

FISIOLOGIA HUMANA: DIGESTÃO, RESPIRAÇÃO, CIRCULAÇÃO DO SANGUE E EXCREÇÃO

FCAFOTODIGITAL/GETTY IMAGES



A boa alimentação, que combina os alimentos de que necessitamos, é uma condição essencial à boa saúde.

“Conhecer a si mesmo” é uma sábia recomendação, em todos os sentidos. Entender nosso corpo permite que possamos cuidar melhor da saúde. É importante lembrar que cabe a cada um de nós adotar hábitos cotidianos saudáveis. Para isso, devemos ter em mente que o organismo humano depende do funcionamento integrado de todos os sistemas corporais.

Conhecer e compreender o funcionamento do corpo humano nos ajuda a tomar atitudes mais harmoniosas e saudáveis.

Uma pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) comparou os hábitos alimentares do brasileiro nos anos 2002-2003 com os dos anos 1974-1975. Esse estudo revelou algumas melhorias nutricionais, como a queda em 25% no consumo de açúcar refinado *in natura*. Outro produto que passou a ser menos consumido foi o toucinho *in natura*, com redução de 75%. Entretanto, houve aumento de mais de 60% no consumo de alimentos embutidos, como presuntos, salsichas e linguiças, que contêm muita gordura e conservantes. O consumo de verduras, legumes e frutas, por sua vez, não se alterou, mantendo-se em menos da metade do que é recomendado pelos nutricionistas.

O IBGE fez uma pesquisa semelhante no período de 2008-2009 e constatou que a porcentagem de brasileiros com excesso de peso, que em 1974 era de 18,5%, quase triplicou em 2009, passando para 50,1%. E que a porcentagem de pessoas com obesidade, no mesmo período, saltou de 2,8% para 12,4%, o que corresponde a um aumento de mais de 4 vezes.

A Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico de 2018 (Vigitel 2018), divulgada em 24 de julho de 2019 pelo Ministério da Saúde, mostrou que a taxa de obesidade no país passou de 11,8% para 19,8% entre 2006 e 2018, um aumento de 67,8%.

Neste capítulo, além de alguns aspectos da nutrição humana, vamos estudar quatro sistemas corporais humanos: digestório, respiratório, cardiovascular e urinário. Nossa foco é conhecer os aspectos básicos de nossa anatomia e de nossa fisiologia, o que certamente contribuirá para que cuidemos melhor da saúde. Embora os médicos sejam os profissionais mais capacitados a nos orientar sobre a nossa saúde, cabe a cada um de nós adotar hábitos diários que ajudem a nos manter saudáveis.

De olho na BNCC:

- EM13CNT202
- EM13CNT207
- EM13CNT302
- EM13CNT303
- EM13CHS102

1. A nutrição humana

Nutrição pode ser definida como o conjunto de processos que vão desde a ingestão do alimento até sua assimilação pelas células.

Os tipos e as quantidades de alimento que ingerimos compõem nossa **dieta**. Chama-se **dieta balanceada** a combinação de alimentos que fornece a uma pessoa adulta a quantidade de energia de que ela necessita – entre 2.000 e 3.000 kcal/dia, dependendo do nível de atividade da pessoa – distribuída entre 50% e 60% de glicídios, 25% e 35% de gorduras e 15% e 25% de proteínas. A quantidade mínima de alimentos necessários a uma pessoa adulta, denominada **dieta protetora**, equivale a 1.300 kcal/dia, em média; se a pessoa ingerir menos calorias que esse limite, tenderá a apresentar sintomas de subnutrição (Fig. 1).

Nosso organismo é capaz de sintetizar boa parte das substâncias de que necessita, utilizando para isso a matéria-prima obtida dos alimentos. Entretanto, há substâncias orgânicas de que precisamos, mas que nosso metabolismo não é capaz de produzir, como os aminoácidos essenciais e as vitaminas.

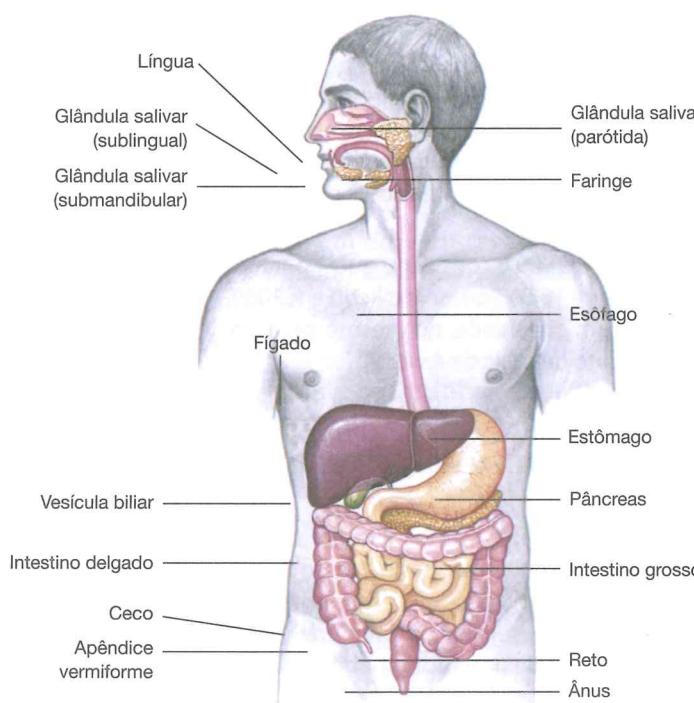
Vitaminas são substâncias orgânicas necessárias ao metabolismo em quantidades relativamente pequenas, mas que nosso organismo não consegue produzir. Por isso, elas têm que ser obtidas da dieta. A maioria das vitaminas atua como fatores acessórios (cofatores) de reações químicas catalisadas por enzimas. Se faltarem certas vitaminas, a atividade das enzimas que as utilizam como cofatores é prejudicada, com consequências negativas para a atividade celular. Doenças decorrentes da carência de vitaminas são chamadas genericamente de **avitaminoses**.

O sistema digestório e suas funções

O **sistema digestório**, ou sistema digestivo, é comparável a uma linha de desmontagem de alimentos, o que permite extraír deles diversos nutrientes e fornecer a matéria-prima e a energia necessárias à vida de nossas células.

A digestão humana começa na boca, com o trabalho de mastigação do alimento e a ação de enzimas da saliva sobre ele. O processo de digestão continua no trajeto que o alimento faz pelo tubo digestório, encerrando-se no intestino, onde ocorre a maior parte da absorção dos produtos úteis gerados no processo digestivo (Fig. 2).

ILUSTRAÇÃO: JURANDIR RIBEIRO



MAURO FERMARIELLO/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOPAIXÃO

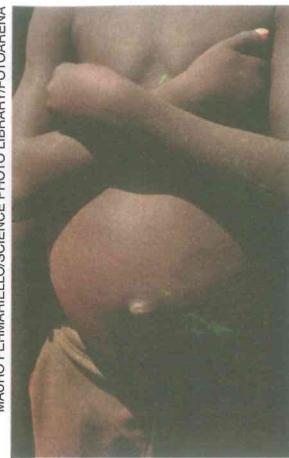


Figura 1 Criança com *kwashiorkor*, quadro de desnutrição que se caracteriza pelo grande inchaço no abdome e prejuízos ao desenvolvimento do sistema nervoso; deve-se ao desmame precoce e a dietas pobres em aminoácidos essenciais (Uganda, 2006).

