria das plantas, os íons amônio podem ser absorvidos com segurança em baixas concentrações.

A maior parte da amônia, entretanto, é oxidada e convertida em nitrato (NO_3^-), por meio de um processo denominado nitrificação, realizado por bactérias (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*) autótrofas quimiossintetizantes, que fazem a oxidação da amônia com a finalidade de liberar energia para a reação da quimiossíntese. Essas bactérias são ditas bactérias nitrificantes.

A nitrificação é realizada em duas etapas: nitrosação e nitratação. A nitrosação consiste na oxidação da amônia, produzindo nitrito (NO_2^-), enquanto a nitratação converte os íons nitrito (NO_2^-) em nitrato (NO_3^-).

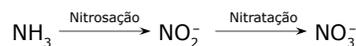


Nitrosação – É realizada por bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrosococcus*, chamadas de bactérias nitrosas.



Nitratação – É realizada por bactérias do gênero *Nitrobacter*, chamadas de bactérias nítricas.

Resumidamente, podemos esquematizar a nitrificação da seguinte maneira:



Nitrificação = Nitrosação + Nitratação.

Além da nitrificação, os íons nitrato (NO_3^-) também podem ser produzidos naturalmente no ambiente, embora em menor escala, por meio da chamada fixação atmosférica de nitrogênio. Nesse tipo de fixação, que ocorre por ocasião de tempestades com raios, a descarga elétrica dos raios (relâmpagos) favorece a reação de N_2 com O_2 , levando à produção de nitratos.

A fixação atmosférica de nitrogênio também pode ser feita artificialmente por processos industriais na produção de fertilizantes (fixação industrial de nitrogênio).

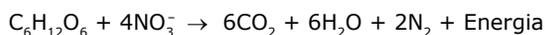
A fixação atmosférica natural de nitrogênio e a fixação industrial de nitrogênio são modalidades de fixação não biológica ou fixação abiótica de nitrogênio.

Os íons nitrato (NO_3^-) provenientes da nitrificação e da fixação abiótica são absorvidos pelas plantas. O nitrato é a forma pela qual a maior parte do nitrogênio é absorvida pelas raízes. As plantas utilizam o nitrato absorvido para a síntese de seus compostos orgânicos nitrogenados (aminoácidos, proteínas, etc.). Por meio da cadeia alimentar (nutrição), os animais obtêm das plantas esses compostos nitrogenados, metabolizando-os e utilizando-os na síntese de suas proteínas e de outros compostos orgânicos nitrogenados. Nos animais, os compostos nitrogenados, em especial as proteínas, ao serem metabolizados, originam produtos de excreção, como a amônia, a ureia e o ácido úrico. São as chamadas excretas nitrogenadas, que precisam ser eliminadas para o meio externo, pois, quando estão em altas concentrações no meio interno, tornam-se tóxicas para o organismo animal. Assim, por meio da excreção, os animais devolvem nitrogênio para o meio abiótico.

As excretas nitrogenadas dos animais, bem como os seus cadáveres e os das plantas, sofrem, no meio ambiente, a ação dos decompositores (bactérias e fungos). Essa decomposição produz amônia (NH_3). Essa amônia, proveniente da amonificação, pode se combinar com a água e produzir íon amônio (NH_4^+), como também pode sofrer a nitrificação.

Para completar o ciclo do nitrogênio, é necessário que o N_2 seja devolvido à atmosfera. Isso é feito pela desnitrificação (denitrificação).

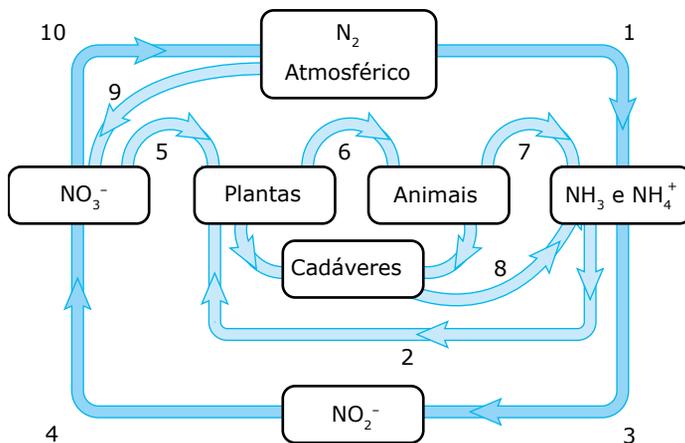
A desnitrificação consiste na liberação do nitrogênio presente nos íons amônio, no nitrito, no nitrato ou na amônia. Esse processo é realizado por bactérias, como as da espécie *Pseudomonas denitrificans*. Essas bactérias desnitrificantes são anaeróbias facultativas; assim, quando não há disponibilidade de O_2 no meio, passam a fazer a respiração anaeróbia, utilizando os compostos nitrogenados como aceptores finais de elétrons.



Exemplo de desnitrificação – A desnitrificação, portanto, é um processo de respiração anaeróbia.

Uma vez que as bactérias desnitrificantes também podem fazer a respiração aeróbia, fica fácil entender que a desnitrificação não ocorre em ambientes onde há boa disponibilidade de O_2 . Os ambientes propícios para a realização da desnitrificação de forma mais intensa são aqueles onde há pouca disponibilidade de O_2 (pântanos, por exemplo, onde há pouco O_2 dissolvido na água).

Pelo que acabamos de ver, podemos dizer que o ciclo do nitrogênio apresenta três etapas básicas ou fundamentais: **fixação, nitrificação e desnitrificação**.



Ciclo do nitrogênio – 1. Biofixação do N_2 ; 2. Absorção de NH_3 e NH_4^+ pelas plantas; 3. Nitrificação (1ª etapa da nitrificação); 4. Nitratação (2ª etapa da nitrificação); 5. Absorção de NO_3^- pelas plantas; 6. Cadeia alimentar (nutrição); 7. Excreção; 8. Decomposição; 9. Fixação abiótica de nitrogênio; 10. Desnitrificação.

CONTEÚDO NO
Bernoulli Play



Ciclo do nitrogênio

Nesse objeto de aprendizagem, você observará todas as etapas do ciclo do nitrogênio: fixação biótica e abiótica, amonificação, nitrificação, assimilação e desnitrificação. Atente-se para as etapas do ciclo que necessitam de seres vivos para acontecer. Boa tarefa!

CICLO DA ÁGUA



Embora a água não seja um elemento químico, e sim uma substância composta de hidrogênio e oxigênio, o estudo do seu ciclo é importante, uma vez que ela é indispensável aos processos metabólicos.

A água recobre, aproximadamente, 75% da superfície terrestre. De toda essa água, cerca de 97% pertencem ao talassociclo e o restante, cerca de 3%, ao limnociclo.

A água evapora-se frequentemente das superfícies aquáticas (rios, mares, etc.) e do solo, formando as nuvens, condensa-se e precipita-se sob a forma de chuva, neve ou granizo. No solo, a água pode percolar, isto é, atravessar as camadas do solo, atraída pela força da gravidade, e atingir um lençol freático, pelo qual chega até um curso-d'água (rio, riacho, etc.). Parte da água precipitada também pode ser retida pelo solo e absorvida pelas plantas, por meio do seu sistema radicular (raízes).

Nos vegetais, a perda de água para o meio abiótico se faz pela transpiração e pela sudação. Os animais, por sua vez, participam do ciclo ingerindo água obtida diretamente de uma fonte (lago, rio, etc.) ou, de forma indireta, por meio do consumo dos alimentos. O processo de eliminação de água pelos animais é variável, podendo ocorrer por meio da urina, das fezes, da respiração, do suor, etc.

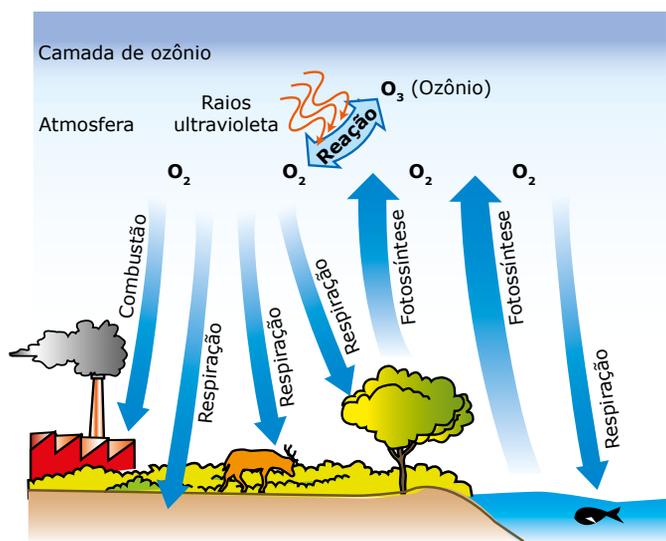
Vale lembrar, também, que, durante algumas reações do próprio metabolismo, ocorre a formação de água. A água formada no interior das células também pode ser eliminada para o meio abiótico e, dessa forma, incorporar-se ao ciclo.

É bom lembrar que parte da água que plantas e animais têm no corpo fica incorporada a suas células e tecidos, sendo devolvida ao ambiente apenas pela ação dos decompositores.

CICLO DO OXIGÊNIO

O oxigênio molecular (O_2), indispensável à respiração aeróbia, é o segundo componente mais abundante da atmosfera, na qual existe na proporção de, aproximadamente, 20%. Esse oxigênio pode ser consumido por meio das seguintes vias:

- atividade respiratória dos seres vivos;
- combustão;
- degradação, principalmente pela ação de raios ultravioletas, com formação de ozônio (O_3);
- combinação com metais existentes no solo (principalmente o ferro), formando óxidos metálicos.



Ciclo do oxigênio.

Por outro lado, há um contínuo reabastecimento de O_2 , promovido pela atividade de fotossíntese, principalmente a realizada pelo fitoplâncton marinho, considerado verdadeiro "pulmão do mundo". Caso não ocorresse a fotossíntese, provavelmente o oxigênio molecular (O_2) já teria desaparecido de nossa atmosfera.

A circulação do oxigênio entre os meios abiótico e biótico também está intimamente associada aos ciclos do carbono e da água.

CICLO DO CÁLCIO

Sais de cálcio, como carbonatos e fosfatos de cálcio, são indispensáveis para que muitos animais possam formar suas estruturas esqueléticas (conchas, ossos, carapaças). Além disso, os íons Ca^{2+} atuam em importantes processos metabólicos, como a condução dos impulsos nervosos, a contração muscular e a coagulação sanguínea. O cálcio relaciona-se com a atividade de muitas enzimas. Também é um dos macronutrientes exigidos, por exemplo, pelas plantas, nas quais participa da constituição da lamela média de paredes celulares.

A fonte primária de cálcio são as rochas calcárias, que, ao sofrerem o desgaste pelas águas das chuvas e correntezas, liberam sais de cálcio para o solo. Parte desse cálcio do solo é absorvida pelas plantas terrestres e parte é levada para os rios e oceanos. Nesses ambientes, o cálcio dissolvido na água pode ser absorvido pelas plantas aquáticas, como também ingerido pelos animais. Uma parte, entretanto, sedimenta-se no fundo dos rios e mares, formando rochas calcárias. Caso ocorra uma elevação do terreno, essas rochas afloram à superfície e são, então, desgastadas por ação das águas das chuvas e das correntezas, liberando sais de cálcio no solo e recomeçando um novo ciclo.

A participação dos seres vivos no ciclo do cálcio pode ser assim resumida: as plantas absorvem do solo ou da água os sais de cálcio, e os animais o obtêm pela cadeia alimentar. Com a decomposição dos animais e vegetais mortos, o cálcio retorna ao meio abiótico (solo e água).

Os solos utilizados na agricultura também podem ser enriquecidos com sais de cálcio por meio da calagem.

Para a maioria das culturas, o pH ótimo está em torno de 6,5. A chuva e a decomposição de substâncias orgânicas diminuem o pH do solo. Tal acidificação pode ser revertida por calagem. A calagem consiste na aplicação de compostos popularmente conhecidos por cal, como o carbonato de cálcio, o hidróxido de cálcio ou o carbonato de magnésio. A adição desses compostos leva à remoção de íons H^+ do solo. A calagem também aumenta a disponibilidade de cálcio para as plantas, que o exigem como um macronutriente.

CICLO DO FÓSFORO

O fósforo é um elemento indispensável para qualquer sistema vivo, uma vez que entra na constituição dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), das moléculas energéticas de ATP e dos fosfolípidios da membrana plasmática.

As plantas obtêm o fósforo absorvendo fosfatos (PO_4^{3-}) que se encontram dissolvidos na água e no solo. Os animais obtêm fosfatos nos alimentos ingeridos e na água que bebem.

A excreção dos animais e a decomposição de plantas e animais são processos que devolvem para o meio abiótico (solo e água) o fósforo que fazia parte da matéria orgânica. Parte do fósforo do solo é arrastada pelas chuvas para os rios, lagos e mares, onde se sedimenta, originando rochas fosfatadas (rochas ricas em minerais de fosfato). Após certo tempo, quando se elevarem em consequência de processos geológicos, essas rochas, agora na superfície, sofrerão lentamente a erosão (desgaste) pela água das chuvas, liberando no solo os fosfatos. Estes serão absorvidos pelas plantas, que os utilizam para a produção de ATP, de ácidos nucleicos e de outros compostos. Pela cadeia alimentar, os fosfatos das plantas passam para os animais, que os utilizam da mesma forma que os vegetais. Os animais também podem obter sais fosfatados que estejam dissolvidos na água que bebem.

A maioria dos depósitos de fosfato é de origem marinha. Uma parte é utilizada pelos organismos marinhos e outra permanece sedimentada no fundo dos mares, como parte de rochas.

Por meio da cadeia alimentar, o fosfato absorvido pelas algas marinhas é transmitido para os peixes e, destes, passam para as aves marinhas. Essas aves, por sua vez, eliminam excretas, que se depositam sobre as rochas litorâneas, formando o guano. O homem aproveita os vastos depósitos de guano, como os das ilhas costeiras do Peru ou da ilha de Nauru, no Pacífico Sul, usando-os como adubos fosfatados, promovendo, assim, o retorno mais rápido do fósforo a seu ciclo. O ser humano também pode obter o fósforo pela mineração de rochas fosfatadas, usadas como adubo na agricultura.

Uma particularidade do ciclo do fósforo em relação aos ciclos vistos anteriormente (carbono, nitrogênio, oxigênio, água) é a ausência de fase gasosa, já que não são comuns os compostos gasosos contendo fósforo. Dessa forma, praticamente não há passagem pela atmosfera. Uma parcela do fósforo pode ser transportado em partículas de poeira, mas, em geral, a atmosfera exerce um papel muito secundário no ciclo desse elemento.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFRGS-RS) Em relação aos ciclos biogeoquímicos, é correto afirmar que
- a principal reserva de nitrogênio encontra-se na água doce.
 - a precipitação da água impede a transferência de elementos químicos dos ambientes terrestres para a água doce e para os oceanos.
 - as erupções vulcânicas representam a principal fonte de iodo, cobalto e selênio.
 - as concentrações elevadas de fósforo no solo de plantações levam a uma diminuição de fósforo em rios e lagos.
 - a queima de vegetais e de combustíveis fósseis é a principal responsável pela liberação de CO_2 na atmosfera, no Brasil.

- 02.** (Fatec-SP) Sabendo-se que

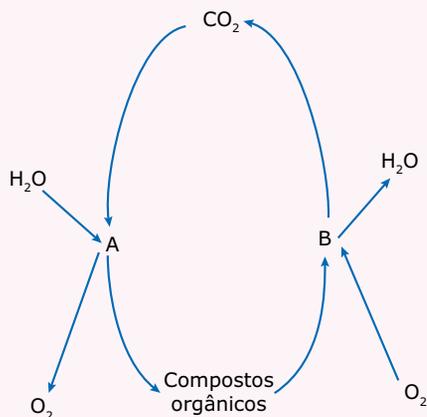


- o maior reservatório de nitrogênio do planeta é a atmosfera, onde esse elemento químico se encontra na forma de nitrogênio molecular (N_2);
- apenas umas poucas espécies de bactérias, conhecidas genericamente como fixadoras de nitrogênio são capazes de utilizar diretamente o N_2 , incorporando esses átomos em suas moléculas orgânicas;
- algumas bactérias do gênero *Rhizobium* (Rizóbios), fixadoras de N_2 , vivem no interior de nódulos formados em raízes de plantas leguminosas, como a soja e o feijão;
- a soja e o feijão, graças à associação com rizóbios, podem viver em solos pobres de compostos nitrogenados.

É correto concluir que, sobre o ciclo do nitrogênio na natureza,

- os rizóbios recebem nitrogênio molecular das leguminosas.
- as plantas fixam o nitrogênio molecular ao fazer fotossíntese.
- os herbívoros obtêm nitrogênio na natureza ao comerem as plantas.
- o nitrogênio atmosférico pode ser absorvido pelas folhas das leguminosas.
- as leguminosas usadas na recuperação de solos pobres fixam diretamente o nitrogênio molecular.

03. (FUVEST-SP)



No ciclo do carbono, esquematizado anteriormente, do qual participam fungos e algas pardas,

- A) as algas pardas realizam apenas a etapa A.
- B) os fungos realizam apenas a etapa A.
- C) as algas pardas realizam as etapas A e B.
- D) os fungos realizam as etapas A e B.
- E) as algas pardas realizam apenas a etapa B.

04. (PUC-Campinas-SP) Considere as seguintes funções vegetais:

- I. Transpiração
- II. Respiração
- III. Fotossíntese

O ciclo biogeoquímico da água relaciona-se com

- A) I, apenas.
- B) I e II, apenas.
- C) I e III, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II e III.

05. (PUC-SP) Nos ecossistemas, o carbono é incorporado por organismos fotossintetizantes para a síntese de compostos orgânicos, que podem ser utilizados

- A) apenas por organismos consumidores no processo de respiração celular, sendo o carbono devolvido ao ambiente na forma de CO_2 .
- B) apenas por organismos clorofilados no processo de respiração celular, a partir do qual o carbono não é devolvido ao ambiente.
- C) apenas por organismos anaeróbicos no processo de fermentação, sendo o carbono devolvido ao ambiente na forma de CO_2 .
- D) por organismos clorofilados e por animais no processo de respiração celular, a partir do qual o carbono não é devolvido ao ambiente.
- E) por organismos clorofilados, por animais e por decompositores, sendo o carbono devolvido ao ambiente na forma de CO_2 .

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Uncisal) Os ciclos naturais do carbono, do oxigênio e do nitrogênio são essenciais para a manutenção da vida no planeta, sendo estes processos uma ininterrupta circulação destes átomos entre a biosfera e o meio abiótico. Estes elementos são encontrados naturalmente na atmosfera e são assimilados de diversas maneiras por plantas e animais.

O carbono e o nitrogênio são assimilados pelas plantas, por meio

- A) do gás carbônico e do gás nitrogênio presentes na atmosfera.
- B) da absorção de compostos orgânicos presentes nos alimentos.
- C) da absorção da água utilizada nas reações químicas fotossintetizantes.
- D) da fotossíntese e dos nitratos absorvidos por estes organismos.
- E) da fotossíntese e da incorporação de átomos de nitrogênio de substâncias orgânicas.

02.



(Unipar-PR) Tornou-se comum na agricultura brasileira a prática da rotação de culturas que alterna plantio de gramíneas (arroz, milho, trigo...) com o de leguminosas (soja, feijão...), promovendo a utilização mais racional do solo. Em relação a esta afirmativa, é correto supor que

- A) as leguminosas melhoram as condições de suprimento de alumínio às gramíneas.
- B) as gramíneas mantêm os nutrientes do solo inalterados.
- C) ambos os grupos vegetais aumentam o teor de fósforo no solo.
- D) as leguminosas aumentam o teor de nitrogênio no solo.
- E) as gramíneas produzem mais potássio do que as leguminosas.

03.

(UDESC-2016) Os átomos de nitrogênio entram na composição das proteínas e dos ácidos nucleicos. Pode-se, deliberadamente, interferir no Ciclo do Nitrogênio na natureza com a finalidade de aumentar a produtividade de certas culturas.

Assinale a alternativa que contém exemplos de plantas, usualmente, utilizadas para aumentar a quantidade de nitrogênio no solo.

- A) Morango – alface – cebola.
- B) Milho – batata – arroz.
- C) Algodão – batata – milho.
- D) Soja – feijão – ervilha.
- E) Gergelim – milho – castanhas.

- 04.** (Vunesp) Um pesquisador, estudando uma plantação de soja numa área de 2 000 m², verificou que esta plantação é capaz de retirar anualmente da atmosfera 5 toneladas de carbono. O carbono entra nos vegetais através da
- respiração.
 - fotossíntese.
 - osmose.
 - combustão.
 - decomposição.

- 05.** (Unesp) Leia alguns versos da canção "Planeta Água", de Guilherme Arantes.

Água dos igarapés
 Onde Iara, a mãe d'água
 É misteriosa canção
 Água que o sol evapora
 Pro céu vai embora
 Virar nuvens de algodão[...]

Disponível em: <www.radio.uol.com.br>.

Na canção, o autor refere-se ao ciclo biogeoquímico da água e, nesses versos, faz referência a um processo físico: a evaporação. Além da evaporação, um outro processo, fisiológico, contribui para que a água dos corpos de alguns organismos passe à pele e, desta, à atmosfera. Que processo fisiológico é este e qual sua principal função?

Se, em lugar de descrever o ciclo da água, o autor desejasse descrever o ciclo do carbono, seriam outros os processos a se referir. Cite um processo fisiológico que permite que o carbono da atmosfera seja incorporado à moléculas orgânicas, e um processo fisiológico que permite que esse mesmo carbono retorne à atmosfera.

- 06.** (PUC RS) Quando se estuda o ciclo do nitrogênio, verifica-se que os seres que devolvem esse elemento à atmosfera são bactérias particularmente denominadas
- nitrificantes.
 - ferrosas.
 - sulfurosas.
 - desnitrificantes.
 - simbiontes.

- 07.** (UPF-RS) Os seres vivos necessitam de alguns elementos químicos em grandes quantidades. A interação desses elementos nos próprios seres e com o ambiente físico no qual se encontram ocorre por meio de movimentos conhecidos como ciclos biogeoquímicos, sobre os quais é correto afirmar que

- o ciclo da água ou ciclo hidrológico é afetado pelos processos de evaporação e precipitação, bem como pela interferência dos seres vivos ao terem a água fluindo através das teias alimentares.
- o ciclo do fósforo independe da ação de micro-organismos de solo, pois o maior reservatório desse elemento no planeta é a atmosfera.
- o principal processo envolvido no ciclo do carbono é a respiração, por meio do qual o carbono presente na molécula de CO₂ é fixado e utilizado na síntese de moléculas orgânicas.
- o ciclo do nitrogênio é considerado mais simples do que os demais ciclos, pois não há passagem de átomos desse elemento pela atmosfera.
- no ciclo do oxigênio, a única fonte importante desse elemento, que circula entre a biosfera e o ambiente físico, é o gás O₂.

- 08.** (UERJ-2017) A presença de nitrogênio e fósforo na alimentação de todos os seres vivos é fundamental ao bom funcionamento da célula.

O processo celular que envolve diretamente a participação de moléculas compostas por esses elementos é:

- Contração do músculo.
- Armazenamento de energia.
- Reconhecimento de antígenos.
- Transmissão do impulso nervoso.

- 09.** (Unifor-CE-2016) As plantas de forma geral conseguem seus nutrientes pelas raízes (água e minerais) e também da fotossíntese (glicose). Entretanto, existe uma grande diversidade de plantas que acabam consumindo nutrientes de forma diferente que esperamos quando falamos sobre o reino vegetal. Estas plantas diferentes podem consumir desde pequenos insetos como animais maiores: pequenos anfíbios, répteis, aves e até mamíferos. Tais plantas capturam estes animais, pois vivem em solos pobres em nitrogênio.

Disponível em: <<https://www.biologiatotal.com.br/blog/plantas+carnivoras+fazem+fotossintese-50.html>>.

Acesso em: 17 jun. 2016 (Adaptação).

Considerando o texto anterior, os compostos que mais podem interessar a uma planta ao alimentar-se de animais são:

- Frutose e proteínas.
- Lipídios.
- Sais minerais.
- Proteínas.
- Vitaminas e lipídios.

10. (FUVEST-SP-2018) Analise as três afirmações seguintes sobre ciclos biogeoquímicos.

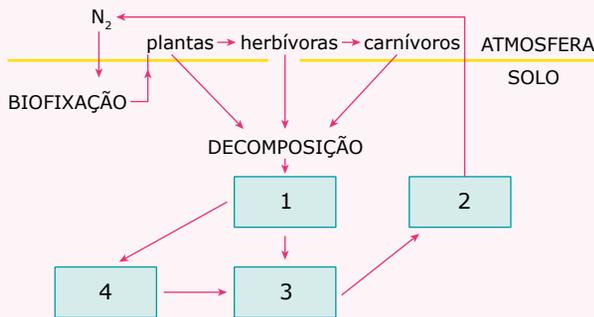


- I. A respiração dos seres vivos e a queima de combustíveis fósseis e de vegetação restituem carbono à atmosfera.
- II. Diferentes tipos de bactérias participam da ciclagem do nitrogênio: as fixadoras, que transformam o gás nitrogênio em amônia, as nitrificantes, que produzem nitrito e nitrato, e as desnitrificantes, que devolvem o nitrogênio gasoso à atmosfera.
- III. Pelo processo da transpiração, as plantas bombeiam, continuamente, água do solo para a atmosfera, e esse vapor de água se condensa e contribui para a formação de nuvens, voltando à terra como chuva.

Está correto o que se afirma em

- A) I, apenas.
- B) I e II, apenas.
- C) II e III, apenas.
- D) III, apenas.
- E) I, II e III

11. (UNITAU-SP-2015) O esquema a seguir representa o ciclo do nitrogênio, de modo simplificado. Com base no esquema, assinale a alternativa correta.



- A) O número 1 representa as bactérias quimiossintetizantes, as Nitrobacter, que decompõem os restos dos seres vivos.
- B) O número 2 representa as bactérias desnitrificantes, que transformam os íons nitrato em nitrito e posteriormente em nitrogênio.
- C) O número 3 representa as Nitrosomonas, que são bactérias quimiossintetizantes, as quais transformam os íons nitrito em íons amônio.
- D) O número 4 representa fungos e bactérias que transformam as substâncias nitrogenadas em íons amônio.
- E) A biofixação é o processo de captura de nitrogênio atmosférico por fungos associados às raízes das plantas, que o transformam em íons amônio.

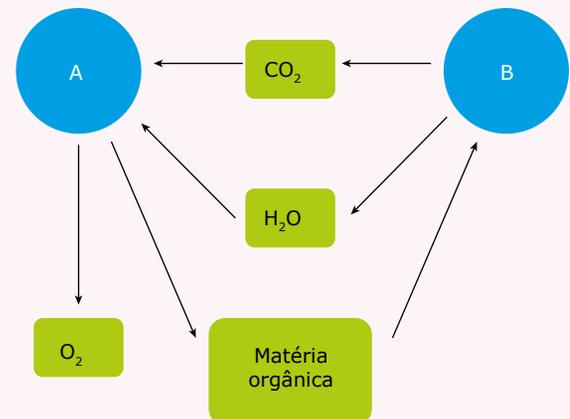
12. (FGV-2016) A ureia produzida em indústrias petroquímicas é o fertilizante mais utilizado no mundo pela agricultura convencional como fonte extra de nitrogênio. Já na agricultura orgânica, a qual dispensa o consumo de fertilizantes e defensivos químicos industriais, utiliza-se o esterco animal curtido como fonte suplementar de nitrogênio.



Independentemente do tipo de técnica agrícola empregada, tanto o fertilizante petroquímico como o esterco animal, quando aplicados no solo, serão

- A) metabolizados por bactérias quimiossintetizantes que geram nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), assimilados então pelos vegetais para a síntese, principalmente, de aminoácidos e nucleotídeos.
- B) absorvidos diretamente pelos vegetais que apresentam micro-organismos simbiotes em nódulos de suas raízes, para a síntese direta de proteínas e ácidos nucleicos.
- C) decompostos por organismos detritívoros em moléculas menores como a amônia (NH_3) e o gás nitrogênio (N_2), assimilados então pelos tecidos vegetais para síntese de nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).
- D) digeridos por fungos e bactérias nitrificantes que produzem aminoácidos e nucleotídeos, assimilados então pelos tecidos vegetais para síntese de proteínas e ácidos nucleicos.
- E) oxidados por cianobactérias fotossintetizantes em nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) que produzem proteínas e ácidos nucleicos, então absorvidos diretamente pelos tecidos vegetais.

13. (UERJ) O esquema a seguir indica etapas do ciclo do carbono em um ecossistema lacustre. Os conjuntos A e B representam importantes atividades metabólicas encontradas em seres vivos desse lago.



Considere as atividades metabólicas encontradas em animais e em cianobactérias desse ecossistema. Aponte quais desses seres vivos realizam tanto o conjunto A quanto o conjunto B de atividades. Justifique sua resposta, utilizando as informações do esquema.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem- 2018) O alemão Fritz Haber recebeu o Prêmio Nobel de química de 1918 pelo desenvolvimento de um processo viável para a síntese da amônia (NH_3). Em seu discurso de premiação, Haber justificou a importância do feito dizendo que:

“Desde a metade do século passado, tornou-se conhecido que um suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos; entretanto, também se sabia que as plantas não podem absorver o nitrogênio em sua forma simples, que é o principal constituinte da atmosfera. Elas precisam que o nitrogênio seja combinado [...] para poderem assimilá-lo.

Economias agrícolas basicamente mantêm o balanço do nitrogênio ligado. No entanto, com o advento da era industrial, os produtos do solo são levados de onde cresce a colheita para lugares distantes, onde são consumidos, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado.

Isso tem gerado a necessidade econômica mundial de abastecer o solo com nitrogênio ligado. [...] A demanda por nitrogênio, tal como a do carvão, indica quão diferente nosso modo de vida se tornou com relação ao das pessoas que, com seus próprios corpos, fertilizam o solo que cultivam.

Desde a metade do último século, nós vínhamos aproveitando o suprimento de nitrogênio do salitre que a natureza tinha depositado nos desertos montanhosos do Chile. Comparando o rápido crescimento da demanda com a extensão calculada desses depósitos, ficou claro que em meados do século atual uma emergência seríssima seria inevitável, a menos que a química encontrasse uma saída.”

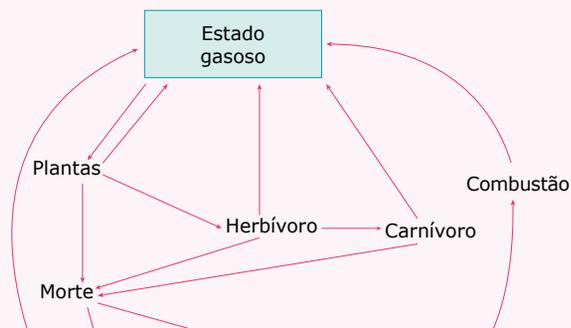
HABER, F. *The Synthesis of Ammonia from its Elements*. Disponível em: <www.nobelprize.org>. Acesso em: 13 jul. 2013 (Adaptação).

De acordo com os argumentos de Haber, qual fenômeno teria provocado o desequilíbrio no “balanço do nitrogênio ligado”?

- A) O esgotamento das reservas de salitre no Chile.
- B) O aumento da exploração de carvão vegetal e carvão mineral.
- C) A redução da fertilidade do solo nas economias agrícolas.

- D) A intensificação no fluxo de pessoas do campo para as cidades.
- E) A necessidade das plantas de absorverem sais de nitrogênio disponíveis no solo.

02. (Enem-2016) Os seres vivos mantêm constantes trocas de matéria com o ambiente mediante processos conhecidos como ciclos biogeoquímicos. O esquema representa um dos ciclos que ocorrem nos ecossistemas.



O esquema apresentado corresponde ao ciclo biogeoquímico do(a)

- A) água.
- B) fósforo.
- C) enxofre.
- D) carbono.
- E) nitrogênio.

03. (Enem) Plantas terrestres que ainda estão em fase de crescimento fixam grandes quantidades de CO_2 , utilizando-o para formar novas moléculas orgânicas, e liberam grande quantidade de O_2 . No entanto, em florestas maduras, cujas árvores já atingiram o equilíbrio, o consumo de O_2 pela respiração tende a igualar sua produção pela fotossíntese. A morte natural de árvores nessas florestas afeta temporariamente a concentração de O_2 e de CO_2 próximo à superfície do solo onde elas caíram. A concentração de O_2 próximo ao solo, no local da queda, será

- A) menor, pois haverá consumo de O_2 durante a decomposição dessas árvores.
- B) maior, pois haverá economia de O_2 pela ausência das árvores mortas.
- C) maior, pois haverá liberação de O_2 durante a fotossíntese das árvores jovens.
- D) igual, pois haverá consumo e produção de O_2 pelas árvores maduras restantes.
- E) menor, pois haverá redução de O_2 pela falta da fotossíntese realizada pelas árvores mortas.

04. (Enem) Certas espécies de algas são capazes de absorver rapidamente compostos inorgânicos presentes na água, acumulando-os durante seu crescimento. Essa capacidade fez com que se pensasse em usá-las como biofiltros para a limpeza de ambientes aquáticos contaminados, removendo, por exemplo, nitrogênio e fósforo de resíduos orgânicos e metais pesados provenientes de rejeitos industriais lançados nas águas. Na técnica do cultivo integrado, animais e algas crescem de forma associada, promovendo um maior equilíbrio ecológico.

SORIANO, E. M. Filtros vivos para limpar a água.
Revista Ciência Hoje, v. 37, n. 219, 2005
 (Adaptação).

A utilização da técnica do cultivo integrado de animais e algas representa uma proposta favorável a um ecossistema mais equilibrado porque

- A) os animais eliminam metais pesados, que são usados pelas algas para a síntese de biomassa.
 B) os animais fornecem excretas orgânicos nitrogenados, que são transformados em gás carbônico pelas algas.
 C) as algas usam os resíduos nitrogenados liberados pelos animais e eliminam gás carbônico na fotossíntese, usado na respiração aeróbica.
 D) as algas usam os resíduos nitrogenados provenientes do metabolismo dos animais e, durante a síntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.
 E) as algas aproveitam os resíduos do metabolismo dos animais e, durante a quimiossíntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.

GABARITO

Aprendizagem

- 01. E
- 02. C
- 03. C
- 04. E
- 05. E

Propostos

- 01. D
- 02. D
- 03. D
- 04. B
- 05. O processo fisiológico que permite que a água passe dos corpos de alguns organismos para a pele deles e, desta, para a atmosfera é a transpiração cuja principal função é ajudar no controle da temperatura corporal. O carbono da atmosfera, sob a forma de CO_2 , é incorporado às moléculas orgânicas por meio da fotossíntese e, o seu retorno à atmosfera, também sob a forma de CO_2 , se faz pela respiração dos seres vivos.
- 06. D
- 07. A
- 08. B
- 09. D
- 10. E
- 11. B
- 12. A
- 13. Cianobactérias, pois elas realizam tanto respiração quanto fotossíntese, liberando O_2 , gerando matéria orgânica e consumindo CO_2 .

Seção Enem

- 01. D
- 02. D
- 03. A
- 04. D

Meu aproveitamento

Acertei _____ Errei _____

Acertei _____ Errei _____

Acertei _____ Errei _____

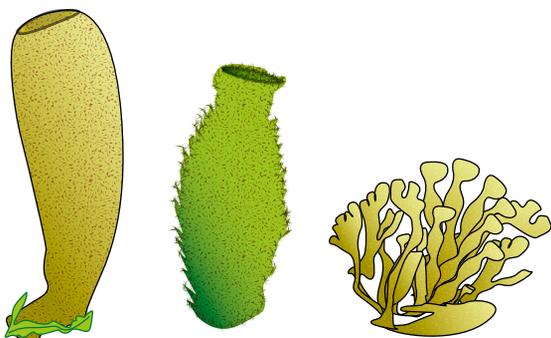


Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Poríferos e Cnidários (Celenterados)

PORÍFEROS (ESPONGIÁRIOS, ESPONJAS)

São metazoários (animais pluricelulares), seres eucariontes e heterótrofos, assimétricos ou com simetria radial, exclusivamente aquáticos. A maioria das 10 mil espécies é constituída por animais marinhos; cerca de 50 espécies vivem na água-doce. Esses animais não têm uma verdadeira organização histológica, isso é, não possuem tecidos bem definidos e, por isso, formam um sub-reino: o Parazoa (parazoários).

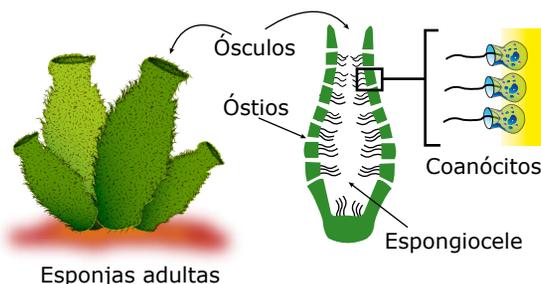


Morfologia dos poríferos.

Quando adultos, são animais sésseis (fixos) que vivem afixados sobre diferentes substratos (rochas, conchas de moluscos ou solo marinho) e apresentam morfologia variada (forma de vaso tubular, ramificada e globular), com tamanho variando de alguns poucos milímetros até cerca de 2 metros. Podem ter diferentes colorações (cinzenta, vermelha ou amarela), embora também existam espécies quase transparentes (de aspecto vítreo).

Possuem o corpo todo perfurado por poros, vindo daí o nome do grupo: poríferos (do latim *poris*, poro; *phoros*, possuir). Os poros são de dois tipos, óstios e ósculo, e comunicam a superfície externa do corpo com uma cavidade central, denominada átrio ou espongiocele (espongiocela).

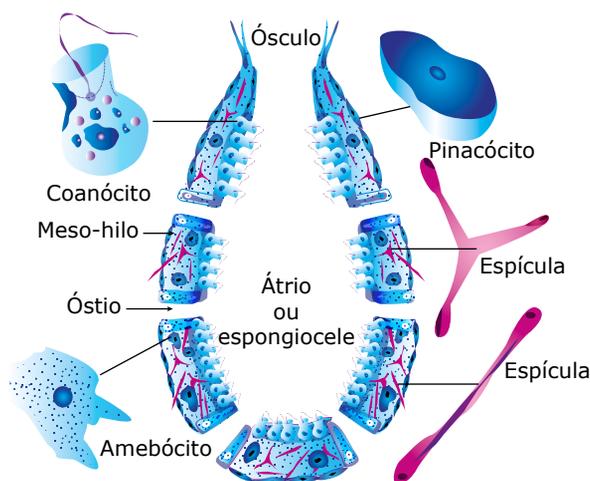
Os óstios são poros menores que se distribuem por toda a superfície externa do corpo do animal. Por essa superfície, constantemente, entra água proveniente do meio ambiente. Por isso, os óstios são também chamados de poros inalantes. O ósculo é um poro maior, localizado no ápice do corpo do animal, por onde permanentemente sai água. É, portanto, um poro exalante.