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Nesta atividade você vai pesquisar duas avitaminoses que acometiam os marinheiros da época das navegações a vela, que passavam meses no mar: o escorbuto e o beribéri. converse também com seus professores de Geografia e História, que podem ajudá-lo em sua pesquisa. Pergunte a eles se têm notícias de avitaminoses entre os negros escravizados. Seu desafio é conhecer as causas e os sintomas dessas avitaminoses. Pesquise em livros e na internet, finalizando seu trabalho com um texto que responda às questões propostas e eventualmente acrescente informações de interesse.

Figura 2 Representação esquemática dos componentes do sistema digestório humano. Na digestão, o alimento percorre um tubo com cerca de 9 metros de comprimento ao qual há glândulas associadas, como as glândulas salivares, o pâncreas e o fígado. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Atividade em grupo

É possível perceber o peristaltismo intestinal, que às vezes nos surpreende com os ruídos causados pelo deslocamento de gases e fezes em formação. Em certas situações de defesa contra infecções intestinais, por exemplo, o peristaltismo se acentua, e as ondas peristálticas podem ser dolorosas, causando as cólicas intestinais. Situações com forte conteúdo emocional também podem causar cólicas. Forme um grupo com colegas para pesquisar o tema. Inicie entrevistando pessoas que você conhece e que poderiam recomendar "chazinhos" bons para cólicas. Se possível, entreviste algum médico. Será que esses remédios populares funcionam? Anote, grave ou filme as entrevistas e pesquise junto a médicos e na internet as substâncias presentes nesses chás para cólicas. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.) Escreva um texto objetivo a respeito reunindo experiências pessoais ou outras informações de interesse.

Na boca, o alimento é mastigado e triturado ao mesmo tempo que é misturado com a saliva, uma solução aquosa de consistência viscosa e grau de acidez (pH) próximo do neutro, em torno de 6,7. A mastigação, que reduz os alimentos a pedaços menores, pode ser considerada uma digestão mecânica, que inicia o processo digestivo. Essa é a condição ideal para a ação da **amilase salivar**, ou ptilalina, a principal enzima da saliva, produzida pelas **glândulas salivares** e que dá início ao processo químico da digestão, hidrolisando moléculas de amido e de glicogênio, que se transformam nas do dissacarídeo maltose.

O bolo alimentar é deglutido e segue pelo esôfago em direção ao estômago, impulsionado por movimentos rítmicos de contração da musculatura da parede esofágica, as chamadas **ondas peristálticas**, ou peristaltismo. No estômago, o bolo alimentar se mistura com o **suco gástrico**, secretado por **glândulas estomacais** e constituído por ácido clorídrico, enzimas e muco. O pH no estômago é fortemente ácido, em torno de 2, o que favorece a ação das enzimas presentes no suco gástrico.

O alimento costuma ficar no estômago geralmente entre uma e quatro horas, onde se transforma em uma massa acidificada semilíquida denominada **quimo**, que aos poucos vai passando para o intestino delgado pelo piloro, região guarnevida por um esfíncter (anel) muscular que regula a passagem do quimo.

O intestino delgado apresenta três regiões diferenciadas: o **duodeno**, que se liga ao estômago e mede cerca de 25 cm de comprimento; o **jejuno**, com cerca de 4,5 m, e o **ileo**, com cerca de 1,5 m. O quimo é digerido predominantemente no duodeno e nas primeiras porções do jejuno pelo **suco entérico** (ou suco intestinal), que contém enzimas produzidas pela parede intestinal, e pelo **suco pancreático**, produzido pelo pâncreas. O suco pancreático contém bicarbonato de sódio (NaHCO_3), que neutraliza a acidez do quimo e eleva o pH do conteúdo intestinal a valores em torno de 8 a 8,5, condição necessária para a atuação das enzimas dos sucos intestinal e pancreático (Tab. 1).

TABELA 1 PRINCIPAIS ENZIMAS DIGESTIVAS HUMANAS

SUCO DIGESTIVO	ENZIMAS	pH ÓTIMO	SUBSTRATOS	PRODUTOS
Saliva	Amilase salivar	Neutro	Polissacarídos	Maltose e glicose
Suco gástrico	Pepsina Renina	Ácido Ácido	Proteínas Caseína solúvel	Peptonas Caseína insolúvel
Suco pancreático	Quimotripsina Tripsina Amilopsina Ribonuclease Desoxirribonuclease Lipase Carboxipeptidase Aminopeptidase	Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino	Proteínas e peptonas Proteínas e peptonas Polissacarídos RNA DNA Lipídios Oligopeptídios Oligopeptídios	Oligopeptídios Oligopeptídios Maltose e glicose Nucleotídios Nucleotídios Ácidos graxos e glicerol Aminoácidos Aminoácidos
Suco entérico	Dipeptidase Maltase Sacarase Lactase a-Aminopeptidase Glicoamilase	Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino Alcalino	Dipeptídios Maltose Sacarose Lactose Dipeptídios, tripeptídios e oligopeptídios Oligossacarídos	Aminoácidos Glicose Glicose e frutose Glicose e galactose Aminoácidos Monossacarídos

Outra secreção que atua no duodeno é a **bile**, produzida no **fígado** e armazenada na **vesícula biliar**. A bile tem consistência aquosa, cor esverdeada e não apresenta enzimas digestivas; ela contém **sais biliares**, que emulsionam os lipídios, transformando grandes gotas de óleos e gorduras em gotículas microscópicas, o que facilita a ação da enzima **lipase**, presente no suco pancreático.

A superfície interna do intestino delgado é intensamente pregueada, com milhões de pequenas dobras, denominadas **vilosidades intestinais**. As próprias células do epitélio intestinal têm suas membranas pregueadas, com dobras microscópicas, denominadas **microvilosidades**. Esse pregueamento aumenta significativamente a área de contato com os nutrientes e, consequentemente, proporcionam maior eficiência na absorção (Fig. 3).

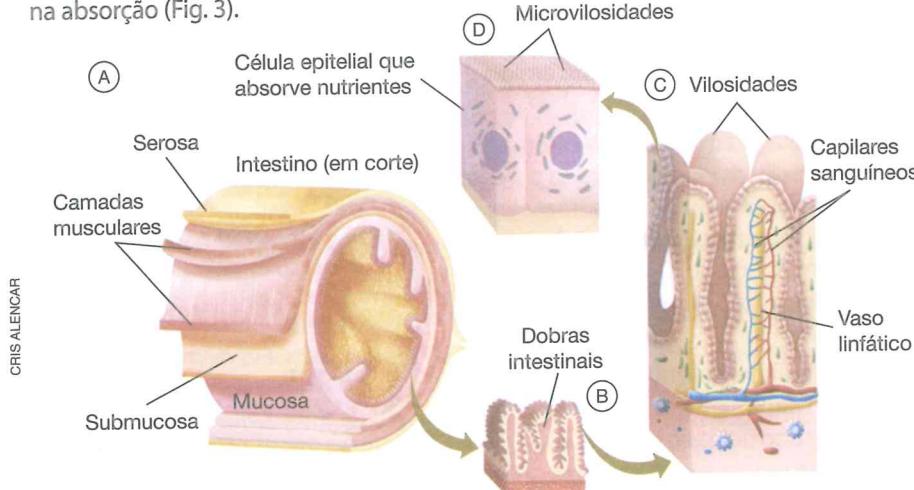


Figura 3 Representações esquemáticas de diversos níveis estruturais da parede do intestino delgado. (A) Camadas de tecidos que formam a parede intestinal. (B) Detalhe das dobras da mucosa intestinal. (C) Detalhes das vilosidades intestinais. (D) Detalhe de células do epitélio intestinal mostrando as microvilosidades. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Os nutrientes resultantes da digestão dos alimentos são absorvidos pelas células intestinais e transferidos para a circulação sanguínea e linfática adjacente, que se encarrega de distribuí-los a todas as células do corpo. Restos inaproveitáveis seguem para o intestino grosso, onde se transformam em fezes, as quais costumam apresentar cor escura devida a pigmentos provenientes da bile. As fezes contêm aproximadamente 75% de água e 25% de matéria sólida. Cerca de 70% da parte sólida, por sua vez, são sais, fibras de celulose e componentes não digeridos; os 30% restantes compõem-se de bactérias. Esses microrganismos são constituintes normais da flora intestinal e ajudam a evitar a proliferação de bactérias patogênicas, que poderiam causar doenças; além disso, a flora intestinal produz substâncias úteis ao organismo humano, como as vitaminas K, B12, tiamina e riboflavina, entre outras (Fig. 4).