Poríferos.

A água circula permanentemente pelo corpo dos poríferos, entrando pelos óstios, passando pela espongiocele e saindo pelo ósculo. Ainda, partículas de alimento (algas e protozoários planctônicos) que entram junto da água são apanhadas e digeridas por células especiais, os coanócitos, existentes nas paredes da espongiocele. Os poríferos, portanto, são animais filtradores que retiram seus alimentos da corrente de água que circula pelo interior de seu corpo. A água que penetra pelos óstios traz nutrientes e oxigênio, e a água que sai pelo ósculo se encarrega de levar os resíduos da digestão e o gás carbônico produzido pelas células.

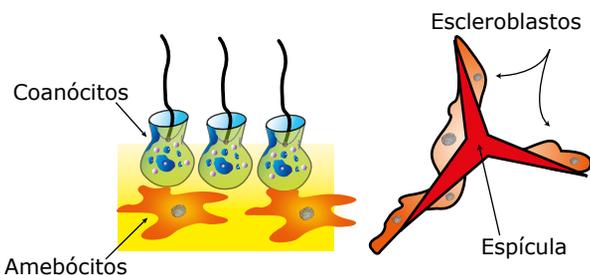
A figura a seguir representa uma esponja simples, em corte longitudinal, mostrando os diferentes tipos de células encontradas no corpo desses animais.



Esquema de uma esponja.

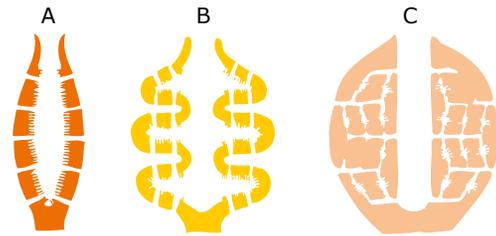
Conforme mostra a figura anterior, encontramos nos poríferos os seguintes tipos de células:

- **Pinacócitos** – Células achatadas que formam o revestimento externo do corpo do animal.
- **Coanócitos** – Células flageladas que formam a parede interna, isso é, a parede que delimita a cavidade central (átrio ou espongiocele). São responsáveis pela captura e pela digestão das partículas de alimento que penetram pelos óstios junto da água. Os nutrientes resultantes dessa digestão difundem-se para as demais células do corpo, e os resíduos não digeridos são lançados no átrio e eliminados por meio do ósculo juntamente da que sai. Os batimentos dos flagelos impelem a água, garantindo, assim, a sua contínua circulação interna.
- **Amebócitos (arqueócitos)** – Células móveis que se deslocam à custa de pseudópodos (movimentos ameboides). São encontradas no meso-hilo (anteriormente chamado de mesênquima), uma camada gelatinosa localizada entre as paredes externa e interna do corpo do animal. Além de realizar a distribuição de nutrientes, os amebócitos também podem dar origem às outras células.
- **Porócitos** – Células que formam os poros da superfície do corpo, isso é, os óstios. Cada poro é, na realidade, um pequeno canal que passa no interior de uma dessas células.
- **Escleroblastos** – Células produtoras de espículas, estruturas pontiagudas constituídas de carbonato de cálcio (CaCO_3) ou de óxido de silício (SiO_2). As espículas, juntamente de fibras proteicas de espongina, formam a estrutura de sustentação do corpo, ou seja, o esqueleto do porífero. Essas células, e as espículas que produzem, também são encontradas no meso-hilo.
- **Gametas** – São os espermatozoides e os óvulos, originários da diferenciação de amebócitos que ficam dispersos pelo meso-hilo.



Coanócitos, amebócitos e escleroblastos (células produtoras das espículas).

De acordo com o grau de complexidade, as esponjas são classificadas em três tipos: asconoide, siconoide e leuconoide.



A. **Asconoide (Ascon)** – É o tipo mais simples e de paredes mais finas. Nas esponjas desse tipo, os poros formam canais inalantes não ramificados, que desembocam diretamente no átrio ou espongiocele. Os coanócitos não se situam nas paredes desses canais, e sim na parede que delimita a espongiocele.

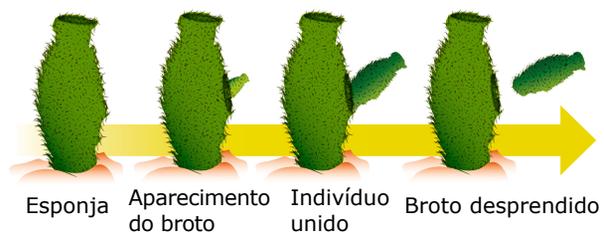
B. **Siconoide (Sycon)** – Os canais inalantes desembocam em canais radiais, os quais, por sua vez, desembocam no átrio (espongiocele). Nesse tipo de esponja, apenas nas paredes dos canais radiais existem coanócitos.

C. **Leuconoide (Leucon)** – É o tipo mais complexo e de paredes mais espessas. Os canais inalantes desembocam em câmaras, as câmaras vibráteis, revestidas por coanócitos. Tais câmaras fazem comunicação com o átrio. Não existem coanócitos nas paredes dos canais.

Nos poríferos, não existe tipo de sistema algum, isso é, nesses animais, os sistemas digestório, respiratório, circulatório, excretor, nervoso, endócrino e reprodutor são inexistentes.

A digestão dos poríferos é apenas intracelular, ocorrendo, particularmente, nos coanócitos. A respiração é feita por difusão direta dos gases (O_2 e CO_2) por meio da membrana plasmática das células que se encontram em contato com a água circulante. Não há sangue nem sistema circulatório. A distribuição de substâncias pelo corpo do animal é feita por difusão ou pelos amebócitos. A excreção também se faz por difusão direta através da membrana plasmática das células. Não há sistema nervoso nem órgãos sensoriais. A reprodução dos poríferos pode ser assexuada ou sexuada. A reprodução assexuada pode ser feita por brotamento (gemiparidade), por regeneração e por gemulação.

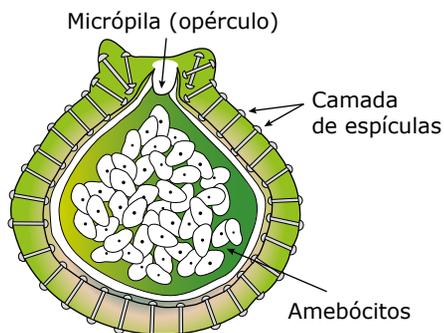
- **Brotamento (gemiparidade)** – Por mitoses sucessivas, surgem lateralmente no corpo do animal pequenos brotos (gemas) que, por sua vez, se desenvolvem e constituem novos indivíduos.



Brotamento – Os brotos podem se destacar do indivíduo que lhes deu origem, fixarem-se em um substrato e constituir indivíduos isolados, ou, então, podem permanecer unidos uns aos outros, formando extensas colônias.

- **Regeneração** – Os poríferos possuem elevada capacidade regenerativa. Assim, minúsculos fragmentos de esponjas podem regenerar-se e originar indivíduos inteiros. Quando, a partir de pequenos fragmentos eventualmente separados de uma esponja, formam-se, por regeneração, novas esponjas inteiras, pode-se dizer também que houve uma reprodução por fragmentação.
- **Gemulação** – Consiste na formação de estruturas denominadas gêmulas, que, na realidade, são formas de resistência constituídas por uma parede dura de espículas justapostas, que protegem um grupo de amebócitos. Quando as condições ambientais não são favoráveis às esponjas, grupos de amebócitos enriquecidos com matérias alimentares reúnem-se no mesênquima e são circundados por um revestimento resistente que contém espículas. Tais estruturas são as gêmulas. À medida que a esponja morre e se degenera, as gêmulas diminutas caem na água e sobrevivem. Quando as condições novamente se tornam favoráveis, a massa de células (amebócitos) escapa de dentro do revestimento e começa a crescer, originando uma nova esponja.

A formação de gêmulas é mais comum em esponjas de água-doce, sujeitas a épocas de seca.



Gêmula de Spongilla em corte longitudinal – Note o espesso envoltório que contém espículas. Além de serem formas de resistência a condições adversas, as gêmulas constituem uma forma de reprodução assexuada.

As gêmulas são capazes de resistir a condições adversas do meio e, quando as esponjas em que se formaram morrem, libertam-se, permanecendo vivas até que as condições ambientais se tornem novamente favoráveis. Quando isso acontece, através de uma abertura da gêmula, a micrópila e os amebócitos ganham o meio exterior, desenvolvem-se e dão origem a uma nova esponja.

A reprodução sexuada nos poríferos é feita por fecundação, isso é, compreende a união dos gametas masculino (espermatozoide) e feminino (óvulo) originados de amebócitos. Com a fecundação, forma-se o zigoto, que, ao se desenvolver, dá origem a uma larva ciliada, a anfiblastula. Essa larva fixa-se a um substrato, desenvolve-se e dá origem a uma esponja adulta.

As esponjas podem ser monoicas ou dioicas. Nas espécies monoicas ou hermafroditas, o mesmo indivíduo, ou seja, a mesma esponja forma gametas masculinos e femininos, e, nas dioicas, os sexos são separados (existem a esponja masculina, produtora apenas de espermatozoides, e a esponja feminina, produtora apenas de óvulos).

Nas espécies monoicas, os dois tipos de gametas (masculino e feminino) amadurecem em épocas diferentes. Assim, a fecundação é cruzada, isso é, os dois gametas participantes são provenientes de indivíduos diferentes. Essa fecundação é interna (ocorre no mesênquima). Do desenvolvimento do zigoto, forma-se uma larva, a anfiblastula, que abandona o corpo da esponja, atingindo o exterior através do ósculo. Após nadar durante certo tempo, a anfiblastula fixa-se a um substrato, desenvolve-se e dá origem a uma nova esponja adulta. Assim, como há um estágio de larva entre o zigoto e o indivíduo adulto, o desenvolvimento das esponjas é indireto.

Os coanócitos também podem participar da reprodução sexuada nos poríferos, pois captam espermatozoides trazidos pela corrente de água, transferindo-os para um amebócito, que, por sua vez, os leva até os óvulos.

Admite-se que os poríferos tenham evoluído a partir de determinado grupo de protozoários flagelados. Muito provavelmente, tiveram origem de grupos de protozoários diferentes dos que originaram os outros metazoários. Crê-se, também, que os poríferos não deram origem a novos grupos, sendo, por isso, considerados ramos cegos da evolução dos animais.

CONTEÚDO NO Bernoulli Play

Poríferos

Essa animação interativa retrata as estruturas que compõem o porífero, seus aspectos de nutrição e de excreção, além de englobar seus tipos de reprodução. Utilize o objeto de aprendizagem para aprofundar a sua compreensão sobre o filo. Bom trabalho!



CNIDÁRIOS (CELENTERADOS)



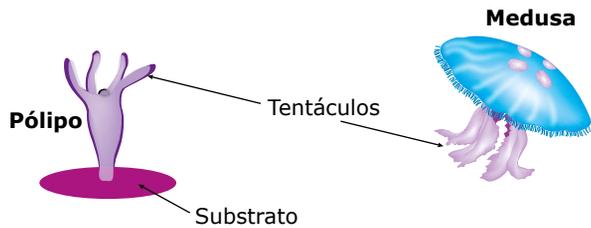
Os cnidários (do latim *coelos*, cavidade, e do grego *enteron*, intestino) são metazoários (animais pluricelulares), eucariontes, heterótrofos, de simetria radial, diblásticos, protostômios, exclusivamente aquáticos e predominantemente marinhos, e possuem duas formas básicas: pólipos e medusa.

- **Pólipos (forma polipoide)** – Têm forma tubular, geralmente sésseis (fixos) e de colorido brilhante. Têm tamanho variado: alguns são microscópicos, outros medem poucos milímetros, existindo, também, aqueles que chegam a ter mais de 1 metro.

Exemplos: corais, hidra e anêmona-do-mar (*Actinea*).

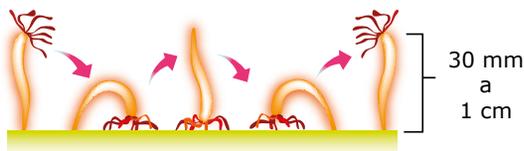
- **Medusas (forma medusoide)** – Forma de *umbrella* (sombriinha, guarda-chuva), de natação livre, com diferentes colorações. O tamanho é variado, podendo chegar, em alguns casos, a mais de 2 metros de diâmetro.

Exemplo: águas-vivas.



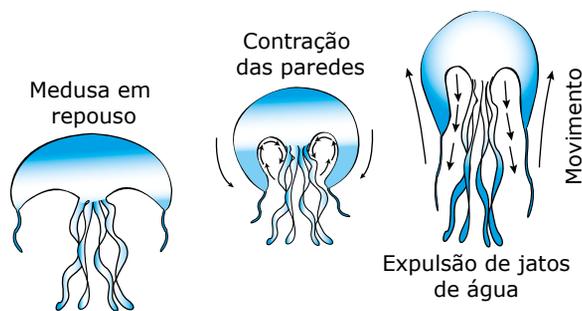
Cnidários – Pólipos e medusas possuem tentáculos, que podem ser usados na captura de alimentos e na locomoção do animal.

Quanto à locomoção, os cnidários podem ser animais sésseis (fixos) ou móveis. Os pólipos geralmente são fixos, mas, em certos casos, como acontece com a hidra (um cnidário de água doce), também podem ser móveis, locomovendo-se por meio de movimentos de “cambalhota”.



Hidra executando movimentos de “cambalhota”. Trata-se de um pólipô móvel.

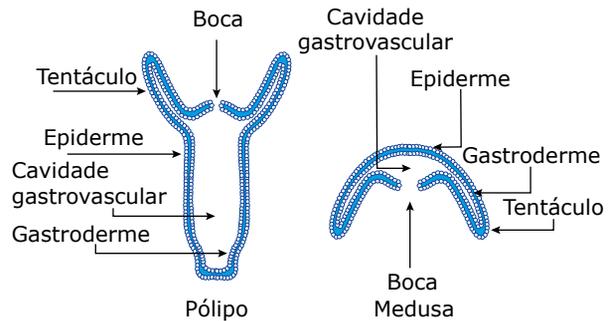
As medusas são móveis, sendo sua locomoção feita por jato propulsão, isso é, expulsão de jatos de água. Nesse tipo de movimento, a medusa contrai rapidamente as bordas de seu corpo circular, fazendo com que a água acumulada na concavidade do corpo seja expulsa rapidamente em fortes jatos. Isso faz o animal se deslocar no sentido oposto ao do jato de água (“Princípio da Ação e Reação”).



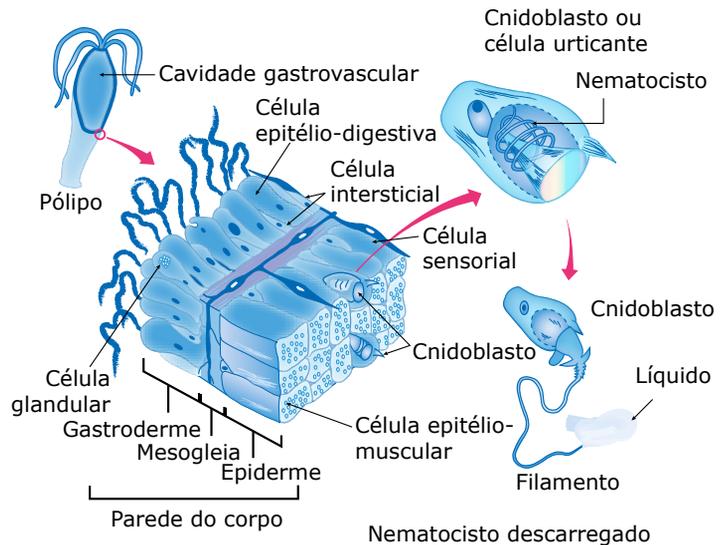
Representação do movimento de uma medusa.

Os cnidários têm o corpo formado por duas camadas de células: epiderme (camada mais externa) e gastroderme. Entre essas duas camadas, fica a mesogleia, material gelatinoso que mantém unidas a epiderme e a gastroderme.

A gastroderme delimita uma cavidade central, a cavidade gastrovascular (CGV), que se comunica com o meio externo através de uma abertura, a boca.



Esquema do corpo de cnidários.

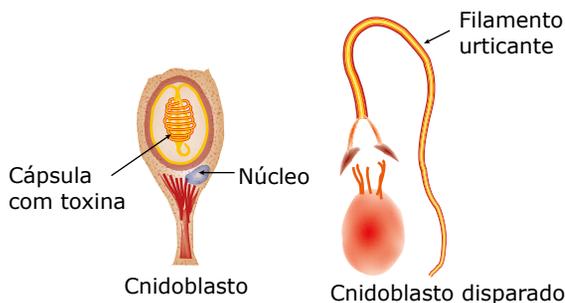


Esquema da epiderme.

A epiderme é formada por cinco tipos básicos de células: células epitélíio-musculares, intersticiais, sensoriais, glandulares e cnidoblastos (cnidócitos).

- **Células epitélíio-musculares** – Além da função de revestimento, possuem fibrilas contráteis, orientadas no sentido do comprimento do corpo do animal. Ao se contraírem, as fibrilas fazem diminuir o comprimento do corpo do animal.
- **Células intersticiais** – Participam dos processos de crescimento e de regeneração, pois são capazes de originar os diversos tipos de células dos cnidários.
- **Células sensoriais** – São capazes de perceber estímulos do meio ambiente e transmiti-los às células nervosas localizadas na mesogleia.

- **Células glandulares** – Secretam muco, cujo papel é lubrificar o corpo, protegendo-o, além de ajudar a fixar o animal ao substrato, no caso das formas sésseis.
- **Cnidoblastos (cnidócitos, células urticantes)** – Células típicas dos cnidários que desempenham papel fundamental na captura de alimentos e na defesa do animal contra os seus predadores.



Cnidoblasto.

O cnidoblasto, ao ser tocado, lança para fora o nematocisto (cápsula urticante), estrutura penetrante que possui um longo filamento (filamento urticante), através do qual um líquido urticante e tóxico é eliminado. Assim, essas células participam da defesa dos cnidários e são utilizadas na imobilização dos pequenos animais capturados pelos tentáculos. Os cnidoblastos são encontrados em toda a epiderme do animal, aparecendo, entretanto, em maior concentração nos tentáculos e ao redor da boca. O nome cnidários (do grego *knidos*, urticante) deve-se à presença dos cnidoblastos ou cnidócitos. Em alguns cnidários, como os corais, a epiderme secreta um exoesqueleto de calcário e substâncias orgânicas.

Na gastroderme, também existem diferentes tipos de células: musculares-digestivas (epitélio-digestivas), células glandulares, intersticiais e sensoriais.

- **Células musculares-digestivas** – Participam da absorção e da digestão intracelular dos alimentos. São alongadas e dotadas de flagelos voltados para a cavidade gastrovascular. O batimento dos flagelos dessas células movimenta o conteúdo dentro da cavidade gastrovascular, facilitando a mistura do alimento com as enzimas digestivas que são produzidas e liberadas pelas células glandulares. Também possuem fibrilas contráteis, orientadas circularmente ao corpo do cnidário. Quando essas fibrilas se contraem, o corpo do animal se alonga. Assim, as células musculares-digestivas da gastroderme trabalham em antagonismo com as da epiderme.
- **Células glandulares** – As células glandulares da gastroderme dos cnidários produzem enzimas digestivas que são liberadas no interior da cavidade gastrovascular, onde se realiza o processo da digestão extracelular.

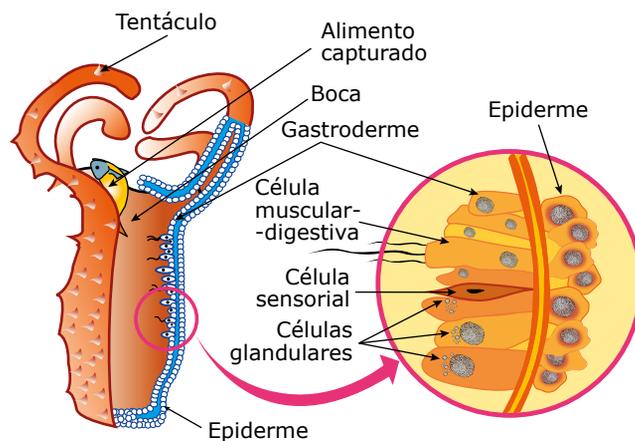
As células intersticiais e sensoriais da gastroderme são semelhantes às existentes na epiderme.

A mesogleia é uma camada gelatinosa, produzida por células da epiderme e da gastroderme, que dá suporte ao corpo do cnidário, constituindo um esqueleto elástico e flexível. A mesogleia também abriga uma rede de células nervosas que fazem comunicação com as células sensoriais da epiderme e da gastroderme.

Nos cnidários, o grau de organização é superior ao dos poríferos em vários aspectos:

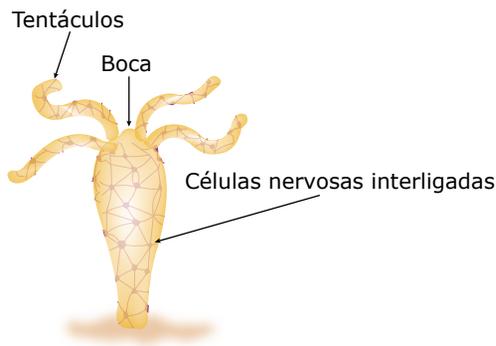
- Há um **sistema digestório** formado por um tubo digestório incompleto que, por sua vez, é constituído pela boca e pela cavidade gastrovascular. Assim, nos cnidários, temos a primeira ocorrência evolutiva de um tubo digestório.

O alimento (crustáceos, peixes, larvas de insetos, etc.) capturado pelos tentáculos é introduzido na cavidade gastrovascular onde, por ação de enzimas digestivas produzidas e liberadas pelas células glandulares da gastroderme, é parcialmente digerido. Esse alimento parcialmente digerido é capturado ou absorvido pelas células musculares-digestivas, nas quais a digestão se completa de forma intracelular. Esses animais, portanto, realizam digestão extra e intracelular.



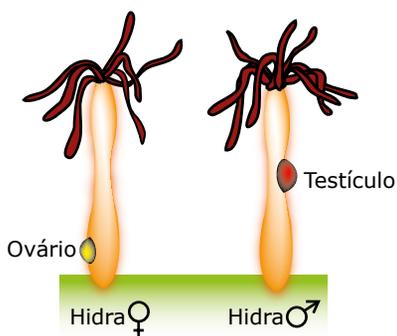
Sistema digestório dos cnidários.

- Há um **sistema nervoso difuso**, constituído por uma rede de células nervosas dispersas pela mesogleia, que fazem comunicação com células da epiderme e da gastroderme. Assim, nos cnidários, temos a primeira ocorrência evolutiva de um sistema nervoso. Alguns possuem ocelos (corpúsculos capazes de detectar maior ou menor intensidade de luz) e estatocistos (órgão de equilíbrio que dá ao animal informações sobre a sua inclinação em relação à gravidade, o que lhe permite perceber mudanças na posição do corpo).



Sistema nervoso da Hydra.

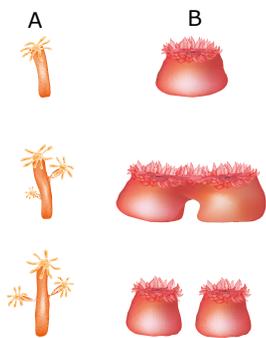
- Alguns apresentam **gônadas** (ovários e testículos). Nos cnidários, temos então a primeira ocorrência evolutiva de gônadas (glândulas sexuais).



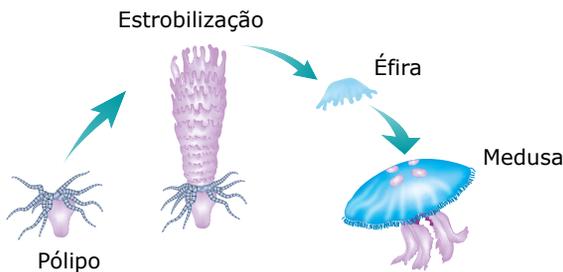
Assim como nos poríferos, os sistemas respiratório, circulatório e excretor inexistem nos cnidários. Dessa forma, a distribuição de nutrientes se faz por difusão entre as diversas células do corpo, tal como as trocas gasosas (O₂ e CO₂) e a eliminação de excretas nitrogenadas também se fazem por simples difusão.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada, ocorrendo em certas espécies o fenômeno da metagênese (alternância de gerações).

A reprodução assexuada dos cnidários pode ser realizada por divisão binária (bipartição) longitudinal, brotamento (gemiparidade) ou, ainda, por estrobilização.



Reprodução assexuada – A. o broto permanece fixo, formando colônias. B. bipartição.



Estrobilização em um pólipô.

Na estrobilização, o corpo do pólipô sofre uma série de divisões transversais, originando segmentos discoidais, denominados éfiras, que são formas elementares de medusas. Cada éfira, ao se desenvolver, origina uma medusa adulta.

A reprodução sexuada se faz por fecundação, que, dependendo da espécie, pode ser externa (realizada na água) ou interna (realizada no corpo do cnidário).

Quanto ao sexo, existem espécies **monoicas** (hermafroditas) e espécies **dioicas**. O desenvolvimento pode ser **direto** (sem estágios larvais) ou **indireto**. No desenvolvimento indireto, há uma larva ciliada, a plânula.

O filo dos cnidários está subdividido em três classes: *Hidrozoa* (hidrozoários), *Scyphozoa* (cifofoários) e *Anthozoa* (antozoários).

Hidrozoários	Cifofoários	Antozoários
<ul style="list-style-type: none"> • Possuem pólipos bem desenvolvidos com fase de medusa pequena (hidromedusas) ou ausente. Em algumas espécies, há metagênese. • São marinhos ou dulcícolas e têm desenvolvimento direto ou indireto (com larvas). <p>Ex.: <i>Hydra</i>, <i>Obelia</i> e <i>Physalia</i> (caravela).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Predominam as grandes medusas (cifomedusas). • Os pólipos, chamados cifistomas, são de pequeno tamanho e de vida curta. • São exclusivamente marinhos. Há metagênese, e o desenvolvimento é indireto (com larvas). <p>Ex.: <i>Aurelia sp.</i> (água-viva).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • São exclusivamente pólipos. • Não há medusas. • Exclusivamente marinhos. • Não há metagênese e o desenvolvimento é indireto. <p>Ex.: Corais e anêmonas-do-mar (<i>Actinias</i>).</p>

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (OSEC-SP) Espongiários são animais
- exclusivamente aquáticos.
 - pseudocelomados.
 - diblásticos.
 - triblásticos.
 - com metagênese.
- 02.** (UERJ) A visão de uma medusa, um delicado domo transparente de cristal pulsando, sugeriu-me de forma irresistível que a vida é a água organizada.
- COUSTEAU, Jaques. *Vida Simples*, out. 2003.
- A analogia proposta refere-se à grande proporção de água no corpo das medusas.
- No entanto, uma característica importante do filo ao qual pertencem é a presença de cnidócitos, células que produzem substâncias urticantes.
- Dois animais que pertencem ao mesmo filo das medusas estão indicados em:
- Hidra; craca.
 - Hidra; esponja.
 - Anêmona-do-mar; coral.
 - Anêmona-do-mar; esponja.
- 03.** (PUCPR) Em relação ao *Phylum Cnidaria*, foram feitas as seguintes proposições:
- Os cnidários são aquáticos, diblásticos e com simetria radial, sendo encontrados em duas formas: pólipos (fixos) e medusa (livres).
 - A digestão nos cnidários é extra e intracelular e não há aparelho respiratório, circulatório ou excretor, e o sistema nervoso é difuso.
 - Nos cnidários, a reprodução sexuada ocorre por brotamento ou estrobilização.
 - Os corais e a anêmona-do-mar são exemplos da classe dos cifozoários.
- Assinale a alternativa correta.
- Todas estão incorretas.
 - Apenas III e IV estão corretas.
 - Apenas I está correta.
 - Todas estão corretas.
 - Apenas I e II estão corretas.
- 04.** (UFMS) As esponjas (filo Porifera) representam um grupo de animais sésseis, com organização corpórea simplificada e a maioria das espécies vivendo no ambiente marinho. Sobre os espongiários, é correto afirmar que
- as esponjas calcárias possuem espículas silicosas e a proteína denominada espongina.

- as esponjas possuem os coanócitos, que são células flageladas com colarinho.
- as esponjas apresentam baixa capacidade de regeneração.
- o alimento das esponjas é capturado e digerido pelos coanócitos.
- algumas das espécies de espongiários são hermafroditas, enquanto outras são dioicas.
- as esponjas possuem desenvolvimento direto, ou seja, não exibem estágio larval.

Dê como resposta a soma das afirmativas correta. Soma ()

- 05.** (UFPR) Relacione os itens e assinale a alternativa correta.
- Coanócitos
 - Células nervosas
 - Átrio
 - Mesênquima
 - Cnidoblastos
- () Cavidade central das esponjas
 () Células de defesa dos celenterados
 () Mesogleia, abaixo da epiderme
 () Digestão intracelular dos poríferos
 () Camada média da estrutura dos poríferos
- 3 - 2 - 5 - 1 - 4
 - 5 - 3 - 2 - 1 - 4
 - 5 - 2 - 3 - 1 - 4
 - 3 - 5 - 2 - 4 - 1
 - 3 - 5 - 2 - 1 - 4

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UECE-2015) Cnidoblastos ou cnidócitos são células de defesa observadas em
- pepinos-do-mar.
 - paramécios.
 - anêmonas.
 - ascídias.
- 02.** (FUVEST-SP) A característica a seguir que não condiz com os poríferos é
- respiração e excreção por difusão.
 - obtenção de alimentos a partir das partículas trazidas pela água, que penetra através dos óstios.
 - habitat aquático, vivendo presos ao fundo.
 - células organizadas em tecidos bem definidos.
 - alta capacidade de regeneração.

03. (UECE) As esponjas são animais macios e flexíveis, dotados de poros por todo o corpo e pertencentes ao filo Porifera. Com relação aos poríferos, assinale a afirmação verdadeira.

- A) Por serem animais bastante primitivos, os poríferos não desenvolveram mecanismos sexuais de reprodução.
- B) Apresentam exoesqueleto formado por espículas de calcário ou de sílica.
- C) Absorvem alimentos por meio de filtração, mecanismo possível pela presença de células flageladas que direcionam o fluxo de alimentos para a cavidade interna, denominadas cnidócitos.
- D) São seres exclusivamente aquáticos, que não possuem tecidos bem definidos, não apresentam órgãos nem sistemas.

04. (UFSC) O aparelho digestivo dos celenterados é essencialmente constituído de

- A) tubo ramificado com boca e ânus separados.
- B) boca e cavidade digestiva gastrovascular saculiforme.
- C) tubo ramificado com boca e ânus acoplados.
- D) boca, faringe, esôfago, reto e ânus.
- E) boca, faringe, papo, intestino e ânus.

05. (Uncisal) Recifes de corais são estruturas que existem em vários locais da costa brasileira, inclusive em Alagoas. Essa estrutura é formada por um grupo de animais sésseis (os cnidários) e seus esqueletos, que abrigam muitos outros seres vivos (algas, poríferos, peixes, moluscos, crustáceos etc.) e formam um dos ambientes com maior diversidade biológica do planeta.

Os esqueletos dos cnidários dos recifes de corais são formados

- A) usando os íons de sódio e cloro.
- B) a partir dos íons de carbonato dissolvido na água do mar.
- C) a partir da sílica presente nos grãos de areia.
- D) pela degradação das rochas marinhas.
- E) com os íons de ferro presentes nos cloroplastos dos cnidários.

06. (UERJ-2017) O rompimento da barragem de contenção de uma mineradora em Mariana (MG) acarretou o derramamento de lama contendo resíduos poluentes no rio Doce. Esses resíduos foram gerados na obtenção de um minério composto pelo metal de menor raio atômico do grupo 8 da tabela de classificação periódica. A lama levou 16 dias para atingir o mar, situado a 600 km do local do acidente, deixando um rastro de destruição nesse percurso. Caso alcance o arquipélago de Abrolhos, os recifes de coral dessa região ficarão ameaçados. A água do mar em Abrolhos se tornaria turva, se a lama atingisse o arquipélago.

A turbidez da água interfere diretamente no seguinte processo biológico realizado nos recifes de coral:

- A) Fotossíntese
- B) Eutrofização
- C) Bioacumulação
- D) Tamponamento

07. (UEMA) A Grande Barreira de Corais da Austrália é a maior faixa de corais do mundo com 2 300 quilômetros de comprimento e largura variando de 20 a 240 quilômetros, podendo ser vista do espaço. É a maior estrutura do mundo feita unicamente por milhões de organismos vivos. É situada entre as praias do nordeste da Austrália e Papua Nova Guiné. A Barreira de Corais da Austrália comporta uma grande biodiversidade e é considerada um dos patrimônios mundiais da humanidade.

Disponível em: <<http://kabanamaster.com/os-10-lugares-mais-lindos-do-mundo/>>. Acesso em: 20 set. 2013 (Adaptação).

- A) Para a formação deste magnífico ecossistema, é necessária a importante participação de que invertebrados polípodos?
- B) Explique como ocorre o processo de construção dessas barreiras.

08. (UCB-DF-2016) Os diferentes organismos são classificados em reinos a partir da análise da respectiva cadeia evolutiva, surgindo outras ramificações dentro de cada um desses reinos. De acordo com a classificação dos animais, os corais são classificados no filo dos

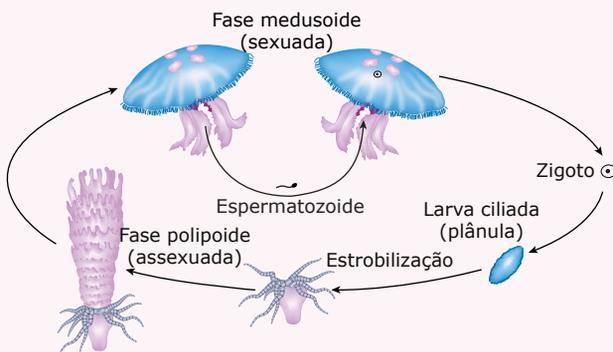
- A) poríferos, em razão da presença de poros e canais para a circulação de água e nutrientes.
- B) celenterados, no qual surge a digestão intracelular.
- C) moluscos, por possuírem corpo não segmentado.
- D) cnidários, por possuírem cavidade digestória e serem animais diblásticos.
- E) equinodermos, grupo constituído por animais marinhos de esqueleto interno de calcário.

09. (UECE-2016) Quanto à organização dos espongiários, é correto afirmar que

- A) os coanócitos são células que, em seu conjunto, constituem o sistema nervoso simplificado desses animais.
- B) as esponjas que não possuem espículas em seu esqueleto apresentam uma rede de espongina bem desenvolvida.
- C) os amebócitos são células achatadas e bem unidas entre si, que revestem externamente o corpo desses organismos.
- D) por sua simplicidade morfológica, os poríferos somente conseguem se reproduzir por brotamento, fragmentação ou gemulação.

- 10.** (UECE) Entre os elementos de sustentação das esponjas, as espículas são estruturas calcárias ou constituídas de sílica. Assinale a alternativa que contém a denominação correta das células que produzem essas estruturas.
- A) Pinacócitos
 - B) Porócitos
 - C) Espongioblastos
 - D) Escleroblastos
- 11.** (UNITAU-SP) Entre as espécies do filo Cnidária, o processo de reprodução envolve mecanismos sexuais, com sexos separados, fecundação externa e desenvolvimento indireto, dando origem a uma larva ciliada, e, ainda, mecanismos assexuados como brotamento ou estrobilização, os quais, para muitas dessas espécies, ocorrem de modo sequencial.
- Assinale, dentre as alternativas a seguir, aquela que se refere diretamente a esse fenômeno.
- A) Alternância de gerações ou metagênese.
 - B) Alternância de gerações ou mutagênese.
 - C) Homogamia ou metagênese.
 - D) Heterogamia ou mutagênese.

- 12.** (UEFS-BA) O esquema reproduz, de forma simplificada, a reprodução por metagênese característica de determinados grupos de cnidários.



VITOR & CÉSAR. *Sistema Didático aprendido baseado em problemas*. Rio de Janeiro: Guanabara, 2004. p. 207.

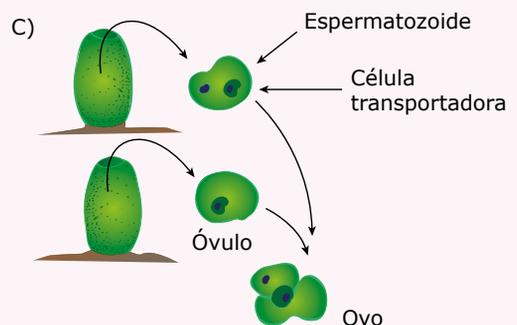
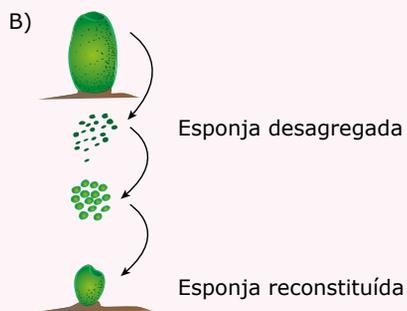
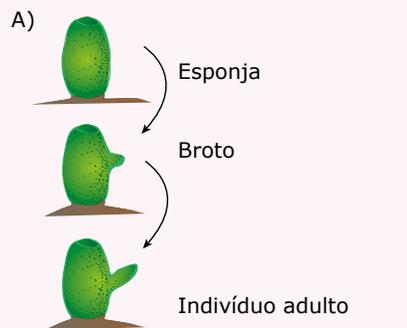
Considerando as informações expressas na ilustração e os conhecimentos a respeito da reprodução nos seres vivos, é correto afirmar:

- A) Na metagênese de alguns cnidários, há uma alternância entre fase esporofítica e fase gametofítica.
- B) A etapa polipoide dos cnidários com metagênese é sempre sexuada e origina as medusas.
- C) A etapa medusoide dos cnidários com metagênese é sempre sexuada e origina pólipos.
- D) A larva ciliada se desenvolve em medusas, que, por estrobilização, dá origem a pólipos assexuados.
- E) A alternância de geração nos cnidários intercala uma fase haploide com uma fase diploide ao longo das gerações.

- 13.** (FUVEST-SP) Os acidentes em que as pessoas são "queimadas" por cnidários ocorrem com frequência no litoral brasileiro. Esses animais possuem cnidoblastos ou cnidócitos, células que produzem uma substância tóxica, que é composta por várias enzimas e fica armazenada em organelas chamadas nematocistos. Os cnidários utilizam essa substância tóxica para sua defesa e a captura de presas.

- A) Em que organela(s) do cnidoblasto ocorre a síntese das enzimas componentes da substância tóxica?
- B) Após a captura da presa pelo cnidário, como ocorrem sua digestão e a distribuição de nutrientes para as células do corpo do animal?

- 14.** (UFSC) O filo Porifera é representado pelas esponjas. Nas figuras, as letras A, B e C referem-se aos aspectos reprodutivos desses animais.



Indique o que for correto.

01. A representa um tipo de reprodução assexuada.
 02. B representa um tipo de reprodução sexuada.
 04. C representa, pela presença de células sexuais, a reprodução sexuada.
 08. A é denominado brotamento.
 16. Para a formação do ovo, em C, deve ocorrer fecundação.
 32. Em A e B, os organismos produzidos por esses mecanismos possuem diferenças genéticas em relação ao indivíduo que lhes deu origem.
 64. O fenômeno apresentado, em C, possibilita o aumento da variabilidade entre as esponjas.

Soma ()

SEÇÃO ENEM

01. Acidentes causados por cnidários são comuns ao redor do mundo, incluindo acidentes graves e com registro de fatalidades em alguns mares. Um exemplo extremo de água-viva que pode ser até letal para o ser humano ocorre no litoral norte e nordeste da Austrália, onde se encontra a espécie *Chironex fleckeri*, também conhecida como vespa-do-mar. A respeito da espécie *Chironex fleckeri*, é correto dizer que

- A) pertence ao grupo dos poríferos e seus coanócitos em contato com a pele humana causam irritações e queimaduras.
 B) é um animal parasitário pertencente ao grupo dos celenterados.
 C) é um artrópode do grupo dos insetos, vindo daí o seu nome popular de vespa-do-mar.
 D) é uma medusa exclusivamente dulcícola.
 E) trata-se de um celenterado, e o contato com os seus tentáculos pode até causar a morte de uma pessoa.

02. [...] Não deverá faltar material para ser testado, e, se forem considerados os antecedentes das esponjas na área farmacológica, há grande possibilidade de obter bons resultados. "Já existem alguns medicamentos à venda que foram inspirados em moléculas extraídas de esponjas", explica Berlinck. "Um exemplo é o antiviral Vira-A, produzido a partir da esponja *Cryptotethya crypta*, que combate o vírus da herpes." Esse antiviral é mais conhecido como Acyclovir, vendido sob o nome comercial de Zovirax. O AZT, usado no tratamento da Aids, é outro exemplo de droga que teve origem em substâncias provenientes desses estranhos seres coloridos.[...] É importante que fique claro que esses medicamentos não são diretamente extraídos de esponjas, mas foram substâncias retiradas delas que inspiraram sua síntese.

Além desses dois, há outros em teste. [...] No caso de Berlinck, o objetivo de suas pesquisas é descobrir elementos produzidos pelas esponjas que possam servir de modelo para o desenvolvimento de novos fármacos para o tratamento da tuberculose, infecções hospitalares, câncer e doenças tropicais, como leishmaniose, malária e mal de Chagas. [...]

Disponível em: <https://www.sescsp.org.br/online/artigo/3561_POTENCIAL+MARINHO>.
 Acesso em: 20 fev. 2019. [Fragmento]

De acordo com o texto, já existem disponibilizados no mercado medicamentos obtidos a partir de substâncias extraídas das esponjas para o tratamento de pacientes com a(s) seguinte(s) doença(s).

- A) Aids, apenas.
 B) Aids e herpes.
 C) Aids, herpes, câncer e tuberculose.
 D) Aids, herpes, câncer, tuberculose, leishmaniose e malária.
 E) Câncer, tuberculose, herpes, Aids, leishmaniose, malária e doença de Chagas.

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. A 04. Soma = 26
 02. C 05. E
 03. E

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. C 03. D 05. B
 02. D 04. B 06. A
 07.
 A) Os corais são formados por pólipos de cnidários.
 B) A formação de colônias pode ocorrer por reprodução assexuada (brotamento) ou sexuada (colonização de organismos).
 08. D 10. D 12. C
 09. B 11. A
 13.
 A) A síntese das enzimas ocorre nos ribossomos.
 B) A digestão é iniciada no interior da cavidade gastrovascular. Depois, as partículas são fagocitadas e a digestão termina intracelularmente. A distribuição se dá por difusão.
 14. Soma = 93

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. E 02. B

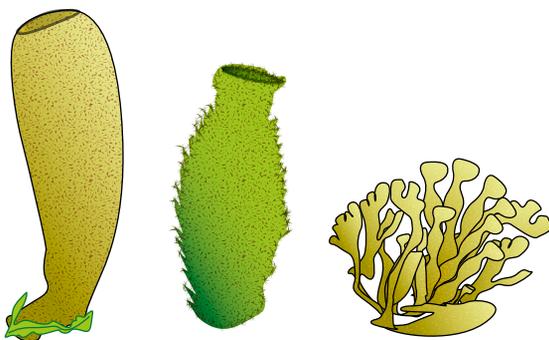


Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Poríferos e Cnidários (Celenterados)

PORÍFEROS (ESPONGIÁRIOS, ESPONJAS)

São metazoários (animais pluricelulares), seres eucariontes e heterótrofos, assimétricos ou com simetria radial, exclusivamente aquáticos. A maioria das 10 mil espécies é constituída por animais marinhos; cerca de 50 espécies vivem na água-doce. Esses animais não têm uma verdadeira organização histológica, isso é, não possuem tecidos bem definidos e, por isso, formam um sub-reino: o Parazoa (parazoários).

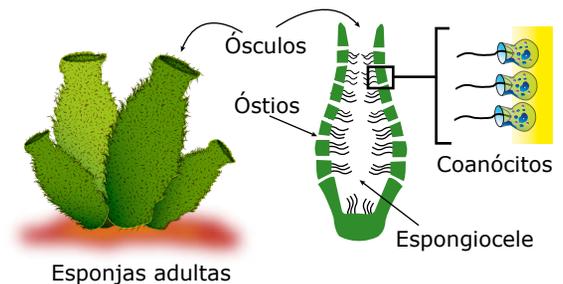


Morfologia dos poríferos.

Quando adultos, são animais sésseis (fixos) que vivem afixados sobre diferentes substratos (rochas, conchas de moluscos ou solo marinho) e apresentam morfologia variada (forma de vaso tubular, ramificada e globular), com tamanho variando de alguns poucos milímetros até cerca de 2 metros. Podem ter diferentes colorações (cinzenta, vermelha ou amarela), embora também existam espécies quase transparentes (de aspecto vítreo).

Possuem o corpo todo perfurado por poros, vindo daí o nome do grupo: poríferos (do latim *poris*, poro; *phoros*, possuir). Os poros são de dois tipos, óstios e ósculo, e comunicam a superfície externa do corpo com uma cavidade central, denominada átrio ou espongiocele (espongiocela).

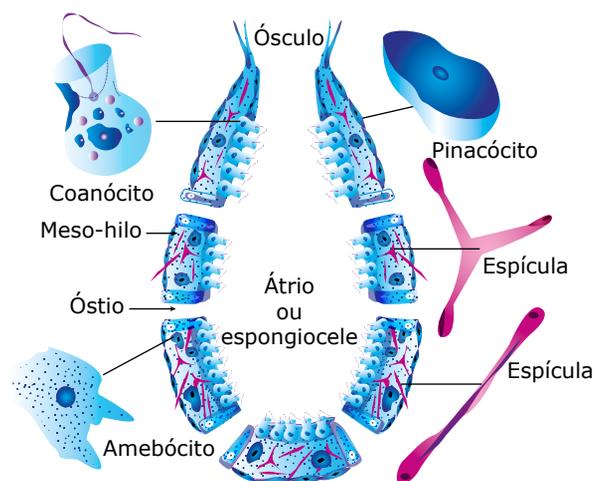
Os óstios são poros menores que se distribuem por toda a superfície externa do corpo do animal. Por essa superfície, constantemente, entra água proveniente do meio ambiente. Por isso, os óstios são também chamados de poros inalantes. O ósculo é um poro maior, localizado no ápice do corpo do animal, por onde permanentemente sai água. É, portanto, um poro exalante.



Poríferos.

A água circula permanentemente pelo corpo dos poríferos, entrando pelos óstios, passando pela espongiocele e saindo pelo ósculo. Ainda, partículas de alimento (algas e protozoários planctônicos) que entram junto da água são apanhadas e digeridas por células especiais, os coanócitos, existentes nas paredes da espongiocele. Os poríferos, portanto, são animais filtradores que retiram seus alimentos da corrente de água que circula pelo interior de seu corpo. A água que penetra pelos óstios traz nutrientes e oxigênio, e a água que sai pelo ósculo se encarrega de levar os resíduos da digestão e o gás carbônico produzido pelas células.

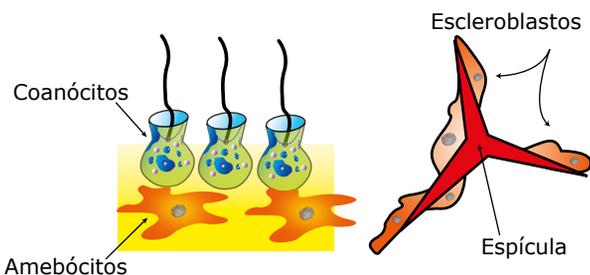
A figura a seguir representa uma esponja simples, em corte longitudinal, mostrando os diferentes tipos de células encontradas no corpo desses animais.



Esquema de uma esponja.

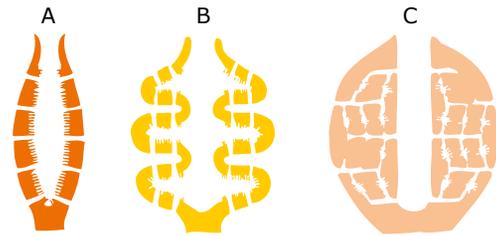
Conforme mostra a figura anterior, encontramos nos poríferos os seguintes tipos de células:

- **Pinacócitos** – Células achatadas que formam o revestimento externo do corpo do animal.
- **Coanócitos** – Células flageladas que formam a parede interna, isso é, a parede que delimita a cavidade central (átrio ou espongiocele). São responsáveis pela captura e pela digestão das partículas de alimento que penetram pelos óstios junto da água. Os nutrientes resultantes dessa digestão difundem-se para as demais células do corpo, e os resíduos não digeridos são lançados no átrio e eliminados por meio do ósculo juntamente da que sai. Os batimentos dos flagelos impelem a água, garantindo, assim, a sua contínua circulação interna.
- **Amebócitos (arqueócitos)** – Células móveis que se deslocam à custa de pseudópodos (movimentos ameboides). São encontradas no meso-hilo (anteriormente chamado de mesênquima), uma camada gelatinosa localizada entre as paredes externa e interna do corpo do animal. Além de realizar a distribuição de nutrientes, os amebócitos também podem dar origem às outras células.
- **Porócitos** – Células que formam os poros da superfície do corpo, isso é, os óstios. Cada poro é, na realidade, um pequeno canal que passa no interior de uma dessas células.
- **Escleroblastos** – Células produtoras de espículas, estruturas pontiagudas constituídas de carbonato de cálcio (CaCO_3) ou de óxido de silício (SiO_2). As espículas, juntamente de fibras proteicas de espongina, formam a estrutura de sustentação do corpo, ou seja, o esqueleto do porífero. Essas células, e as espículas que produzem, também são encontradas no meso-hilo.
- **Gametas** – São os espermatozoides e os óvulos, originários da diferenciação de amebócitos que ficam dispersos pelo meso-hilo.



Coanócitos, amebócitos e escleroblastos (células produtoras das espículas).

De acordo com o grau de complexidade, as esponjas são classificadas em três tipos: asconoide, siconoide e leuconoide.



A. **Asconoide (Ascon)** – É o tipo mais simples e de paredes mais finas. Nas esponjas desse tipo, os poros formam canais inalantes não ramificados, que desembocam diretamente no átrio ou espongiocele. Os coanócitos não se situam nas paredes desses canais, e sim na parede que delimita a espongiocele.

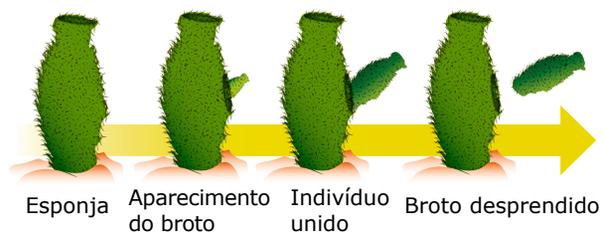
B. **Siconoide (Sycon)** – Os canais inalantes desembocam em canais radiais, os quais, por sua vez, desembocam no átrio (espongiocele). Nesse tipo de esponja, apenas nas paredes dos canais radiais existem coanócitos.

C. **Leuconoide (Leucon)** – É o tipo mais complexo e de paredes mais espessas. Os canais inalantes desembocam em câmaras, as câmaras vibráteis, revestidas por coanócitos. Tais câmaras fazem comunicação com o átrio. Não existem coanócitos nas paredes dos canais.

Nos poríferos, não existe tipo de sistema algum, isso é, nesses animais, os sistemas digestório, respiratório, circulatório, excretor, nervoso, endócrino e reprodutor são inexistentes.

A digestão dos poríferos é apenas intracelular, ocorrendo, particularmente, nos coanócitos. A respiração é feita por difusão direta dos gases (O_2 e CO_2) por meio da membrana plasmática das células que se encontram em contato com a água circulante. Não há sangue nem sistema circulatório. A distribuição de substâncias pelo corpo do animal é feita por difusão ou pelos amebócitos. A excreção também se faz por difusão direta através da membrana plasmática das células. Não há sistema nervoso nem órgãos sensoriais. A reprodução dos poríferos pode ser assexuada ou sexuada. A reprodução assexuada pode ser feita por brotamento (gemiparidade), por regeneração e por gemulação.

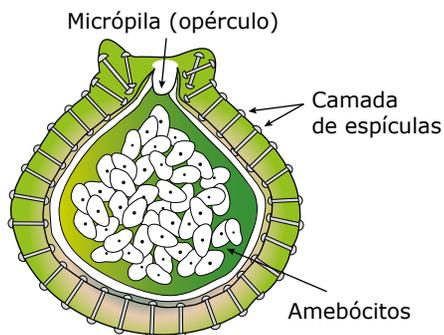
- **Brotamento (gemiparidade)** – Por mitoses sucessivas, surgem lateralmente no corpo do animal pequenos brotos (gemas) que, por sua vez, se desenvolvem e constituem novos indivíduos.



Brotamento – Os brotos podem se destacar do indivíduo que lhes deu origem, fixarem-se em um substrato e constituir indivíduos isolados, ou, então, podem permanecer unidos uns aos outros, formando extensas colônias.

- **Regeneração** – Os poríferos possuem elevada capacidade regenerativa. Assim, minúsculos fragmentos de esponjas podem regenerar-se e originar indivíduos inteiros. Quando, a partir de pequenos fragmentos eventualmente separados de uma esponja, formam-se, por regeneração, novas esponjas inteiras, pode-se dizer também que houve uma reprodução por fragmentação.
- **Gemulação** – Consiste na formação de estruturas denominadas gêmulas, que, na realidade, são formas de resistência constituídas por uma parede dura de espículas justapostas, que protegem um grupo de amebócitos. Quando as condições ambientais não são favoráveis às esponjas, grupos de amebócitos enriquecidos com matérias alimentares reúnem-se no mesênquima e são circundados por um revestimento resistente que contém espículas. Tais estruturas são as gêmulas. À medida que a esponja morre e se degenera, as gêmulas diminutas caem na água e sobrevivem. Quando as condições novamente se tornam favoráveis, a massa de células (amebócitos) escapa de dentro do revestimento e começa a crescer, originando uma nova esponja.

A formação de gêmulas é mais comum em esponjas de água-doce, sujeitas a épocas de seca.



Gêmula de Spongilla em corte longitudinal – Note o espesso envoltório que contém espículas. Além de serem formas de resistência a condições adversas, as gêmulas constituem uma forma de reprodução assexuada.

As gêmulas são capazes de resistir a condições adversas do meio e, quando as esponjas em que se formaram morrem, libertam-se, permanecendo vivas até que as condições ambientais se tornem novamente favoráveis. Quando isso acontece, através de uma abertura da gêmula, a micrópila e os amebócitos ganham o meio exterior, desenvolvem-se e dão origem a uma nova esponja.

A reprodução sexuada nos poríferos é feita por fecundação, isso é, compreende a união dos gametas masculino (espermatozoide) e feminino (óvulo) originados de amebócitos. Com a fecundação, forma-se o zigoto, que, ao se desenvolver, dá origem a uma larva ciliada, a anfiblastula. Essa larva fixa-se a um substrato, desenvolve-se e dá origem a uma esponja adulta.

As esponjas podem ser monoicas ou dioicas. Nas espécies monoicas ou hermafroditas, o mesmo indivíduo, ou seja, a mesma esponja forma gametas masculinos e femininos, e, nas dioicas, os sexos são separados (existem a esponja masculina, produtora apenas de espermatozoides, e a esponja feminina, produtora apenas de óvulos).

Nas espécies monoicas, os dois tipos de gametas (masculino e feminino) amadurecem em épocas diferentes. Assim, a fecundação é cruzada, isso é, os dois gametas participantes são provenientes de indivíduos diferentes. Essa fecundação é interna (ocorre no mesênquima). Do desenvolvimento do zigoto, forma-se uma larva, a anfiblastula, que abandona o corpo da esponja, atingindo o exterior através do ósculo. Após nadar durante certo tempo, a anfiblastula fixa-se a um substrato, desenvolve-se e dá origem a uma nova esponja adulta. Assim, como há um estágio de larva entre o zigoto e o indivíduo adulto, o desenvolvimento das esponjas é indireto.

Os coanócitos também podem participar da reprodução sexuada nos poríferos, pois captam espermatozoides trazidos pela corrente de água, transferindo-os para um amebócito, que, por sua vez, os leva até os óvulos.

Admite-se que os poríferos tenham evoluído a partir de determinado grupo de protozoários flagelados. Muito provavelmente, tiveram origem de grupos de protozoários diferentes dos que originaram os outros metazoários. Crê-se, também, que os poríferos não deram origem a novos grupos, sendo, por isso, considerados ramos cegos da evolução dos animais.

CONTEÚDO NO Bernoulli Play

Poríferos

Essa animação interativa retrata as estruturas que compõem o porífero, seus aspectos de nutrição e de excreção, além de englobar seus tipos de reprodução. Utilize o objeto de aprendizagem para aprofundar a sua compreensão sobre o filo. Bom trabalho!



CNIDÁRIOS (CELENTERADOS)

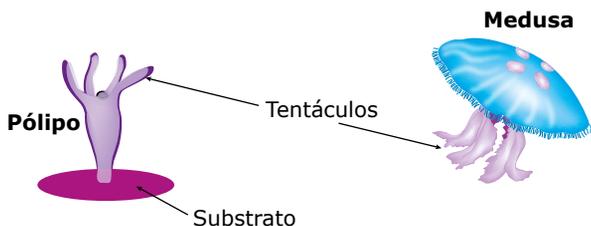
Os cnidários (do latim *coelos*, cavidade, e do grego *enteron*, intestino) são metazoários (animais pluricelulares), eucariontes, heterótrofos, de simetria radial, diblásticos, protostômios, exclusivamente aquáticos e predominantemente marinhos, e possuem duas formas básicas: pólipos e medusa.

- **Pólipos (forma polipoide)** – Têm forma tubular, geralmente sésseis (fixos) e de colorido brilhante. Têm tamanho variado: alguns são microscópicos, outros medem poucos milímetros, existindo, também, aqueles que chegam a ter mais de 1 metro.

Exemplos: corais, hidra e anêmona-do-mar (*Actinea*).

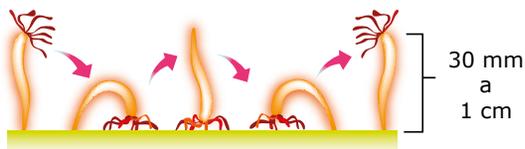
- **Medusas (forma medusoide)** – Forma de *umbrella* (sombriinha, guarda-chuva), de natação livre, com diferentes colorações. O tamanho é variado, podendo chegar, em alguns casos, a mais de 2 metros de diâmetro.

Exemplo: águas-vivas.



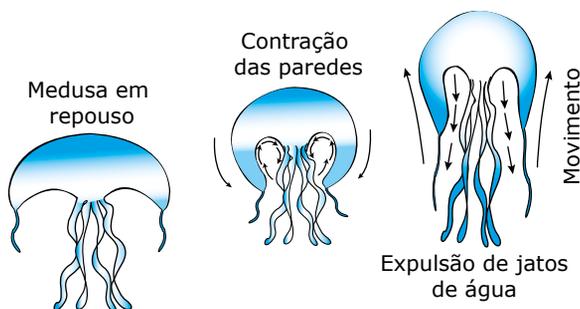
Cnidários – Pólipos e medusas possuem tentáculos, que podem ser usados na captura de alimentos e na locomoção do animal.

Quanto à locomoção, os cnidários podem ser animais sésseis (fixos) ou móveis. Os pólipos geralmente são fixos, mas, em certos casos, como acontece com a hidra (um cnidário de água doce), também podem ser móveis, locomovendo-se por meio de movimentos de “cambalhota”.



Hidra executando movimentos de “cambalhota”. Trata-se de um pólipo móvel.

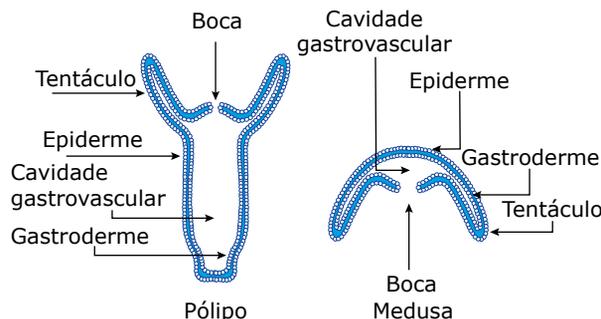
As medusas são móveis, sendo sua locomoção feita por jato propulsão, isso é, expulsão de jatos de água. Nesse tipo de movimento, a medusa contrai rapidamente as bordas de seu corpo circular, fazendo com que a água acumulada na concavidade do corpo seja expulsa rapidamente em fortes jatos. Isso faz o animal se deslocar no sentido oposto ao do jato de água (“Princípio da Ação e Reação”).



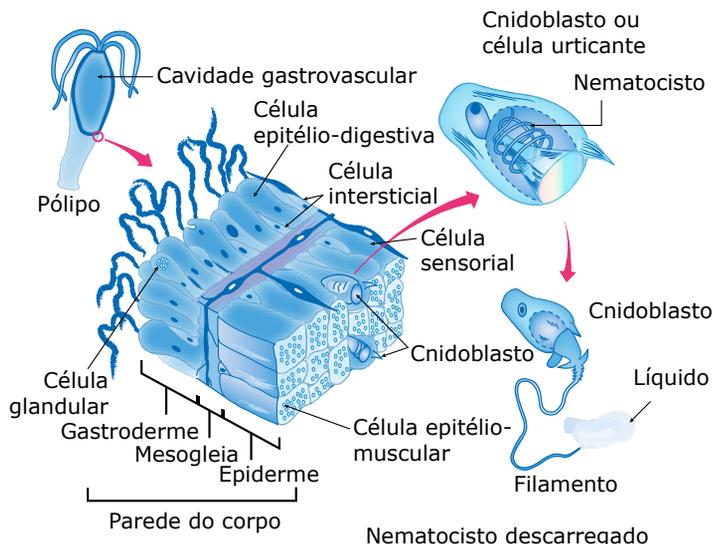
Representação do movimento de uma medusa.

Os cnidários têm o corpo formado por duas camadas de células: epiderme (camada mais externa) e gastroderme. Entre essas duas camadas, fica a mesogleia, material gelatinoso que mantém unidas a epiderme e a gastroderme.

A gastroderme delimita uma cavidade central, a cavidade gastrovascular (CGV), que se comunica com o meio externo através de uma abertura, a boca.



Esquema do corpo de cnidários.

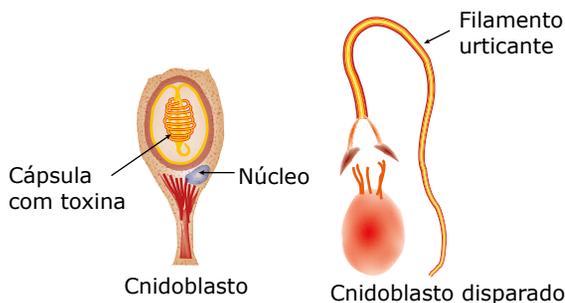


Esquema da epiderme.

A epiderme é formada por cinco tipos básicos de células: células epitêlio-musculares, intersticiais, sensoriais, glandulares e cnidoblastos (cnidócitos).

- **Células epitêlio-musculares** – Além da função de revestimento, possuem fibrilas contráteis, orientadas no sentido do comprimento do corpo do animal. Ao se contraírem, as fibrilas fazem diminuir o comprimento do corpo do animal.
- **Células intersticiais** – Participam dos processos de crescimento e de regeneração, pois são capazes de originar os diversos tipos de células dos cnidários.
- **Células sensoriais** – São capazes de perceber estímulos do meio ambiente e transmiti-los às células nervosas localizadas na mesogleia.

- **Células glandulares** – Secretam muco, cujo papel é lubrificar o corpo, protegendo-o, além de ajudar a fixar o animal ao substrato, no caso das formas sésseis.
- **Cnidoblastos (cnidócitos, células urticantes)** – Células típicas dos cnidários que desempenham papel fundamental na captura de alimentos e na defesa do animal contra os seus predadores.



Cnidoblasto.

O cnidoblasto, ao ser tocado, lança para fora o nematocisto (cápsula urticante), estrutura penetrante que possui um longo filamento (filamento urticante), através do qual um líquido urticante e tóxico é eliminado. Assim, essas células participam da defesa dos cnidários e são utilizadas na imobilização dos pequenos animais capturados pelos tentáculos. Os cnidoblastos são encontrados em toda a epiderme do animal, aparecendo, entretanto, em maior concentração nos tentáculos e ao redor da boca. O nome cnidários (do grego *knidos*, urticante) deve-se à presença dos cnidoblastos ou cnidócitos. Em alguns cnidários, como os corais, a epiderme secreta um exoesqueleto de calcário e substâncias orgânicas.

Na gastroderme, também existem diferentes tipos de células: musculares-digestivas (epitélio-digestivas), células glandulares, intersticiais e sensoriais.

- **Células musculares-digestivas** – Participam da absorção e da digestão intracelular dos alimentos. São alongadas e dotadas de flagelos voltados para a cavidade gastrovascular. O batimento dos flagelos dessas células movimenta o conteúdo dentro da cavidade gastrovascular, facilitando a mistura do alimento com as enzimas digestivas que são produzidas e liberadas pelas células glandulares. Também possuem fibrilas contráteis, orientadas circularmente ao corpo do cnidário. Quando essas fibrilas se contraem, o corpo do animal se alonga. Assim, as células musculares-digestivas da gastroderme trabalham em antagonismo com as da epiderme.
- **Células glandulares** – As células glandulares da gastroderme dos cnidários produzem enzimas digestivas que são liberadas no interior da cavidade gastrovascular, onde se realiza o processo da digestão extracelular.

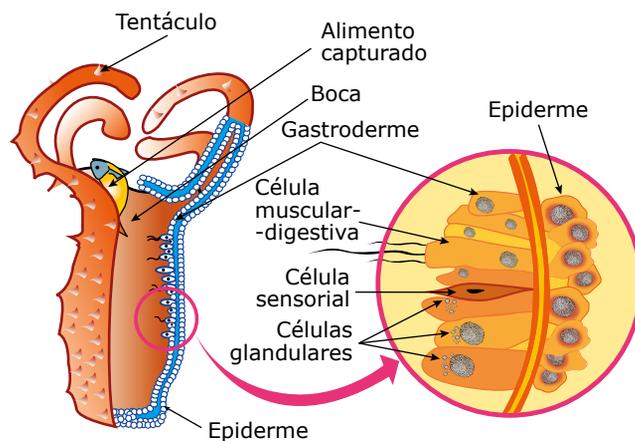
As células intersticiais e sensoriais da gastroderme são semelhantes às existentes na epiderme.

A mesogleia é uma camada gelatinosa, produzida por células da epiderme e da gastroderme, que dá suporte ao corpo do cnidário, constituindo um esqueleto elástico e flexível. A mesogleia também abriga uma rede de células nervosas que fazem comunicação com as células sensoriais da epiderme e da gastroderme.

Nos cnidários, o grau de organização é superior ao dos poríferos em vários aspectos:

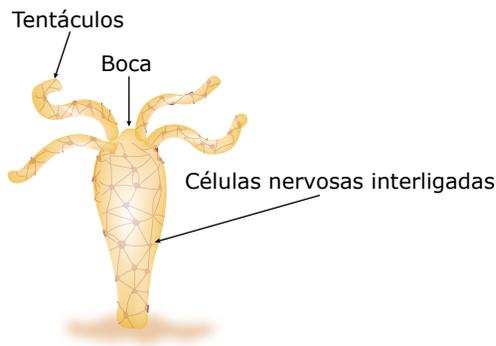
- Há um **sistema digestório** formado por um tubo digestório incompleto que, por sua vez, é constituído pela boca e pela cavidade gastrovascular. Assim, nos cnidários, temos a primeira ocorrência evolutiva de um tubo digestório.

O alimento (crustáceos, peixes, larvas de insetos, etc.) capturado pelos tentáculos é introduzido na cavidade gastrovascular onde, por ação de enzimas digestivas produzidas e liberadas pelas células glandulares da gastroderme, é parcialmente digerido. Esse alimento parcialmente digerido é capturado ou absorvido pelas células musculares-digestivas, nas quais a digestão se completa de forma intracelular. Esses animais, portanto, realizam digestão extra e intracelular.



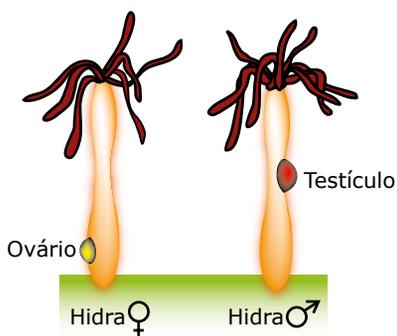
Sistema digestório dos cnidários.

- Há um **sistema nervoso difuso**, constituído por uma rede de células nervosas dispersas pela mesogleia, que fazem comunicação com células da epiderme e da gastroderme. Assim, nos cnidários, temos a primeira ocorrência evolutiva de um sistema nervoso. Alguns possuem ocelos (corpúsculos capazes de detectar maior ou menor intensidade de luz) e estatocistos (órgão de equilíbrio que dá ao animal informações sobre a sua inclinação em relação à gravidade, o que lhe permite perceber mudanças na posição do corpo).



Sistema nervoso da Hydra.

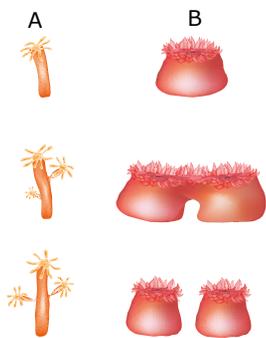
- Alguns apresentam **gônadas** (ovários e testículos). Nos cnidários, temos então a primeira ocorrência evolutiva de gônadas (glândulas sexuais).



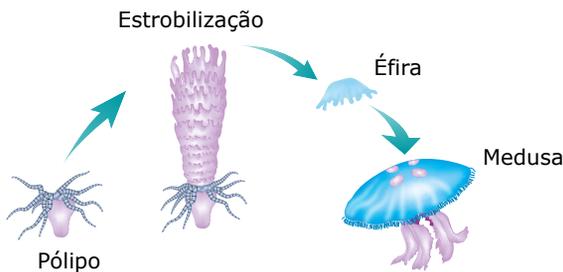
Assim como nos poríferos, os sistemas respiratório, circulatório e excretor inexistem nos cnidários. Dessa forma, a distribuição de nutrientes se faz por difusão entre as diversas células do corpo, tal como as trocas gasosas (O₂ e CO₂) e a eliminação de excretas nitrogenadas também se fazem por simples difusão.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada, ocorrendo em certas espécies o fenômeno da metagênese (alternância de gerações).

A reprodução assexuada dos cnidários pode ser realizada por divisão binária (bipartição) longitudinal, brotamento (gemiparidade) ou, ainda, por estrobilização.



Reprodução assexuada – A. o broto permanece fixo, formando colônias. B. bipartição.



Estrobilização em um pólip.

Na estrobilização, o corpo do pólip sofre uma série de divisões transversais, originando segmentos discoidais, denominados éfiras, que são formas elementares de medusas. Cada éfira, ao se desenvolver, origina uma medusa adulta.

A reprodução sexuada se faz por fecundação, que, dependendo da espécie, pode ser externa (realizada na água) ou interna (realizada no corpo do cnidário).

Quanto ao sexo, existem espécies **monoicas** (hermafroditas) e espécies **dioicas**. O desenvolvimento pode ser **direto** (sem estágios larvais) ou **indireto**. No desenvolvimento indireto, há uma larva ciliada, a plânula.

O filo dos cnidários está subdividido em três classes: *Hidrozoa* (hidrozoários), *Scyphozoa* (cifozoários) e *Anthozoa* (antozoários).

Hidrozoários	Cifozoários	Antozoários
<ul style="list-style-type: none"> • Possuem pólipos bem desenvolvidos com fase de medusa pequena (hidromedusas) ou ausente. Em algumas espécies, há metagênese. • São marinhos ou dulcícolas e têm desenvolvimento direto ou indireto (com larvas). <p>Ex.: <i>Hydra</i>, <i>Obelia</i> e <i>Physalia</i> (caravela).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Predominam as grandes medusas (cifomedusas). • Os pólipos, chamados cifistomas, são de pequeno tamanho e de vida curta. • São exclusivamente marinhos. Há metagênese, e o desenvolvimento é indireto (com larvas). <p>Ex.: <i>Aurelia sp.</i> (água-viva).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • São exclusivamente pólipos. • Não há medusas. • Exclusivamente marinhos. • Não há metagênese e o desenvolvimento é indireto. <p>Ex.: Corais e anêmonas-do-mar (<i>Actinias</i>).</p>

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (OSEC-SP) Espongiários são animais

- A) exclusivamente aquáticos.
- B) pseudocelomados.
- C) diblásticos.
- D) triblásticos.
- E) com metagênese.

02. (UERJ) A visão de uma medusa, um delicado domo transparente de cristal pulsando, sugeriu-me de forma irresistível que a vida é a água organizada.

COUSTEAU, Jaques. *Vida Simples*, out. 2003.

A analogia proposta refere-se à grande proporção de água no corpo das medusas.

No entanto, uma característica importante do filo ao qual pertencem é a presença de cnidócitos, células que produzem substâncias urticantes.

Dois animais que pertencem ao mesmo filo das medusas estão indicados em:

- A) Hidra; craca.
- B) Hidra; esponja.
- C) Anêmona-do-mar; coral.
- D) Anêmona-do-mar; esponja.

03. (PUCPR) Em relação ao *Phylum Cnidaria*, foram feitas as seguintes proposições:



- I. Os cnidários são aquáticos, diblásticos e com simetria radial, sendo encontrados em duas formas: pólipos (fixos) e medusa (livres).
- II. A digestão nos cnidários é extra e intracelular e não há aparelho respiratório, circulatório ou excretor, e o sistema nervoso é difuso.
- III. Nos cnidários, a reprodução sexuada ocorre por brotamento ou estrobilização.
- IV. Os corais e a anêmona-do-mar são exemplos da classe dos cifozoários.

Assinale a alternativa correta.

- A) Todas estão incorretas.
- B) Apenas III e IV estão corretas.
- C) Apenas I está correta.
- D) Todas estão corretas.
- E) Apenas I e II estão corretas.

04. (UFMS) As esponjas (filo Porifera) representam um grupo de animais sésseis, com organização corpórea simplificada e a maioria das espécies vivendo no ambiente marinho. Sobre os espongiários, é correto afirmar que



01. as esponjas calcárias possuem espículas silicosas e a proteína denominada espongina.

02. as esponjas possuem os coanócitos, que são células flageladas com colarinho.

04. as esponjas apresentam baixa capacidade de regeneração.

08. o alimento das esponjas é capturado e digerido pelos coanócitos.

16. algumas das espécies de espongiários são hermafroditas, enquanto outras são dioicas.

32. as esponjas possuem desenvolvimento direto, ou seja, não exibem estágio larval.

Dê como resposta a soma das afirmativas correta.

Soma ()

05. (UFPR) Relacione os itens e assinale a alternativa correta.

- (1) Coanócitos
- (2) Células nervosas
- (3) Átrio
- (4) Mesênquima
- (5) Cnidoblastos
- () Cavidade central das esponjas
- () Células de defesa dos celenterados
- () Mesogleia, abaixo da epiderme
- () Digestão intracelular dos poríferos
- () Camada média da estrutura dos poríferos
- A) 3 - 2 - 5 - 1 - 4
- B) 5 - 3 - 2 - 1 - 4
- C) 5 - 2 - 3 - 1 - 4
- D) 3 - 5 - 2 - 4 - 1
- E) 3 - 5 - 2 - 1 - 4

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UECE-2015) Cnidoblastos ou cnidócitos são células de defesa observadas em

- A) pepinos-do-mar.
- B) paramécios.
- C) anêmonas.
- D) ascídias.

02. (FUVEST-SP) A característica a seguir que não condiz com os poríferos é



- A) respiração e excreção por difusão.
- B) obtenção de alimentos a partir das partículas trazidas pela água, que penetra através dos óstios.
- C) *habitat* aquático, vivendo presos ao fundo.
- D) células organizadas em tecidos bem definidos.
- E) alta capacidade de regeneração.

03. (UECE) As esponjas são animais macios e flexíveis, dotados de poros por todo o corpo e pertencentes ao filo Porifera. Com relação aos poríferos, assinale a afirmação verdadeira.

- A) Por serem animais bastante primitivos, os poríferos não desenvolveram mecanismos sexuais de reprodução.
- B) Apresentam exoesqueleto formado por espículas de calcário ou de sílica.
- C) Absorvem alimentos por meio de filtração, mecanismo possível pela presença de células flageladas que direcionam o fluxo de alimentos para a cavidade interna, denominadas cnidócitos.
- D) São seres exclusivamente aquáticos, que não possuem tecidos bem definidos, não apresentam órgãos nem sistemas.