2. Respiração

O sistema respiratório humano compõe-se das cavidades nasais, da boca, da faringe, da laringe, da traqueia, dos brônquios e dos pulmões, estes últimos constituídos pelos bronquíolos e pelos alvéolos pulmonares (Fig. 5).

Ao inspirarmos, o ar entra pelas narinas, passa pelas **cavidades nasais**, pela **faringe** e chega à **laringe**, estrutura tubular localizada no pescoço e dotada de reforços cartilaginosos. A entrada da laringe é guarneida por uma lingueta cartilaginosa denominada **epiglote**, que atua como válvula de abertura e fechamento da laringe. Quando engolimos, a laringe eleva-se e leva ao fechamento da epiglote, que impede o alimento de penetrar nas vias respiratórias e causar engasgamento.

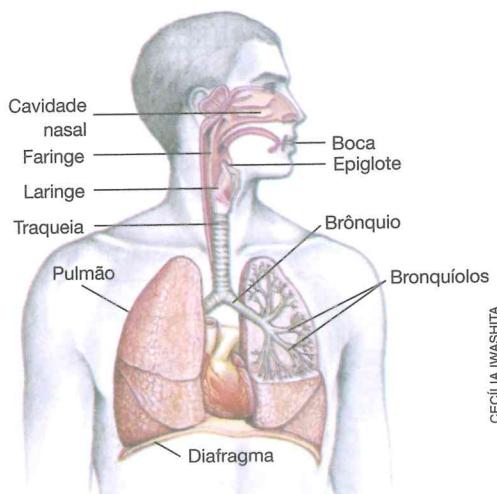
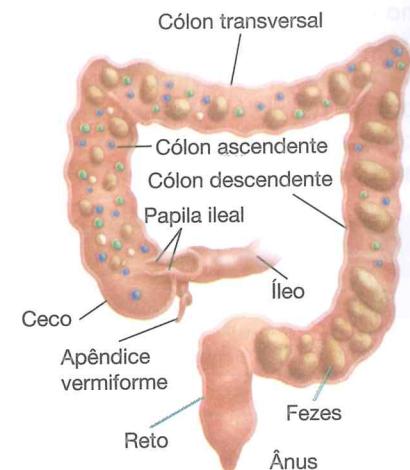


Figura 5 Representação esquemática dos componentes do sistema respiratório humano. O pulmão direito é ligeiramente maior do que o esquerdo e está dividido em três partes, ou três lóbulos, enquanto o pulmão esquerdo tem apenas dois. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.



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

Figura 4 Representação esquemática do intestino grosso em corte que mostra a papila ileal, ou valva ileocecal, que controla a passagem do conteúdo do intestino delgado para o intestino grosso. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

À laringe segue-se a **traqueia**, tubo de aproximadamente 1,5 cm de diâmetro por 10 cm de comprimento, com paredes reforçadas por anéis cartilaginosos que mantêm o conduto traqueal sempre aberto à passagem de ar. A traqueia divide-se em dois tubos curtos, também reforçados por anéis de cartilagem, os **brônquios**, cada um deles penetrando em um pulmão. A ramificação progressiva de cada brônquio dentro do pulmão leva à formação de tubos cada vez mais finos, os **bronquíolos**. Cada um deles apresenta, na extremidade, um grupo de pequenas bolsas de paredes finas, recobertas por grande número de capilares sanguíneos: os **alvéolos pulmonares** (Fig. 6).

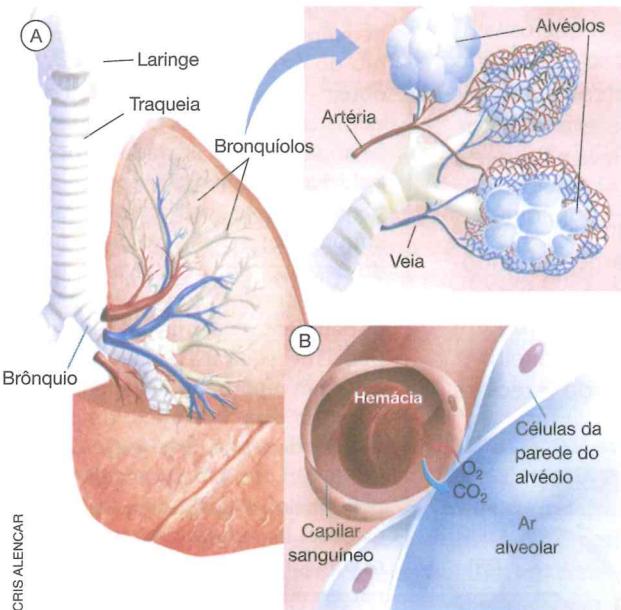


Figura 6 (A) Representação esquemática da relação entre as extremidades dos bronquíolos e os alvéolos pulmonares. À direita, alvéolos mostrando a superfície externa recoberta por capilares e uma área recortada para facilitar a compreensão da estrutura. (B) Representação esquemática da troca de gases respiratórios entre o alvéolo pulmonar e o capilar sanguíneo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

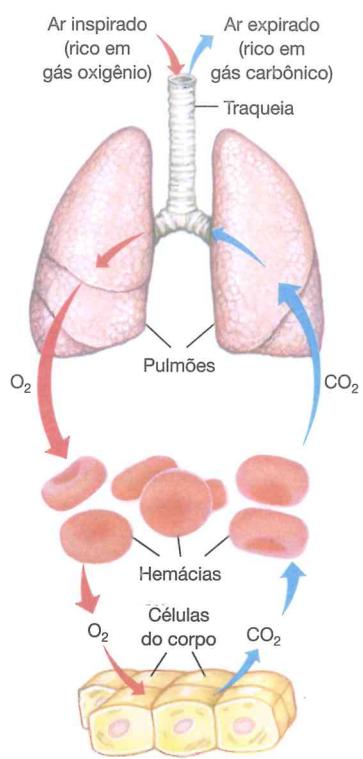


Figura 7 Visão geral do caminho realizado pelos gases respiratórios, do ar às células, e vice-versa. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Nos alvéolos pulmonares, ocorre o fenômeno-chave da respiração: a **hematose**. Nesse processo, o gás oxigênio (O_2) presente no ar difunde-se para o interior dos capilares sanguíneos. No sangue, o O_2 penetra nas hemácias, onde se combina com a **hemoglobina**, formando a **oxiemoglobina**, que chega a todas as partes do corpo por meio da circulação sanguínea.

Nos tecidos, o O_2 dissocia-se da hemoglobina, sai das hemácias e difunde-se para as células, onde penetra nas **mitocôndrias** e é utilizado na **respiração celular**. Simultaneamente, moléculas de gás carbônico (CO_2) originadas na respiração celular difundem-se para o líquido que banha as células e daí para o sangue. Quando esse sangue passa pelos alvéolos pulmonares, o CO_2 difunde-se para o ar alveolar e é eliminado para fora do corpo (Fig. 7).

3. Sistema cardiovascular e circulação do sangue e da linfa

O **sistema cardiovascular** é responsável pela circulação do sangue e da linfa por todo o corpo. Seus principais componentes são o coração e a rede corporal de vasos sanguíneos e linfáticos (Fig. 8).

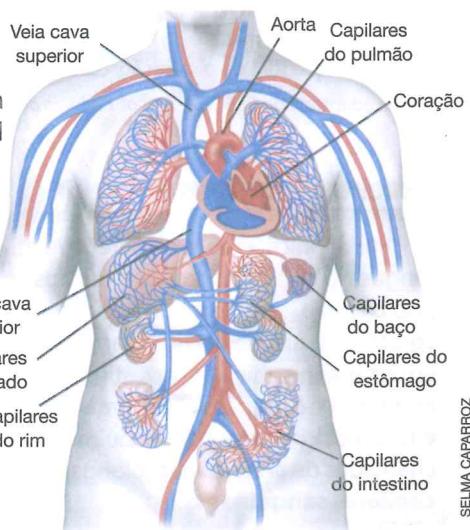


Figura 8 Representação esquemática do coração (em corte) e dos principais vasos do sistema cardiovascular humano, em vista frontal. Os vasos em que circula sangue oxigenado estão representados em vermelho; os que conduzem sangue pobre em gás oxigênio estão representados em azul. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Atividade prática

O número de vezes por minuto que o coração contraí os ventrículos é denominado frequência cardíaca. Forme um grupo com colegas de classe e, munidos de um cronômetro (hoje presente na maioria dos telefones celulares), obtenham a frequência cardíaca de cada membro do grupo. Anotem. Primeiro, obtêm-se medidas da frequência cardíaca em repouso. O "paciente" deve permanecer sentado ou deitado durante a medição, respirando tranquilamente. Localize a pulsação em uma das artérias do braço ou do pescoço. Após certificar-se de tê-la encontrado, conte o número de batimentos durante um minuto. Depois de registrar a frequência cardíaca em repouso, faça a medição após um exercício físico. Um voluntário do grupo deve se exercitar por 3 minutos (correndo, fazendo polichinelos ou descendo e subindo escadas). Devem ser tomados todos os cuidados para que os voluntários não excedam os limites de suas capacidades físicas. A medição após o exercício deve ser feita rapidamente, antes da recuperação cardíaca. Repita a medição a cada minuto, durante os 5 minutos seguintes. Elabore uma tabela e um gráfico com esses dados. Se necessário, peça orientações ao professor. Os resultados do grupo devem constar de um pequeno relatório.

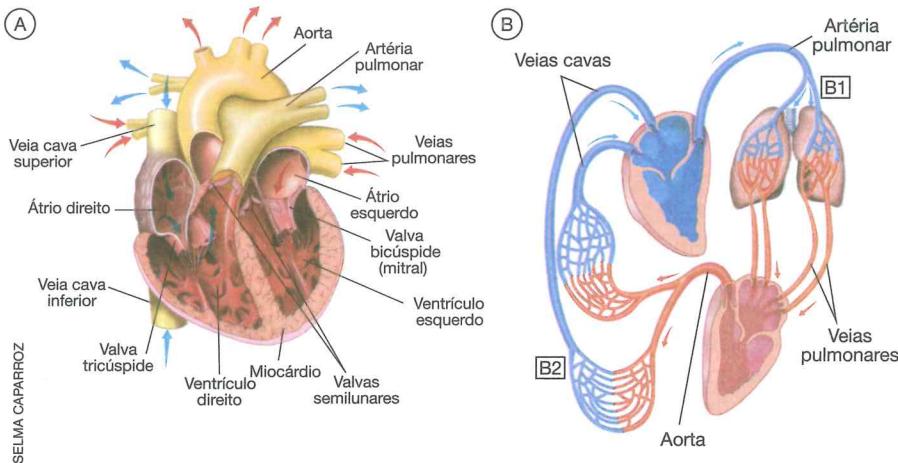


Figura 9 (A) Representação esquemática do coração (em corte) e dos principais vasos do sistema cardiovascular humano, em vista frontal. (B) Representação esquemática do coração com as metades separadas, para facilitar a compreensão de que os lados direito e esquerdo atuam como bombas distintas. (B1) Circulação pulmonar, ou pequena circulação. (B2) Circulação sistêmica, ou grande circulação. O caminho mostrado em azul indica o fluxo do sangue pobre em gás oxigênio e, em vermelho, o fluxo do sangue rico em gás oxigênio. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Vasos sanguíneos

Por definição, vasos de parede relativamente espessa e musculosa que levam sangue do coração a órgãos e tecidos corporais, inclusive para os tecidos do próprio coração, são chamados de **artérias**. As artérias de grosso calibre ligadas ao coração – a artéria aorta e a artéria pulmonar – ramificam-se progressivamente em artérias mais finas. O revestimento interno dos vasos sanguíneos, denominado endotélio, é da espessura de uma única camada de células endoteliais. Nos órgãos e nos tecidos, inclusive nos pulmões, os finíssimos ramos terminais das artérias, chamados de **arteríolas**, prolongam-se formando vasos mais finos, denominados **capilares sanguíneos**.

O sangue bombeado pelos ventrículos entra nas artérias exercendo grande pressão sobre as paredes arteriais, que se dilatam em razão de sua grande elasticidade. A pressão exercida pelo sangue sobre a parede das artérias é denominada **pressão arterial**. Em uma pessoa jovem e com boa saúde, a pressão nas artérias durante a sístole ventricular, denominada **pressão arterial sistólica**, ou pressão máxima, oscila em torno de 110 mmHg e 120 mmHg. Durante a diástole ventricular, a pressão diminui para cerca de 70 mmHg a 80 mmHg; esta é a chamada **pressão arterial diastólica**, ou pressão mínima.

O sangue nas artérias é impulsionado até as arteríolas e atinge os capilares sanguíneos. Estes apresentam paredes finíssimas, da espessura de uma única camada de células endoteliais, que têm pequeníssimos espaços entre si. Assim, o líquido sanguíneo é pressionado a extravasar dos capilares, banhando as células próximas e levando a elas nutrientes e O_2 . As células, por sua vez, eliminam nesse líquido CO_2 e excreções produzidos em seu metabolismo. A maior parte do líquido que sai dos capilares, denominado **líquido tissular**, é reabsorvida pelos próprios capilares sanguíneos, reincorporando-se ao sangue. O restante é absorvido por capilares linfáticos (Fig. 10).

Ao passar pelos capilares dos tecidos e banhar as células, o sangue fica mais pobre em nutrientes e em O_2 e mais rico em CO_2 e excreções celulares diversas. Os capilares sanguíneos unem-se formando vasos finos, as **vênulas**, que originam vasos progressivamente maiores, as veias. A progressiva reunião das veias origina finalmente dois vasos de grosso calibre, as veias cava superior e inferior, que desembocam no átrio direito do coração. As veias que trazem o sangue de volta dos pulmões são as veias pulmonares, que desembocam no átrio esquerdo do coração. Ao longo de todo o percurso venoso, o sangue é impedido de refluxo graças à presença de **válvulas**, estruturas que se abrem para o sangue passar rumo ao coração, mas que se fecham em seguida, evitando o retorno do sangue. Como as veias se situam em posição mais superficial no corpo, entre a pele e os músculos, as contrações musculares fazem o sangue fluir nas veias em um único sentido, graças às válvulas (Fig. 11).