04. (UFSC) O aparelho digestivo dos celenterados é essencialmente constituído de

- A) tubo ramificado com boca e ânus separados.
- B) boca e cavidade digestiva gastrovascular saculiforme.
- C) tubo ramificado com boca e ânus acoplados.
- D) boca, faringe, esôfago, reto e ânus.
- E) boca, faringe, papo, intestino e ânus.

05. (Uncisal) Recifes de corais são estruturas que existem em vários locais da costa brasileira, inclusive em Alagoas. Essa estrutura é formada por um grupo de animais sésseis (os cnidários) e seus esqueletos, que abrigam muitos outros seres vivos (algas, poríferos, peixes, moluscos, crustáceos etc.) e formam um dos ambientes com maior diversidade biológica do planeta.

Os esqueletos dos cnidários dos recifes de corais são formados

- A) usando os íons de sódio e cloro.
- B) a partir dos íons de carbonato dissolvido na água do mar.
- C) a partir da sílica presente nos grãos de areia.
- D) pela degradação das rochas marinhas.
- E) com os íons de ferro presentes nos cloroplastos dos cnidários.

06. (UERJ-2017) O rompimento da barragem de contenção de uma mineradora em Mariana (MG) acarretou o derramamento de lama contendo resíduos poluentes no rio Doce. Esses resíduos foram gerados na obtenção de um minério composto pelo metal de menor raio atômico do grupo 8 da tabela de classificação periódica. A lama levou 16 dias para atingir o mar, situado a 600 km do local do acidente, deixando um rastro de destruição nesse percurso. Caso alcance o arquipélago de Abrolhos, os recifes de coral dessa região ficarão ameaçados. A água do mar em Abrolhos se tornaria turva, se a lama atingisse o arquipélago.

A turbidez da água interfere diretamente no seguinte processo biológico realizado nos recifes de coral:

- A) Fotossíntese
- B) Eutrofização
- C) Bioacumulação
- D) Tamponamento

07. (UEMA) A Grande Barreira de Corais da Austrália é a maior faixa de corais do mundo com 2 300 quilômetros de comprimento e largura variando de 20 a 240 quilômetros, podendo ser vista do espaço. É a maior estrutura do mundo feita unicamente por milhões de organismos vivos. É situada entre as praias do nordeste da Austrália e Papua Nova Guiné. A Barreira de Corais da Austrália comporta uma grande biodiversidade e é considerada um dos patrimônios mundiais da humanidade.

Disponível em: <<http://kabanamaster.com/os-10-lugares-mais-lindos-do-mundo/>>. Acesso em: 20 set. 2013 (Adaptação).

- A) Para a formação deste magnífico ecossistema, é necessária a importante participação de que invertebrados polípodos?
- B) Explique como ocorre o processo de construção dessas barreiras.

08. (UCB-DF-2016) Os diferentes organismos são classificados em reinos a partir da análise da respectiva cadeia evolutiva, surgindo outras ramificações dentro de cada um desses reinos. De acordo com a classificação dos animais, os corais são classificados no filo dos

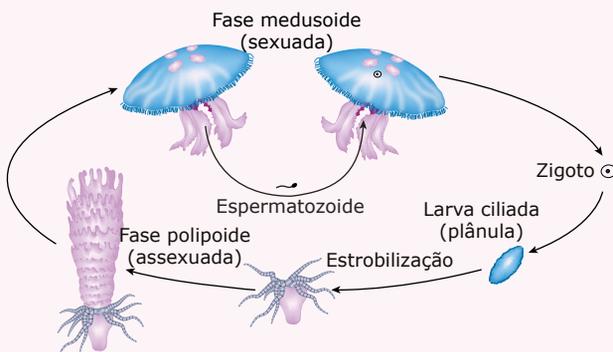
- A) poríferos, em razão da presença de poros e canais para a circulação de água e nutrientes.
- B) celenterados, no qual surge a digestão intracelular.
- C) moluscos, por possuírem corpo não segmentado.
- D) cnidários, por possuírem cavidade digestória e serem animais diblásticos.
- E) equinodermos, grupo constituído por animais marinhos de esqueleto interno de calcário.

09. (UECE-2016) Quanto à organização dos espongiários, é correto afirmar que

- A) os coanócitos são células que, em seu conjunto, constituem o sistema nervoso simplificado desses animais.
- B) as esponjas que não possuem espículas em seu esqueleto apresentam uma rede de espongina bem desenvolvida.
- C) os amebócitos são células achatadas e bem unidas entre si, que revestem externamente o corpo desses organismos.
- D) por sua simplicidade morfológica, os poríferos somente conseguem se reproduzir por brotamento, fragmentação ou gemulação.

- 10.** (UECE) Entre os elementos de sustentação das esponjas, as espículas são estruturas calcárias ou constituídas de sílica. Assinale a alternativa que contém a denominação correta das células que produzem essas estruturas.
- A) Pinacócitos
 - B) Porócitos
 - C) Espongioblastos
 - D) Escleroblastos
- 11.** (UNITAU-SP) Entre as espécies do filo Cnidária, o processo de reprodução envolve mecanismos sexuais, com sexos separados, fecundação externa e desenvolvimento indireto, dando origem a uma larva ciliada, e, ainda, mecanismos assexuados como brotamento ou estrobilização, os quais, para muitas dessas espécies, ocorrem de modo sequencial.
- Assinale, dentre as alternativas a seguir, aquela que se refere diretamente a esse fenômeno.
- A) Alternância de gerações ou metagênese.
 - B) Alternância de gerações ou mutagênese.
 - C) Homogamia ou metagênese.
 - D) Heterogamia ou mutagênese.

- 12.** (UEFS-BA) O esquema reproduz, de forma simplificada, a reprodução por metagênese característica de determinados grupos de cnidários.



VITOR & CÉSAR. *Sistema Didático aprendido baseado em problemas*. Rio de Janeiro: Guanabara, 2004. p. 207.

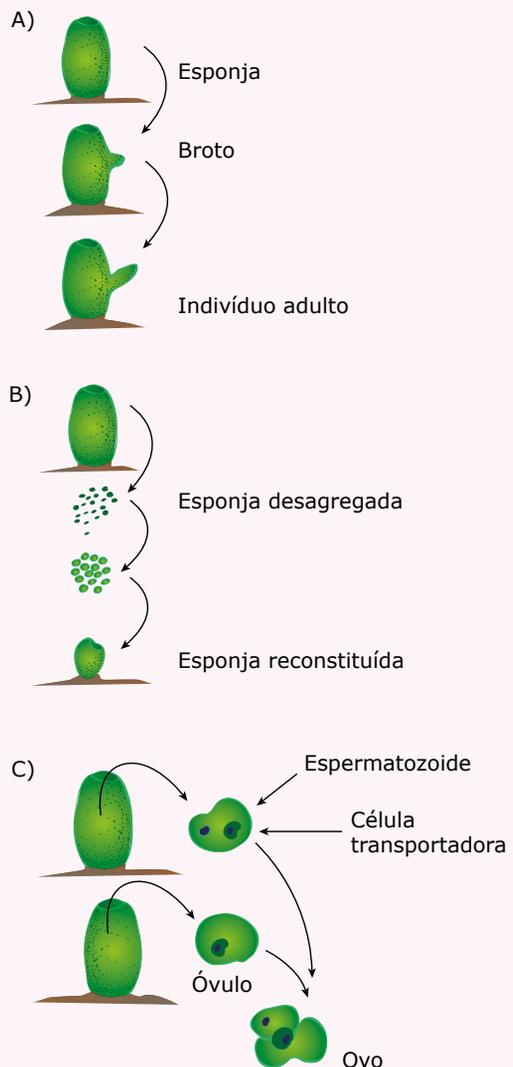
Considerando as informações expressas na ilustração e os conhecimentos a respeito da reprodução nos seres vivos, é correto afirmar:

- A) Na metagênese de alguns cnidários, há uma alternância entre fase esporofítica e fase gametofítica.
- B) A etapa polipoide dos cnidários com metagênese é sempre sexuada e origina as medusas.
- C) A etapa medusoide dos cnidários com metagênese é sempre sexuada e origina pólipos.
- D) A larva ciliada se desenvolve em medusas, que, por estrobilização, dá origem a pólipos assexuados.
- E) A alternância de geração nos cnidários intercala uma fase haploide com uma fase diploide ao longo das gerações.

- 13.** (FUVEST-SP) Os acidentes em que as pessoas são “queimadas” por cnidários ocorrem com frequência no litoral brasileiro. Esses animais possuem cnidoblastos ou cnidócitos, células que produzem uma substância tóxica, que é composta por várias enzimas e fica armazenada em organelas chamadas nematocistos. Os cnidários utilizam essa substância tóxica para sua defesa e a captura de presas.

- A) Em que organela(s) do cnidoblasto ocorre a síntese das enzimas componentes da substância tóxica?
- B) Após a captura da presa pelo cnidário, como ocorrem sua digestão e a distribuição de nutrientes para as células do corpo do animal?

- 14.** (UFSC) O filo Porifera é representado pelas esponjas. Nas figuras, as letras A, B e C referem-se aos aspectos reprodutivos desses animais.



Indique o que for correto.

01. A representa um tipo de reprodução assexuada.
 02. B representa um tipo de reprodução sexuada.
 04. C representa, pela presença de células sexuais, a reprodução sexuada.
 08. A é denominado brotamento.
 16. Para a formação do ovo, em C, deve ocorrer fecundação.
 32. Em A e B, os organismos produzidos por esses mecanismos possuem diferenças genéticas em relação ao indivíduo que lhes deu origem.
 64. O fenômeno apresentado, em C, possibilita o aumento da variabilidade entre as esponjas.

Soma ()

SEÇÃO ENEM

- 01.** Acidentes causados por cnidários são comuns ao redor do mundo, incluindo acidentes graves e com registro de fatalidades em alguns mares. Um exemplo extremo de água-viva que pode ser até letal para o ser humano ocorre no litoral norte e nordeste da Austrália, onde se encontra a espécie *Chironex fleckeri*, também conhecida como vespa-do-mar. A respeito da espécie *Chironex fleckeri*, é correto dizer que
- A) pertence ao grupo dos poríferos e seus coanócitos em contato com a pele humana causam irritações e queimaduras.
 B) é um animal parasitário pertencente ao grupo dos celenterados.
 C) é um artrópode do grupo dos insetos, vindo daí o seu nome popular de vespa-do-mar.
 D) é uma medusa exclusivamente dulcícola.
 E) trata-se de um celenterado, e o contato com os seus tentáculos pode até causar a morte de uma pessoa.
- 02.** [...] Não deverá faltar material para ser testado, e, se forem considerados os antecedentes das esponjas na área farmacológica, há grande possibilidade de obter bons resultados. "Já existem alguns medicamentos à venda que foram inspirados em moléculas extraídas de esponjas", explica Berlinck. "Um exemplo é o antiviral Vira-A, produzido a partir da esponja *Cryptotethya crypta*, que combate o vírus da herpes." Esse antiviral é mais conhecido como Acyclovir, vendido sob o nome comercial de Zovirax. O AZT, usado no tratamento da Aids, é outro exemplo de droga que teve origem em substâncias provenientes desses estranhos seres coloridos.[...] É importante que fique claro que esses medicamentos não são diretamente extraídos de esponjas, mas foram substâncias retiradas delas que inspiraram sua síntese.

Além desses dois, há outros em teste. [...] No caso de Berlinck, o objetivo de suas pesquisas é descobrir elementos produzidos pelas esponjas que possam servir de modelo para o desenvolvimento de novos fármacos para o tratamento da tuberculose, infecções hospitalares, câncer e doenças tropicais, como leishmaniose, malária e mal de Chagas. [...]

Disponível em: <https://www.sescsp.org.br/online/artigo/3561_POTENCIAL+MARINHO>.
 Acesso em: 20 fev. 2019. [Fragmento]

De acordo com o texto, já existem disponibilizados no mercado medicamentos obtidos a partir de substâncias extraídas das esponjas para o tratamento de pacientes com a(s) seguinte(s) doença(s).

- A) Aids, apenas.
 B) Aids e herpes.
 C) Aids, herpes, câncer e tuberculose.
 D) Aids, herpes, câncer, tuberculose, leishmaniose e malária.
 E) Câncer, tuberculose, herpes, Aids, leishmaniose, malária e doença de Chagas.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. A 04. Soma = 26
 02. C 05. E
 03. E

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. C 03. D 05. B
 02. D 04. B 06. A
 07.
 A) Os corais são formados por pólipos de cnidários.
 B) A formação de colônias pode ocorrer por reprodução assexuada (brotamento) ou sexuada (colonização de organismos).
 08. D 10. D 12. C
 09. B 11. A
 13.
 A) A síntese das enzimas ocorre nos ribossomos.
 B) A digestão é iniciada no interior da cavidade gastrovascular. Depois, as partículas são fagocitadas e a digestão termina intracelularmente. A distribuição se dá por difusão.
 14. Soma = 93

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. E 02. B



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Platelmintos

CARACTERÍSTICAS GERAIS

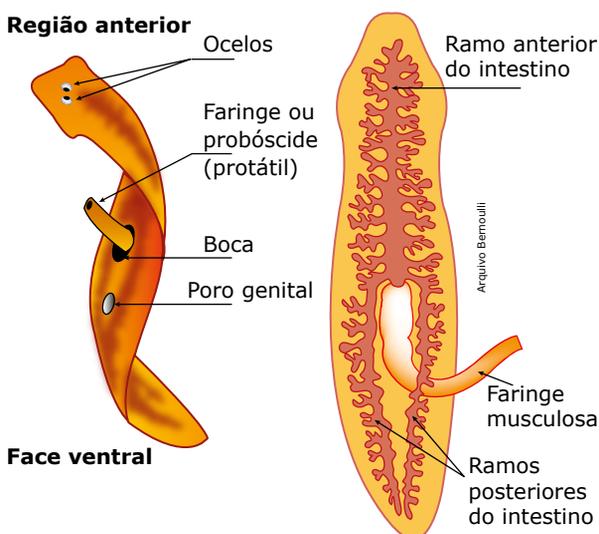
Os platelmintos (do grego *platys*, chato, e *helminthes*, verme) são metazoários bilaterais, triblásticos e acelomados. Nesses animais, temos a primeira ocorrência evolutiva de um verdadeiro mesoderma embrionário. Esses são também os primeiros na escala zoológica a apresentar simetria bilateral (animais bilaterais).

Podem ser de vida livre ou parasitos. As espécies de vida livre são encontradas na água (doce e salgada) ou em solos úmidos. Entre as espécies parasitos, muitas causam doenças graves ao homem e a outros animais.

O tamanho desses organismos pode variar de alguns milímetros até vários metros e o corpo é achatado dorso-ventralmente. Por isso, são também conhecidos por vermes achatados. O corpo pode ter aspecto laminar, foliáceo (em forma de folha) ou ainda de uma longa fita.

Constituem o primeiro grande filo a apresentar cefalização, isto é, uma das partes do corpo diferenciada em cabeça.

O sistema digestório é ausente nos cestódeos (tênia ou solitárias), já nos demais platelmintos é formado por um tubo digestório incompleto, constituído por boca, faringe e intestino ramificado.



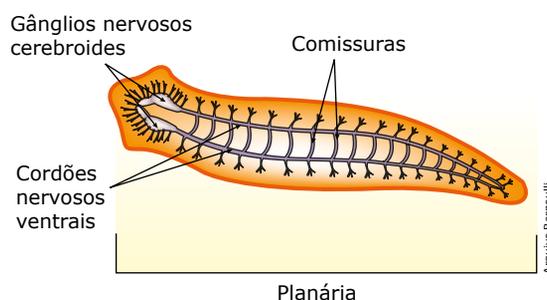
Tubo digestório da planária – Esses animais possuem boca, através da qual uma faringe muscular pode ser protráida, isto é, projetada para fora, para pegar alimentos.

Quanto à respiração, existem espécies anaeróbias, como os endoparasitos intestinais, e espécies aeróbias, que fazem a respiração cutânea direta.

O sistema circulatório é ausente, sendo a distribuição de substâncias pelo corpo do animal feita por difusão célula a célula.

A excreção é feita por uma rede de túbulos ramificados denominados protonefrídios, que possuem, na extremidade das ramificações, uma célula excretora denominada solenócito (quando possuem um único flagelo) ou célula-flama (quando possuem um tufo de flagelos, cujo batimento lembra a chama de uma vela).

O sistema nervoso é ganglionar, apresentando dois gânglios cerebroides ou cerebrais, localizados na cabeça, de onde saem cordões nervosos longitudinais de localização ventral. Os cordões nervosos estão conectados um com o outro por meio de feixes nervosos transversais denominados comissuras. Os gânglios nervosos são regiões onde se concentram corpos celulares de diversas células nervosas.



Sistema nervoso ganglionar da planária.

Quanto ao sexo, existem espécies monoicas (hermafroditas), como é o caso das tênia (solitárias) e das planárias, e espécies dioicas, como o *Schistosoma mansoni*.

A reprodução normalmente é sexuada, embora possa ocorrer também processo assexuado em algumas espécies.

A reprodução sexuada realiza-se por fecundação interna e pode ser por autofecundação, como nas tênia, ou por fecundação cruzada, como acontece nas planárias e nos esquistossomos.

O desenvolvimento pode ser direto, como nas planárias, ou indireto (com fases de larvas). Nas têias, as larvas são conhecidas por cisticercos; no *Schistosoma mansoni*, existem diferentes estágios larvais (miracídeos, cercárias).

Em algumas espécies, como nas planárias, também ocorre reprodução assexuada por divisão transversal do corpo. Essa reprodução é possível graças à alta capacidade de regeneração que esses animais possuem.

Nos trematódeos também ocorre um caso especial de reprodução chamado de pedogênese, que consiste numa partenogênese na fase de larva. Na pedogênese, uma fêmea ainda imatura, isto é, na fase de larva, forma óvulos que se desenvolvem partenogeneticamente (sem que ocorra fecundação), originando novas larvas.

O filo dos platelmintos está subdividido em três classes: Turbellaria (turbelários), Trematoda (trematódeos) e Cestoda (cestódeos).

Platelmintos

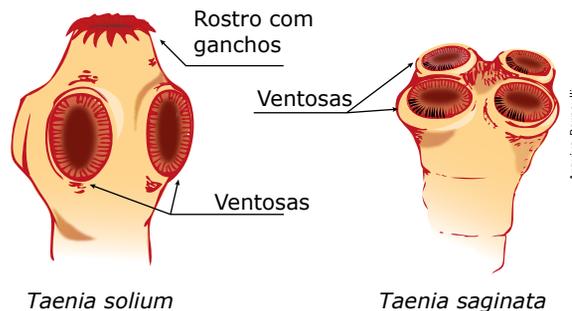
Classe Turbellaria	Classe Trematoda	Classe Cestoda
Vida livre; epiderme ciliada; sistema digestório incompleto. Exemplo: <i>Dugesia tigrina</i> (planária).	Parasitas; epiderme com cutícula protetora; sistema digestório incompleto. Exemplos: <i>Schistosoma mansoni</i> e <i>Fasciola hepatica</i> .	Parasitas; epiderme com cutícula protetora; sistema digestório ausente. Exemplos: <i>Taenia solium</i> , <i>Taenia saginata</i> e <i>Echinococcus granulosus</i> .

PRINCIPAIS PLATELMINTOS PARASITOS DO HOMEM

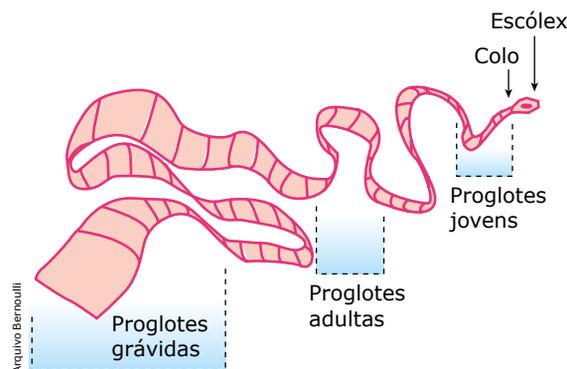
Taenia solium e *Taenia saginata*

As têias ou solitárias são platelmintos da classe Cestoda (cestódeos) que parasitam o intestino delgado do homem. As têias adultas têm um aspecto morfológico semelhante a uma fita e chegam a ter, em média, de 2 a 3 metros de comprimento dividido em três partes: escólex, colo e estróbilo.

- **Escólex (cabeça)** – É o órgão de fixação do parasito na mucosa intestinal. A *T. solium* tem um escólex globoso dotado de quatro ventosas e um círculo de ganchos ou acúleos no centro, denominado rostro. A *T. saginata*, por sua vez, possui um escólex quadrangular dotado de quatro ventosas e não apresenta rostro.



- **Colo (pescoço)** – Parte da têia que vem imediatamente após o escólex. Suas células estão em constante atividade reprodutiva (mitoses), dando origem aos anéis ou proglotes (proglótides) jovens. É, portanto, a zona de formação das proglotes.
- **Estróbilo** – É o corpo propriamente dito do parasito, formado pela união de vários anéis ou proglotes. A *T. solium* tem cerca de 900 proglotes, e a *T. saginata*, até 2 000. Cada proglote tem sua individualidade alimentar e reprodutiva. O tegumento que recobre essas proglotes possui pequenas elevações, denominadas microtríquias, que têm a função de absorver os nutrientes já prontos para serem utilizados, originários da digestão dos alimentos feita pelo hospedeiro (homem). (Lembre-se de que, nas têias, o tubo digestório é ausente.)
As proglotes são divididas em três categorias: jovens, maduras e grávidas.

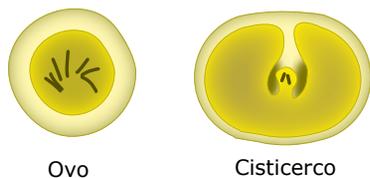


As proglotes jovens são as recém-formadas a partir do colo e ainda não possuem os órgãos reprodutores totalmente formados. As proglotes maduras são aquelas que já possuem os órgãos reprodutores (testículos, ovários) desenvolvidos, que, portanto, já estão aptos para a fecundação. As proglotes grávidas, localizadas na extremidade final do estróbilo, apresentam um útero ramificado e cheio de ovos (óvulos fecundados).

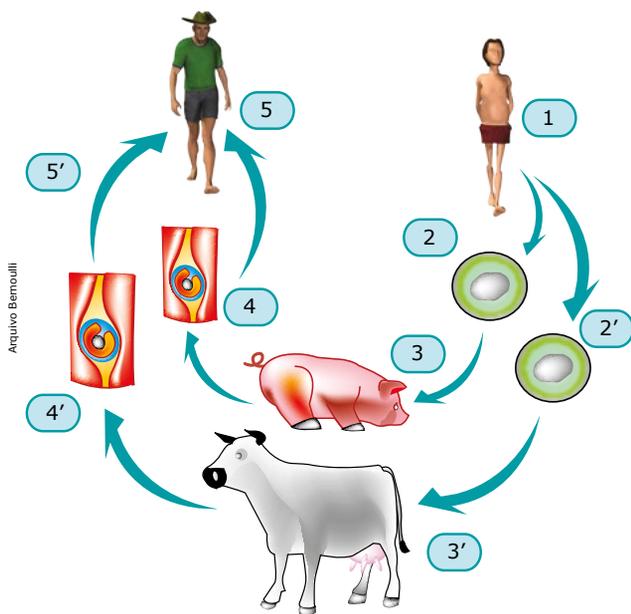
As proglotes grávidas, cada uma contendo de 30 000 a 80 000 ovos, desprendem-se constantemente do estróbilo. Essa liberação das proglotes chama-se apólise. Após a apólise, o colo produz novas proglotes, mantendo assim o número desses anéis praticamente constante.

- **Ovos** – Os ovos das tênias são esféricos e possuem uma membrana protetora espessa chamada embrioforo. No interior do ovo, encontramos o embrião hexacanto (oncosfera), que possui seis ganchos nítidos.

Quando ingeridos por um hospedeiro, os ovos se desenvolvem e originam larvas denominadas cisticercos (popularmente conhecidas em algumas regiões por “canjiquinhas” ou “pipocas”).



Os ovos da *T. solium* e da *T. saginata* são iguais, indistinguíveis um do outro. Os cisticercos medem pouco mais de 1 cm: os de *T. solium* são denominados *Cysticercus cellulosae* e os de *T. saginata*, *Cysticercus bovis*.



Ciclo das Tênias – 1. Homem portador de *Taenia solium* adulta elimina proglotes grávidas, isto é, contendo ovos do verme. 2. Ovos no meio exterior contaminando o ambiente; 3. Suíno ingere ovos de *T. solium*. 4. No organismo do suíno, os ovos dão origem aos cisticercos (larvas do verme), que se alojam nos músculos (carne) do porco. 5. O homem ingere carne de porco crua ou malcozida com cisticercos que, no intestino delgado humano, originam o verme adulto. Cerca de três meses após a infecção, o homem começará a eliminar as proglotes grávidas. A *Taenia saginata* apresenta ciclo semelhante (1, 2', 3', 4' e 5'), tendo, entretanto, o bovino (3') como hospedeiro intermediário.

As tênias são parasitos heteroxenos que completam seu ciclo biológico em dois hospedeiros, sendo ambos vertebrados. Os hospedeiros da *T. solium* são o homem e o porco, enquanto os da *T. saginata* são o homem e o boi.

O homem com teníase, isto é, parasitado pelo verme adulto, elimina proglotes grávidas (cheias de ovos) para o meio exterior. Às vezes, as proglotes podem se romper dentro do intestino do homem, liberando ovos que são, então, eliminados junto às fezes. Um hospedeiro intermediário (suíno, no caso da *T. solium*, e bovino, no caso da *T. saginata*) ingere os ovos. No intestino delgado desses animais, ocorre a eclosão dos ovos, liberando as oncosferas (embriões) que, atravessando as paredes do intestino, alcançam a circulação sanguínea e, por meio desta, chegam à musculatura dos animais, onde se instalam. No tecido muscular, cada oncosfera transforma-se em um pequeno cisticerco (larva), que não desenvolve para verme adulto, permanecendo viável (vivo) por alguns meses.

O homem, ao ingerir carne de porco ou de boi crua ou malcozida contaminada com os cisticercos, adquire a tênia adulta (teníase). Os cisticercos ingeridos pelo homem, ao chegarem ao duodeno (1ª porção do intestino delgado), estimulados pela bile, desenvaginam-se, aderem o escólex à mucosa intestinal e começam a se desenvolver, dando origem a vermes adultos. Cerca de três meses após a ingestão dos cisticercos, inicia-se a eliminação de proglotes grávidas. Uma *T. solium* adulta chega a viver cerca de 3 anos e uma *T. saginata*, até 10 anos.

Apesar de a tênia ser popularmente conhecida como “solitária”, indicando que o hospedeiro alberga apenas um parasito, algumas pessoas podem possuir mais de uma tênia da mesma espécie ou das duas espécies. Muitas vezes, a teníase é uma doença assintomática, e a pessoa sabe que está sendo parasitada pela eliminação das proglotes. Em certos casos, entretanto, a doença pode causar dor abdominal, diarreia, vômitos e manifestações alérgicas.

Quando o homem ingere ovos de *T. solium*, no seu organismo, os ovos darão origem aos cisticercos (larvas), que podem se instalar no tecido muscular, no tecido nervoso, no globo ocular, etc. Nesse caso, fala-se que o indivíduo tem uma cisticercose. A cisticercose humana é responsável por lesões graves no organismo. Os cisticercos podem causar, nos órgãos em que se instalam, reações inflamatórias seguidas de calcificação. Quando tais focos inflamatórios ocorrem nas válvulas cardíacas ou em órgãos do sistema nervoso central, podem causar distúrbios funcionais graves; esses distúrbios ocorrem não só pelo processo inflamatório ou calcificação, mas também pela destruição do tecido circunjacente ao cisticerco.

Uma das formas mais graves de cisticercose humana é a neurocisticercose ou cisticercose cerebral, que causa mal-estar, dor de cabeça contínua, dificuldades locomotoras, convulsões semelhantes às da epilepsia e até demência. No olho, a cisticercose pode destruir a retina, provocando cegueira parcial ou total.

Todos os casos de cisticercose humana até agora diagnosticados se deram por ingestão de ovos de *T. solium*. Ainda não foi comprovada a cisticercose humana pela ingestão de ovos de *T. saginata*.

Conforme vimos, as têniase podem causar duas doenças distintas no homem: teníase e cisticercose.

A teníase consiste na infecção pelos vermes adultos e é adquirida (transmissão) quando o homem ingere os cisticercos (larvas do verme) presentes em carnes cruas ou malcozidas de suínos e bovinos; já a cisticercose consiste na infecção pelos cisticercos e é adquirida quando o homem ingere ovos do verme.

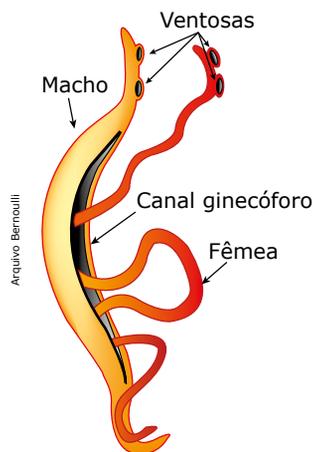
O diagnóstico da teníase é feito por meio do exame de fezes; já o diagnóstico da cisticercose depende da localização e da sintomatologia. Quando ocorre calcificação do cisticerco, o raio X pode dar uma orientação diagnóstica.

As medidas de profilaxia da teníase consistem em: tratamento dos doentes; educação sanitária; engenharia sanitária (defecação em sanitários com rede de esgoto bem construída ou fossas); inspeção feita por profissionais qualificados nos matadouros dos animais abatidos, eliminando-se aqueles cujas carnes estejam contaminadas com os cisticercos; melhoria das condições criatórias, principalmente dos suínos, substituindo-se a criação extensiva (animais criados soltos) por chiqueiros bem construídos; evitar a ingestão de carne crua ou malcozida.

Para a profilaxia da cisticercose, são válidas também a maioria das medidas vistas para a teníase, bem como medidas de higiene pessoal (lavar as mãos antes das refeições e após as defecações, manter as unhas sempre bem aparadas e limpas) e os cuidados com os alimentos, especialmente frutas e verduras que são ingeridas cruas (lavar bem esses alimentos em água tratada e corrente, antes de ingeri-los).

Schistosoma mansoni

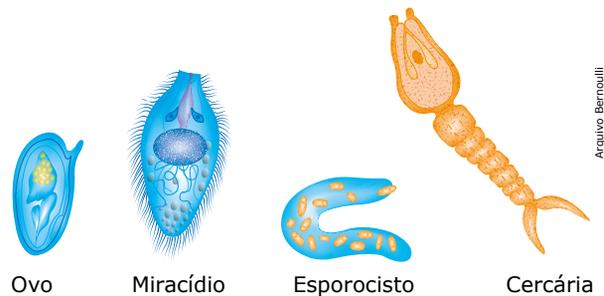
Pertencente à classe Trematoda (trematódeo), é o agente etiológico (agente causador) da esquistossomose, doença também conhecida por "xistose", "barriga-d'água" ou ainda "mal do caramujo".



Schistosoma mansoni.

O *S. mansoni* é uma espécie dioica. Os vermes adultos são encontrados no hospedeiro vertebrado (homem), mais especificamente no interior dos vasos sanguíneos do sistema porta-hepático (veias do intestino, fígado e baço).

O macho mede cerca de 1,0 cm e possui no seu corpo um canal, o canal ginecóforo, onde, durante o acasalamento, aloja-se a fêmea, que é maior (cerca de 1,5 cm) e mais fina do que o macho. Machos e fêmeas têm duas ventosas (órgãos de fixação), situadas na região ventral anterior do corpo. Após o acasalamento e a fecundação, as fêmeas fazem a postura dos ovos em vasos sanguíneos bem próximos à luz intestinal. Uma fêmea chega a colocar cerca de 400 ovos por dia e vive, em média, 5 anos. Alguns casais de *S. mansoni*, entretanto, podem viver até 20-30 anos, tendo eliminado poucos ovos.

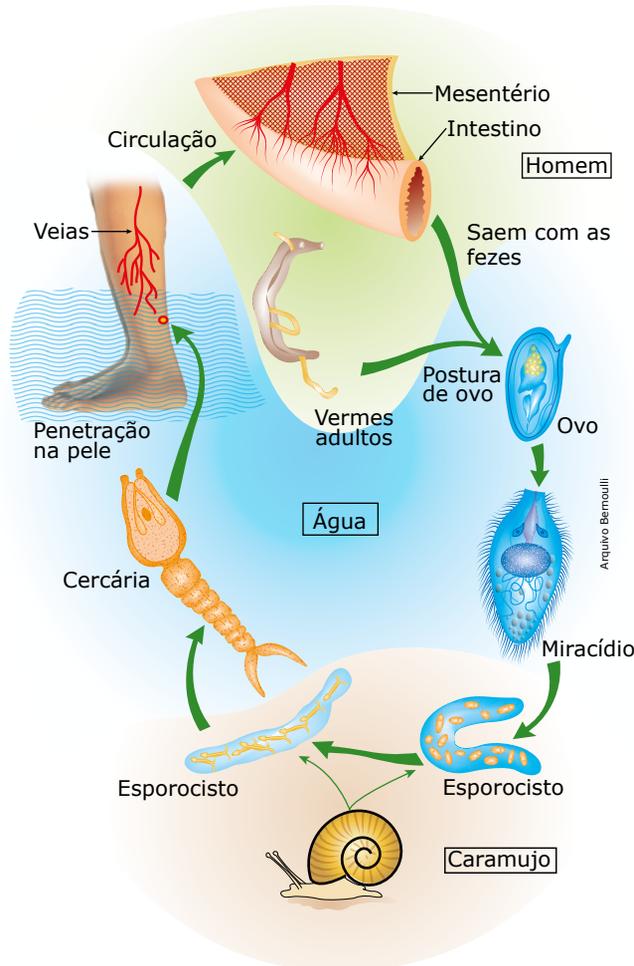


Ovo e larvas do *S. mansoni*.

Os ovos do *S. mansoni* são bastante característicos devido à presença de uma espícula lateral. Quando maduros, esses ovos possuem em seu interior uma larva ciliada, o miracídio. Quando ovos maduros do *S. mansoni* caem em meio aquoso (água doce), eles eclodem e liberam os miracídios. Os miracídios são as formas infectantes do *S. mansoni* para os hospedeiros invertebrados, que são caramujos do gênero *Biomphalaria*. Ao penetrar nesses caramujos, os miracídios perdem os cílios e transformam-se em esporocistos (larvas) que, por reprodução assexuada, dão origem às cercárias (larvas). As cercárias possuem uma cauda que termina em uma bifurcação, por isso, são chamadas também de furcocercárias. A partir de cada miracídio que penetra no caramujo, são formadas até 100 000 cercárias que abandonam o corpo do molusco e caem na água. As cercárias são as formas infectantes do *S. mansoni* para o hospedeiro vertebrado (homem). Ao penetrarem no homem, através da pele ou mucosas, as cercárias perdem a cauda e passam a ser denominadas de esquistossômulos. Através da circulação sanguínea, os esquistossômulos chegam ao sistema porta-hepático, no qual desenvolvem para vermes adultos.

O *S. mansoni* é mais um exemplo de parasito heteroxeno que completa o seu ciclo biológico em dois hospedeiros: um vertebrado e outro invertebrado. O hospedeiro vertebrado pode ser o homem e outros mamíferos (roedores, gambás, primatas e outros); já o hospedeiro invertebrado é um caramujo do gênero *Biomphalaria*. Esses caramujos são moluscos pulmonados, aquáticos, vegetarianos, hermafroditas pertencentes à classe Gastropoda (moluscos gastrópodes) e à família Planorbidae (planorbídeos).

As principais espécies do gênero *Biomphalaria*, comprovadamente transmissoras do *S. mansoni* no Brasil, são *Biomphalaria glabrata*, *Biomphalaria straminea* e *Biomphalaria tenagophila*. Esses caramujos são encontrados em grandes variedades de coleções de água doce, paradas ou pouco correntes, tais como lagoas, cisternas, pântanos, riachos, canais de irrigação, etc.



O ciclo biológico do *S. mansoni*.

Os vermes adultos vivem no sistema porta-hepático do homem e de alguns outros animais (roedores, macacos, gambás, etc.), em que se reproduzem sexualmente por fecundação. Após o acasalamento, a fêmea migra para as finas veias da parede intestinal do homem (veia mesentérica inferior), onde inicia a oviposição (postura dos ovos). Alguns desses ovos podem alcançar a luz intestinal devido à pressão com que são postos e à perfuração da parede dos vasos sanguíneos feita pelas espículas laterais que possuem. Os ovos que chegam à luz intestinal serão eliminados para o meio externo juntamente com as fezes. No meio externo, os ovos que caem na água doce eclodem e liberam os miracídeos que começam a nadar ativamente até encontrar um caramujo *Biomphalaria*.

Penetrando no caramujo, os miracídeos transformam-se em esporocistos e, a partir destes, são formadas as cercárias, que abandonam o corpo do molusco e caem na água, onde permanecem vivas por cerca de 3 dias. A eliminação das cercárias do corpo do caramujo ocorre nas horas mais quentes e mais luminosas do dia, principalmente entre 10 e 16 horas. Ao entrarem em contato com a pele do homem, as cercárias a atravessam ativamente e caem na corrente sanguínea. Essa penetração ativa das cercárias dura cerca de 15 minutos e ocorre devido a uma ação lítica de enzimas produzidas por glândulas de penetração existentes nessas larvas e a uma ação mecânica (movimentos vibratórios intensos). A penetração das cercárias através da pele humana pode causar uma irritação local com coceira, chamada de dermatite cercariana. Por isso, em algumas regiões, as lagoas infestadas por cercárias são conhecidas por "lagoas de coceira". Após a penetração da cabeça, as cercárias perdem a cauda, transformando-se em esquistossômulos, que caem na corrente sanguínea e chegam ao sistema porta-hepático, ali se transformando em vermes adultos. Os vermes adultos aparecem no sistema porta-hepático cerca de 30 dias após a penetração das cercárias. Do sistema porta-hepático, as fêmeas migram para a veia mesentérica inferior, onde fazem a oviposição. Os primeiros ovos poderão ser vistos nas fezes do indivíduo parasitado cerca de 40 dias após a contaminação.

OBSERVAÇÃO

As cercárias (formas infectantes do *S. mansoni* para o homem) também são capazes de penetrar pelas mucosas, como a mucosa bucal. As cercárias que são ingeridas com água e que chegam ao estômago são destruídas pela ação do suco gástrico, mas as que conseguem penetrar pela mucosa bucal se desenvolvem normalmente.