O sangue

O **sangue** é constituído por uma parte líquida, o plasma sanguíneo, e por diversos tipos de células. O plasma é um líquido amarelado constituído por água, sais minerais e diversas proteínas. O plasma corresponde a cerca de 55% do volume sanguíneo, sendo o restante formado por hemácias, glóbulos brancos e plaquetas, estas últimas fragmentos de células denominadas megacariócitos. Uma pessoa de aproximadamente 70 kg tem cerca de 5,5 L de sangue, onde há aproximadamente 30 trilhões de hemácias, 45 bilhões de leucócitos e 1,5 trilhão de plaquetas.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

O desenho reproduzido a seguir, feito pelo anatomicista inglês William Harvey (1578-1657) no século XVI, ilustra sua demonstração da existência de válvulas nas veias do braço (Fig. 12).

Observe a faixa de tecido amarrada na região do bíceps, o “garrote”, que, ao bloquear o retorno do sangue ao coração, faz com que as veias fiquem intumescidas e bem visíveis sob a pele do antebraço. Esse procedimento é atualmente utilizado para tornar as veias mais evidentes e facilitar a aplicação de injeções. Forme um grupo para repartir os trabalhos. O objetivo desta atividade é realizar uma pesquisa, em livros ou na internet, sobre William Harvey e produzir um texto sobre os dados mais interessantes encontrados. Em seguida, os colegas que têm veias do braço salientes podem ajudar a reproduzir a demonstração de Harvey. Os resultados podem ser filmados ou fotografados. (Sugestões de uso de mídias digitais estão disponíveis no início do livro.)

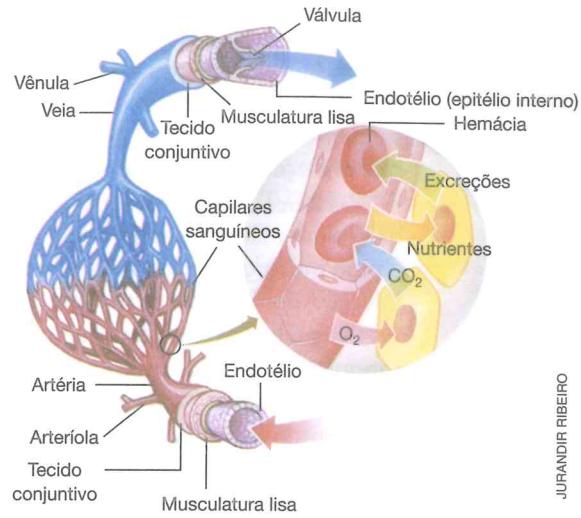


Figura 10 Representação esquemática de artérias, veias e capilares sanguíneos; no detalhe, troca de substâncias entre o sangue e as células ao redor, intermediada pelo líquido tissular. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

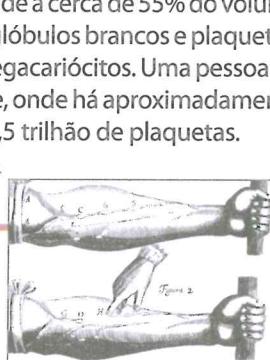


Figura 12 *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis*, de William Harvey, Frankfurt, 1628.

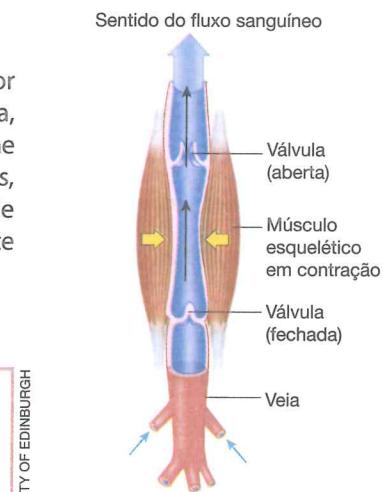


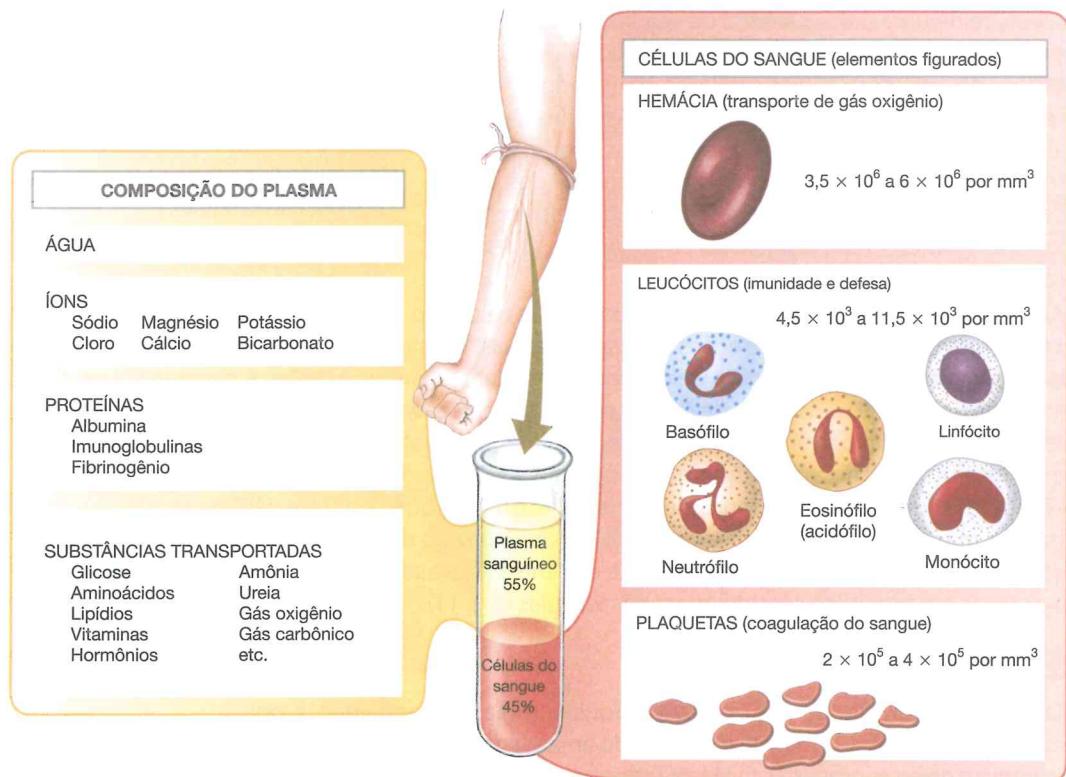
Figura 11 Representação esquemática de como a ação conjunta dos músculos e das válvulas permite a propulsão do sangue em sentido único no sistema venoso. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

As **hemárias**, também chamadas de eritrócitos (do grego *eritros*, "vermelho"), ou glóbulos vermelhos, são células discoidais repletas de moléculas de **hemoglobina**, proteína responsável pela cor vermelha do sangue e cuja função é transportar gás oxigênio. As hemárias dos mamíferos perdem o núcleo durante sua diferenciação; nos demais vertebrados, elas são ovoides e têm núcleo, mas ele não é funcional.

Os **leucócitos** (do grego *leucos*, "branco"), ou glóbulos brancos, são células esféricas e nucleadas, em geral bem maiores que as hemárias. A função mais importante dos leucócitos é defender o organismo contra microrganismos invasores ou inativar substâncias estranhas que penetrem nos tecidos. Em uma infecção, por exemplo, o número de leucócitos aumenta muito, podendo dobrar ou triplicar.

As **plaquetas** são fragmentos celulares que atuam na coagulação do sangue. Quando um vaso sanguíneo é lesado em decorrência de um ferimento, por exemplo, plaquetas da região ferida liberam enzimas que desencadeiam uma complexa sequência de reações químicas que leva à coagulação (Fig. 13).