Pelo que acabamos de ver, a transmissão da esquistossomose ao homem se faz pela penetração ativa das cercárias através da pele e das mucosas.

A esquistossomose tem uma fase aguda ou inicial com mal-estar, cansaço, problemas gastrointestinais e dor de cabeça. Segue-se uma fase intestinal com graves distúrbios digestivos (fezes mucossanguinolentas e cólicas). Em uma fase mais avançada, fase crônica da doença, surgem sérios problemas viscerais como hepatoesplenomegalia, isto é, grande inflamação com aumento do volume do fígado (hepatomegalia) e do baço (esplenomegalia), além da típica ascite ("barriga-d'água"), que deixa o abdome muito volumoso.

A profilaxia da esquistossomose consiste em tratamento dos doentes; educação e engenharia sanitária (uso de sanitários ou fossas, construção de rede de esgotos, estação de tratamento dos esgotos, estação de tratamento da água destinada ao consumo da população, etc.); evitar banhar-se ou nadar em águas desconhecidas; combate aos caramujos transmissores através de métodos químicos (uso de moluscocidas) e biológicos (controle biológico com o uso de predadores ou competidores).

As espécies do gênero *Schistosoma* chegaram às Américas durante o tráfico de escravos e com os imigrantes orientais e asiáticos (nesses imigrantes foram detectados numerosos indivíduos parasitados pelo *Schistosoma japonicum* e *Schistosoma haematobium*). Entretanto, apenas o *S. mansoni*, que veio junto aos escravos de origem africana, aqui se fixou, seguramente pelo encontro de bons hospedeiros intermediários e condições ambientais semelhantes às da região de origem.

CONTEÚDO NO Bernoulli Play

Esquistossomose

Essa videoaula abordará uma verminose de grande relevância para a saúde pública: a esquistossomose. Assista à aula para saber mais sobre o ciclo biológico *Schistosoma mansoni*.



ANEMIA BOTRICEFÁLICA

O *Dyphyllobothrium latum* é um cestódeo parasito do intestino delgado do homem que, na fase adulta, chega a medir de 8 a 10 metros, com até 4 mil proglotes. Sua incidência é maior no Norte da Europa, Rússia, Japão, Filipinas, parte dos Estados Unidos e Sul do Chile, países onde existe o hábito de comer carne de peixe crua.

Os ovos do verme adulto saem nas fezes dos indivíduos parasitados. No meio externo, encontrando condições favoráveis, forma-se no interior dos ovos uma larva ciliada, o coracídio. Quando esses ovos maduros chegam até a água, as larvas saem nadando e, então, são ingeridas por crustáceos (*Cyclops* e *Diatomus*), nos quais se transformam em larvas procercoides. Nessa fase, são ingeridas (junto com os crustáceos) por peixes (truta, salmão). Nos organismos dos peixes, as larvas atravessam a parede intestinal e vão fixar-se nos músculos (carne) desses animais, transformando-se em larvas plerocercoides ou esparganos. O homem se infecta ao comer a carne crua do peixe contendo os esparganos.

Essa verminose causa uma anemia perniciosa, conhecida, nesse caso, como **anemia botricefálica**, uma vez que o patógeno consome a vitamina B12 antes que ela seja absorvida pelo hospedeiro.

A profilaxia consiste em não comer carne de peixe crua.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFMG) Todas as alternativas apresentam elementos que estão presentes numa lagoa, foco de esquistossomose, exceto



02. (Mackenzie-SP) A respeito dos platelmintos, é incorreto afirmar que

- A) há representantes que possuem tanto reprodução assexuada como sexuada.
- B) há representantes tanto de vida livre como parasitas.
- C) são todos triblásticos acelomados.
- D) possuem sistema respiratório e circulatório.
- E) há representantes hermafroditas e de sexos separados.

03. (Mackenzie-SP) No quadro a seguir, o sinal (+) indica presença da característica, e o sinal (-) indica ausência dessa característica.

Assinale a alternativa que se aplica aos platelmintos.

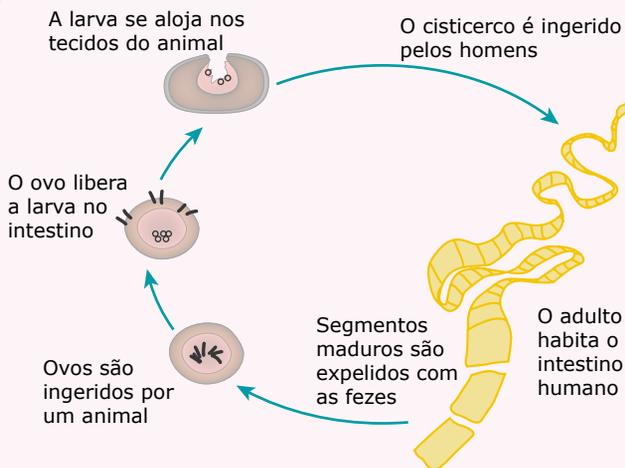
	Sistema digestório	Sistema circulatório	Sistema respiratório	Sistema excretor	Sistema nervoso
A)	-	+	-	+	+
B)	+	+	+	+	+
C)	+	+	+	-	-
D)	+	-	-	+	+
E)	+	+	-	+	+

04. (UEG-GO) A esquistossomose intestinal, popularmente conhecida como xistose, barriga-d'água ou mal do caramujo, é causada pelo *Schistosoma mansoni*. As espécies do gênero *Schistosoma* chegaram às Américas durante o tráfico de escravos e pela imigração de orientais e asiáticos. Sobre essa parasitose, é correto afirmar que

- A) a transmissão ocorre por penetração ativa do ovo com miracídio na pele e mucosa, sendo os sítios anatómicos mais frequentemente penetrados nos pés e nas pernas.

- B) as variações clínicas, na esquistossomose crônica, incluem alterações predominantemente intestinais, hepatointestinais ou hepatoesplênicas.
- C) a fase cutânea da doença caracteriza-se pela formação de lesões difusas não ulceradas por toda a pele, contendo grande número de amastigotas.
- D) ocorre frequentemente fibrose difusa cardíaca, na fase crônica da doença, decorrente de foco inflamatório e formação de granuloma ao redor do esporocisto.

05. (UFES)



No ciclo de vida do animal ilustrado anteriormente, os humanos podem assumir o papel de hospedeiro intermediário. Essa situação pode ocorrer se o homem

- A) ingerir carne malcozida.
- B) nadar em águas contaminadas pelo verme adulto.
- C) ingerir ovos embrionados do verme.
- D) andar descalço e a larva penetrar ativamente pela sua pele.
- E) beber água contaminada pela larva do animal.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UFU-MG) Observe as tirinhas a seguir.



Tirinha 1



Disponível em: <<http://www.humorcomciencia.com/2012/07/117-interdisciplinar.html>>. Acesso em: 08 mar. 2013.

Tirinha 2

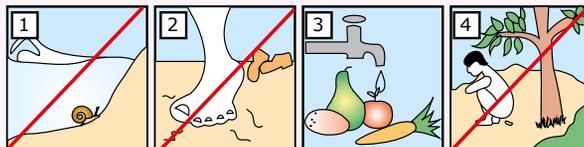
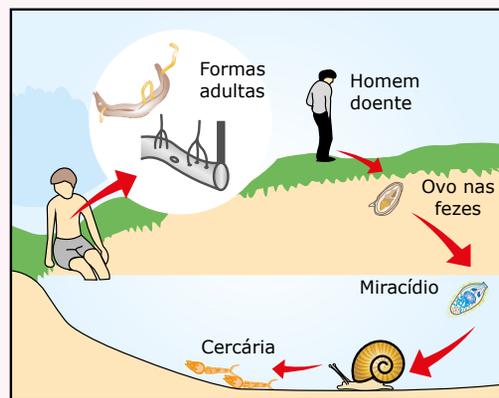


Disponível em: <<http://www.humorcomciencia.com/2010/01/planaria-faz-parte-de-um-grupo-de.html>>. Acesso em: 08 mar. 2013.

As características das planárias, retratadas nas tirinhas 1 e 2, por meio de situações fictícias, referem-se, respectivamente, ao fato de elas serem:

- A) Assexuadas e hermafroditas.
- B) Hermafroditas e regeneráveis.
- C) Regeneráveis e autofecundáveis.
- D) Autofecundáveis e hermafroditas.

02. (UFJF-MG) O ciclo biológico do *Schistosoma mansoni*, que causa no homem a esquistossomose e tem como hospedeiro intermediário um molusco, está representado na figura a seguir. As figuras 1, 2, 3 e 4 ilustram medidas profiláticas para doenças causadas por parasitos.



Não nadar em águas contaminadas
 Não andar descalço no solo
 Lavar bem os alimentos
 Não defecar no solo próximo a coleções de água

Assinale a opção que apresenta medidas profiláticas corretas para a esquistossomose e as formas do parasito que contaminam, respectivamente, o molusco e o homem:

- A) 1 e 2; miracídio e ovo.
- B) 2 e 4; cercária e miracídio.
- C) 1 e 3; cercária e ovo.
- D) 2 e 3; ovo e cercária.
- E) 1 e 4; miracídio e cercária.

03. (UFRN) Leia o texto que segue:



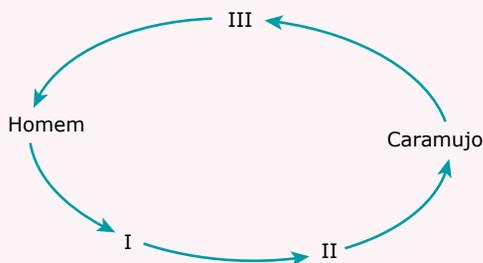
A esquistossomose mansônica é uma endemia mundial, ocorrendo em 52 países e territórios, principalmente na América do Sul, Caribe, África e Leste do Mediterrâneo, onde atinge as regiões do Delta do Nilo, além de países como Egito e Sudão. No Brasil, a transmissão ocorre em 19 estados, numa faixa contínua ao longo do litoral, desde o Rio Grande do Norte até a Bahia, na região Nordeste, alcançando o interior do Espírito Santo e Minas Gerais, no Sudeste.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Guia de vigilância epidemiológica*. 6. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

O texto ressalta a grande ocorrência da esquistossomose no Mundo e no Brasil, permitindo pensar suas formas de prevenção. Sabe-se que as ações de educação em saúde e a mobilização comunitária são muito importantes no controle desse mal, e que o saneamento ambiental é da maior eficácia para as modificações de caráter permanente das condições de transmissão da esquistossomose. Com o objetivo de quebrar o ciclo de vida do parasita, para prevenir essa doença, deve-se

- exterminar as populações de caramujos que infectam os hospedeiros intermediários.
- incentivar o uso de água potável e construir aterros para eliminar coleções hídricas que sejam criadouros de mosquitos.
- impedir que os ovos do parasita presentes nas fezes de uma pessoa contaminem corpos aquáticos.
- controlar as populações de nematódeos, hospedeiros intermediários do parasita.

04. (FMABC-SP) Considere o esquema a seguir sobre o ciclo de vida do *Schistosoma mansoni*:



As três formas (I, II e III), sob as quais o parasita pode ser encontrado na água, correspondem, respectivamente, a

- miracídio, cercária e ovo.
- ovo, miracídio e cercária.
- cercária, miracídio e ovo.
- ovo, cercária e miracídio.
- miracídio, ovo e cercária.

05. (FUVEST-SP -2019) A esquistossomose é uma doença que tem forte impacto na saúde pública brasileira. Os grupos do parasita (I) e do seu hospedeiro intermediário (II) e a forma de infestação (III) são:



- I-protozoário; II-artrópode; III-picada de mosquito.
- I-nematódeo; II-molusco; III-penetração pela pele.
- I-protozoário; II-artrópode; III-picada de barbeiro.
- I-platelminto; II-mamífero; III-ingestão de carne crua.
- I-platelminto; II-molusco; III-penetração pela pele.

06. (Unifor-CE-2015) Um biólogo recebe, para identificar, um animal vermiforme desconhecido. Após estudar os aspectos anatômicos e histológicos, o pesquisador verifica que o exemplar possui certas características: Hermafrodita, medindo de 5 metros de comprimento. Possui escólex globoso, tendo 4 ventosas e um rostro com dentes quitinosos. O colo é curto e o estróbilo apresenta aproximadamente 1 000 anéis, possuindo proglotes jovens (largas), maduras (quadrangulares) e grávidas (longas com ramificações uterinas e terminações arborescentes). Marque a opção que apresenta o parasita identificado pelo biólogo e a doença ocasionada por ele, respectivamente:

- Taenia solium* e cisticercose.
- Necator americanus* e esquistossomose.
- Taenia* sp. e colite teniana.
- Ancylostoma duodenale* e amarelão.
- Taenia saginata* e teníase.

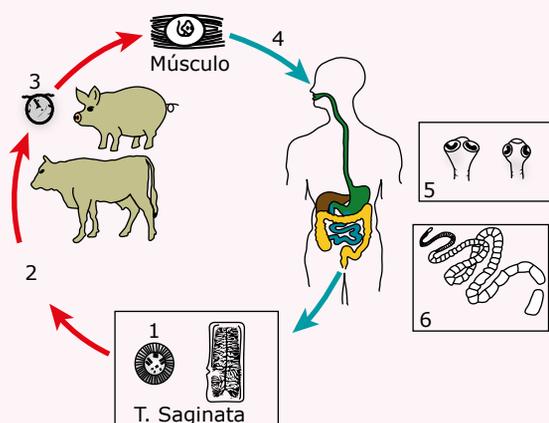
07. (UFMG) A cisticercose humana é comprovadamente causada pela ingestão de

- ovos de *Taenia solium*.
- ovos de *Taenia saginata*.
- ovos de *Taenia solium* ou carne bovina malcozida com cisticercos de *Taenia saginata*.
- carne bovina, contendo cisticercos de *Taenia solium*, crua ou malcozida.
- carne de porco, contendo cisticercos de *Taenia solium*, crua ou malcozida.

08. (UFES) A *Taenia solium* é um parasita intestinal que pertence à classe dos Cestoda. Com relação a esse parasita, é correto afirmar que

- cada proglótide apresenta um tipo de sistema reprodutivo, que pode ser masculino ou feminino.
- as proglótides são formadas por um processo de bipartição na região posterior do escólex.
- os humanos adquirem esse parasita consumindo carne de porco contendo cisticercos vivos.
- os humanos adquirem esse parasita consumindo a carne de boi contendo oncosferas vivas.
- as tênia adultas, assim como outros platelmintos, apresentam boca e intestino, mas não apresentam ânus.

- 09.** (UESPI) A *Taenia saginata* e a *Taenia solium* são vermes prevalentes em comunidades humanas de várias partes do mundo. Considerando o ciclo de vida das tênias, ilustrado a seguir, é correto concluir que:



- A) Ovos (1) depositados pelo homem, através das fezes, em solo ou vegetação, tornam-se a fonte de infecção de hospedeiros intermediários.
- B) Animais mamíferos (2 e 3) são susceptíveis à doença, pois os ovos de tênia ingeridos eclodem no intestino causando infecção gastrointestinal.
- C) Quando a infecção do hospedeiro intermediário se dá através do sangue, o cisticerco pode migrar para os tecidos musculares através da circulação.
- D) Após o consumo de carne suína contaminada com a tênia adulta (5), o homem contrai a infecção e se torna o hospedeiro definitivo.
- E) Os vermes adultos (6) migram do intestino humano para outros órgãos, produzindo uma infecção sistêmica que pode levar à morte.

Instrução: Texto para as questões 10 e 11.

Em um escaneamento, o neurocirurgião que atendeu o jovem detectou um verme vivo no cérebro. [...] Ele foi imediatamente submetido a uma cirurgia de emergência. O verme tinha crescido e formado um cisto que obstruiu a circulação e o fluxo de água para o resto do cérebro. [...] Os médicos localizaram e retiraram o verme em forma de larva, uma tênia.

Em um escaneamento..., 2015.

- 10.** (UNIFACS-BA-2016) Quando comparados evolutivamente aos cnidários, os platelmintos apresentam duas grandes novidades expressas em
- A) sistemas respiratório e circulatório indiferenciados.
- B) tubo digestório incompleto e digestão extra e intracelular.
- C) pseudoceloma e ausência de blastóporo no final da blástula.
- D) simetria bilateral e o terceiro folheto germinativo, o mesoderma.
- E) sistema excretor com células especiais, os néfrons, e reprodução assexuada.

- 11.** (UNIFACS-BA-2016) Sobre o cisto formado por larvas no cérebro que representa uma neurocisticercose, é correto afirmar:

- A) A doença pode ter sido adquirida quando o jovem nadou em uma lagoa onde vivem caramujos hospedeiros do verme.
- B) A contaminação ocorre quando os ovos, eliminados nas fezes por um indivíduo infestado e transmitidos a ele mesmo, eclodem e as larvas vão para o cérebro.
- C) O vetor da transmissão da doença em humanos é um mosquito que inocula na corrente sanguínea o cisticerco e este, por sua vez, sobe até o cérebro.
- D) A infestação ocorre quando uma pessoa consome carne bovina ou suína crua ou malcozida, contendo larvas encistadas, os cisticercos.
- E) A infecção pode ocorrer quando um indivíduo não usa calçados, pois as larvas infectantes se desenvolvem no solo e penetram em lesões na pele.

- 12.** (PUC Rio) O filo Platyhelminthes inclui tanto formas de vida livre como organismos endo e ectoparasitas. Platelmintos endoparasitas se caracterizam por

- A) ausência de cutícula, de tubo digestório e de ocelos.
- B) ausência de cutícula, presença de ganchos e ventosas e de estágios larvais.
- C) presença de cutícula, de ganchos e ventosas e de estágios larvais.
- D) presença de cutícula, ausência de tubo digestório, presença de ocelos no estágio adulto.
- E) presença de tubo digestório completo, com boca e ânus.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2015) *Euphorbia milii* é uma planta ornamental amplamente disseminada no Brasil e conhecida como coroa-de-cristo. O estudo químico do látex dessa espécie forneceu o mais potente produto natural moluscicida, a miliamina L.

MOREIRA, C. P. S.; ZANI, C. L.; ALVES, T. M. A. Atividade moluscicida do látex de *Synadenium carinatum* Bolss (*Euphorbiaceae*) sobre *Biomphalaria glabrata* e o isolamento do constituinte majoritário. *Revista Eletrônica de Farmácia*, n. 3, 2010 (Adaptação).

O uso desse látex em água infestada por hospedeiros intermediários tem potencial para atuar no controle da

- A) dengue.
- B) malária.
- C) elefantíase.
- D) ascaridíase.
- E) esquistossomose.

02. (Enem) Em uma aula de Biologia, o seguinte texto é apresentado:

Lagoa Azul está doente

Os vereadores da pequena cidade de Lagoa Azul estavam discutindo a situação da Saúde no Município. A situação era mais grave com relação a três doenças: doença de Chagas, esquistossomose e ascaridíase (lombriga). Na tentativa de prevenir novos casos, foram apresentadas várias propostas:

Proposta 1: Promover uma campanha de vacinação.

Proposta 2: Promover uma campanha de educação da população em relação a noções básicas de higiene, incluindo fervura de água.

Proposta 3: Construir rede de saneamento básico.

Proposta 4: Melhorar as condições de edificação das moradias e estimular o uso de telas nas portas e janelas e mosquiteiros de filó.

Proposta 5: Realizar campanha de esclarecimento sobre os perigos de banhos nas lagoas.

Proposta 6: Aconselhar o uso controlado de inseticidas.

Proposta 7: Drenar e aterrar as lagoas do município.

Em relação à esquistossomose, a situação é complexa, pois o ciclo de vida do verme que causa a doença tem vários estágios, incluindo a existência de um hospedeiro intermediário, um caramujo aquático que é contaminado pelas fezes das pessoas doentes. Analisando as medidas propostas, o combate à doença terá sucesso se forem implementadas

- A) 1 e 6, pois envolvem a eliminação do agente causador da doença e de seu hospedeiro intermediário.
- B) 1 e 4, pois além de eliminarem o agente causador da doença, também previnem o contato do transmissor com as pessoas sãs.
- C) 4 e 6, pois envolvem o extermínio do transmissor da doença.
- D) 1, 4 e 6, pois atingirão todas as fases do ciclo de vida do agente causador da doença, incluindo o seu hospedeiro intermediário.
- E) 3 e 5, pois prevenirão a contaminação do hospedeiro intermediário pelas fezes das pessoas doentes e a contaminação de pessoas sãs por águas contaminadas.

- 03.

Municípios alagoanos apresentam alto índice de infecção pelo *Schistosoma mansoni*

"[...] uma pesquisa desenvolvida no Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBs) da Universidade Federal de Alagoas revela a existência de zonas hiperendêmicas na região. As áreas são assoladas pelo elevado índice de indivíduos com esquistossomose, doença conhecida popularmente como "barriga d'água". De acordo com dados divulgados pela Secretaria de Estado da Saúde de Alagoas, 69% dos municípios alagoanos representam áreas endêmicas de esquistossomose, com manifestações graves da doença e mortalidade atribuída à infecção.

Em Alagoas, mais de 2,5 milhões de pessoas vivem sob o risco de contaminação [...] os índices verificados nos municípios alagoanos superam os parâmetros da Organização Mundial da Saúde (OMS). [...]"

Disponível em: <<https://www.cadaminuto.com.br/noticia/201442/2013/01/05/municipios-alagoanos-apresentam-alto-indice-de-infeccao-pelo-schistosoma-mansoni#>>. Acesso em: 20 fev. 2019. [Fragmento]

Para conter o avanço da esquistossomose, é necessário

- A) reduzir o número de caramujos, já que estes liberam a fase larval, conhecida como miracídios.
- B) ampliar o tratamento dos doentes, já que eles correm riscos de se autocontaminarem com os ovos do parasita.
- C) aumentar o tratamento do esgoto, pois dessa forma há uma redução de ovos do *Schistosoma* na água.
- D) diminuir a quantidade de água de lagos e lagoas com o intuito de aumentar a quantidade de caramujos.
- E) evitar manter a água parada, uma vez que é nesse local que ocorre a ovoposição do inseto transmissor.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. E
02. D
03. D
04. B
05. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. B
02. E
03. C
04. B
05. E
06. A
07. A
08. C
09. A
10. D
11. B
12. C

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. E
02. E
03. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Mecanismos de Especiação

Denomina-se especiação o processo de formação de nova(s) espécie(s) ocorrido a partir de uma espécie ancestral. Envolve a ocorrência de diferentes eventos, como mutações e seleção natural. Pode ser feita com ou sem a ocorrência de isolamento geográfico. Assim, distinguimos dois tipos de especiação: alopátrica (*allo*, diferente; *patris*, lugar de origem) ou simpátrica (*sym*, com).

ESPECIAÇÃO ALOPÁTRICA

Nesse tipo de especiação, também conhecido por especiação geográfica ou ainda cladogênese, as novas espécies se formam quando uma população é dividida (separada) em dois ou mais grupos por uma barreira geográfica, ou seja, quando entre os diferentes grupos se estabelece um isolamento geográfico.

Acredita-se que essa seja a forma predominante de especiação para a maioria dos grupos de organismos. Para que haja esse tipo de especiação, alguns eventos precisam ocorrer em etapas sequenciais. São eles: isolamento geográfico, diversificação gênica e isolamento reprodutivo.

O isolamento geográfico é a separação física de indivíduos de uma população em subpopulações. As barreiras geográficas que isolam ou separam as subpopulações podem ser, por exemplo, um rio que corta uma planície, um vale que separa dois planaltos, uma cadeia de montanhas, um braço de mar que separa ilhas e continentes, etc.

A diversificação gênica é a progressiva diferenciação do conjunto gênico das subpopulações isoladas. Ela é causada por dois fatores: mutações, que introduzem genes diferentes em cada uma das subpopulações isoladas, e seleção natural, que, atuando em ambientes distintos, pode preservar conjuntos de genes em uma das subpopulações e eliminar conjuntos similares de outra.

O isolamento reprodutivo resulta da incapacidade, total ou parcial, de membros de duas subpopulações se cruzarem, produzindo descendência fértil. Em geral, depois de um longo período de isolamento geográfico, as subpopulações isoladas se diferenciam tanto que perdem a capacidade de se cruzar e / ou gerar descendentes férteis, tornando-se, assim, reprodutivamente isoladas. A partir do momento que se estabelece, entre duas subpopulações, o isolamento reprodutivo, elas são consideradas espécies distintas.

Existem diferentes tipos de mecanismos de isolamento reprodutivo, que podem ser mecanismos pré-copulatórios (pré-zigóticos) e mecanismos pós-copulatórios (pós-zigóticos).

Mecanismos pré-copulatórios

São aqueles que impedem de alguma forma a realização da cópula entre os indivíduos e, conseqüentemente, não há a formação do zigoto. Isso pode ocorrer devido ao:

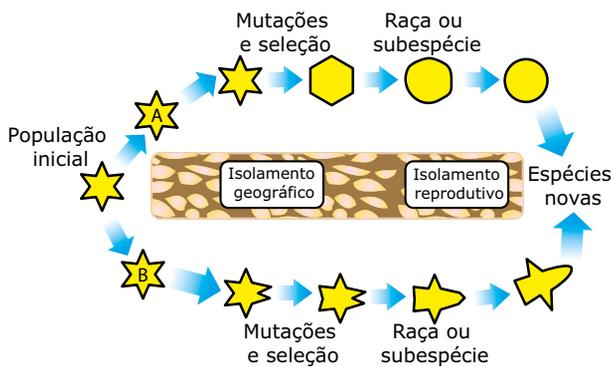
- **Isolamento estacional, sazonal ou temporal** – Os membros de duas espécies não se cruzam porque seus períodos de reprodução não coincidem. Por exemplo, duas espécies de aves que habitam uma mesma região podem não se cruzar por terem períodos de reprodução em diferentes épocas do ano.
- **Isolamento de habitat, ecológico ou espacial** – Os membros de duas espécies não se cruzam naturalmente pelo fato de viverem em *habitats* diferentes.
- **Isolamento etológico ou comportamental** – Os membros de duas espécies não se cruzam porque seus comportamentos de corte, antes do acasalamento, são diferentes e incompatíveis. Nesse grupo, estão incluídos mecanismos de isolamento baseado na produção e recepção de estímulos que levam machos e fêmeas à cópula. Esses estímulos são específicos para cada espécie. Como exemplo, tem-se os sinais luminosos emitidos por vaga-lumes machos que, de espécie para espécie, variam em frequência, duração da emissão e cor (desde branco, azulado, esverdeado, amarelo, laranja, até vermelho). Outro exemplo é o canto das aves: as fêmeas são atraídas para o território dos machos de sua espécie em função do canto, que é específico.
- **Isolamento mecânico** – Os membros de duas espécies não se cruzam por incompatibilidade entre seus órgãos reprodutores. Isso pode acontecer tanto em animais, em que a diferença de tamanho ou forma dos órgãos genitais impede a cópula, como em plantas, em que o tubo polínico não consegue germinar no estigma de uma flor de outra espécie.

Mecanismos pós-copulatórios

Os mecanismos pós-copulatórios podem ser classificados em pré-zigóticos e pós-zigóticos. Os pré-zigóticos são aqueles em que ocorre a transferência de espermatozoides, mas o ovócito não é fertilizado. Um exemplo é a mortalidade gamética, na qual os gametas masculinos morrem no interior do aparelho reprodutivo da fêmea, impossibilitando a fecundação. Já os pós-zigóticos são aqueles que atuam depois de o zigoto ter se formado. Isso pode ocorrer devido à:

- **Inviabilidade do híbrido** – Os membros de duas espécies podem copular, e o zigoto se forma, mas morre prematuramente devido à incompatibilidade entre os genes dos dois gametas que participaram de sua formação (mortalidade zigótica).
- **Esterilidade do híbrido** – O híbrido entre duas espécies se forma, sendo muitas vezes até mais vigoroso que os membros das espécies parentais, mas é estéril. A esterilidade ocorre porque as gônadas (glândulas sexuais) se desenvolvem anormalmente ou porque a meiose é anormal.
- **Deterioração da geração F_2** – A primeira geração de híbridos entre duas espécies (F_1) é normal e fértil, mas seus filhos, a geração F_2 , são indivíduos estéreis. Isso se deve à recombinação gênica incompatível, que ocorre na formação dos gametas que originam a geração F_2 .

O esquema a seguir mostra as diferentes etapas para a ocorrência de especiação, quando uma população é separada por uma barreira geográfica:



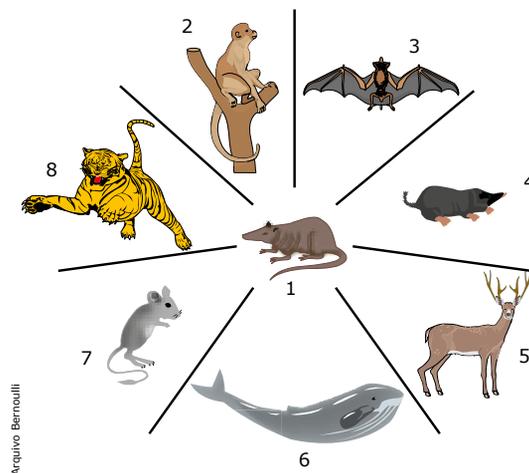
Especiação geográfica.

Imaginemos uma população estabelecida em um determinado ambiente. Suponhamos, agora, que grupos de indivíduos dessa mesma espécie sejam separados em duas populações por alguma barreira física, como uma massa de água (rios, mares), cordilheira, vales, etc. O **isolamento geográfico** pode ocorrer, por exemplo, quando um grupo migra para outras regiões em busca de melhores condições de vida, ou quando sementes de plantas são transportadas para longe da população original pelo vento ou por animais.

Permanecem, então, duas populações, A e B, ainda pertencentes a uma mesma espécie, porém instaladas em áreas diferentes. Nessa situação, tais populações podem sofrer, ao longo dos anos, **mutações** diferenciais, e a **seleção natural** se processará de maneira a ajustar cada uma das populações às condições existentes em cada ambiente.

Assim, a ação conjunta das mutações e da seleção natural diferencial vai selecionando, em cada grupo, genes favoráveis ou adaptativos de acordo com o meio em que se encontram. Isso significa que o *pool* gênico, isto é, o conjunto de genes original, vai se alterando de maneira a estabelecer certas diferenças genéticas entre os indivíduos das populações A e B. A acentuação dessas diferenças leva à formação de raças ou subespécies. Nesse estágio, entretanto, se indivíduos da subespécie A entrarem em contato com indivíduos da subespécie B, ainda serão capazes de se cruzarem e originar descendentes férteis, o que significa que a subespécie A e a subespécie B continuam sendo integrantes de uma mesma espécie. Se, entretanto, o isolamento geográfico persistir, as diferenças genéticas irão se acentuar cada vez mais até se estabelecer uma incompatibilidade reprodutiva (**isolamento reprodutivo**) entre as duas populações. Nesse caso, A e B não serão mais capazes de se cruzarem entre si, originando descendentes férteis, e, assim, passam a constituir espécies distintas.

Fala-se em irradiação adaptativa quando diferentes espécies, adaptadas a condições ambientais diferentes, tiveram a origem a partir de uma população ancestral comum por processos de especiação geográfica.



Irradiação adaptativa – Em milhões de anos de evolução, a partir de mamíferos primitivos (1), surgiram, por irradiação adaptativa, diferentes tipos de mamíferos: (2) arborícolas (macacos), (3) voadores (morcegos), (4) cavadores de buracos (toupeiras), (5) herbívoros corredores (veados), (6) aquáticos (baleia), (7) resistentes ao clima do deserto (rato-canguru), (8) carnívoros ferozes (tigre) e muitos outros tipos.

Ao contrário da irradiação adaptativa, pela qual os seres vivos se tornam cada vez mais diferentes entre si, originando novas espécies, observamos que, na convergência evolutiva ou adaptação convergente, seres de espécies totalmente diferentes podem evoluir no sentido da aquisição de adaptações semelhantes para a vida num mesmo meio. Assim, acabam surgindo espécies diferentes com caracteres comuns, às vezes, com acentuadas semelhanças. Veja o exemplo a seguir:

Tubarão (peixe)



Ictiossauro (réptil)



Golfinho (mamífero)



Adaptação convergente – As mesmas mutações que ocorreram nos ancestrais do tubarão (peixe), do ictiossauro (réptil já extinto) e do golfinho (mamífero), tornando-os mais adaptados ao habitat aquático, como o corpo fusiforme e o aparecimento de nadadeiras, fizeram com que tais animais de grupos tão diferentes assumissem entre si a enorme semelhança física, que se pode ver pela figura. Esse fenômeno é a convergência evolutiva.



Especiação alopátrica

Esse vídeo trata sobre a especiação alopátrica e os eventos que a compõem. Tente identificar cronologicamente a ocorrência de cada um deles. Utilize o objeto para descobrir mais sobre esse processo evolutivo. Tenha uma ótima atividade!



EFEITO FUNDADOR E ESPÉCIES EM ANEL

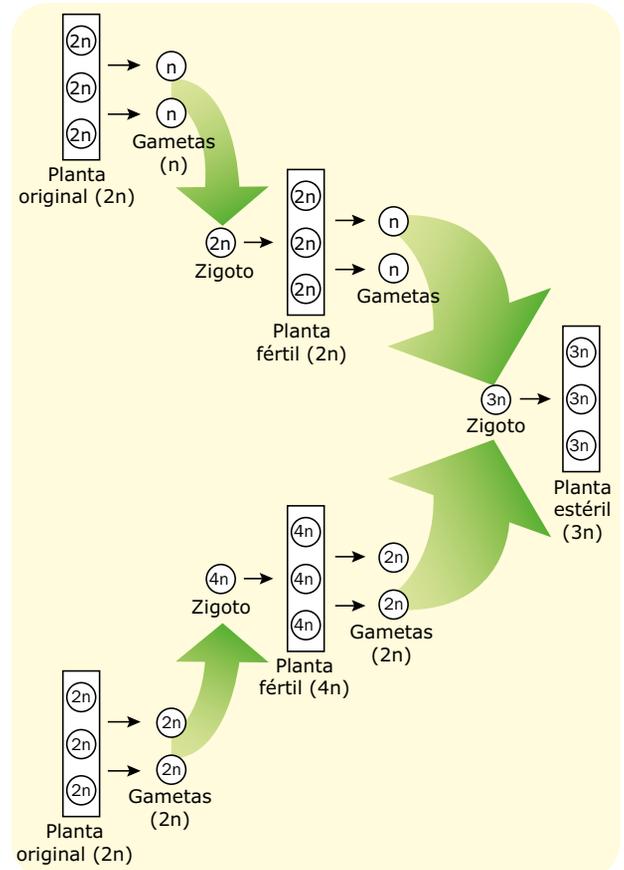
Quando o assunto é formação de novas espécies, diferentes fenômenos podem estar envolvidos. Dois deles, o efeito fundador e espécies em anel, são considerados por alguns pesquisadores como importantes na história da evolução dos seres vivos.

O **Efeito Fundador** ocorre quando poucos representantes de uma população formam uma nova, carregando consigo uma pequena parte das variações genéticas presentes na população ancestral. Isso pode acontecer devido a migrações ou a algum evento de alteração no ambiente com forte pressão de seleção, resultando na sobrevivência de alguns poucos indivíduos. Os sobreviventes, então, iniciam a colonização de novos locais, como se fossem verdadeiros “fundadores”. Um exemplo é o que pode ter acontecido com as colonizações de ilhas afastadas dos continentes, onde apenas alguns espécimes conseguiram chegar e “fundar” uma população.

Já o **Espécies em anel** está vinculado a espécies que possuem vasta distribuição geográfica em um padrão circular. O que ocorre é que populações dessas espécies passam, no decorrer do tempo, a apresentar variações ao longo desse círculo, de modo que aquelas vizinhas variam pouco e conseguem se cruzar, mas as que estão localizadas nos extremos da distribuição passam a ser isoladas reprodutivamente. Os dois exemplos mais marcantes desse fenômeno são o do pássaro *Phylloscopus trochiloides* e o da salamandra *Ensatina escholtzii*.

ESPECIAÇÃO SIMPÁTRICA

Esse tipo de especiação, também conhecido por anagênese, não exige isolamento geográfico. Um bom exemplo dessa especiação ocorre em plantas pela formação de indivíduos poliploides (poliploidia) conforme mostra o esquema a seguir.



Poliploidia.

A poliploidia pode ocorrer quando, acidentalmente, em uma planta normal diploide (2n), em vez de se formar gametas haploides (n), produzem-se gametas diploides (2n). A união de dois gametas diploides (2n) resulta na formação de um indivíduo tetraploide (4n). Essa planta tetraploide, por sua vez, produz gametas diploides (2n). Se um gameta diploide (2n) fecundar um gameta haploide (n) de uma planta normal, o resultado será a formação de uma planta triploide (3n) estéril, ou seja, uma planta que não produz gametas. Por outro lado, se, na fecundação, houver a união de dois gametas diploides (2n), a planta tetraploide (4n) resultante será fértil, ou seja, produzirá gametas diploides (2n). Veja que entre a planta tetraploide (4n) e a planta original diploide (2n) é estabelecido um isolamento reprodutivo e, dessa forma, constituem duas espécies distintas. A poliploidia pode criar novas espécies muito mais facilmente em plantas do que entre os animais, porque as plantas de várias espécies podem se reproduzir por autofecundação.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



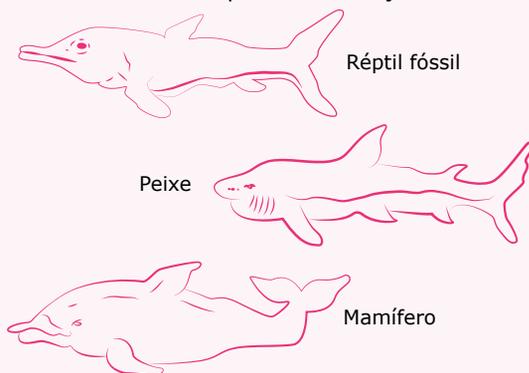
01. (Cesgranrio) O diagrama a seguir mostra diferentes mamíferos, cujos membros se modificam para um tipo especial de locomoção.



Esse diagrama ilustra um caso de

- A) evolução convergente.
- B) irradiação adaptativa.
- C) evolução paralela.
- D) analogia estrutural.
- E) convergência adaptativa.

02. (OSEC-SP) Os três vertebrados marinhos a seguir, embora distanciados evolutivamente, assemelham-se muito quanto à forma geral de seus corpos, devido ao fato de terem sido submetidos a pressões de seleção semelhantes.



Estamos exemplificando um caso de

- A) convergência adaptativa.
- B) irradiação adaptativa.
- C) barreira ecológica.
- D) oscilação genética.
- E) recombinação genética.