ILLUSTRAÇÕES: JURANDIR RIBEIRO E ADILSON SECCO

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.670 de 19 de fevereiro de 1998.

Figura 13 Componentes do sangue humano. Uma pessoa adulta com cerca de 70 kg tem aproximadamente 5,6 litros de sangue. Cerca de 45% do volume sanguíneo corresponde às células e o restante, ao plasma. Cada um dos cinco tipos diferentes de leucócitos desempenha uma função específica no organismo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptado de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Aplicando conhecimentos

Registre as respostas em seu caderno.

Escreva, em seu caderno, o termo da relação a seguir que substitui corretamente a barra entre parênteses das frases de 1 a 4.

- | | |
|-------------|-------------|
| a) dieta | c) onívoro |
| b) nutrição | d) vitamina |

1. Um organismo que se alimenta de produtos variados, tanto de origem animal quanto de origem vegetal, é chamado (■).
2. (■) é o conjunto de tipos de alimento que ingerimos e suas respectivas quantidades.
3. (■) é como se denomina o conjunto de processos pelos quais nossas células assimilam substâncias nutritivas.

4. (■) é uma substância orgânica necessária em pequenas quantidades, mas que o organismo é incapaz de sintetizar.

Escreva, em seu caderno, o termo da relação a seguir que substitui corretamente a barra entre parênteses das frases de 5 a 8.

5. (■) é o número de vezes que o coração bate em dado intervalo de tempo.
6. A contração de uma câmara cardíaca é chamada de (■).
7. (■) é o nome da ação de relaxamento das câmaras cardíacas.
8. A musculatura do coração é denominada (■).

Circulação linfática

Os vertebrados apresentam, além da rede de vasos sanguíneos, uma rede de **vasos linfáticos**, responsáveis pela captação do líquido tissular não reabsorvido pelos capilares sanguíneos e sua recondução à circulação. Por todo o corpo há capilares linfáticos finíssimos que terminam em fundo cego, com uma extremidade fechada. Os capilares linfáticos fundem-se em vasos de diâmetros progressivamente maiores, que convergem para a região torácica, onde formam dois ductos linfáticos de grande calibre que desembocam na circulação sanguínea próximo da junção das veias cava ao átrio direito.

Nos vasos linfáticos circula a **linfa**, fluido esbranquiçado de constituição semelhante à do sangue, porém sem hemácias; aproximadamente 99% das células da linfa são linfócitos.

Em diversos pontos da rede linfática, principalmente no pescoço, nas axilas, nas virilhas e no intestino, há estruturas dilatadas denominadas **linfonodos**, ou nódulos linfáticos (antigamente denominados gânglios linfáticos), cuja função é filtrar a linfa que circulou nas extremidades corporais e no abdome. Ao passar pelos linfonodos, a linfa circula por finos canais, onde leucócitos ali presentes identificam e destroem partículas e substâncias estranhas (Fig. 14).

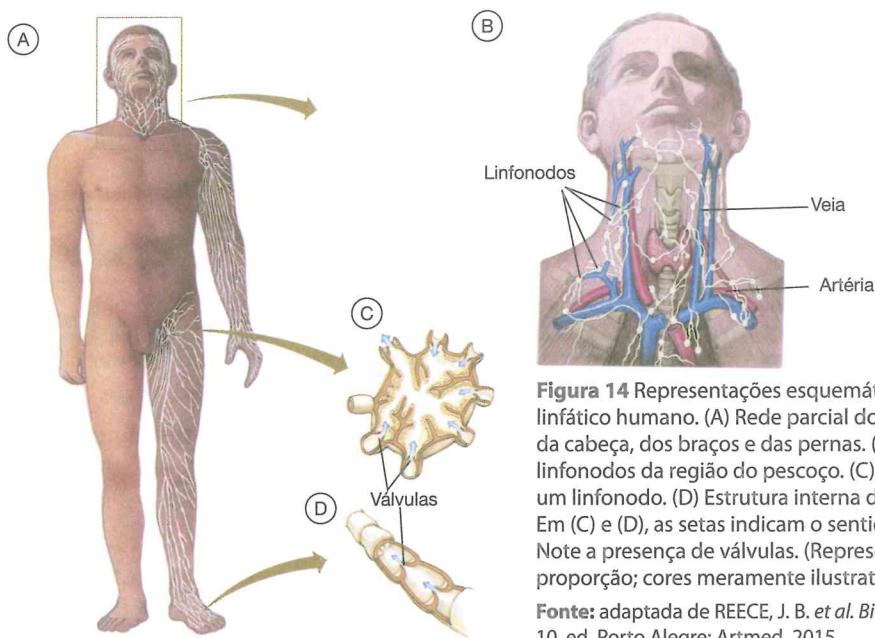


Figura 14 Representações esquemáticas do sistema linfático humano. (A) Rede parcial dos vasos linfáticos da cabeça, dos braços e das pernas. (B) Rede de vasos e linfonodos da região do pescoço. (C) Estrutura interna de um linfonodo. (D) Estrutura interna de um capilar linfático. Em (C) e (D), as setas indicam o sentido do fluxo de linfa. Note a presença de válvulas. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ILLUSTRAÇÕES: OSVALDO SEQUETIN

Quando o corpo é invadido por microrganismos, os leucócitos de linfonodos próximos ao local da invasão identificam o invasor e passam a se multiplicar ativamente. Com isso, os nódulos linfáticos aumentam de tamanho e formam inchaços, conhecidos popularmente como ínguas. Muitas vezes, o exame tático dos linfonodos pelo médico permite detectar um processo infeccioso em andamento.

Os **linfócitos** são os principais componentes do **sistema imunitário**, que protege nosso corpo contra invasores. Quando seres patogênicos, como vírus e bactérias, ou substâncias estranhas invadem nosso corpo, o sistema imunitário entra em ação e passa a combatê-los. Esse combate envolve principalmente os anticorpos, produzidos por um tipo de linfócito, o linfócito B.

Anticorpos são proteínas capazes de reconhecer e de se ligar especificamente às substâncias estranhas que induziram sua formação, genericamente chamadas de **antígenos**. A reação entre o anticorpo e o antígeno é altamente específica: cada tipo de anticorpo reconhece um único tipo de antígeno. O anticorpo, ao se ligar ao antígeno, torna-o inativo e favorece sua destruição pelas células fagocitárias.

Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Dialogando com o texto

Em situações de infecção bacteriana, certos linfonodos, geralmente próximos à região afetada, aumentam de tamanho e, muitas vezes, ficam doloridos. Por exemplo, uma infecção de garganta frequentemente leva ao inchaço dos linfonodos do pescoço. É possível que você já tenha apresentado linfonodos aumentados, ou presenciado a prática médica de localizar pelo tato nódulos inchados. Considerando o papel dos linfonodos no organismo, tente formular uma explicação para seu inchaço em situações de infecção. Pesquise a respeito. Se já tiver tido experiências pessoais sobre isso, inclua-as em seu texto.

Durante uma infecção, a quantidade de linfócitos capazes de produzir anticorpos específicos aumenta progressivamente, mas diminui drasticamente com o fim da infecção. Entretanto, restam alguns linfócitos especiais, denominados **células de memória**, que guardam por anos ou mesmo pelo resto da vida a capacidade de reconhecer o agente infeccioso com o qual o organismo esteve em contato. Em caso de novo ataque por esse agente, as células de memória são imediatamente ativadas e estimuladas a se multiplicar e a produzir anticorpos, debelando a infecção em seu início. Essa propriedade das células de memória é a base da vacinação, por meio da qual o organismo se prepara antecipadamente para um eventual ataque de microrganismos ou de substâncias estranhas.

A **vacina** geralmente é uma solução de抗ígenos contra os quais se quer proteger o organismo, ou mesmo de microrganismos vivos previamente atenuados para não causarem doença. Os抗ígenos presentes na vacina desencadeiam, no organismo vacinado, uma resposta imunitária primária, na qual há produção de células de memória. Caso o organismo seja invadido por microrganismos contra os quais tenha sido imunizado, ocorrerá a resposta imunitária secundária, muito mais rápida e intensa que a primária, e os invasores serão destruídos antes mesmo de aparecerem sintomas da doença. Vacinas são formas ativas de imunização (Fig. 15).

Outra maneira de proteger o organismo contra a ação de substâncias potencialmente perigosas, como toxinas bacterianas ou peçonha de cobras e aranhas, é a **imunização passiva**, que consiste na aplicação de anticorpos extraídos de animais previamente imunizados contra esses抗ígenos. Em casos de picadas de cobra, por exemplo, o tratamento é feito pela injeção de soro imune, uma solução de anticorpos contra a peçonha extraídos do sangue de um animal previamente imunizado.

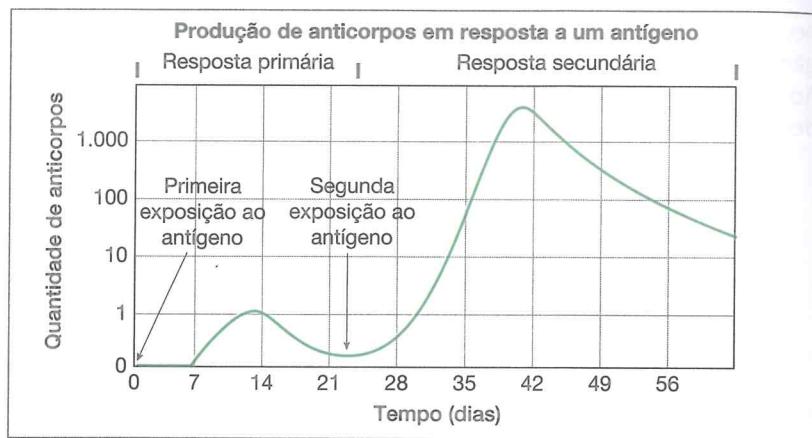


Figura 15 Gráfico que mostra como a produção de anticorpos G, o tipo mais ativo no combate às infecções, é mais rápida e mais intensa em um segundo contato com o抗ígeno, a resposta secundária, graças às células de memória.

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art. 186 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

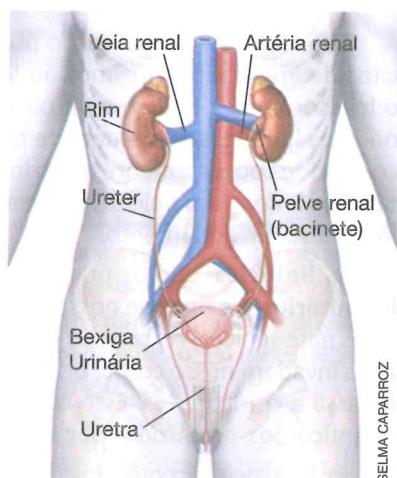
4. Sistema urinário

O **sistema urinário** é o conjunto de órgãos e estruturas responsáveis pela filtração do sangue e pela eliminação de substâncias tóxicas, desnecessárias ou em excesso no organismo. Esse sistema é composto basicamente de um par de rins, de dois ureteres e da bexiga urinária (Fig. 16).

Estrutura do rim e função renal

Os **rins** humanos são órgãos de cor marrom-avermelhada, com forma de grão de feijão e cerca de 10 cm de comprimento. Localizam-se na parte posterior da cavidade abdominal, logo abaixo do diafragma, um de cada lado da coluna vertebral. O rim é revestido por uma cápsula fibrosa que envolve o **côrtex renal**, onde se localizam os **néfrons**, as unidades responsáveis pela filtração do sangue.

O néfron é um longo tubo com uma das extremidades alargada e em forma de taça, a **cápsula renal**, ou cápsula de Bowman. Dentro da cápsula há um pequeno nôvelo de capilares, o **glomérulo renal**, formado pela ramificação de uma arteriola que penetra na cápsula. Cada rim humano tem cerca de 1 milhão e 200 mil néfrons.



SELMA CARPANZOZ

Figura 16 Representação esquemática dos componentes do sistema urinário masculino humano. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

A cápsula renal liga-se ao túbulo que forma o néfron. O túbulo néfrico apresenta três regiões diferenciadas, com as seguintes denominações: 1) túbulo contorcido proximal; 2) alça néfrica (antes denominada alça de Henle); 3) túbulo contorcido distal, que desemboca no ducto coletor. Os ductos coletores conduzem a urina produzida nos néfrons até a papila renal, de onde ela flui para os cálices menores, destes para os cálices maiores e, por fim, para a pelve renal (Fig. 17).

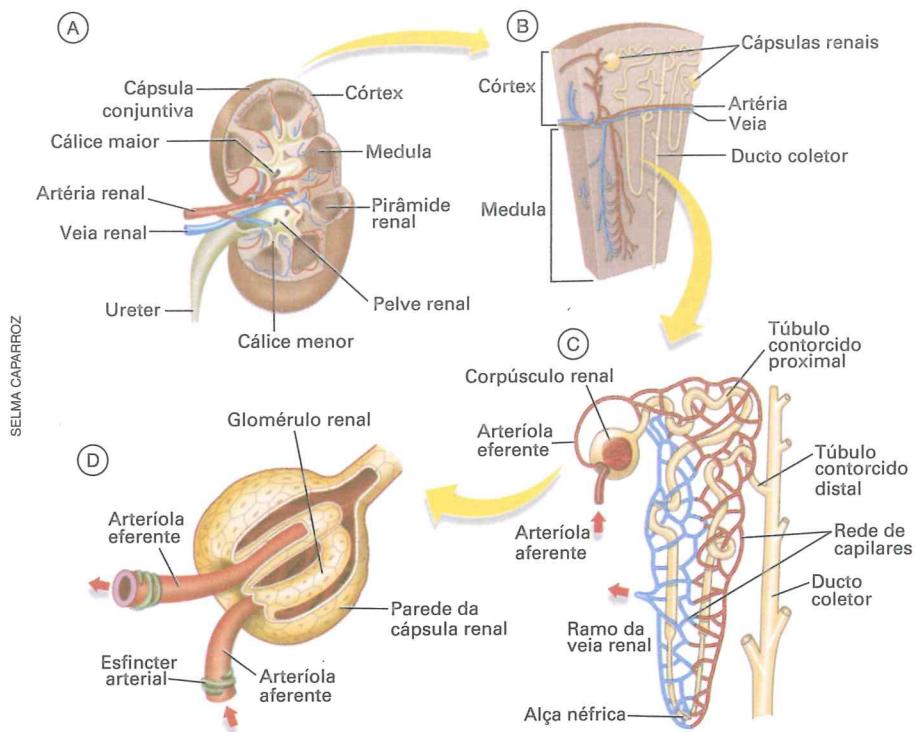


Figura 17 Representações esquemáticas da estrutura do rim. (A) Rim em corte parcial. (B) Localização dos néfrons. (C) Organização do néfron. (D) Cápsula renal em corte mostrando a organização do glomérulo. As setas vermelhas indicam o sentido do fluxo sanguíneo. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

O sangue chega ao rim pela artéria renal, que se ramifica progressivamente originando grande número de pequenas arteríolas. Cada uma dessas arteríolas aferentes leva sangue a um glomérulo do néfron, onde ocorrerá sua filtração. O sangue sai do glomérulo por outra arteriola, denominada arteriola eferente.

A alta pressão sanguínea nos capilares do glomérulo força a saída de fluido do sangue para a cápsula. Esse fluido, denominado **filtrado glomerular**, ou urina inicial, contém diversos tipos de moléculas: ureia, glicose, aminoácidos, sais etc. Diariamente, passam pelos rins de uma pessoa quase 1,6 mil litros de sangue, levando à formação de cerca de 180 litros de filtrado glomerular.

Em condições normais, a glicose, os aminoácidos, as vitaminas e grande parte dos sais do filtrado glomerular são reabsorvidos pelas células da parede do túbulo contorcido proximal e devolvidos ao sangue. No caso de alguma dessas substâncias estar em concentração anormalmente elevada no sangue, ela não é totalmente reabsorvida, e parte é excretada na urina. É o que ocorre, por exemplo, com portadores de diabetes melito: a alta concentração de glicose no sangue faz com que parte desse glicídio não seja reabsorvida pelo túbulo renal, sendo eliminada na urina.

Substâncias indesejáveis, como ácido úrico e amônia, são removidas ativamente do sangue por células do túbulo contorcido distal e lançadas no túbulo néfrico. Ao fim do percurso pelo túbulo, o filtrado glomerular se transforma em **urina**, fluido aquoso de cor amarelada que contém predominantemente ureia, além de pequenas quantidades de amônia, ácido úrico e sais. A cor amarela da urina deve-se à presença de urobilina, substância originada principalmente pela degradação da hemoglobina de hemácias fora de função (Fig. 18).

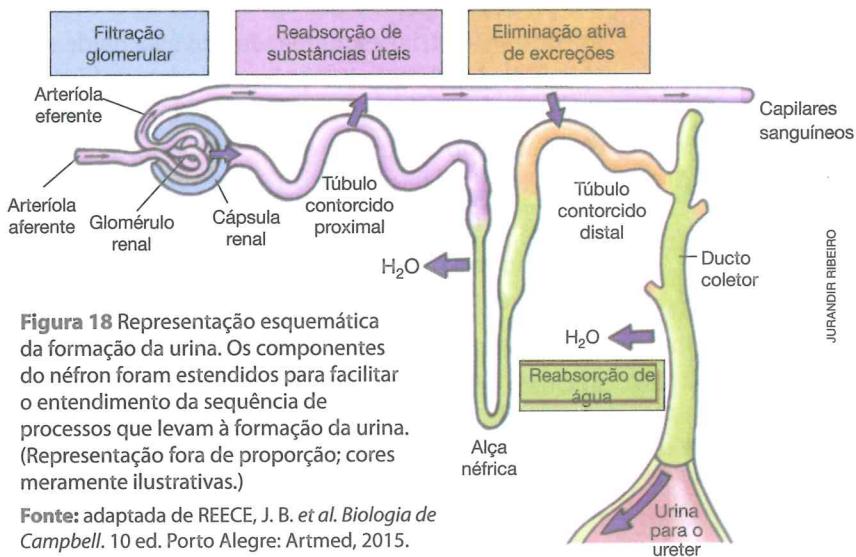


Figura 18 Representação esquemática da formação da urina. Os componentes do néfron foram estendidos para facilitar o entendimento da sequência de processos que levam à formação da urina. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

A urina é conduzida dos rins para a bexiga urinária por meio dos ureteres. Cada **ureter** é um tubo que parte do rim e desce pela parede posterior do abdome, desembocando na parte lateral posterior da **bexiga urinária**. Esta é uma bolsa localizada na cavidade pélvica, atrás dos ossos púbicos, cuja função é receber a urina que chega continuamente dos ureteres, armazenando-a até o momento de sua eliminação, a micção. A urina é eliminada da bexiga urinária pela uretra.

Nas mulheres, a uretra é um canal exclusivo do sistema urinário e se abre para o exterior entre os lábios menores do pudendo feminino, logo abaixo do clitóris. A uretra masculina compartilha a função excretora com a função reprodutiva, de eliminação dos espermatozoides. A abertura uretral para o exterior situa-se na extremidade do pênis.

Atividades finais



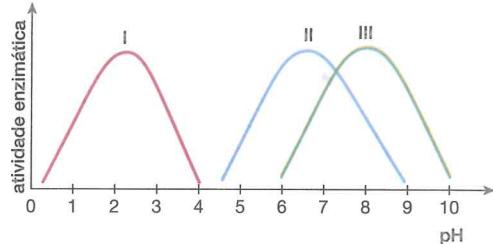
Registre as respostas em seu caderno.

Veja respostas e comentários no Suplemento do Professor.

- 1.** (UEA-AM) No gráfico, as curvas representam a atividade de três enzimas que atuam no tubo digestório humano.

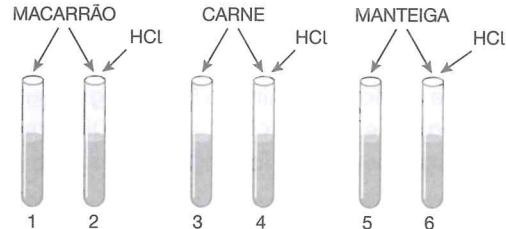
Suponha que um indivíduo adulto, sem qualquer alteração fisiológica, tenha almoçado bife grelhado com bacon e batatas cozidas. Analisando o gráfico, é correto afirmar que as enzimas I, II e III atuaram, respectivamente, na digestão

- da batata, do bife e do bacon.
- da batata, do bacon e do bife.
- do bife, da batata e do bacon.
- do bife, do bacon e da batata.
- do bacon, do bife e da batata.



- 2.** (Fuvest-SP) Uma enzima, extraída da secreção de um órgão abdominal de um cão, foi purificada, dissolvida em uma solução fisiológica com pH 8 e distribuída em seis tubos de ensaio. Nos tubos 2, 4 e 6, foi adicionado ácido clorídrico (HCl), de modo a se obter um pH final em torno de 2. Nos tubos 1 e 2 foi adicionado macarrão; nos tubos 3 e 4, foi adicionada carne; nos tubos 5 e 6, foi adicionada manteiga. Os tubos foram mantidos por duas horas à temperatura de 36 °C. Ocorreu digestão apenas no tubo 1.

- Qual foi o órgão do animal utilizado na experiência?
- Que alteração é esperada na composição química da urina de um cão que teve esse órgão removido cirurgicamente? Por quê?
- Qual foi a substância que a enzima purificada digeriu?



- 3.** (UFRN) Uma das principais consequências da doença de Chagas é a insuficiência cardíaca, que ocasiona o crescimento do coração. Em situações normais, o ritmo do coração é assegurado por processos cíclicos de

- contração atrial esquerda, devido à saída de sangue para a artéria aorta.
- sístole dos dois átrios e completo preenchimento de sangue nos ventrículos.
- relaxamento simultâneo das cavidades direitas e saída de sangue para o pulmão.
- diástole do ventrículo esquerdo, permitindo a entrada de sangue diretamente da veia cava.

- 4.** (UFG-GO) As respostas imunológicas constituem mecanismos de defesa vitais para os organismos. A esse respeito,

- explique a diferença entre a resposta ativa e a passiva;
- apresente um exemplo de imunização ativa artificial e um de imunização passiva natural.

- 5.** (Vunesp) Considere as funções do rim humano.

- Quais os principais processos que ocorrem, respectivamente, no glomérulo localizado na cápsula de Bowman e no túbulo do néfron?
- Cite uma substância orgânica filtrada que será reabsorvida pelo sangue e dê o nome da principal substância tóxica que será filtrada e posteriormente eliminada pela urina.