03.



(Vunesp) Três populações de insetos, X, Y e Z, habitantes de uma mesma região e pertencentes a uma mesma espécie, foram isoladas geograficamente. Após vários anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Y produzia híbridos estéreis. O cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Z produzia descendentes férteis, e o dos indivíduos da população Y com os da população Z não produzia descendentes.

A análise desses resultados permite concluir que

- A) X, Y e Z continuaram pertencendo à mesma espécie.
- B) X, Y e Z formaram três espécies diferentes.
- C) X e Z tornaram-se espécies diferentes, e Y continuou a pertencer à mesma espécie.
- D) X e Z continuaram a pertencer à mesma espécie, e Y tornou-se uma espécie diferente.
- E) X e Y continuaram a pertencer à mesma espécie, e Z tornou-se uma espécie diferente.

04.

(UFC-CE) A evolução biológica é o processo por meio do qual ocorrem as transformações nos seres vivos e é entendida como o conjunto de mudanças cumulativas que ocorrem ao longo do tempo em uma população, relacionando-se com a forma de adaptação ao ambiente.

1. Seleção natural
 2. Convergência adaptativa
 3. Irradiação adaptativa
 4. Especiação
 5. Homologia
- () Formação de novas espécies, que normalmente se inicia com a separação da espécie em duas ou mais populações por uma barreira física de difícil transposição.
 - () O ambiente atua sobre a diversidade intraespecífica e elimina os indivíduos menos adaptados, selecionando os mais adaptados que sobrevivem e se reproduzem.
 - () Semelhança quanto à estrutura entre órgãos de espécies diferentes que têm um ancestral comum, apresentando esses órgãos ainda a mesma origem embrionária.
 - () Um grupo ancestral pode dispersar-se por vários ambientes, como florestas e campos, originando novas espécies que ocupam diferentes *habitats* ou nichos ecológicos.
 - () Descendentes de ancestrais diferentes que ocupam o mesmo *habitat*, submetendo-se aos mesmos fatores de seleção natural e que, com o tempo, tiveram selecionados aspectos adaptativos semelhantes.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta.

- A) 4, 3, 2, 5, 1
- B) 2, 4, 5, 1, 3
- C) 4, 1, 5, 3, 2
- D) 2, 5, 1, 3, 4
- E) 1, 4, 3, 2, 5

05.

(UFMS) Na sequência mostrada a seguir, estão relacionados determinados eventos referentes ao processo de especiação biológica.

- I. População original.
- II. Surgimento de barreira geográfica.
- III. Populações que já podem ser consideradas raças distintas.
- IV. Populações que já podem ser consideradas espécies distintas.
- V. Acúmulo de diferenças genéticas entre populações.
- VI. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.

Indique a sequência correta que ocorreu na formação de duas espécies novas a partir da população ancestral.

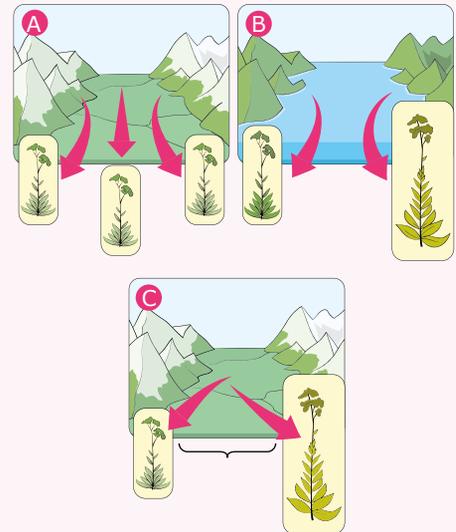
- A) I, V, VI, II, III, IV D) I, II, IV, III, VI, V
 B) I, VI, V, II, III, IV E) I, VI, V, IV, II, III
 C) I, II, V, III, VI, IV

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UECE) Pode-se afirmar corretamente que a especiação se completa com o isolamento
- A) geográfico. C) sazonal.
 B) ecológico. D) reprodutivo.
- 02.** (UNIVAG) Uma população de insetos foi separada em dois grupos por uma barreira ecológica, de tal forma que não houve mais troca de genes entre esses dois grupos por alguns anos. Após esse período, observou-se que um dos grupos apresentou uma pigmentação mais clara que o outro. Quando foram colocados novamente no mesmo ambiente, ocorreu fluxo gênico entre os indivíduos dos dois grupos. Isso permite concluir que
- A) são animais de espécies diferentes.
 B) ocorreram as mesmas pressões seletivas nos dois ambientes.
 C) houve um isolamento reprodutivo entre eles.
 D) não houve alterações fenotípicas entre eles.
 E) são animais da mesma espécie.
- 03.** (Vunesp) O tubarão, peixe cartilaginoso, e o golfinho, mamífero cetáceo, filogeneticamente distintos, apresentam grande similaridade quanto à forma hidrodinâmica e aos apêndices locomotores. O mecanismo evolutivo que explica tal similaridade é
- A) convergência adaptativa.
 B) analogia estrutural.
 C) irradiação adaptativa.
 D) homologia evolutiva.
 E) evolução paralela.
- 04.** (UFPB) Desde o surgimento da Terra e ao longo de sua evolução, o número de espécies tem variado, e hoje se estima que esse número pode variar entre 10 e 100 milhões. Para o surgimento de duas novas espécies através de uma especiação dicopátrica, é necessário que ocorram algumas etapas, obedecendo à sequência:
- A) Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações – Isolamento reprodutivo – Aparecimento de barreiras geográficas.
 B) Isolamento reprodutivo – Aparecimento de barreiras geográficas – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
 C) Isolamento reprodutivo – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações – Aparecimento de barreiras geográficas.
 D) Aparecimento de barreiras geográficas – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações – Isolamento reprodutivo.
 E) Aparecimento de barreiras geográficas – Isolamento reprodutivo – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.

- 05.** (Unicamp-SP) As figuras a seguir mostram o isolamento, por um longo período de tempo, de duas populações de uma mesma espécie de planta em consequência do aumento do nível do mar por derretimento de uma geleira.



PURVES, W. K. et al. *Vida, a ciência da biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 416 (Adaptação).

- A) Qual é o tipo de especiação representado nas figuras? Explique.
 B) Se o nível do mar voltar a baixar e as duas populações mostradas em B recolonizarem a área de sobreposição (Figura C), como poderia ser evidenciado que realmente houve especiação? Explique.

- 06.** (Unisa-SP) Cladogênese é o processo que resulta na formação de duas espécies ao longo do tempo, a partir de uma ancestral, podendo ser ilustrado nas duas formas indicadas nas figuras 1 e 2.

Figura 1 – Simpátrica

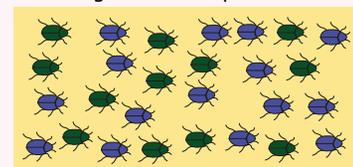
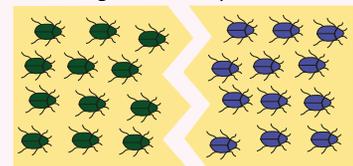


Figura 2 – Alopátrica



Disponível em: <www.ib.usp.br>.

- Para que se afirme que ocorreu a especiação, de acordo com a definição de espécie, é condição necessária que as populações
- A) estejam reprodutivamente isoladas, tanto em 1 como em 2.
 B) sejam morfologicamente distintas, tanto em 1 como em 2.

- C) estejam reprodutivamente isoladas, como ocorre em 1, e estejam geograficamente isoladas, como ocorre em 2.
- D) sejam morfologicamente distintas, como ocorre em 1, e estejam reprodutivamente isoladas, como ocorre em 2.
- E) estejam geograficamente isoladas, como ocorre em 2.

07. (Unioeste-PR) Três populações de anfíbios, A, B e C, pertencentes a uma mesma espécie, habitavam uma mesma região. Com o tempo, modificações no ambiente acarretaram no isolamento geográfico destas populações. Após muitos anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população A com os da população B produzia descendentes férteis. O cruzamento dos indivíduos da população A com os da população C produzia híbridos inférteis, e o dos indivíduos da população B com os da população C, não produzia descendentes. A análise desses resultados permite concluir que

- A) A, B e C formaram três espécies diferentes.
- B) A, B e C continuaram a pertencer à mesma espécie.
- C) A e B tornaram-se espécies diferentes, enquanto C continuou a pertencer a mesma espécie.
- D) A e B continuaram a pertencer à mesma espécie enquanto C tornou-se uma espécie diferente.
- E) A e C continuaram a pertencer à mesma espécie, enquanto B tornou-se uma espécie diferente.

08. (Unesp) A ema (*Rhea americana*), o avestruz (*Struthio camelus*) e o emu (*Dromaius novaehollandiae*) são aves que não voam e que compartilham entre si um ancestral comum mais recente que aquele que compartilham com outros grupos de aves. Essas três espécies ocupam *habitats* semelhantes, contudo apresentam área de distribuição bastante distinta. A ema ocorre no sul da América do Sul, o avestruz é africano e o emu ocorre na Austrália.

ema



avestruz



emu



Disponível em: <www.google.com.br>.

Segundo a explicação mais plausível da biologia moderna, a distribuição geográfica dessas aves é consequência da

- A) fragmentação de uma população ancestral que se distribuía por uma única massa de terra, um supercontinente. Em razão da deriva continental, as populações resultantes, ainda que em habitats semelhantes, teriam sofrido divergência genética, resultando na formação das espécies atuais.
- B) migração de indivíduos de uma população ancestral, provavelmente da África, para a América do Sul e a Austrália, utilizando faixas de terra existentes em épocas de mares rasos. Nos novos habitats, as populações migrantes divergiram e formaram as espécies atuais.
- C) origem independente de três espécies não aparentadas, na América do Sul, na África e na Austrália, que, mesmo vivendo em locais diferentes, desenvolveram características adaptativas semelhantes, resultando nas espécies atuais.
- D) migração de ancestrais dessas aves, os quais, embora não aparentados entre si, tinham capacidade de voo e, portanto, puderam se distribuir pela América do Sul, pela África e pela Austrália. Em cada um desses lugares, teriam ocorrido mutações diferentes que teriam adaptado as populações aos seus respectivos habitats, resultando nas espécies atuais.
- E) ação do homem em razão da captura, transporte e soltura de aves em locais onde anteriormente não ocorriam. Uma vez estabelecidas nesses novos locais, a seleção natural teria favorecido características específicas para cada um desses habitats, resultando nas espécies atuais.

09. (PUC Minas) Os mecanismos de isolamento reprodutivo que operam antes do acasalamento são chamados de barreiras reprodutivas pré-zigóticas. Essas barreiras são importantes, pois evitam que indivíduos de espécies diferentes se cruzem e se reproduzam.

Constituem barreiras reprodutivas pré-zigóticas, exceto

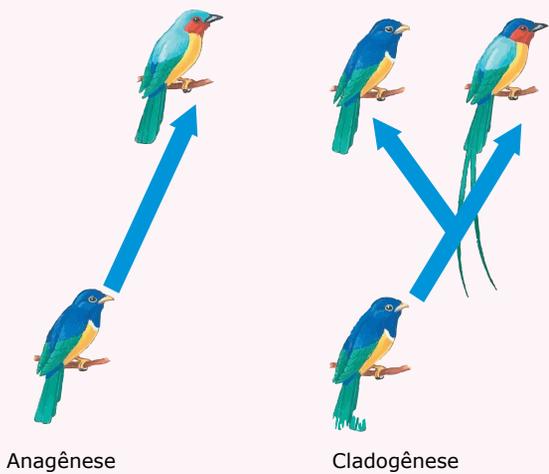
- A) Isolamento espacial – indivíduos de espécies diferentes podem selecionar lugares no ambiente para viver.
- B) Sincronismo no período fértil – se o período de acasalamento de duas espécies não se sobrepuser, elas estão isoladas reprodutivamente pelo tempo.
- C) Viabilidade reduzida do híbrido – a prole híbrida pode sobreviver com mais dificuldade do que a prole de indivíduos de mesma espécie.
- D) Adaptações anatômicas dos órgãos reprodutivos – diferenças no tamanho e forma dos órgãos reprodutivos podem evitar a união de gametas de espécies diferentes.
- 10.** (Unit-AL-2018) Vários são os mecanismos que impedem a reprodução entre os indivíduos e, conseqüentemente, o fluxo gênico, potencializando a especiação. Eles podem ser pré-zigóticos ou pós-zigóticos e estão relacionados com alguns desses mecanismos:
- I. Isolamento sazonal ou *de habitat*.
 - II. Esterilidade do híbrido.
 - III. Isolamento etológico.

- IV. Inviabilidade do híbrido.
- V. Isolamento mecânico.
- VI. Mortalidade gamética.
- VII. Mortalidade zigótica.

A partir dessa relação e com base nos seus conhecimentos, é correto afirmar:

- A) O mecanismo I é irreversível.
- B) O mecanismo II é pós-zigótico.
- C) O mecanismo V e o VI são pós-zigóticos.
- D) Os mecanismos I, II, III e IV são pré-zigóticos.
- E) O mecanismo VII ocorre apenas em ambiente aquático.

11. (UEA-AM) A figura ilustra dois mecanismos de especiação a partir de uma população ancestral.



Disponível em: <www.cientific.com>.

A especiação ocorrida pelo mecanismo de

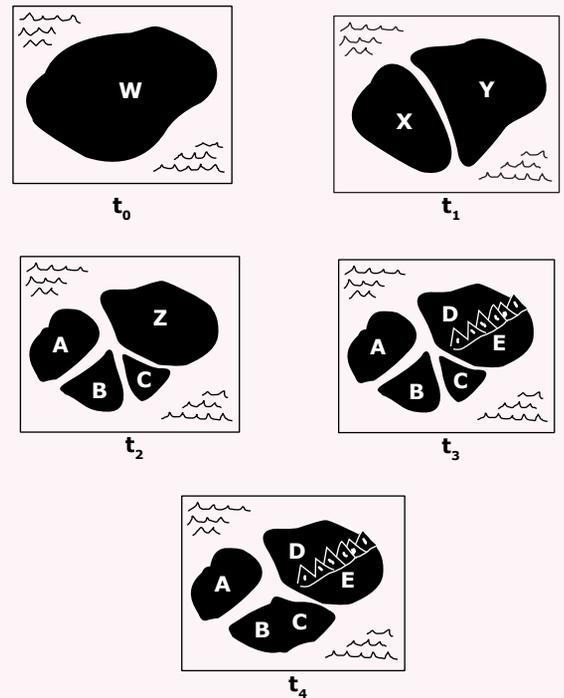
- A) anagênese depende exclusivamente da variabilidade genética gerada pelas mutações ocorridas espontaneamente ao longo das gerações.
- B) cladogênese depende exclusivamente dos cruzamentos direcionados entre indivíduos com características heteromorfas.
- C) anagênese depende das mutações, dos cruzamentos, da variabilidade genética e da seleção natural atuando ao longo das gerações.
- D) cladogênese depende de isolamento geográfico, seguido da reunião entre as populações, com a manutenção da capacidade reprodutiva.
- E) anagênese depende da baixa variabilidade genética gerada pelos cruzamentos direcionados entre os organismos mais adaptados.

12. (Fatec-SP-2016) A história evolutiva dos seres vivos está diretamente relacionada às transformações que ocorrem no ambiente no qual eles se encontram.



Na figura, estão representadas as modificações que teriam ocorrido ao longo de um período de tempo t_0 a t_4 , em um conjunto de continentes hipotéticos, representados em preto e que estão ligados ao surgimento das espécies A, B, C, D e E a partir de espécies ancestrais W, X, Y e Z. As áreas que cada uma das espécies ocupa em cada um dos períodos estão indicadas pelas letras que as representam. O período de tempo t_4 corresponde à época mais recente.

No período de t_0 a t_1 , houve uma divisão do continente inicial, originando dois novos continentes. Cada um desses dois continentes sofreu, entre t_1 e t_2 , uma nova divisão, dando origem a quatro novos continentes. Entre t_2 e t_3 , ocorreu um soerguimento de cadeias montanhosas em um dos continentes e, finalmente, entre t_3 e t_4 , ocorreu uma junção de dois continentes, de modo que, em t_4 , são encontrados apenas três continentes.



Com base nas informações dadas, assinale a alternativa que contém o cladograma que representa corretamente o relacionamento evolutivo de A, B, C, D e E.

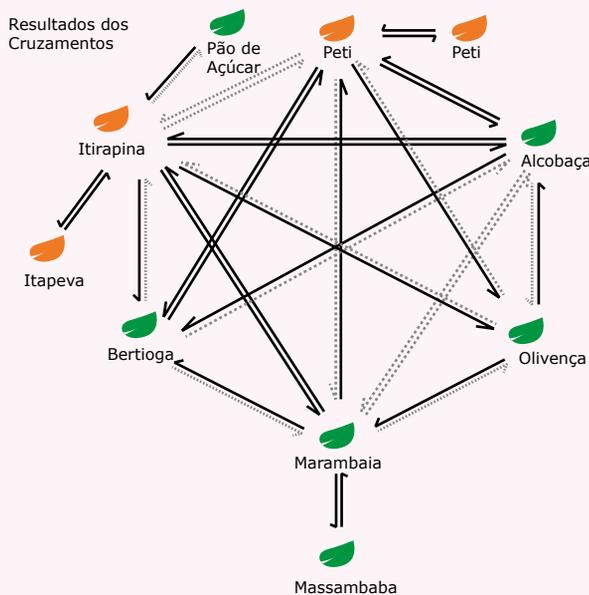
- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

13. (UFRJ) Indivíduos de espécies diferentes podem viver em simpatria, ou seja, viver no mesmo lugar ao mesmo tempo, conservando-se como espécies diferentes, pois são isolados reprodutivamente. Indivíduos de duas subespécies da mesma espécie apresentam diferenças genéticas características de cada subespécie, mas não apresentam isolamento reprodutivo.

Duas subespécies podem viver em simpatria, mantendo-se como subespécies diferentes? Justifique sua resposta.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2018) O processo de formação de novas espécies é lento e repleto de nuances e estágios intermediários, havendo uma diminuição da viabilidade entre cruzamentos. Assim, plantas originalmente de uma mesma espécie que não cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando. Um pesquisador realizou cruzamentos entre nove populações — denominadas de acordo com a localização onde são encontradas — de uma espécie de orquídea (*Epidendrum denticulatum*). No diagrama estão os resultados dos cruzamentos entre as populações. Considere que o doador fornece o pólen para o receptor.



Doador —————> Receptor – Polinização induzida bem-sucedida
 Doador Receptor – Polinização induzida inviável ou nula

Mata Atlântica Cerrado

FIORAVANTI, C. *Os primeiros passos de novas espécies: plantas e animais se diferenciam por meio de mecanismos surpreendentes.* Pesquisa Fapesp, out 2013 (Adaptação).

Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

- A) Bertioiga e Marambaia; Alcobaça e Olivença.
- B) Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
- C) Itirapina e Marambaia; Alcobaça e Marambaia.
- D) Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.
- E) Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

02. (Enem-2015) Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação).

Essa especiação não ocorre devido ao(à)

- A) oscilação genética das raças.
- B) convergência adaptativa das raças.
- C) isolamento geográfico entre as raças.
- D) seleção natural que ocorre entre as raças.
- E) manutenção do fluxo gênico entre as raças.

03. Uma ilha oceânica, rica em vegetação, foi invadida por representantes de um vertebrado herbívoro, que se adaptaram muito bem às condições encontradas e povoaram toda a ilha. Esta, após certo tempo, foi dividida em duas por um fenômeno geológico. Os animais continuaram vivendo bem e se reproduzindo em cada uma das novas ilhas; mas, depois de muitos anos, verificou-se que os indivíduos das duas ilhas haviam perdido a capacidade de produzir descendentes férteis, quando inter cruzados.

Esse texto exemplifica um caso de

- A) adaptação convergente.
- B) convergência adaptativa.
- C) especiação alopátrica.
- D) especiação simpátrica.
- E) anagênese.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B 03. D 05. C
- 02. A 04. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. D 03. A
- 02. E 04. D
- 05.
- A) Especiação alopátrica; as populações evoluíram em ambientes isolados geograficamente.
- B) Caso tenha ocorrido algum tipo de isolamento reprodutivo entre as duas populações, teremos duas novas espécies. Em caso contrário, se houver a formação de híbridos férteis, teremos subespécies.
- 06. A 09. C 12. A
- 07. D 10. B
- 08. A 11. C
- 13. Não. Em simpatria, sem isolamento reprodutivo, ocorreria um fluxo gênico que eliminaria as diferenças genéticas existentes entre essas subespécies.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D 02. E 03. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Genética de Populações

Genética de populações é o estudo da *pool* gênica, ou seja, o conjunto de genes característicos de uma certa população. Por exemplo: na *pool* gênica da população negra, é alta a frequência dos genes para pele escura, cabelos grossos e crespos, lábios grossos, nariz largo, entre outros. Por outro lado, esses mesmos genes têm uma frequência muito baixa nas populações orientais (chineses, japoneses, coreanos, etc.), nas quais a *pool* gênica é caracterizada pela alta frequência dos genes para olhos puxados, malares (ossos da face) proeminentes, cabelos negros e lisos.

Conhecendo-se certos aspectos da distribuição dos genes entre os indivíduos de uma população, podemos, muitas vezes, calcular o percentual ou a frequência dos genes (frequência gênica), bem como a frequência dos diferentes genótipos (frequência genotípica) e fenótipos (frequência fenotípica) na população.

Conhecendo-se o número de indivíduos de uma população e seus respectivos genótipos, podemos calcular as frequências dos genes alelos envolvidos, bem como as dos genótipos constituídos por esses alelos. Veja o exemplo a seguir:

Exemplo:

Considere uma pequena população constituída por 12 000 indivíduos dos quais 3 600 possuem o genótipo AA, 6 000 são Aa e 2 400 têm o genótipo aa.

Resolução:

Podemos calcular a frequência desses genótipos nessa população por meio de uma simples regra de três.

- Frequência do genótipo AA:
12 000 indivíduos _____ 100% da população
3 600 indivíduos AA _____ x
 $X = 3\ 600 : 12\ 000 \rightarrow x = 0,3$.

A frequência do genótipo AA = 0,3 (30%)

- Frequência do genótipo aa:
12 000 indivíduos _____ 100% da população
2 400 indivíduos aa _____ x
 $X = 2\ 400 : 12\ 000 \rightarrow x = 0,2$.

A frequência do genótipo aa = 0,2 (20%)

- Frequência do genótipo Aa:
Aa: 12 000 _____ 100% da população
6 000 _____ x

$$X = 6\ 000 : 12\ 000 \rightarrow x = 0,5$$

A frequência do genótipo Aa = 0,5 (50%)

Com os dados fornecidos, também podemos calcular as frequências dos alelos A e a nessa população.

No genótipo de cada um dos 3 600 indivíduos AA, existem dois genes do tipo A. Então, nesses 3 600 genótipos AA, existem 7 200 genes A ($3\ 600 \cdot 2$). Em cada genótipo dos 6 000 indivíduos Aa, existe um gene A e um gene a. Portanto, nesses 6 000 genótipos Aa, existem 6 000 genes A e 6 000 genes a. Observe também que, em cada genótipo dos 2 400 indivíduos aa, existem dois genes a, ou seja, nesses 2 400 indivíduos existem 4 800 genes do tipo a. Considerando todos esses genótipos, conclui-se que são 24 000 genes ao todo ($7\ 200\ A + 6\ 000\ A + 6\ 000\ a + 4\ 800\ a$).

- Frequência do gene A:
24 000 genes _____ 100% dos genes
13 200 genes A _____ x
 $X = 13\ 200 : 24\ 000 \rightarrow x = 0,55$.

A frequência do gene A = 0,55 (55%)

- Frequência do gene a:
24 000 genes _____ 100% dos genes
10 800 genes a _____ x
 $X = 10\ 800 : 24\ 000 \rightarrow x = 0,45$.

A frequência do gene a = 0,45 (45%)

PRINCÍPIO DE HARDY-WEINBERG

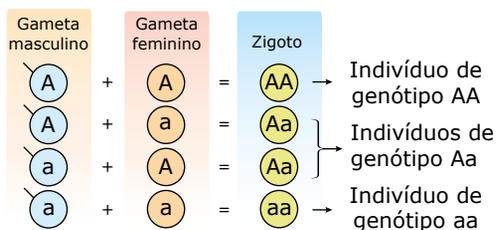


Em 1908, Godfrey Hardy (matemático inglês) e Wilhelm Weinberg (médico alemão), com base em estudos matemáticos relativamente simples, demonstraram o que ficou conhecido como Lei, Teorema ou Princípio de Hardy-Weinberg, que pode ser assim enunciado: em uma população em que não atuam fatores evolutivos (mutações, seleção natural, migrações, etc.) e os cruzamentos são aleatórios, as frequências gênicas e genotípicas permanecem constantes ao longo das gerações.

Para exemplificar o Princípio de Hardy-Weinberg, vamos considerar um gene A, cuja frequência na população seja p, e um gene a (alelo do A), de frequência q. De acordo com o princípio anterior:

Frequência de gene A + frequência de gene a = F(A) + F(a) = 1 (100%), ou seja, p + q = 1

Nessa mesma população, os genótipos formados por esses dois genes (A e a) poderão ser AA, Aa e aa. Para surgir um indivíduo com o genótipo AA, é preciso que o gene A esteja presente nos dois gametas participantes da fecundação; para surgir indivíduo aa, os dois gametas que se unem na fecundação precisam ter o gene a; para surgir o genótipo Aa, é preciso que em um dos gametas exista o gene A e no outro, o gene a. Veja a ilustração a seguir:



Observe que, para surgir o genótipo Aa, existem duas possibilidades: o gameta masculino tem o gene A, e o feminino, o a, ou então, o gameta masculino tem o gene a, e o feminino, o A.

Como estamos considerando que a frequência do gene A = p, e a do gene a = q, podemos dizer que:

A frequência do genótipo AA = $F_{(AA)}$ = frequência do gene A x frequência do gene A = $F_{(A)} \cdot F_{(A)}$ = p.p, ou seja, a frequência do genótipo AA = $p \cdot p = p^2$.

A frequência do genótipo aa = $F_{(aa)}$ = frequência do gene a x frequência do gene a = $F_{(a)} \cdot F_{(a)}$, ou seja, a frequência do genótipo aa = $q \cdot q = q^2$.

A frequência do genótipo Aa = 2 x frequência do gene A x frequência do gene a = $2 \cdot F_{(A)} \cdot F_{(a)}$, ou seja, a frequência do genótipo Aa = 2 pq.

Como nesse exemplo temos apenas três tipos diferentes de genótipos, a soma das frequências deles numa população será igual a 1 (100%). Assim, temos:

$$F_{(AA)} + F_{(Aa)} + F_{(aa)} = 1, \text{ ou seja, } p^2 + 2pq + q^2 = 1 \text{ ou } (p + q)^2 = 1$$

Para calcular, numa população, a frequência do genótipo AA, usamos o termo p^2 ; se quisermos calcular a frequência do genótipo Aa, usamos o termo $2pq$, e, para calcularmos a frequência do genótipo aa, o termo usado será o q^2 .

Veja os exemplos a seguir:

Exemplo 1:

Em uma população, a frequência de indivíduos Rh⁻ é de 16%. Considerando que essa população esteja em equilíbrio, calcular

- A) a frequência do gene r (gene para Rh⁻).
- B) a frequência do gene R (gene para Rh⁺).
- C) a frequência de indivíduos com o genótipo RR.
- D) a frequência de indivíduos com o genótipo Rr.

Resolução:

A) Sabendo-se que os indivíduos Rh⁻ têm genótipo rr, tem-se:

$$F_{(Rh^-)} = F_{(rr)} = q^2 = 0,16 \text{ (16\%)}$$

Logo,

$$F_{(r)} = \sqrt{F_{(rr)}} = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,16} = 0,4 \text{ (40\%)}$$

Assim, a frequência, nessa população, do gene r = 0,4.

B) Como a $F_{(r)} = 0,4$, e lembrando que $p + q = 1$, então, temos:

$$p + q = 1$$

$$p + 0,4 = 1$$

$$p = 1 - 0,4$$

$$p = 0,6$$

Assim, a frequência do gene R = frequência de p, ou seja, $F_{(R)} = 0,6$ (60%).

C) A frequência do genótipo RR = p^2 . Assim, temos:

$$F_{(RR)} = p^2 = (0,6)^2 = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ (36\%)}$$

D) A frequência de indivíduos com genótipo Rr = $2pq$. Assim, temos:

$$F_{(Rr)} = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,48 \text{ (48\%)}$$

Exemplo 2:

Em uma população, verificou-se que a frequência de pessoas insensíveis ao PTC é de 9%. Sabendo-se que a sensibilidade ao sabor amargo dessa substância é condicionada por um gene autossômico dominante I, e a insensibilidade, pelo seu alelo recessivo i, qual a frequência esperada nessa população de indivíduos sensíveis ao PTC, porém, heterozigóticos?

Resolução:

Se os insensíveis ao PTC são homozigóticos recessivos (ii), eles representam o termo q^2 no Binômio de Newton. Assim,

$$F_{(ii)} = q^2 = 9\% \text{ (0,09)}$$

Se $q^2 = 0,09$, então $q = \sqrt{0,09}$, ou seja, $q = 0,3$ (30%).

Como q = frequência do gene i, logo, a $F_{(I)} = 0,3$.

Se a frequência do gene $i = q = 0,3$, então o valor de $p =$ frequência do gene I será igual a $1 - 0,3 = 0,7$ (70%). Lembre-se de que $p + q = 1$ e, portanto, $p = 1 - q$.

Considerando que na expressão $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, os indivíduos heterozigóticos estão representados por $2pq$. Uma vez que conhecemos os valores de p e q , temos:

$$F_{(i)} = 2pq = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,42 \text{ (42\%)}$$

Resposta:

A frequência esperada de indivíduos sensíveis heterozigóticos (Ii) é de 42%.

EQUILÍBRIO GENÉTICO

Segundo o Princípio de Hardy-Weinberg, se em uma população as frequências dos genes que constituem o *pool* gênico permanecem inalteradas de geração em geração, então essa população estará em equilíbrio genético, ou seja, nenhum fator com capacidade de alterar as frequências gênicas estará agindo nessa população. Essa situação, entretanto, dificilmente ocorre na natureza, uma vez que as populações naturais das diferentes espécies de seres vivos estão sujeitas à ação de diversos fatores com capacidade de alterar as frequências gênicas e, conseqüentemente, impedir o equilíbrio genético. Entre esses fatores que alteram o equilíbrio genético de uma população, podemos citar:

- A) Mutações** – As mutações fazem surgir novos genes no *pool* gênico da população, aumentando, assim, a variabilidade gênica das populações.
- B) Seleção natural** – A seleção natural diminui a variabilidade gênica das populações, uma vez que diminui a frequência de determinado genótipo em benefício de outro. Em outras palavras, ao agir em uma população, ela seleciona e preserva os indivíduos portadores de genes que determinam características mais vantajosas, em detrimento daqueles que possuem genótipos que condicionam características menos vantajosas.
- C) Fluxo gênico (migrações)** – A entrada (imigração) e saída (emigração) significativas de indivíduos na população promovem a alteração da frequência do *pool* gênico existente. Por exemplo: se em uma população formada por indivíduos AA, Aa e aa houver uma emigração de muitos indivíduos de genótipo aa, a frequência relativa do gene A, nessa população, se eleva.

D) Endogamia (consanguinidade) – Os cruzamentos consanguíneos tendem a gerar indivíduos predominantemente homozigóticos e, assim, tendem a aumentar a frequência de determinado genótipo na população.

E) Oscilação genética (deriva genética, desvio genético) – Compreende os processos em que, por acaso, certos genes e genótipos podem ter suas frequências alteradas numa população. Em grandes populações, a oscilação genética não produz modificações expressivas nas frequências gênicas e genotípicas. Entretanto, em pequenas populações, ela pode alterar consideravelmente essas frequências. Por exemplo: imagine que, em uma ilha deserta, cheguem 10 pessoas de dois sexos, sobreviventes de um naufrágio. Vamos admitir que, dessas 10 pessoas, uma seja heterozigota para o albinismo (Aa), ao passo que as nove restantes são pigmentadas homozigotas (AA). A taxa ou a frequência do gene A nessa população que se instalou na ilha é de aproximadamente 95%, enquanto a taxa do gene a é cerca de 5%. Admita que, por acaso, o indivíduo heterozigoto (Aa), ao nadar ao redor da ilha, morra afogado alguns dias após a chegada. Com isso, a frequência do gene A na população da ilha passou a ser de 100%, e a do gene a, 0%. Note que foi o acaso que fez o indivíduo heterozigoto se afogar, e com isso houve uma alteração nas frequências gênicas. Se, no entanto, a população da ilha tivesse 1 000 indivíduos, sendo 900 AA e 100 Aa, seria muito pouco provável que, por acaso, todos os heterozigotos sofressem um acidente e morressem afogados. Se nessa população maior o acidente envolvesse apenas um indivíduo heterozigoto, isso não traria alterações expressivas nas frequências dos genes A e a.

O Princípio de Hardy-Weinberg pode ser aplicado apenas às populações em equilíbrio, quando

- a população é formada por um número grande de indivíduos, de modo que possam ocorrer todos os tipos de cruzamento possíveis, de acordo com as leis das probabilidades. Nesse caso, os eventuais erros de amostragem no processo de levantamento das frequências gênicas e genotípicas não têm grande significância estatística.
- a população for panmítica, isto é, seus integrantes se cruzam livremente, ao acaso, sem preferências sexuais.
- a população não estiver sujeita a nenhum fator que promova alteração no *pool* gênico, como mutações, seleção natural, migrações, etc.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (Unit-AL-2017)



Genótipos	Número de genes	Característica
AA	6 000	Normal
Aa	10 000	Normal
aa	4 000	Albino

Observando-se as informações hipotéticas da tabela e considerando-se que essas são de uma população em equilíbrio gênico e genotípico, a frequência do alelo A, nessa população, é de:

- A) 0,35. C) 0,55. E) 0,75.
 B) 0,45. D) 0,65.

02. (UFPI) Imagine a seguinte situação: pesquisadores descobriram uma população de aves marinhas isolada numa ilha, estimada em 1 000 indivíduos, e perceberam que 360 eram homocigotos AA, 480 heterocigotos Aa e 160 homocigotos aa. Também concluíram que todos os tipos possíveis de cruzamento estavam ocorrendo, embora fatores evolutivos como mutação ou seleção não tenham sido registrados. Mediante essas informações, indique a alternativa correta.

- A) O total de alelos nessa população é igual a 20 000.
 B) A frequência de indivíduos AA é igual a 0,4 ou 40%.
 C) A população encontra-se em equilíbrio gênico, seguindo o princípio de Hardy-Weinberg.
 D) A frequência de indivíduos aa é também igual a 0,4 ou 40%.
 E) A frequência de indivíduos Aa é igual a 0,24 ou 24%.

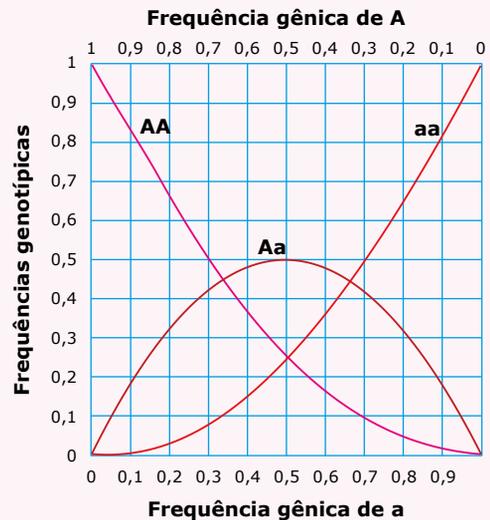
03. (PUC-SP) Uma população que está em equilíbrio de Hardy-Weinberg é constituída por 2 000 indivíduos. Sabe-se que 320 destes têm uma certa anomalia, determinada por um gene autossômico recessivo. Entre os indivíduos normais dessa população, qual é o número esperado de portadores desse gene recessivo?

- A) 960 C) 420 E) 240
 B) 480 D) 320

04. (UNIRIO-RJ) Sabendo que a frequência de um gene recessivo a em uma população é de 0,1, as frequências genotípicas esperadas para essa população, se estiver em equilíbrio, serão:

	AA	Aa	aa
A)	0,9	0,09	0,01
B)	0,81	0,18	0,01
C)	0,81	0,09	0,1
D)	0,72	0,18	0,1
E)	0,25	0,50	0,25

05. (UFMG) O gráfico mostra as relações entre as frequências dos alelos A e a e as frequências genotípicas AA, Aa e aa numa população em equilíbrio.



Numa população em equilíbrio, em que os casamentos ocorrem ao acaso, e a frequência dos genes A e a é de 50%, para cada um, a probabilidade de se encontrarem indivíduos AA, Aa e aa é, respectivamente,

- A) 25%, 50% e 25%. D) 70%, 15% e 15%.
 B) 40%, 30% e 30%. E) 80%, 10% e 10%.
 C) 50%, 25% e 25%.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UECE-2015) Em 1908, G. H. Hardy, um matemático britânico e um médico alemão, W. Weinberg, independentemente desenvolveram um conceito matemático relativamente simples, hoje denominado de princípio de Hardy-Weinberg, para descrever um tipo de equilíbrio genético (BURNS; BOTTINO, 1991).

O princípio citado é fundamento da genética de

- A) redução alélica.
 B) determinantes heterocigóticos.
 C) populações.
 D) determinantes homocigóticos.

02. (UNITAU-SP-2016) No início do século 20, o inglês Godfrey Harold Hardy e o alemão Wilhelm Weinberg demonstraram que a variação da frequência de alelos e seus genótipos, em uma população, depende diretamente da ação de um fator evolutivo qualquer, sem o qual a dada população não experimentará a variabilidade genética, o que foi chamado de "Teorema ou Princípio de Hardy-Weinberg". Entretanto, esse modelo se aplica apenas àquelas populações em que o processo evolutivo esteja desativado, o que é uma situação hipotética, conhecida como "equilíbrio gênico".

Sobre o Teorema ou Princípio de Hardy-Weinberg, assinale a alternativa que descreve uma situação que contribui para o estabelecimento do equilíbrio gênico em uma população.

12. (FPS-PE) A capacidade de enrolar a língua em forma de U, mostrada a seguir, é controlada por um gene com dois alelos. Pessoas com tal característica são homocigotas dominantes ou heterocigotas, enquanto as que não apresentam são homocigotas recessivas. Do ponto de vista evolutivo, considere uma população de 3900 pessoas em equilíbrio de Hardy-Weinberg, sendo que 3276 tinham a capacidade de enrolar a língua. Qual é a frequência do alelo dominante e do alelo recessivo, respectivamente?



- A) 1 e 0
- B) 0,7 e 0,3
- C) 0,6 e 0,4
- D) 0,5 e 0,5
- E) 0,8 e 0,2

13. (UEM-PR) Considere que a composição genética de uma população pode ser conhecida calculando-se as frequências de seus alelos e as frequências de seus genótipos. Analise os dados de duas populações hipotéticas, fornecidos na tabela, e assinale o que for correto.

População 1		População 2	
Genótipos	N	Genótipos	N
AA	3 200	AA	2 400
Aa	5 000	Aa	4 000
aa	1 800	aa	3 600
Total	10 000	Total	10 000

N = número de indivíduos; A = alelo dominante; a = alelo recessivo

- 01. A frequência do alelo a da população 1 é de 36%.
- 02. A frequência do alelo A da população 1 é maior do que a frequência do alelo A da população 2.
- 04. A frequência dos genótipos AA, Aa e aa da população 1 é de 32%, 50% e 18%, respectivamente.
- 08. A frequência do genótipo heterocigoto da população 2 é de 60%.
- 16. Na população 2, a frequência do alelo recessivo é 12% maior do que a frequência do alelo dominante.

Soma ()

SEÇÃO ENEM

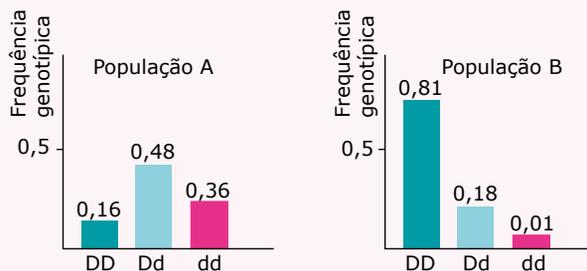
01. (Enem-2018) Corredores ecológicos visam mitigar os efeitos da fragmentação dos ecossistemas promovendo a ligação entre diferentes áreas, com o objetivo de proporcionar o deslocamento de animais, a dispersão de sementes e o aumento da cobertura vegetal. São instituídos com base em informações como 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: 20 nov. 2017 (Adaptação).

Nessa estratégia, a recuperação da biodiversidade efetiva porque

- A) propicia o fluxo gênico.
- B) intensifica o manejo de espécies.
- C) amplia o processo de ocupação humana.
- D) aumenta o número de indivíduos nas populações.
- E) favorece a formação de ilhas de proteção integral.

02. Considere os gráficos a seguir, em que se representa a análise da frequência genotípica de duas populações, A e B, que estão em equilíbrio de Hardy-Weinberg.



Com base nas informações fornecidas pelos gráficos e em seus conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que

- A) na população A a frequência do gene D é de 60%.
- B) na população B a frequência do gene D é de 90%.
- C) na população A a frequência do gene d é de 40%.
- D) na população B a frequência do gene d é de 1%.
- E) as frequências dos genes D e d são iguais nas duas populações.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. C
- 02. C
- 03. A
- 04. B
- 05. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. C
- 02. A
- 03. D
- 04. E
- 05. D
- 06. C
- 07. A
- 08. C
- 09. D
- 10. D
- 11. D
- 12. C
- 13. Soma = 22

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. B



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

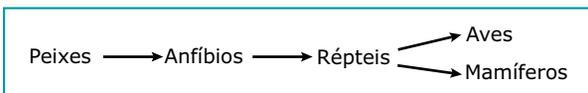
Evolução dos Vertebrados

Os vertebrados são todos os animais com crânio, encéfalo e coluna vertebral.

OS PRIMEIROS VERTEBRADOS



Baseando-se em evidências anatômicas, embriológicas, bioquímicas e especialmente paleontológicas (fósseis), acredita-se que o surgimento dos vertebrados ocorreu de acordo com a seguinte sequência evolutiva:



Considera-se que, a partir de cordados invertebrados, tenham evoluído os primeiros vertebrados: os ostracodermos. Os ostracodermos surgiram há cerca de 500 milhões de anos (período Ordoviciano da Era Paleozoica). Eram animais pequenos (33 cm no máximo), agnatos (sem mandíbula), de corpo achatado, recoberto por uma armadura de placas ósseas e não possuíam nadadeiras peitorais e pélvicas aos pares. Provavelmente, viviam no fundo dos mares, alimentando-se do lodo por filtração.

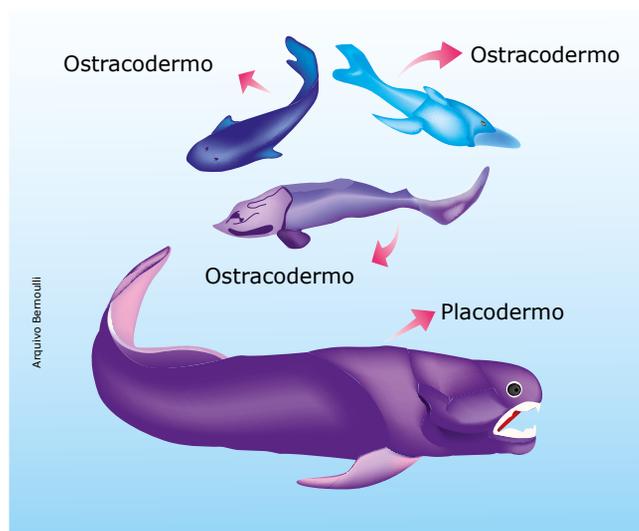


Ostracodermos – Os ostracodermos também ficaram conhecidos por “peixes couraçados”, porque tinham uma armadura cobrindo a cabeça e partes do corpo.

A maioria dos ostracodermos se extinguiu, mas uma de suas linhagens evoluiu para os ciclóstomos atuais (lampreias e feiteceiras) e outra deu origem aos placodermos.

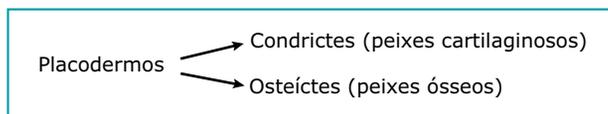


Os placodermos surgiram há cerca de 440 milhões de anos (período Ordoviciano da Era Paleozoica) e apresentavam duas importantes aquisições evolutivas em relação a seus ancestrais: mandíbula (gnatostomado) e nadadeiras pares. A mandíbula móvel permitiu que se tornassem eficientes predadores, enquanto as nadadeiras pares lhes deram maior habilidade de movimentação no meio. Eram bem maiores do que os ostracodermos, sendo que alguns chegaram a medir até 10 metros de comprimento.



Três peixes ostracodermos, providos de armadura externa e mandíbulas. Seu tamanho era de 30 cm de comprimento. Um peixe placodermo, dotado de poderosas mandíbulas. Seus representantes chegavam a medir 10 m de comprimento.

Acredita-se que, há cerca de 430 milhões de anos, os placodermos tenham dado origem aos condrictes (peixes cartilagosos) e aos osteíctes (peixes ósseos).



Há cerca de 400 milhões de anos (período Devoniano da Era Paleozoica), os osteíctes se diversificaram em dois grandes grupos: actinoptérígios e sarcopterígios.

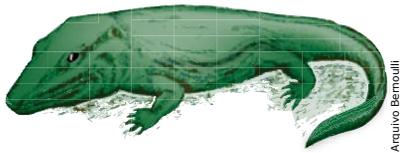
Os actinoptérígios tinham nadadeiras radiais (radiadas), dotadas de raios cartilagosos de reforço. Deram origem à maioria dos peixes ósseos atuais.

Os sarcopterígios apresentavam nadadeiras lobadas, carnosas e dotadas de estrutura óssea de sustentação. Provavelmente, essas nadadeiras podiam sustentar o peso do corpo e, assim, permitir que esses peixes pudessem “caminhar” ou “rastejar” no solo do fundo dos rios e lagos, como também fazer pequenas incursões nas margens à procura de alimento.

Os sarcopterígios, assim como fazem alguns peixes ósseos atuais descendentes dos actinopterígios, também podiam fazer respiração aérea (retirar o oxigênio do ar), utilizando-se da bexiga natatória, importante órgão de equilíbrio hidrostático, mas que, em certas espécies, também funciona como “pulmão” rudimentar. Quando a água que os rodeia se torna estagnada e imprópria para a respiração branquial, esses peixes elevam-se à superfície e engolem o ar.

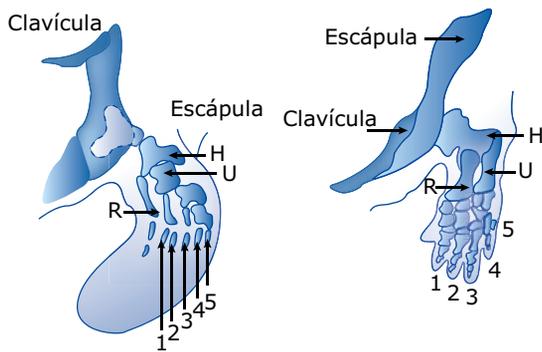
ANFÍBIOS

Dos sarcopterígios, provavelmente, partiu a linha evolutiva que deu origem aos labirintodontes, nome dado aos primeiros anfíbios, que surgiram por volta de 350 milhões de anos atrás (período Devoniano da Era Paleozoica).

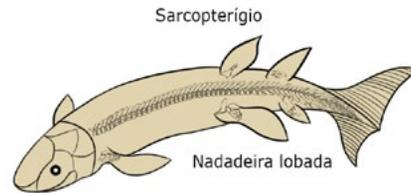


Anfíbio labirintodonte – Os anfíbios labirintodontes tinham o corpo longo (aproximadamente 70 cm) e sua aparência era “semelhante à de um lagarto”.

A passagem evolutiva dos peixes para os anfíbios envolveu algumas modificações que permitiram adaptar a vida dos vertebrados ao ambiente terrestre. Uma delas foi o surgimento das patas em substituição às nadadeiras. As patas dos anfíbios provavelmente surgiram a partir de modificações ocorridas nas nadadeiras lobadas dos sarcopterígios.



Comparação entre a estrutura óssea da nadadeira de um peixe sarcopterígio (à esquerda) e a pata de um anfíbio da Era Paleozoica (à direita) – Note a homologia entre os ossos: H – úmero, R – rádio, U – ulna. As patas dos anfíbios e dos demais vertebrados surgiram a partir das nadadeiras lobadas dos sarcopterígios, segundo Gregory (redesenhado do livro de Storer e Usinger. General Zoology, McGraw-Hill, Inc.).



Comparação entre a estrutura óssea de um peixe sarcopterígio do Devoniano e de um anfíbio labirintodonte que, possivelmente, originou-se do primeiro.

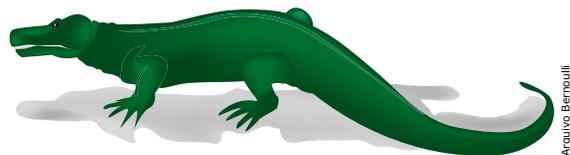
Outra modificação importante foi o desenvolvimento dos pulmões. Na fase de larva, os anfíbios, assim como os seus ancestrais (os peixes), vivem no meio aquoso respirando por brânquias. Com a metamorfose, as brânquias desaparecem na maioria das espécies e surgem os pulmões, que, embora rudimentares, permitem a realização de uma respiração aérea. Assim, a maioria dos anfíbios adultos possui pulmões em substituição às brânquias.

Como os pulmões dos anfíbios são muito rudimentares, com uma pequena superfície de trocas gasosas, a adaptação ao ambiente terrestre também contou com modificações no sistema circulatório que permitiram, também, a realização da respiração pela pele (respiração cutânea). A respiração cutânea se tornou possível devido ao fato de a pele do animal ser lisa, desprovida de escamas, ser ricamente vascularizada e estar constantemente umedecida e coberta por muco produzido por glândulas mucosas.

Embora sejam considerados os primeiros vertebrados terrestres, os anfíbios não conseguiram a conquista definitiva desse novo ambiente, uma vez que continuaram a depender do meio aquoso para a reprodução (fecundação externa) e para o desenvolvimento embrionário.

RÉPTEIS

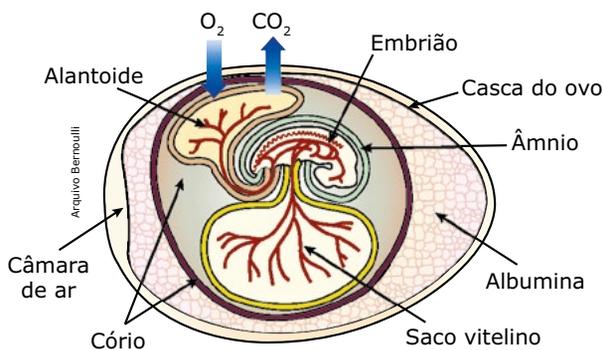
Dos primitivos anfíbios labirintodontes, partiram linhas evolutivas que deram origem aos anfíbios atuais e uma linha evolutiva que deu origem aos cotilossauros, os primeiros répteis.



Cotilossauros (primeiros répteis) – Os cotilossauros foram os primeiros répteis e surgiram há cerca de 270 milhões de anos (fim do período Carbonífero da Era Paleozoica).

Os répteis foram os vertebrados que conquistaram definitivamente o ambiente terrestre, uma vez que se libertaram da dependência do meio aquoso para a reprodução e para o desenvolvimento embrionário. Isso só foi possível devido a algumas novas características que neles surgiram e que se constituem em importantes aquisições evolutivas em relação aos anfíbios. Uma delas foi o maior desenvolvimento dos pulmões, o que possibilitou uma eficiente troca de gases com a atmosfera. Entretanto, a grande aquisição evolutiva dos répteis foi o ovo terrestre, capaz de se desenvolver fora da água, com uma casca relativamente impermeável que o protege contra o ressecamento. Além disso, o ovo dos répteis é do tipo megalécito, ou seja, possui uma grande quantidade de vitelo (gema) capaz de nutrir o embrião durante todo o seu desenvolvimento.

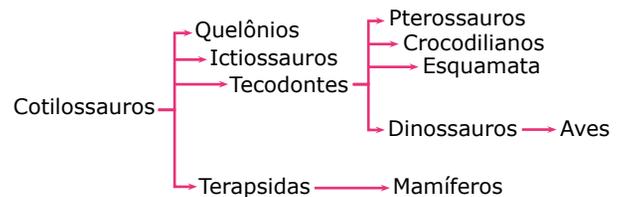
Nos répteis, além do saco vitelínico muito desenvolvido, surgiram outros anexos embrionários que muito contribuíram para o desenvolvimento do embrião dentro do ovo terrestre. É no desenvolvimento dos répteis que aparecem, pela primeira vez nos vertebrados, o cório, o âmnio (bolsa amniótica) e o alantoide.



Ovo terrestre dos vertebrados.

O cório é uma membrana que envolve e protege o embrião e os demais anexos embrionários. O âmnio é uma bolsa cheia de líquido (líquido amniótico) que protege o embrião contra a dessecação e também confere certa proteção contra choques mecânicos. O alantoide é uma bolsa na qual são armazenadas as excretas nitrogenadas do embrião, e, como os répteis são animais uricotélicos, eles têm como principal excreta nitrogenada o ácido úrico. O fato de serem uricotélicos (e não amoniotélicos ou ureotélicos) também muito contribuiu para a oviparidade, ou seja, para o desenvolvimento do embrião dentro de um ovo terrestre com casca. O alantoide também permite a troca de gases respiratórios (CO₂ e O₂) entre o meio interno do ovo e o meio exterior, exercendo assim um importante papel na respiração do embrião.

A fecundação interna e o ovo terrestre tornaram a reprodução e o desenvolvimento embrionário independentes do meio aquoso. A adaptação ao ambiente terrestre foi um sucesso tão grande que os répteis dominaram, por muito tempo, nosso planeta. O número de espécies diferentes era tão abundante na Era Mesozoica (220 a 70 milhões de anos) que ela ficou conhecida como a "Era dos Répteis".



Provável sequência evolutiva dos répteis a partir dos cotilossauros.

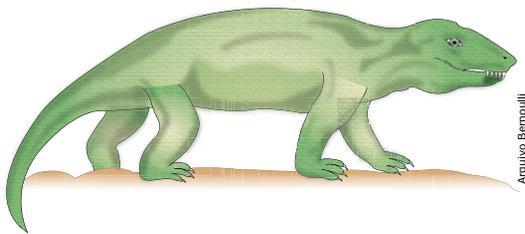
Dos répteis mais primitivos, partiram diversas linhas evolutivas que deram origem a diferentes espécies. Essas linhas evolutivas, deram origem aos quelônios (tartarugas), aos ictiossauros (répteis aquáticos, hoje extintos), aos tecodontes e aos terapsidas. Os répteis terapsidas deram origem aos mamíferos, enquanto os tecodontes deram origem aos pterossauros (répteis voadores, já extintos), aos crocodilianos, aos escamados (cobras, lagartos) e aos dinossauros (extintos). Acredita-se que as aves sejam descendentes de um grupo de dinossauros bípedes.

Um dos mais intrigantes fenômenos ocorridos com os répteis foi a extinção dos dinossauros e de outros grandes répteis, ocorrida há cerca de 65 milhões de anos (período Cretáceo da Era Mesozoica). Esses animais se extinguíram em tempo relativamente curto, depois de dominar a Terra por mais de uma centena de milhões de anos.

Várias hipóteses já foram propostas para explicar o desaparecimento dos dinossauros. Uma delas admite que a causa da extinção teria sido as bruscas mudanças nas condições climáticas da Terra em consequência da queda de um grande meteoro. O impacto dessa queda teria levantado muita poeira, que ficou em suspensão por muito tempo na atmosfera, escurecendo e esfriando o planeta. Outra hipótese considera que a extinção se deu porque esses répteis eram volumosos, pesados, exigiam grandes quantidades de alimentos, reproduziam-se pouco e, especialmente, seus ovos passaram a ser predados e destruídos por animais carnívoros menores e mais ágeis. Existem suposições que admitem a extinção em consequência de algum tipo de epidemia que teria acometido esses répteis. Enfim, existem diferentes hipóteses, mas nenhuma delas consegue explicar por completo a extinção dos dinossauros. Muitos autores, atualmente, preferem admitir que essa extinção ocorreu devido à associação das várias causas apontadas nas diferentes hipóteses.

MAMÍFEROS

Os primeiros mamíferos surgiram há cerca de 200 milhões de anos (período Triássico da Era Mesozoica) a partir dos répteis terapsidas.



Terapsídeo – Réptil semelhante a um mamífero, o provável ancestral deste. Media cerca de 1,60 m de comprimento.

Os mamíferos mais primitivos eram animais de pequeno porte (tamanho aproximado de um camundongo atual); insetívoros (alimentavam-se de insetos) e possuíam dentição diferenciada (heterodontes). Provavelmente, eram animais arborícolas (viviam sobre árvores) e tinham hábitos noturnos, isto é, procuravam alimento apenas à noite, período em que os répteis carnívoros estavam dormindo ou inativos.

Uma das aquisições evolutivas mais importantes dos mamíferos em relação aos répteis foi a endotermia (capacidade de gerar, internamente, o próprio calor). A endotermia permitiu que os mamíferos se adaptassem e conquistassem ambientes com diferentes condições de temperatura. A **viviparidade** (desenvolvimento embrionário totalmente no meio interno), que é uma característica da maioria das espécies de mamíferos, bem como o **cuidado com a prole**, amamentando e protegendo os filhotes durante um certo período de tempo, também muito contribuíram para aumentar a sobrevivência dos indivíduos e as chances de sobrevivência das espécies.

Os mamíferos não tiveram um sucesso evolutivo imediato, permanecendo como uma categoria pouco significativa durante todo o período em que os répteis se irradiaram. Somente depois da extinção dos grandes répteis, notadamente dos dinossauros, há cerca de 65 milhões de anos, os mamíferos sofreram uma grande diversificação e expansão, passando a habitar todos os ambientes do planeta.

AVES

As primeiras aves surgiram há cerca de 150 milhões de anos (período Jurássico da Era Mesozoica).

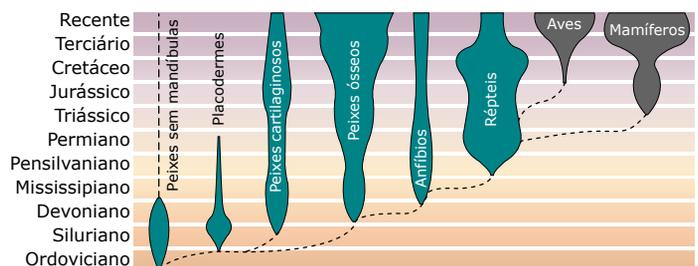
O fóssil mais antigo de um vertebrado, que já apresentava algumas características de ave, é o *Archaeopteryx*.



Archaeopteryx – Esse animal tinha dentes e o corpo era coberto por penas. Tinha cerca de 70 cm de comprimento, além de dedos com garras nas asas e uma longa cauda. Acredita-se que o Archaeopteryx (hoje extinto) seja, na realidade, a transição entre os répteis e as aves atuais.

Algumas características dos répteis se conservaram nas aves, como a presença de escamas epidérmicas que recobrem as patas, o ovo terrestre semelhante ao dos répteis e os anexos embrionários, que são os mesmos encontrados no desenvolvimento embrionário dos répteis. Por outro lado, na passagem evolutiva dos répteis para aves, algumas aquisições importantes foram feitas. Entre elas, destacamos a endotermia e os cuidados com a prole (proteção e alimentação dos filhotes durante certo tempo de suas vidas). Assim como aconteceu com os mamíferos, as aves, por serem animais homeotérmicos, estão adaptados a ambientes com diferentes condições de temperatura.

O esquema a seguir representa resumidamente a filogênese (seqüência evolutiva) dos vertebrados.



Linhas gerais da história evolutiva dos vertebrados (baseado no número de gêneros conhecidos) – Para cada classe de vertebrados, a largura das faixas é proporcional à sua variedade conhecida em cada um dos períodos geológicos no qual essa classe existiu.



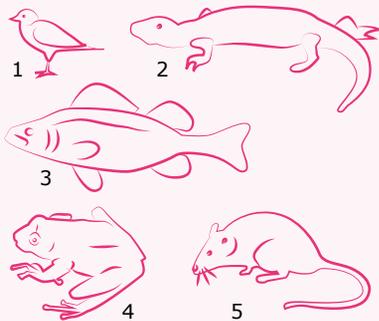
Evolução dos tetrápodes

O objeto de aprendizagem "Evolução dos tetrápodes" retrata como provavelmente se deu a evolução desse grupo, buscando destacar as aquisições evolutivas que apareceram com o passar do tempo. Utilize o vídeo para aprender mais sobre esses eventos evolutivos. Tenha uma boa tarefa!

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

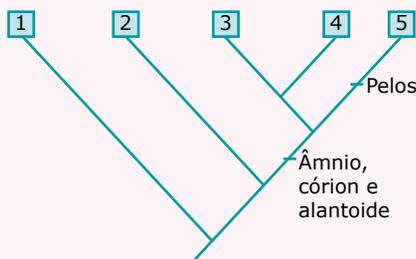


01. (UFMG) A seguir estão representadas cinco classes de vertebrados.



Todas as alternativas significam aquisições evolutivas de uma classe em relação à outra, exceto

- A) O ovo com casca de 2 em relação a 1.
 B) A viviparidade de 5 em relação a 1.
 C) O alantoide de 2 em relação a 4.
 D) A homeotermia de 1 em relação a 2.
 E) A independência do "habitat" aquático de 4 em relação a 3.
02. (UFRR) A saída da água em busca de alimentos levou os animais à conquista da terra firme. Mas a independência da água para a reprodução foi crucial para a conquista definitiva. Considere o cladograma sobre a provável origem evolutiva dos cordados atuais e indique o grupo referente aos números de 1 a 5 na sequência correta.

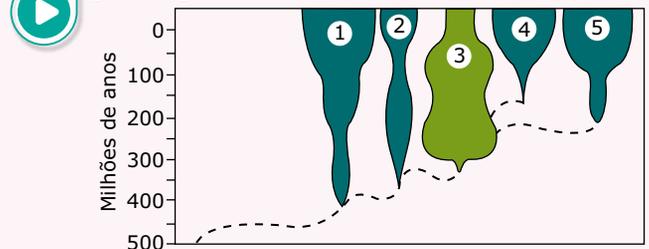


- A) Aves, mamíferos, anfíbios, peixes e répteis.
 B) Peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.
 C) Peixes, répteis, anfíbios, aves e mamíferos.
 D) Répteis, peixes, anfíbios, mamíferos e aves.
 E) Mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes.
03. (CMMG-2017) Na conquista do ambiente terrestre pelos animais, foi fundamental para o êxito desse empreendimento:
- A) Independência da água para respirar e reproduzir.
 B) Aparecimento de membros articulados.
 C) Presença de um coração tetracavitário.
 D) Capacidade termoreguladora.

04. (Cesgranrio) Na evolução dos vertebrados, a conquista do meio terrestre só foi definitivamente realizada

- A) quando os peixes, representados pelos crossopterígeos, adquiriram uma bexiga aerífera, que podia funcionar como um pulmão.
 B) com o aparecimento dos anfíbios, que adquiriram membros pentadáctilos e podiam se locomover em terra firme.
 C) a partir dos répteis, no Carbonífero, com o aparecimento de um ovo amniota.
 D) no Mesozoico, com o aparecimento das aves que adquiriram penas e homeotermia.
 E) com o aparecimento dos mamíferos placentários e o desenvolvimento, nesses animais, de cérebros mais completos.

05. (UFMG) A figura a seguir representa a evolução dos cinco grandes grupos de vertebrados atuais.



Considerando essa figura, todas as afirmativas estão corretas, exceto

- A) Os animais pecilotérmicos, geralmente de fecundação externa, respiração branquial e *habitat* aquático, são representados pelo número 1.
 B) O grupo representado pelo número 2 conseguiu sobreviver em períodos de grandes mudanças, devido a aquisições tais como membros locomotores e respiração aérea.
 C) O primeiro grupo de vertebrados que conquistou definitivamente o ambiente terrestre está representado pelo número 3.
 D) Os animais representados pelo número 4 constituem o primeiro grupo a apresentar ovo fechado, fator significativo na sua evolução.
 E) Os grupos que apresentam coração totalmente dividido em quatro câmaras são os representados pelos números 4 e 5.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Cesgranrio) Uma tentativa de explicação do desaparecimento dos dinossauros leva em conta o fato de esses grandes répteis não serem homeotérmicos. Segundo essa hipótese, o desaparecimento desses animais teria se dado devido a(ao)
- A) emissões explosivas de radiação de alta energia.
 B) falha de força propulsora de evolução.
 C) grandes movimentos da crosta terrestre.
 D) isolamento por grandes cadeias de montanhas.
 E) modificações bruscas no clima da Terra.

02. (UFSM-RS) No nordeste do Brasil, surgiram novas tecnologias, produtos e indústrias limpas a partir do aproveitamento de resíduos da pesca de camarão (antes, montanhas malcheirosas de restos dos crustáceos). Um bom exemplo é a quitosana, polímero obtido da quitina das carapaças. Ela tem a propriedade de atrair e de se ligar a moléculas de gordura, tendo aplicação tanto em medicamentos que combatem a obesidade quanto em projetos de despoluição ambiental. Pulverizações de regiões poluídas com microesferas de quitosana inoculadas com bactérias capazes de degradar petróleo já são uma realidade. Essa substância aglutina o óleo e as bactérias tratam de digerir tudo! Ao que parece, a economia verde pede bases mais amplas, sólidas e inovadoras.

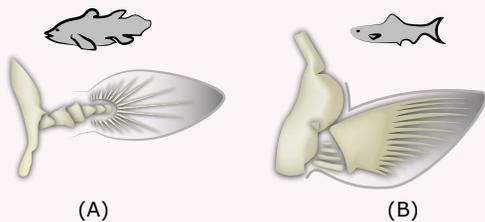
JOHN, L. Os bons frutos da economia verde. *National geographic*, jun. 2012. p. 40 (Adaptação).

Em alguns artrópodes, a carapaça externa de quitina foi uma estratégia evolutiva de sucesso para a conquista do meio terrestre, protegendo-os da dessecação (perda de água). Outros animais apresentam adaptações diferentes para contornar esse problema.

Observe as alternativas a seguir e assinale aquela que não está relacionada com a dessecação.

- A) pele com queratina nos mamíferos
- B) ovos com casca calcárea nas aves
- C) glândulas secretoras de muco na pele dos sapos
- D) escamas no corpo dos répteis
- E) esqueleto interno nos vertebrados

03. (CMMG)



Mc ALESTER, A. Lee. *História cronológica da vida*. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. p. 96.

Disposição dos ossos na nadadeira lobada (A) e na nadadeira radiada (B).

Nas nadadeiras lobadas, os músculos se estendem pelo seu interior, o que permite maior controle e maior flexibilidade, sendo essas estruturas importantes porque

- A) permitiram a irradiação adaptativa dos peixes atuais.
- B) constituem um critério para a classificação dos condrictes e osteíctes.
- C) evoluíram e passaram a constituir os membros locomotores dos anfíbios terrestres.
- D) existem só em peixes de água doce, para compensar a menor densidade do meio onde vivem.

04. (Fatec-SP) A vida animal originou-se nos oceanos primitivos, sendo que os peixes com nadadeiras lobadas, os crossopterígio, cujos representantes atuais são os celacantos, provavelmente teriam ocasionado o

surgimento dos animais de quatro pernas, os tetrápodes, grupo ao qual pertencem os anfíbios, os répteis, as aves e os mamíferos atuais. Assim, a partir dos ancestrais marinhos, alguns grupos invadiram a água doce enquanto outros se deslocaram para a terra.

Dentre as adaptações importantes para a ocupação do ambiente terrestre é correto citar

- A) a eliminação de excretas com elevado teor de água.
- B) a fecundação externa e a ausência de anexos embrionários.
- C) a presença de estruturas respiratórias externas, finas e úmidas.
- D) a pele com revestimento impermeável, com escamas e placas córneas.
- E) a presença de grande quantidade de tecido adiposo subcutâneo e o desenvolvimento larval.

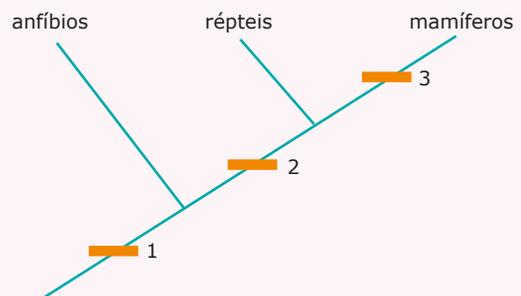
05. (UFRJ) Na história da conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados, os répteis apresentam soluções definitivas para alguns "problemas" que ainda mantinham os anfíbios dependentes do ambiente aquático. Entre as soluções dos répteis podemos citar: a pele queratinizada, o pulmão com maior superfície de trocas gasosas e a eliminação de catabólitos nitrogenados de baixa toxicidade e de baixa solubilidade.

Em relação à reprodução, cite duas conquistas evolutivas que conferiram aos répteis a independência do ambiente aquático.

06. (UERJ) Os répteis, assim denominados pelo hábito locomotor rastejante, chamam a atenção dos zoólogos pelo fato de apresentarem uma característica que não lhes é exclusiva, mas crucial para sua sobrevivência e que os permitiram desenvolver independência do meio aquático. Assinale essa característica.

- A) Pele resistente e impermeável.
- B) Presença de diafragma muscular.
- C) Embrião envolvido por uma estrutura chamada âmnio.
- D) Desvio sanguíneo entre os circuitos pulmonar e sistêmico.

07. (FAMERP-SP-2016) O cladograma apresenta uma hipótese simplificada sobre as prováveis relações evolutivas entre anfíbios, répteis e mamíferos. Os números indicam possíveis características adaptativas que surgiram durante a evolução desses grupos de animais.



- Os números 1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, a
- membros locomotores, embrião envolto por âmnio e pelos.
 - glândulas sudoríparas, pálpebras e esqueleto apendicular.
 - pulmões alveolares, coração tricavitário e embrião ligado ao alantoide.
 - mandíbula, glândulas sebáceas e esqueleto axial.
 - rins, bexiga natatória e medula espinhal.

- 08.** (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. 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 evolução de um sistema circulatório mais eficiente e completo potencializou a peclotermia.
- A excreção do ácido úrico como principal excreta dos répteis comprometeu seu sucesso em terra firme.
- O desenvolvimento de uma respiração pulmonar nos anfíbios complementou sua deficiente respiração cutânea e potencializou seu crescimento.
- A presença de uma atmosfera oxidante proporcionou o advento da respiração aeróbica nos vertebrados, no momento da conquista da terra firme.
- As características dos ovos dos répteis, quanto ao desenvolvimento dos seus anexos, representam aquisições que garantiram a conquista da terra firme pelos vertebrados.

- 09.** (UECE) Os tubarões são muito temidos e fazem parte de uma família muito antiga de animais. Os primeiros existiram antes dos dinossauros e hoje existem 380 espécies de tubarões distribuídas pelo mundo. Ao contrário do que muitos consideram sobre esses animais, os tubarões desempenham um papel crucial na limpeza dos oceanos, pois se alimentam de animais mortos e de refugos descartados por outros animais. São peixes cartilagosos e uma das suas características está nas suas escamas que são estruturas homólogas
- às escamas de peixes ósseos.
 - aos dentes dos outros cordados.
 - às penas das aves.
 - ao plastrão das tartarugas.

- 10.** (Mackenzie-SP-2016) Assinale a alternativa que apresenta a sequência mais provável para a evolução dos vertebrados.

A) Peixes → Anfíbios → Répteis → Aves → Mamíferos

B) Peixes → Anfíbios → Répteis → Aves → Mamíferos

C) Peixes → Anfíbios → Répteis → Aves → Mamíferos

D) Peixes → Anfíbios → Répteis → Aves → Mamíferos

E) Peixes → Anfíbios → Répteis → Aves → Mamíferos

- 11.** (PUC-Campinas-SP) Dinossauros chocando ovos participam de cenas em muitos filmes de ficção. Como esses animais eram répteis, pode-se afirmar corretamente que seus ovos

- possuíam uma casca porosa, impermeável a trocas gasosas.
- possuíam apenas dois anexos embrionários: cório e alantoide.
- eram centrolécitos.
- eram isolécitos.
- possuíam uma bolsa excretora, o alantoide.

- 12.** (UPE-2015) Observe os trechos da música a seguir:



**Quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?
Cocoricó**

Quem sabe me responde, quem não sabe advinha.
Quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?

...Quem acha que foi o ovo levanta a mão e canta assim.

Era uma vez um ovo... de repente, "creck-creck" se quebrou e lá de dentro saiu,... um bichinho amarelinho que comeu... cresceu... até se transformar... numa galinha.... A minha vida começou dentro de um ovo. Por isso eu canto assim: O ovo veio antes de mim.

Ah é? ...Mas quem colocou esse ovo que veio antes de você, hein? Uma galinha...

...Quem acha que foi a galinha levanta a mão, e canta assim.

Era uma vez uma galinha... que... pôs um ovo e delicadamente sentou em cima,... chocou, chocou, até que um dia, "creck-creck", ele quebrou.

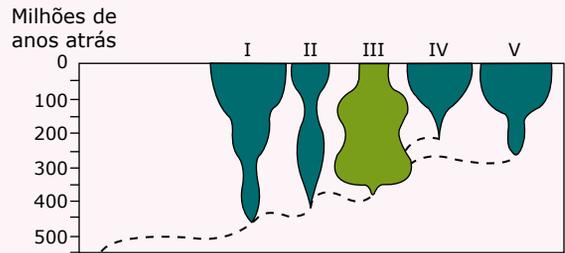
Daí pra frente a história continua ... Galinha que nasce do ovo que nasce da galinha, que nasce do ovo da galinha. Oh! Dúvida cruel. Quem pôs o primeiro ovo, ninguém sabe, ninguém viu...

Disponível em: <http://letras.mus.br/cocorico/1635028>

(Adaptação).

Em relação à pergunta da música, colocada em termos científicos “Quem surgiu primeiro na evolução dos vertebrados terrestres, o ovo ou as aves?”, é correto afirmar que

- A) os peixes punham ovos de dois tipos: centrolécito e telolécito amniótico; estes últimos permitiram a conquista da terra, por possuírem uma casca espessa; assim, o ovo veio primeiro.
- B) os anfíbios botavam ovos isolécitos amnióticos com casca e o suprimento líquido necessário para o desenvolvimento embrionário; assim, o ovo veio primeiro.
- C) os répteis surgiram com uma nova espécie de ovos telolécitos, contendo membranas embrionárias amnióticas complexas, que deixavam o ar entrar e sair, mas não a água; assim, o ovo veio primeiro.
- D) as aves sofreram mutação em seus ovos, passando de centrolécito para heterolécito do tipo amniótico e podiam ser postos em terra; assim as aves vieram primeiro.
- E) as aves desenvolveram ovos do tipo alécitos amnióticos, tornando possível o surgimento dos mamíferos, parentes próximos dessas, visto também serem homeotermos; assim, as aves vieram primeiro.



Com base na figura e em outros conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que

- A) o grupo IV corresponde à classe dos mamíferos, uma vez que esses animais surgiram antes das aves, grupo indicado pelo algarismo V.
- B) a respiração branquial é uma característica exclusiva dos representantes do grupo I.
- C) os tetrápodes estão representados pelos grupos II, III, IV e V.
- D) atualmente existem mais espécies de anfíbios do que de peixes.
- E) a independência do meio aquático para a reprodução e a conquista definitiva do ambiente terrestre surgiram com os representantes do grupo IV.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem) As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:
- A) Movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
 - B) Sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.
 - C) Aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.
 - D) Aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.
 - E) Recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.
- 02.** A figura a seguir representa a sequência evolutiva dos grandes grupos de vertebrados atuais dotados de mandíbulas, enumerados de I a V. A largura das áreas sombreadas indica o número relativo de espécies de cada grupo durante as diferentes eras e períodos geológicos.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. B
- 03. A
- 04. C
- 05. D

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. E
- 03. C
- 04. D
- 05. Fecundação interna e o ovo amniota (ovo com casca).
- 06. C
- 07. A
- 08. E
- 09. B
- 10. B
- 11. E
- 12. C

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Evolução Humana

Com base principalmente na paleontologia (estudo de fósseis), na comparação bioquímica entre diferentes espécies de seres vivos, na anatomia e embriologia comparadas, acredita-se que o homem, assim como todas as demais espécies de seres vivos, tenha surgido por meio do processo evolutivo. Embora muitos aspectos evolutivos do homem sejam bem conhecidos pela ciência atual, alguns são ainda desconhecidos. Algumas interrogações permanecem quando traçamos a linha evolutiva que culminou com o aparecimento dos primeiros seres humanos.

Para melhor compreendermos a evolução do homem, vamos recordar quais são as categorias taxonômicas básicas da nossa espécie.

Reino	Animalia ou Metazoa (Metazoários)
Filo	Chordata (Cordados)
Classe	Mammalia (Mamíferos)
Ordem	Primates (Primatas)
Família	Hominidae (Hominídeos)
Gênero	<i>Homo</i>
Espécie	<i>Homo sapiens</i>

Os primeiros mamíferos surgiram há cerca de 200 milhões de anos. Deles, por irradiação adaptativa, partiram diversas linhas evolutivas que deram origem a vários grupos de mamíferos, adaptados a diferentes condições ambientais. Há cerca de 60 milhões de anos (período Paleoceno da Era Cenozoica), uma dessas linhas evolutivas deu origem aos primeiros mamíferos primatas.

Graças a algumas características importantes, os primatas puderam explorar melhor o ambiente à procura de alimento e escapar com eficiência do ataque dos predadores. Entre essas características, destacamos:

- Cintura escapular, que permite ampla rotação e liberdade dos movimentos dos ombros e dos braços, tornando os membros superiores extremamente ágeis.
- Mão com dedo polegar oponível (capaz de se opor aos demais dedos num ângulo de 90°), permitindo agarrar objetos com mais facilidade, força e precisão.
- Olhos na posição frontal, com aperfeiçoamento da visão estereoscópica (de profundidade), permitindo ao cérebro calcular a que distância está o objeto. Essa visão em três dimensões foi de fundamental importância para a vida arborícola, na qual um salto mal calculado poderia ser fatal.

Além disso, a maioria das espécies tem na retina células denominadas cones, que possibilitam a visão das cores. A eficiência da visão dos primatas é muito maior quando comparada com a dos demais mamíferos.

- Presença de vários tipos de dentes (heterodontia), úteis ao consumo de diversos tipos de alimentos.
- Vida familiar e cuidado parental – Entre os mamíferos, os primatas são os que mais se dedicam aos cuidados com a prole. A maioria dos primatas tem um único filhote e cuida dele durante longo tempo.

Atualmente, a ordem dos primatas está subdividida em três subordens: a dos prossímios (palavra que significa “precursor de macaco”), a dos tarsiformes e a dos antropoides (*antro*, homem, e *oide*, parecido, semelhante).

Os prossímios, também chamados de primatas inferiores, são muito bem-adaptados à vida arborícola e foram os primeiros primatas. Surgiram há cerca de 60 milhões de anos. A maioria das espécies se extinguiu e, atualmente, está representada pelos lêmures. Os tarsiformes estão representados pelos társius.



Roland zhi / Creative Commons



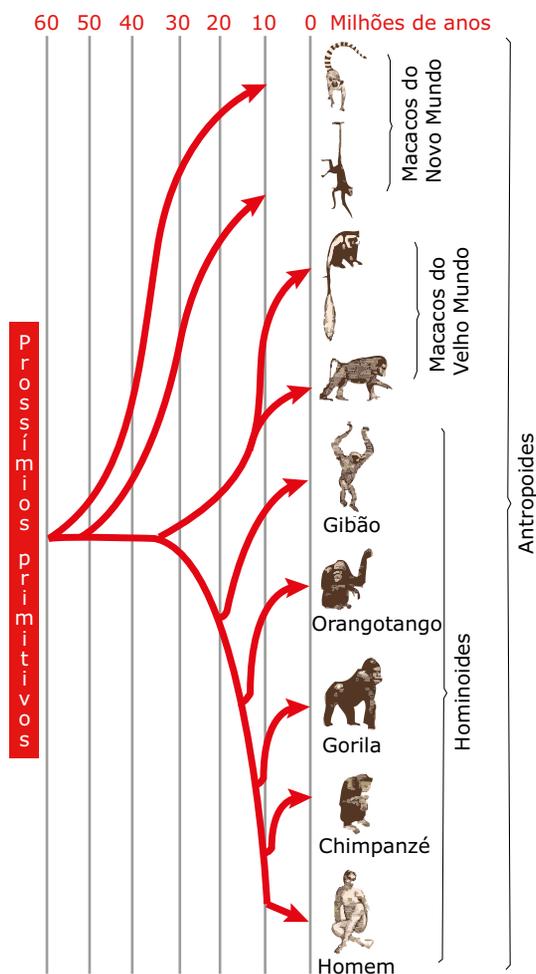
Pierzelkupp / Creative Commons

Lêmure (esquerda) e társio (direita) – Os lêmures vivem na África, na ilha de Madagascar e na Ásia tropical, e os társius são encontrados nas Índias Orientais e nas Filipinas.

Os antropoides, também chamados de primatas superiores, surgiram há cerca de 40 milhões de anos a partir de um grupo de prossímios. Possuem encéfalo maior, visão e córtex cerebral mais desenvolvidos do que os dos prossímios. Englobam os chamados macacos do Novo Mundo, os macacos do Velho Mundo e os hominoides.

Os macacos do Novo Mundo vivem nas florestas tropicais da América Central e da América do Sul. Possuem membros anteriores e posteriores alongados, o que facilita os movimentos nas árvores. Muitas espécies têm cauda preênsil (adaptada a agarrar, segurar). Saguis, micos, macaco-aranha e monarcovoeiros estão entre os representantes mais conhecidos.

Os macacos do Velho Mundo vivem em regiões tropicais da Ásia e da África. Algumas espécies são arborícolas e outras caminham no solo. Não têm cauda preênsil, sendo que alguns nem mesmo possuem cauda. Macaco *Rhesus*, mandril e babuínos são alguns representantes desse grupo.



Evolução dos primatas.

A superfamília Hominoidea (homínoides) engloba duas famílias: Hominidae e Hylobatidae. A família Hominidae engloba os gêneros *Pan* (chimpanzés), *Gorila* (gorilas), *Pongo* (orangotangos) e *Homo* (representada atualmente por uma única espécie viva: o *Homo sapiens*). A família Hylobatidae engloba o gênero *Hylobates* (gibões).

EVOLUÇÃO DO GÊNERO *HOMO*



O *Sahelanthropus tchadensis* é considerado o homínio mais antigo já encontrado. Possui a face prognata com arcos ciliares proeminentes e seu cérebro era menor do que o de um chimpanzé. No entanto, também possuía características semelhantes aos seres humanos atuais como coluna vertebral localizada na parte de baixo do crânio, diferenciando-o dos quadrúpedes, e caninos menores.

Seu bipedismo foi importante para a sobrevivência em habitats variados, tais como campos com vegetação aberta e florestas. Esse ancestral dos seres humanos teria vivido entre 7 e 6 milhões de anos em regiões da África Ocidental e Central.

Já o gênero *Australopithecus* ("macacos do sul"), hoje extinto, surgiu há cerca de 4,5 milhões de anos na África. Esses macacos mediam cerca de 1,20 m de altura, tinham maxilares proeminentes (face prognata), postura bípede e ereta. A anatomia de seus braços era similar à dos chimpanzés e gorilas, o que favorece a ideia de que ainda eram capazes de escalar árvores de forma eficiente, apesar de serem bípedes.

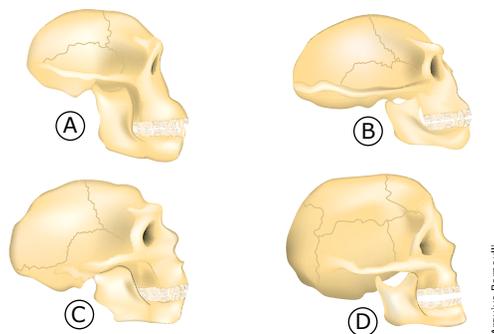
A capacidade craniana era em torno de 380 a 450 cm³ (cerca de três vezes menor do que a do homem atual). Não fabricavam instrumentos e viviam no campo aberto (savanas africanas).

O registro fóssil mostra que existiram diferentes espécies no gênero *Australopithecus*: *A. ramidus*, *A. afarensis*, *A. africanus*, *A. robustus*, *A. boisei*.

O esqueleto fóssil mais completo de um australopiteco ou australopitecino, de aproximadamente 3,5 milhões de anos, foi descoberto na Etiópia em 1974. Trata-se do esqueleto de uma jovem fêmea, pertencente à espécie *Australopithecus afarensis*, que ficou conhecida como "Lucy", porque no momento da descoberta o pesquisador estava ouvindo a música dos Beatles, "*Lucy in the sky with diamonds*".

Dos australopitecos partiu a linha evolutiva que deu origem aos representantes mais primitivos do gênero *Homo*, que, inclusive, foram contemporâneos de algumas espécies de australopitecos. Conviveram juntos talvez por meio milhão de anos.

Duas grandes mudanças acompanharam a evolução do gênero *Homo* a partir dos australopitecos: o aumento no tamanho do corpo e o aumento do volume craniano.



Arquivo Bernoulli

Volume do crânio de diferentes homínios – Perceba um aumento relativo do crânio em relação à diminuição do tamanho da face e do maxilar inferior. A. *Australopithecus africanus* – Possuíam uma capacidade craniana de 380 a 450 cm³, muito similar à de chimpanzés e gorilas atuais; B. *Homo erectus* – Tinham maxilares menos proeminentes do que o *H. habilis*. Suas pregas supraorbitares ou arcos supraciliares (protuberância óssea em torno das órbitas oculares) eram muito grandes e sua capacidade craniana tinha cerca de 850 a 1 000 cm³; C. *Homo neanderthalensis* – Tinham pregas supraorbitares proeminentes e maxilares salientes. Sua capacidade craniana era em torno de 1 450 cm³; D. Homem de Cro-Magnon (*Homo sapiens*) – Crânio arredondado, testa ampla com volume craniano, aproximadamente, de 1 350 cm³.

Os primeiros integrantes da linhagem *Homo* surgiram na África há cerca de 2 milhões de anos, e a espécie recebeu o nome de *Homo habilis* devido à sua habilidade de fabricar ferramentas rudimentares (de pedra lascada, quebrada de modo a ficar com uma borda afiada). Tais ferramentas foram encontradas junto aos seus fósseis. Provavelmente, essas ferramentas eram usadas para raspar e cortar alimentos. Tudo indica que, ao contrário dos australopitecos de hábitos vegetarianos, os *H. habilis* também incluíram a carne em sua alimentação. Possuíam um volume craniano maior do que o dos australopitecos. Viveu na África por mais de 500 mil anos.

Há cerca de 1,8 milhão de anos, surgiu o *Homo erectus*, provavelmente descendente do *H. habilis*. Tudo indica que foi o primeiro *Homo* a migrar e a ocupar diferentes continentes, uma vez que seus fósseis foram encontrados na África Oriental, na China (Homem de Pequim) e em Java (Homem de Java). Eram mais altos do que o *H. habilis*. Fabricavam ferramentas mais bem elaboradas, dotadas de cabos (machados de mãos) e com grande variedade de formatos. Vestiam-se com peles de animais, moravam em cavernas e já tinham o domínio do fogo (construíam fogueiras).

Alguns autores acreditam que, à medida que se expandia e aumentava em número, o *H. erectus* deve ter exterminado o *H. habilis*.

Por volta de 500 mil anos atrás, descendente do *H. erectus*, surge na Europa uma nova espécie: o *Homo heidelbergensis*. Os poucos achados fósseis dessa espécie sugerem que foi uma espécie grande e robusta.

Há cerca de 150 mil anos surge o *Homo neanderthalensis* (Homem de Neandertal). Receberam essa denominação porque os primeiros fósseis desse grupo foram encontrados na região de Neander, na Alemanha. Acredita-se que o *H. neanderthalensis* tenha evoluído a partir do *H. heidelbergensis*. Os neandertalenses viveram até cerca de 30 mil anos atrás. Sua maior concentração se deu na Europa, apesar de fósseis também terem sido encontrados em áreas da Ásia. Seus fósseis mostram que eram baixos e robustos, com capacidade craniana um pouco maior que a do homem moderno. Usavam ferramentas e armas elaboradas, indicando que deveriam ser bons caçadores. Provavelmente, já possuíam algum tipo de comunicação verbal, uma vez que a sua laringe era semelhante à do homem atual. Já possuíam um certo grau de cultura. Enterravam seus mortos com flores, roupas e utensílios supostamente pertencentes a eles. São também conhecidos como “homens das cavernas”. A espécie enfrentou períodos de mudanças nas condições climáticas do planeta (período de glaciação).



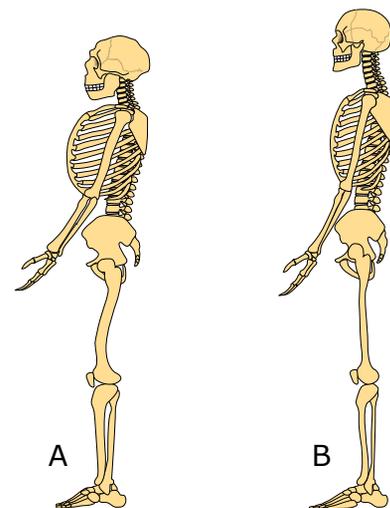
Evolução humana

Por meio desse objeto de aprendizagem, você terá acesso aos principais fósseis de homínídeos descritos até hoje, destacando-se os gêneros *Australopithecus* e *Homo*. Aproveite o objeto para conhecer mais sobre a evolução da nossa espécie. Bom estudo!



OBSERVAÇÃO

Durante muito tempo, o *H. neanderthalensis* foi considerado uma subespécie da espécie *Homo sapiens*, sendo denominado cientificamente como *Homo sapiens neanderthalensis*. Entretanto, estudos baseados em análise de DNA mitocondrial, recuperado a partir do osso de um neandertal, mostram significativas diferenças em relação ao DNA de seres humanos modernos e sugerem que os neandertalenses constituíram uma espécie separada do *H. sapiens*. Assim, há uma tendência entre os autores mais modernos de considerar o Homem de Neandertal e o homem moderno como sendo de espécies distintas. Nesse caso, então, os humanos modernos não seriam mais *Homo sapiens sapiens* (uma subespécie), mas sim *Homo sapiens*, uma espécie separada.



Reconstrução dos esqueletos de um Homem de Neandertal (A) e de um homem moderno (B) (redesenhado do livro de W. Le Gros Clark, *History of the Primates*, Trustees of the British Museum).

Na história evolutiva do homem, o *Homo sapiens* (homem moderno), espécie à qual pertencem os homens atuais, entrou em cena por volta de 100 mil ou 150 mil anos atrás. Seus primeiros fósseis foram encontrados na localidade de Cro-Magnon, na França, vindo daí o fato de serem conhecidos por homens de Cro-Magnon. Fabricavam ferramentas mais sofisticadas; além de pedras, utilizavam ossos e marfim para confeccionar pontas de lanças, arpões e anzóis para a pesca.

São responsáveis por uma série de trabalhos artísticos, como esculturas em marfim e pinturas nas paredes das cavernas, retratando animais, a caça e figuras humanas. Muitas dessas pinturas foram feitas com pigmentos minerais misturados à gordura animal.

Durante certo tempo, o *Homo sapiens* conviveu com o *Homo neanderthalensis*. Entretanto, há cerca de 30 000 anos, os neandertalenses desapareceram. Tal desaparecimento ainda é cercado de mistérios. Alguns acreditam que se extinguíram devido a guerras e competições com grupos de *H. sapiens*. Para outros especialistas, a extinção dos neandertalenses foi um fenômeno complexo, assim, não pode ser atribuída a uma única causa do tipo "humanos modernos os mataram". Outros fatores, como mudanças climáticas, podem ter contribuído para sua extinção.

Há cerca de 50 000 anos, o homem moderno já havia colonizado a Europa, a Ásia, a África e até a Austrália. Por volta de 15 000 a 40 000 anos atrás, grupos de humanos vindos da Ásia atravessaram o Estreito de Bering e chegaram ao continente americano.

Habitando diferentes regiões do planeta e sendo submetidas a diferentes pressões de seleção, as populações humanas se diversificaram geneticamente e morfologicamente, dando origem às diferentes etnias.

Há cerca de 10 000 anos, o homem deixou de ser apenas caçador. Desenvolveu a agricultura e passou a domesticar animais. O aumento da densidade populacional fez surgir as primeiras aldeias, as primeiras cidades e, conseqüentemente, as primeiras civilizações, com o desenvolvimento de diversas culturas. A partir daí, o homem começou a modificar o meio em que vive e a influenciar o futuro da sua e de outras espécies.



Jornada do conhecimento biológico – genética e evolução

Esse objeto de aprendizagem é um jogo de tabuleiro que se propõe a abordar diferentes temáticas, tais como evolução dos vertebrados, herança dos grupos sanguíneos, evolução do homem, clonagem e biotecnologia, especiação, origem da vida e evolução do metabolismo energético. Com ele, você terá a oportunidade de revisar esses variados assuntos de forma lúdica e divertida. Tenha um excelente jogo!



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (FUVEST-SP) Pesquisadores descobriram na Etiópia fósseis que parecem ser do mais antigo ancestral da humanidade. Como a idade desses fósseis foi estimada entre 5,2 e 5,8 milhões de anos, pode-se dizer que esses nossos ancestrais viveram
- em época anterior ao aparecimento dos anfíbios e dos dinossauros.
 - na mesma época em que os dinossauros e antes do aparecimento dos anfíbios.
 - na mesma época que os dinossauros e após o aparecimento dos anfíbios.
 - em época posterior ao desaparecimento dos dinossauros, mas antes do surgimento dos anfíbios.
 - em época posterior ao surgimento dos anfíbios e ao desaparecimento dos dinossauros.
- 02.** (UFPE) Em relação à evolução do homem, indique as proposições corretas.
- O gênero *Homo* tem como ancestrais os australopitecos.
 - Os primeiros homens anatomicamente idênticos ao homem atual, provavelmente, surgiram há mais de 500 000 anos.
 - Todos os fósseis atribuídos a ancestrais do homem são de gêneros diferentes.
 - O desenvolvimento da capacidade de comunicação propiciou a evolução cultural.
 - O *Homo sapiens* se relaciona estreitamente com chimpanzés e gorilas.
- 03.** (UFG-GO) Julgue os itens a seguir como verdadeiros (V) ou falsos (F).
O processo evolutivo da espécie humana não é totalmente conhecido pela ciência, porém sabe-se que o *Homo sapiens*
- viveu numa atmosfera primitiva rica em metano, submetida a altas temperaturas e com muitas descargas elétricas.
 - tem sua origem explicada pela teoria da geração espontânea ou abiogênese.
 - é um eucarionte, heterótrofo, com digestão extracelular e circulação dupla, completa e fechada.
 - possui capacidade diferente de se adaptar às condições impostas pelo ambiente.
- 04.** (UFRGS-RS) Algumas características facilitaram a saída das florestas e a ocupação de campos e savanas aos ancestrais da espécie humana.
Considere as afirmações sobre essas características.
- A postura ereta liberou as mãos para executar outras funções não relacionadas ao deslocamento.
 - A gradativa redução do volume do crânio facilitou o deslocamento mais rápido em ambientes abertos.
 - A arcada dentária com a disposição dos dentes em U, com caninos reduzidos, favoreceu a exploração de maior variedade de alimentos.
- Quais estão corretas?
- Apenas I.
 - Apenas II.
 - Apenas III.
 - Apenas I e III.
 - I, II e III.

05. (UFPR) Admite-se que, há cerca de 5 milhões de anos, a linha evolutiva da qual se originou a espécie humana separou-se da dos demais macacos (chimpanzés e gorilas). A revista *Veja* de 17 de julho de 2002 comenta que, nos limites do deserto do Saara, foi descoberto um hominídeo com cerca de 7 milhões de anos. Tal achado fóssil desloca para trás essa divergência evolutiva em cerca de, pelo menos, 1 milhão de anos. Surpreende também por revelar que o crânio desse hominídeo, batizado de *Sahelanthropus tchadensis*, apresenta características quase idênticas às dos chimpanzés no formato e no tamanho (parte posterior), associadas com características só encontradas em ancestrais humanos mais recentes, tais como o *Homo habilis*, os quais apresentam menor projeção da mandíbula e sobrolhos bem marcados. Esses estudos permitem reavaliar e entender melhor certos ramos da evolução humana repensando o raciocínio básico sobre a evolução das espécies, que interpreta que fósseis recentes refletem também estágios evolutivos mais recentes.

Sobre o tema, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

01. O *Homo habilis*, que surgiu de uma espécie de *Australopithecus*, viveu na África por mais de 500 mil anos e foi o primeiro hominídeo a usar instrumentos para fins específicos.
02. Os *Australopithecus*, que viveram na África entre 3,8 e 3,5 milhões de anos atrás, encontram-se extintos.
04. As espécies *afarensis*, *africanus* e *robustus* pertencem ao gênero *Homo*.
08. Os *Australopithecus* viviam nas savanas africanas, exibiam posição ereta e possuíam cérebro pouco maior que o dos chimpanzés.
16. Acredita-se que os primeiros humanos – *Homo sapiens* – surgiram há pouco mais de 100 mil anos, a partir de um grupo populacional de *Homo erectus*.

Soma ()

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Unesp–2017) Leia a transcrição da notícia dada pela apresentadora de um programa de variedades da televisão brasileira.

No fim de semana passado uma criança caiu dentro da jaula de um gorila no zoológico de Cincinatti, nos Estados Unidos. Para salvar a criança, o animal foi morto com um tiro. [...] Apesar de trágico, o episódio trouxe à tona o interesse pelo comportamento desses ancestrais que são tão próximos dos humanos.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/fantástico,05.06.2016>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

Na frase que encerra essa notícia, a apresentadora faz duas afirmações: que os gorilas são ancestrais dos humanos e que há proximidade entre essas espécies.

A afirmação sobre os gorilas serem ancestrais dos humanos está correta? Justifique sua resposta apresentando um argumento fundamentado na biologia evolutiva que indique se está certa ou se está errada. No que se refere à segunda afirmação, explique, considerando os dados sobre parentesco genético obtidos pela biologia molecular, o que significa dizer que essas duas espécies são próximas.

- 02.** (PUC Rio) O movimento de pessoas na Terra tem aumentado constantemente. Isto tem alterado o curso da evolução humana, pois possibilita o aumento de:
 - A) acasalamento não aleatório.
 - B) isolamento geográfico.
 - C) deriva genética.
 - D) mutações.
 - E) fluxo de genes.

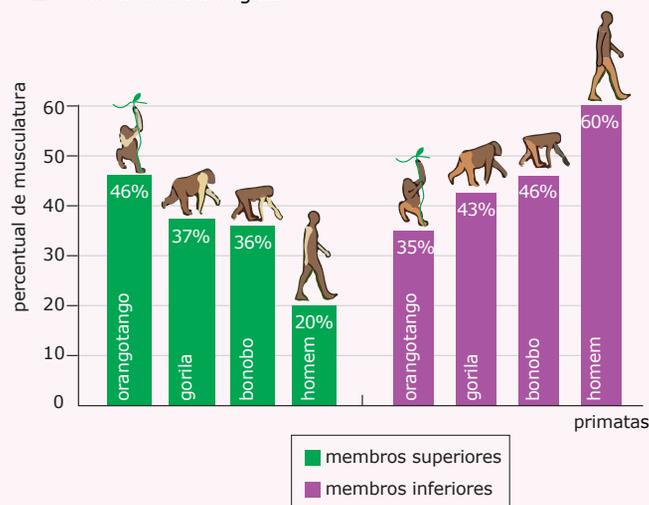
03. (PUC RS)



Em 1861, a sociedade não aceitou a proposta de Darwin, a qual sugeria que

- A) os homens seriam mais evoluídos que os macacos.
- B) os homens e os macacos possuiriam um ancestral comum.
- C) os macacos poderiam vir a ser homens ao longo da evolução.
- D) os macacos derivariam de hominídeos.
- E) os macacos atuais seriam descendentes de homens.

04. (UERJ–2017) No processo evolutivo de algumas espécies de primatas, destacam-se diferentes formas de movimentação e de distribuição da musculatura, conforme se observa a seguir.

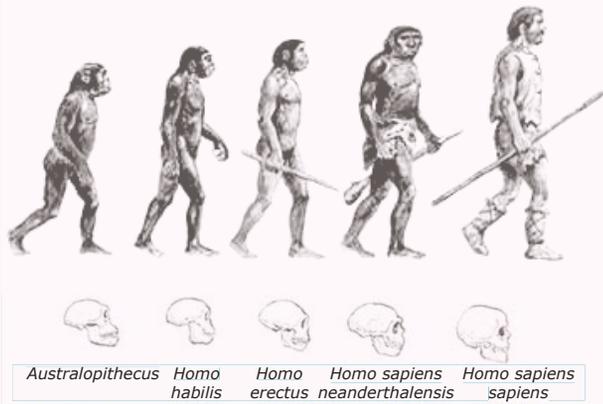


Disponível em: <pnas.org> (Adaptação).

Em relação aos demais primatas, a diferença na distribuição da musculatura da espécie humana favoreceu a seguinte atividade:

- A) Ocupação das árvores
- B) Alimentação herbívora
- C) Locomoção quadrúpede
- D) Manipulação de objetos

05. (CEFET-MG) Observe a figura seguinte.



Ao longo do processo evolutivo da espécie humana, percebe-se o aumento da(o)

- A) massa muscular.
- B) habilidade manual.
- C) tamanho da mandíbula.
- D) comprimento dos membros.
- E) quantidade de pelos corporais.

06. (FUVEST-SP) Há três milhões de anos, os ancestrais dos seres humanos ainda passavam grande parte de suas vidas nas árvores. Mas, de acordo com um novo estudo, é possível que naquela época eles já caminhassem como bípedes. Há mais de 30 anos foi descoberto em Laetoli, na Tanzânia, um rastro de pegadas fósseis depositadas há 3,6 milhões de anos e preservadas em cinzas vulcânicas. A importância dessas pegadas para o estudo da evolução humana tem sido intensamente debatida desde então. As pegadas, que mostravam clara evidência de bipedalismo – a habilidade para caminhar na posição vertical –, haviam sido produzidas, provavelmente, por indivíduos da única espécie bípede que vivia naquela área na época: os *Australopithecus afarensis*. Essa espécie inclui Lucy, um dos fósseis de homínídeos mais antigos encontrados até hoje e cujo esqueleto é o mais completo já conhecido.

FAPESP, 23 mar. 2010.

Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/boletim/22032010>>. Acesso em: 01 jul. 2010 (Adaptação).

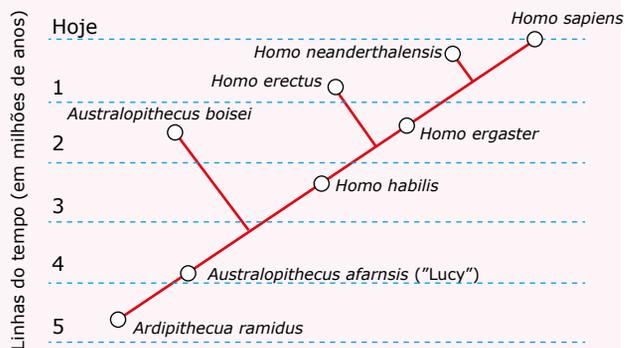
De acordo com o texto,

- A) as pegadas fósseis encontradas na Tanzânia eram de indivíduos da espécie *Homo sapiens*.
- B) o homem evoluiu a partir de macacos que viviam em árvores.
- C) os *Australopithecus afarensis* caminhavam na posição vertical.
- D) Lucy é o mais antigo fóssil da espécie *Homo sapiens* já encontrado.
- E) Lucy e os da sua espécie não tinham habilidade para caminhar na posição vertical.

07. (PUC Minas) Árvores filogenéticas são diagramas elaborados com dados de anatomia, embriologia e biologia molecular comparadas, além de informações derivadas do estudo de fósseis. Mostram a hipotética origem de espécies a partir de supostas espécies ancestrais. Essas “árvores filogenéticas” representam a história evolutiva dos grupos que são comparados, além de sugerir uma provável época de origem para cada espécie (especiação).

A ESPECIAÇÃO é um processo que ocorre ao longo do tempo, produzindo alterações numa espécie que a transformam numa outra (ANAGÊNESE) ou um processo através do qual uma espécie diverge para se tornar em outras duas ou mais espécies (CLADOGÊNESE).

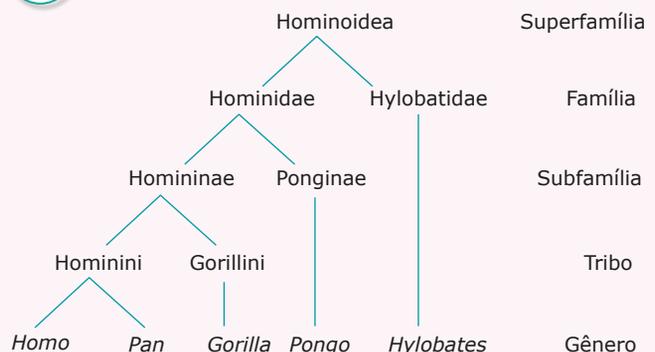
A figura a seguir apresenta uma possível árvore filogenética, que conduziu ao homem atual.



Analisando-se as informações, é correto afirmar que

- A) todos os membros da família Hominidae, representados na filogenia anterior, evoluíram por anagênese a partir de primatas primitivos.
- B) o gênero *Australopithecus* não pode ser considerado ancestral do homem atual, pois foi extinto com a espécie *A. boisei*.
- C) *Homo sapiens* e *Homo neanderthalensis* trocavam genes deixando descendência fértil até que se separaram por anagênese.
- D) os gêneros *Australopithecus* e *Homo* coabitaram a Terra durante considerável período de tempo.

08. (Unicamp-SP-2017) O cladograma a seguir representa relações evolutivas entre membros da superfamília Hominoidea, onde se observa que



- A) homens e gibões (Hylobatidae) não possuem ancestral comum.
- B) homens, gorilas (*Gorilla*) e orangotangos (*Pongo*) pertencem a famílias diferentes.
- C) homens, gibões e chimpanzés (*Pan*) possuem um ancestral comum.
- D) homens, orangotangos (*Pongo*) e gibões (Hylobatidae) são primatas pertencentes à mesma família.

09. (PUC RS)



“Venho tentando traçar meus ancestrais, mas, depois de duas gerações, eles viram outra espécie.”

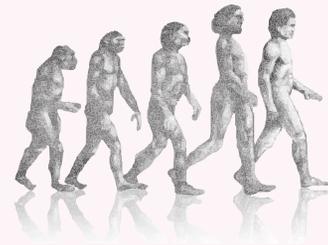
HARRIS, Sidney. *A Ciência Ri*. São Paulo: Editora Unesp, 2007 (Adaptação).

Considerando o processo evolutivo que deu origem ao *Homo sapiens*, como espécie, a ordem correta de aparecimento dos grupos ancestrais, do mais antigo ao mais recente, foi

- A) *Australopithecus afarensis*, *Homo habilis* e *Homo erectus*.
- B) *Australopithecus afarensis*, *Homo erectus* e *Homo habilis*.
- C) *Australopithecus anamensis*, *Homo erectus* e *Homo habilis*.
- D) *Australopithecus anamensis*, *Homo neanderthalensis* e *Homo habilis*.
- E) *Australopithecus anamensis*, *Homo neanderthalensis* e *Homo erectus*.

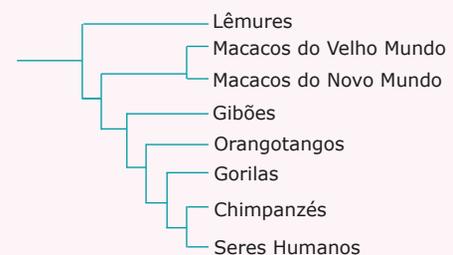
- 10.** (UEL-PR) Muitas vezes, o processo de evolução por seleção natural é alvo de interpretações distorcidas. E quando o assunto é a evolução humana, a distorção pode ser ainda maior, pois o *Homo sapiens* é apresentado como o ápice do desenvolvimento. As ilustrações mais conhecidas da evolução estão todas direcionadas no sentido de reforçar uma cômoda concepção da inevitabilidade e da superioridade humanas. A principal versão dessas ilustrações é a série evolutiva ou escada de progresso linear. Esse avanço linear ultrapassa os limites das representações e alcança a própria definição do termo evolução: a palavra tornou-se sinônimo de progresso. A história da vida não é uma escada em que o progresso se faz de forma previsível e sim um arbusto ramificado e continuamente podado pela tesoura da extinção.

GOULD, S. J. *Vida maravilhosa: o acaso na evolução e a natureza da história*. São Paulo: Companhia das Letras, 1989. p. 23-31 (Adaptação).



GOULD, S. J. *Vida Maravilhosa: o acaso na evolução e a natureza da história*. São Paulo: Companhia das Letras, 1989. p. 27 (Adaptação).

A árvore filogenética, representada na figura a seguir, é construída com base nas comparações de DNA e proteínas.



Árvore Filogenética

Com base na análise dessa árvore filogenética, assinale a alternativa correta.

- A) O grupo formado pelos lêmures é o mais recente, porque divergiu há mais tempo de um ancestral comum.
- B) Os chimpanzés apresentam maior proximidade filogenética com os gorilas do que com os humanos.
- C) Os gorilas compartilham um ancestral comum mais recente com os gibões do que com o grupo formado por chimpanzés e seres humanos.
- D) Os gorilas são os ancestrais comuns mais recentes do grupo formado por chimpanzés e seres humanos.
- E) Os macacos do Velho Mundo e do Novo Mundo apresentam grande proximidade filogenética entre si.

- 11.** (UFSC-2017) Foto da reprodução exposta no Museu de História Natural de Chicago do mais famoso fóssil do gênero *Australopithecus*, batizado de Lucy por seu descobridor, o paleontólogo Raymond Dart. Segundo artigo publicado na revista científica *Nature* (2016, v. 537), um grupo de cientistas descobriu a possível causa de sua morte: múltiplas fraturas decorrentes da queda de uma árvore.



Disponível em: <<https://p2.trsf.com/image/fget/940/0/images.terra.com/2016/08/29/lucygetty.jpg>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

Com base nos conhecimentos sobre a evolução humana, é correto afirmar que:

- 01. O gênero *Australopithecus* constitui um grupo ancestral dos grandes símios (gorilas, gibões e chimpanzés).
- 02. Segundo estudos recentes, seu *habitat* eram as florestas tropicais da América do Sul.
- 04. Acredita-se que esse gênero era capaz de se locomover de forma ereta ou semiereta, apoiando-se nos membros inferiores.
- 08. Estima-se que os primeiros representantes desse gênero surgiram há aproximadamente vinte mil anos.

Soma ()

12. (UERJ) O *Homo sapiens* deve ter surgido há cerca de 200 mil anos. Sua capacidade intelectual, porém, parece ter evoluído pouco durante 130 mil anos. Há 70 mil anos, conforme propõem alguns pesquisadores, uma catástrofe natural teria provocado grandes alterações climáticas, responsáveis pela quase extinção da espécie. Registros fósseis de cerca de 50 mil anos sugerem um crescimento do intelecto dos descendentes dos indivíduos que sobreviveram, manifestado por interesse artístico, grande criatividade e capacidade de comunicação, que são características do homem moderno. Poder-se-ia, supor, assim, que o clima adverso teria favorecido o desenvolvimento da capacidade intelectual do *Homo sapiens*.

Indique o mecanismo evolutivo descrito e explique a sua atuação.

13. (UEPG-PR-2015) Com relação à evolução da linhagem humana, assinale o que for correto.

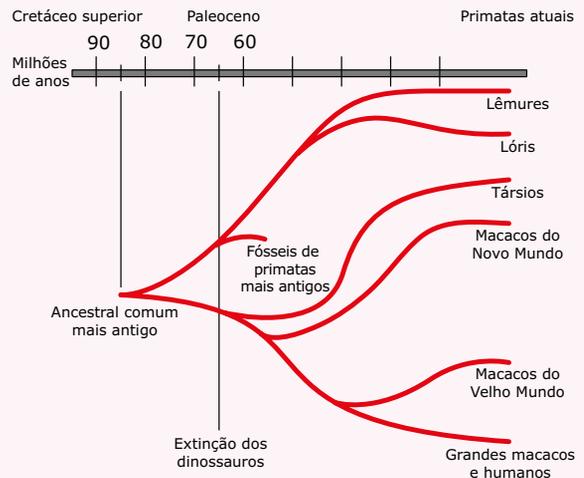


- 01. Entre os possíveis ancestrais da linhagem dos homínídeos estão os australopitecos. Eles viveram nas savanas africanas de 4,2 milhões a 1,4 milhão de anos atrás.
- 02. A espécie *Australopithecus afarensis* viveu entre 3,8 milhões e 2,9 milhões de anos, com tamanho de cérebro semelhante ao do chimpanzé, mas com dentes e ossos da perna parecidos com os da espécie humana, além de apresentar postura ereta.
- 04. A partir dos australopitecos podem ter se diferenciado os primeiros representantes do gênero *Homo*, os quais possuíam, entre outras diferenças, corpo e cérebro maiores.
- 08. As evidências fósseis indicam que houve um aumento expressivo do volume craniano e tamanho do encéfalo da espécie *Homo erectus* durante o período em que ele existiu.
- 16. A passagem da vida semiarborícola dos australopitecos e a adaptação à forma de locomoção bípede dos diferentes grupos de *Homo* exigiu seleção para formas mais aptas no esqueleto e dentição.

Soma ()

SEÇÃO ENEM

01. (Enem) Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas elaborado por matemáticos e biólogos. Nesse modelo, o grupo de primatas pode ter tido origem quando os dinossauros ainda habitavam a Terra, e não há 65 milhões de anos, como é comumente aceito.



Examinando essa árvore evolutiva, podemos dizer que a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos ocorreu há aproximadamente

- A) 10 milhões de anos.
- B) 40 milhões de anos.
- C) 55 milhões de anos.
- D) 65 milhões de anos.
- E) 85 milhões de anos.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. A, D e E
- 03. F F V V
- 04. D
- 05. Soma = 27

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. Errada. Os gorilas e os seres humanos compartilham uma espécie ancestral comum que deu origem a essas duas linhagens evolutivas, de forma que o gorila não pode ser um ancestral do *Homo sapiens*. As duas espécies são evolutivamente próximas devido à ancestralidade comum que existe entre elas. Isso implica um alto grau de similaridade genética (aproximadamente 98%) que permite concluir tal parentesco evolutivo.
- 02. E
- 03. B
- 04. D
- 05. B
- 06. C
- 07. D
- 08. C
- 09. A
- 10. E
- 11. Soma = 04
- 12. Seleção natural. A maior capacidade do intelecto foi uma característica selecionada positivamente pelas adversidades climáticas, permitindo a sobrevivência e o sucesso reprodutivo das linhagens que a possuíam, em detrimento das que não possuíam essa característica, aumentando a frequência desse traço nas populações, de forma que fosse compartilhado evolutivamente por linhagens posteriores.
- 13. Soma = 31

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %