

# ***Biologia***

Organizadores

**Paulo Takeo Sano**

**Lyria Mori**

Elaboradores

**Carlos Arturo Navas Iannini**

**José Guilherme Chauí Berlinck**

# 3

## módulo

*Nome do Aluno* \_\_\_\_\_

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Governador: *Geraldo Alckmin*

**Secretaria de Estado da Educação de São Paulo**

Secretário: *Gabriel Benedito Issac Chalita*

**Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP**

Coordenadora: *Sônia Maria Silva*

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Reitor: *Adolpho José Melfi*

**Pró-Reitora de Graduação**

*Sônia Teresinha de Sousa Penin*

**Pró-Reitor de Cultura e Extensão Universitária**

*Adilson Avansi Abreu*

**FUNDAÇÃO DE APOIO À FACULDADE DE EDUCAÇÃO – FAFE**

Presidente do Conselho Curador: *Selma Garrido Pimenta*

Diretoria Administrativa: *Anna Maria Pessoa de Carvalho*

Diretoria Financeira: *Sílvia Luzia Frateschi Trivelato*

**PROGRAMA PRÓ-UNIVERSITÁRIO**

Coordenadora Geral: *Eleny Mitrulis*

Vice-coordenadora Geral: *Sônia Maria Vanzella Castellar*

Coordenadora Pedagógica: *Helena Coharik Chamlian*

**Coordenadores de Área**

**Biologia:**

*Paulo Takeo Sano – Lyría Mori*

**Física:**

*Maurício Pietrocola – Nobuko Ueta*

**Geografia:**

*Sônia Maria Vanzella Castellar – Elvio Rodrigues Martins*

**História:**

*Kátia Maria Abud – Raquel Glezer*

**Língua Inglesa:**

*Anna Maria Carmagnani – Walkyria Monte Mór*

**Língua Portuguesa:**

*Maria Lúcia Victório de Oliveira Andrade – Neide Luzia de Rezende – Valdir Heitor Barzotto*

**Matemática:**

*Antônio Carlos Brolezzi – Elvia Mureb Sallum – Martha S. Monteiro*

**Química:**

*Maria Eunice Ribeiro Marcondes – Marcelo Giordan*

**Produção Editorial**

*Dreampix Comunicação*

Revisão, diagramação, capa e projeto gráfico: *André Jun Nishizawa, Eduardo Higa Sokei, José Muniz Jr. Mariana Pimenta Coan, Mario Guimarães Mucida e Wagner Shimabukuro*



***Cartas ao  
Aluno***



Carta da

---

## *Pró-Reitoria de Graduação*

Caro aluno,

Com muita alegria, a Universidade de São Paulo, por meio de seus estudantes e de seus professores, participa dessa parceria com a Secretaria de Estado da Educação, oferecendo a você o que temos de melhor: conhecimento.

Conhecimento é a chave para o desenvolvimento das pessoas e das nações e freqüentar o ensino superior é a maneira mais efetiva de ampliar conhecimentos de forma sistemática e de se preparar para uma profissão.

Ingressar numa universidade de reconhecida qualidade e gratuita é o desejo de tantos jovens como você. Por isso, a USP, assim como outras universidades públicas, possui um vestibular tão concorrido. Para enfrentar tal concorrência, muitos alunos do ensino médio, inclusive os que estudam em escolas particulares de reconhecida qualidade, fazem cursinhos preparatórios, em geral de alto custo e inacessíveis à maioria dos alunos da escola pública.

O presente programa oferece a você a possibilidade de se preparar para enfrentar com melhores condições um vestibular, retomando aspectos fundamentais da programação do ensino médio. Espera-se, também, que essa revisão, orientada por objetivos educacionais, o auxilie a perceber com clareza o desenvolvimento pessoal que adquiriu ao longo da educação básica. Tomar posse da própria formação certamente lhe dará a segurança necessária para enfrentar qualquer situação de vida e de trabalho.

Enfrente com garra esse programa. Os próximos meses, até os exames em novembro, exigirão de sua parte muita disciplina e estudo diário. Os monitores e os professores da USP, em parceria com os professores de sua escola, estão se dedicando muito para ajudá-lo nessa travessia.

Em nome da comunidade USP, desejo-lhe, meu caro aluno, disposição e vigor para o presente desafio.

Sonia Teresinha de Sousa Penin.

Pró-Reitora de Graduação.



Carta da

---

## *Secretaria de Estado da Educação*

Caro aluno,

Com a efetiva expansão e a crescente melhoria do ensino médio estadual, os desafios vivenciados por todos os jovens matriculados nas escolas da rede estadual de ensino, no momento de ingressar nas universidades públicas, vêm se inserindo, ao longo dos anos, num contexto aparentemente contraditório.

Se de um lado nota-se um gradual aumento no percentual dos jovens aprovados nos exames vestibulares da Fuvest — o que, indubitavelmente, comprova a qualidade dos estudos públicos oferecidos —, de outro mostra quão desiguais têm sido as condições apresentadas pelos alunos ao concluírem a última etapa da educação básica.

Diante dessa realidade, e com o objetivo de assegurar a esses alunos o patamar de formação básica necessário ao restabelecimento da igualdade de direitos demandados pela continuidade de estudos em nível superior, a Secretaria de Estado da Educação assumiu, em 2004, o compromisso de abrir, no programa denominado Pró-Universitário, 5.000 vagas para alunos matriculados na terceira série do curso regular do ensino médio. É uma proposta de trabalho que busca ampliar e diversificar as oportunidades de aprendizagem de novos conhecimentos e conteúdos de modo a instrumentalizar o aluno para uma efetiva inserção no mundo acadêmico. Tal proposta pedagógica buscará contemplar as diferentes disciplinas do currículo do ensino médio mediante material didático especialmente construído para esse fim.

O Programa não só quer encorajar você, aluno da escola pública, a participar do exame seletivo de ingresso no ensino público superior, como espera se constituir em um efetivo canal interativo entre a escola de ensino médio e a universidade. Num processo de contribuições mútuas, rico e diversificado em subsídios, essa parceria poderá, no caso da estadual paulista, contribuir para o aperfeiçoamento de seu currículo, organização e formação de docentes.

Prof. Sonia Maria Silva

Coordenadora da Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas



# *Apresentação da área*

Antes de virar estas páginas, faça uma pausa...

Você se dá conta que, nesse exato momento, enquanto seus olhos percorrem cada letra deste texto, milhões de informações chegam até você pela retina? Pense nisso! Pense também que essas informações, para saírem do papel e alcançarem as células nervosas de seu cérebro, percorrem um caminho longo e fantástico! Caminho que pode começar muito antes do que a gente vê... Pode começar quando essa folha de papel era ainda uma árvore, que fazia parte de uma floresta, que por sua vez abrigava outras árvores e inúmeros animais... Você consegue enxergar tudo isso através dessas páginas? Sim? Não? Vamos ajudá-lo: é sobre essas coisas tão próximas de você que vamos falar aqui...

Você vai saber um pouco mais sobre a célula e seus componentes; sobre o funcionamento de cada uma e do organismo que elas compõem. Aprenderá a respeito de como os seres vivos se organizam e se distribuem nesse nosso planetinha azul. Vamos falar de plantas e de bichos, de vírus e bactérias, de fungos e do ser humano. Sim, do ser humano, de você inclusive! Como você funciona por dentro e por fora. Como suas ações podem ter resultados que vão muito além daqueles que se espera.

E já que falamos de resultados, esperamos que os seus, durante a vida, sejam os melhores! Estamos aqui para colaborar com isso... Porém, não se esqueça: depende muito mais de você! Nós, aqui, só vamos direcionar um pouco seu olhar para algumas coisas importantes, mas quem vai enxergar, de fato, é você! Portanto, não confie só no que está ao longo dessas páginas. Vá além! Leia muito! Jornais, revistas, coisas sobre ciências e sobre o mundo - afinal, ele é grande demais para caber em alguns fascículos! Não se esqueça que acumular conhecimento é o ganho mais efetivo que se pode ter: não se desgasta e ninguém nos tira!

Conte conosco durante essa tarefa. Pode estar certo: torcemos por você!



# *Apresentação do módulo*

Prezado aluno,

Este módulo sobre biologia humana foi escrito para ajudar você a entender como funciona o seu corpo, como ele é um sistema integrado no qual as diversas partes interferem umas com as outras. Partimos da dificuldade mais básica para os seres vivos: o problema da energia. Assim, como se obtém energia do alimento? O que se faz com essa energia? Como transformar a energia contida no alimento em atividade física, pensamento ou defesa contra agentes invasores?

Essas e muitas outras perguntas poderão ser esclarecidas com o auxílio deste texto. Primeiro, tratamos da obtenção de energia e nutrientes e a sua relação com os sistemas digestório e circulatório, o sistema de transporte interno do corpo. Depois, veremos que o sangue tem múltiplos papéis, e que a sua circulação guarda profunda relação com a ventilação pulmonar e a respiração.

Veremos, também, que o controle de sais e água depende tanto do sistema excretório (renal) quanto do cardiovascular. Discutimos as fontes de energia do corpo em movimento e os tipos de músculo presentes nos seres humanos. Tratamos, posteriormente, do controle do meio interno, utilizando como exemplo as funções reprodutivas e o comportamento sexual. Passamos, então, a falar de saúde, apresentando uma explicação geral sobre as defesas do organismo, para tratar, mais adiante, de assuntos de saúde pública tais como métodos contraceptivos e doenças sexualmente transmissíveis.

Ao longo do texto, você encontrará uma série de perguntas numeradas, que estão relacionadas com os diversos temas tratados. Essas perguntas apresentam um desafio. O que sugerimos é que na medida que você leia, vá tentando responder as perguntas com a ajuda de livros didáticos, anotações das aulas ou de qualquer outro material disponível. Depois, discuta as suas sugestões e idéias com os professores e monitores.

Boa sorte!



# Introdução

Você precisa de energia para manter a temperatura do corpo elevada, crescer, pensar, movimentar-se ou se relacionar com o ambiente. A fonte dessa energia são os alimentos que você ingere a cada dia, principalmente doces e farinhas (carboidratos), gorduras (lipídeos) e proteínas. O aproveitamento desses alimentos requer, primeiramente, a quebra e a separação de tais substâncias em partes menores; em seguida, a sua assimilação e eventual armazenamento.

Tal armazenamento se dá em órgãos como fígado (carboidratos), músculos (carboidratos) e tecido adiposo (lipídeos) e tem como objetivo o seu uso posterior como substratos energéticos, ou seja, substâncias que podem ser utilizadas para a obtenção de energia. Os principais substratos energéticos são lipídeos e carboidratos, que uma vez transportados às células, podem ser utilizados para gerar um composto de alta energia chamado ATP (trifosfato de adenosina). Você pode pensar no ATP como “a moeda energética da célula”, ou seja, aquilo que contém a energia que a célula gasta para se manter viva e cumprir suas funções.

A conversão mais eficiente de alimento em ATP é a oxidação, um processo que ocorre nas organelas celulares chamadas mitocôndrias, e que requer grandes quantidades de oxigênio. Por isso precisamos obter oxigênio por meio da respiração – que, como veremos mais adiante, seria mais corretamente chamada de ventilação pulmonar – e transportá-lo às células via sangue. Quase todas as atividades do corpo, sejam mecânicas, como a contração muscular, ou bioquímicas, como a síntese de novas proteínas, requerem energia, ou seja, substratos energéticos e oxigênio.

Você certamente sabe que o corpo não é capaz de utilizar integralmente os alimentos consumidos. Além disso, diversos processos celulares liberam substâncias que devem ser eliminadas, como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), um gás produzido como subproduto da oxidação nas mitocôndrias. O que aconteceria se essas substâncias fossem acumuladas? O seu corpo requer um mecanismo eficiente para coletar e eliminar aqueles resíduos de processos metabólicos que devem ser descartados. Agora pense: qual é o sistema de eliminação de resíduos do seu corpo? Se você está pensando nos rins acertou em parte, mas claro, o intestino grosso também toma conta de outra parte desta tarefa. O sistema respiratório também elimina um gás que não deve ser acumulado. Lembra qual é?

Então, de que serviriam todos os nutrientes e as substâncias que você assimila na dieta se não fosse possível distribuí-las pelo corpo? O sistema circulatório é o encarregado do transporte de elementos entre as diversas partes do organismo. Assim, resíduos do metabolismo celular,  $\text{CO}_2$ , hemácias,

## Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyría Mori

## Elaboradores

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme Berlinck

leucócitos, substratos energéticos, oxigênio e muitos outros elementos são coletados e distribuídos no corpo pela circulação. O sistema circulatório faz mais ainda: ele participa do controle e da integração entre as diversas funções dos órgãos e sistemas, mais uma tarefa essencial do corpo. Esse controle depende em grande parte dos hormônios, substâncias que podem ter efeitos dramáticos sobre as células, e que geralmente são produzidas em locais do corpo diferentes daqueles onde atuam. A manutenção do equilíbrio energético do corpo, o desenvolvimento sexual, os ciclos reprodutivos e muitos outros aspectos da biologia humana dependem do sistema hormonal (ou endócrino), que depende do sistema circulatório para o transporte de substâncias.

A integração da informação sobre o estado interno do corpo com aquela que vem do ambiente constitui um outro aspecto essencial do seu dia-a-dia. Essas informações são coletadas pelos diversos sentidos do organismo e o processamento da informação é feito pelo sistema nervoso. Claro, o assunto da energia também é importante aqui, pois os sistemas endócrino e nervoso precisam, para funcionar, daquele ATP derivado da digestão, formado principalmente na presença de oxigênio, que, por sua vez, é disponibilizado pelo sistema respiratório e transportado pelo sistema circulatório.

**QE 1:** Fala-se frequentemente de sistemas digestório, circulatório, respiratório etc. Quão independentes são esses sistemas?

**QE 2:** Durante a atividade física, é requerido o aumento da quantidade de substratos energéticos e de oxigênio que chega às células. Os músculos ativos geram grande quantidade de calor e a temperatura do corpo tende a aumentar, sendo necessário resfriá-lo. Pense na última vez que você fez uma atividade intensa: que mudanças no seu corpo você lembra terem ocorrido e como elas se relacionam com os temas tratados acima?

**QE 3:** Todos falam nos "5 sentidos do ser humano": visão, audição, gustação, olfato e tato. E a dor, é também um sentido? Qual a importância de sentirmos dor? Você sabia que, além desses, temos mais de outros dez sentidos que nos permitem perceber a nossa relação com o mundo que nos cerca? Faça uma breve pesquisa e procure responder qual o papel dos fusos musculares. Você irá começar a descobrir outros sentidos.

Bem, caro estudante, esperamos que esse texto ajude você a entender melhor um complexo e interessante organismo que existe na Terra: você!

# Unidade 1

## Obtenção de energia e nutrientes: o processo digestório

Para se manter saudável, você precisa de três fatores na dieta: 1) substratos energéticos, 2) matéria prima para elaborar novos compostos, por exemplo membranas celulares, DNA ou proteínas (aliás, o tipo de composto orgânico mais comum no seu corpo) e 3) nutrientes, como minerais e vitaminas que, mesmo em quantidades muito pequenas, são essenciais por interferir em processos vitais. O que é a digestão? Onde ela acontece?

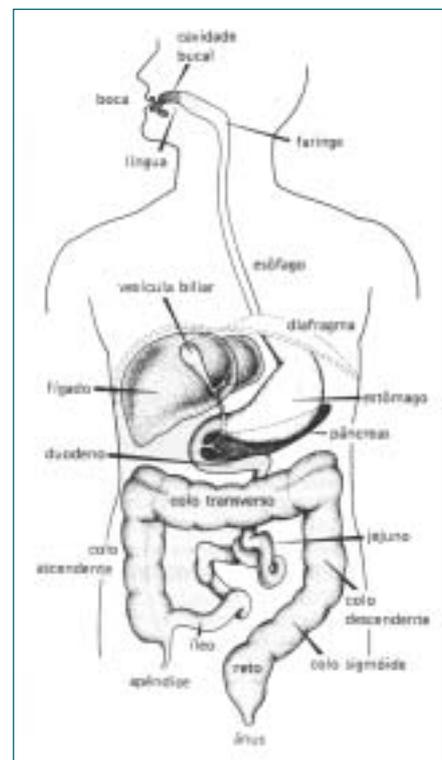
**QE 4:** Uma dieta baseada quase exclusivamente em mandioca (aipim, macaxeira) faz parte da realidade em algumas regiões do Brasil. Isso cria um problema de saúde. Por quê?

**QE 5:** Além de nutrientes essenciais, como vitaminas e sais minerais, uma boa dieta deve incluir carboidratos, lipídeos e proteínas. Que alimentos ricos em cada um desses compostos você consumiu recentemente? Por que esses três tipos de alimento são necessários na dieta?

Na verdade, digestão é a quebra dos alimentos até a formação de substâncias assimiláveis pelo corpo. Esse processo acontece ao longo do trato digestório, com a participação de alguns outros órgãos (figuras 1 e 2). O corpo tem só duas maneiras de quebrar os alimentos: mecânica e quimicamente. A quebra mecânica sozinha é incapaz de produzir partículas suficientemente pequenas para serem assimiladas. Você possivelmente já adivinhou em que consiste a quebra mecânica do alimento e onde ela acontece (você já pensou o que acontece na sua boca quando você mastiga?); assim vamos verificar a quebra química.

Existem substâncias chamadas enzimas digestivas, que desfazem os enlaces químicos dos alimentos, transformando partículas grandes em partículas pequenas. Como os tipos de ligações químicas presentes em carboidratos, lipídeos e proteínas são muito diferentes, diferentes enzimas são necessárias para quebrá-las. Assim sendo, existem proteases, enzimas especializadas na quebra de proteínas em partes menores (convertidas em polipeptídios e aminoácidos); carboidrases, que dividem os carboidratos complexos em

Figura 1 – Esquema geral dos órgãos ligados ao sistema digestório. Note a estrutura chamada diafragma: é o principal músculo ligado à inspiração. Esse músculo divide duas cavidades em nosso corpo. Acima do diafragma (e abaixo do pescoço) está a caixa torácica, que contém, entre outros órgãos, o coração e os pulmões. O órgão ligado ao trato digestório que se encontra na caixa torácica é o esôfago, que leva o alimento da cavidade oral até o estômago. Todos os demais órgãos ligados ao trato digestório se encontram na cavidade abdominal, abaixo do diafragma.



**Organizadores**

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

**Elaboradores**

Carlos Arturo  
Iannini

José Guilherme  
Berlinck

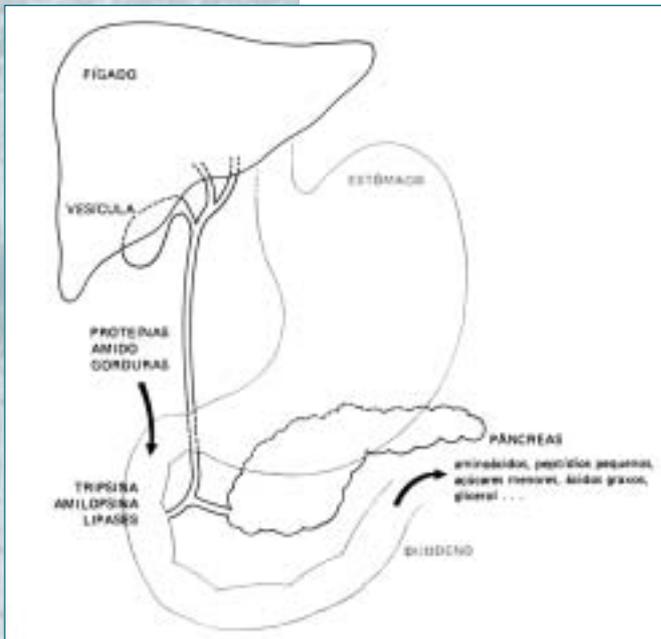


Figura 2 – Esquema mais detalhado do fígado, vesícula biliar e pâncreas em suas relações anatômicas com o estômago e duodeno. Note que a bile, vinda da vesícula, e o suco pancreático são lançados no duodeno, através de um orifício único.

carboidratos simples; e as lipases, que quebram os lipídeos em partes menores.

**QE 6:** Você viu alguma vez no mercado produtos chamados amaciantes de carnes? Muitos deles consistem em uma substância chamada papaina. O que será que ela é? O que será que ela faz?

Enzimas diferentes requerem ambientes diferentes para trabalhar. A atividade de uma enzima muda com fatores dos locais na qual ela se encontra, como temperatura e pH (grau de acidez), e muitas proteases só trabalham bem se o pH é baixo. O seu estômago, por exemplo, é um ambiente muito ácido, particularmente durante a digestão. Este ambiente ácido é essencial para a ação de uma enzima chamada pepsina, secretada pelo próprio estômago e muito eficiente na digestão de proteínas. A produção desta eficiente

enzima proteolítica não teria sentido em um ambiente de pH neutro ou básico. Assim, o estômago secreta, durante a digestão, não só pepsina mas, também, ácido clorídrico (HCl), conseguindo, graças a esta combinação de substâncias, ser o principal órgão associado à digestão de proteínas.

**QE 7:** O próprio estômago é formado em boa parte por proteínas. Por que o estômago não digere a si mesmo? O que é uma úlcera gástrica?

As enzimas terão uma eficiência maior se atuarem uniformemente em todo o alimento (você consegue dizer por quê). Assim, para que se tenha um melhor desempenho da digestão, necessita-se de movimentos que façam uma melhor mistura dos alimentos com as enzimas. A musculatura lisa associada ao trato digestório faz esses movimentos de mistura e, também, o fluxo direcionado dos alimentos ao longo do trato.

A digestão enzimática é iniciada na boca, por meio de uma enzima chamada amilase, presente na saliva e responsável pela quebra de amido em açúcares mais simples. As enzimas que digerem as gorduras ou lipídeos são chamadas de lipases, e algumas são secretadas já na boca por glândulas associadas. Porém, boa parte da digestão enzimática de gorduras ocorre no intestino. Após uma refeição, o bolo alimentar presente no estômago, chamado de quimo, passa, em pequenas quantidades, para a parte inicial do intestino, que é chamada duodeno. Lá, o quimo atua de muitas maneiras, inibindo a passagem de mais quimo por vias hormonais e nervosas (figura 2).

**QE 8:** O que aconteceria se o quimo não tivesse efeito inibitório sobre a atividade do estômago?

Três importantes órgãos associados ao sistema digestório são o fígado, a vesícula biliar e o pâncreas. Estes órgãos fornecem enzimas e outros compostos químicos necessários para a digestão. O papel do fígado na digestão é limitado à produção da bile, uma substância muito importante na digestão dos lipídeos.

A bílis contém os sais biliares, um grupo de substâncias que ajudam nessa digestão, que é um pouco complicada. Você já deve ter percebido que as refeições muito gordurosas são um pouco indigestas, certo? Parte do problema vem do fato de as gorduras não serem dissolúveis em água. Lembra o que acontece se você coloca água e azeite em um copo? E se você mistura bem, o que acontece? Bem, a situação no intestino é similar. A atuação dos sais biliares lembra um pouco o efeito de um detergente (o que acontece no copo de água e azeite se você coloca um pouquinho de detergente e agita?), e esses sais contribuem para reduzir o tamanho das gotinhas de gordura.

**QE 9:** As lipases atuam na superfície das esferas de lipídeos que se formam no intestino. Qual a vantagem de se produzir gotinhas de menor tamanho?

O seu pâncreas secreta mais de um litro de sucos pancreáticos por dia! Para quê tanto? Você se lembra do que já foi falado sobre as enzimas, que algumas atuam melhor em ambientes ácidos e outras em ambientes básicos? Pois bem, muitas enzimas requerem ambientes básicos, mas o quimo é muito ácido, já que contém o HCl produzido pelo estômago. O que fazer? Neutralizar o HCl com uma substância básica. O pâncreas secreta grandes quantidades de bicarbonato de sódio, que neutraliza o HCl; secreta também diversos tipos de enzimas para a digestão de proteínas, lipídeos, carboidratos e ácidos nucleicos (pois é, o DNA e o RNA fazem parte da dieta e precisam ser digeridos).

Uma vez que os alimentos tenham sido digeridos (agora você já sabe que isso significa somente que eles foram transformados em pedaços muito pequeninos), eles têm que ser absorvidos pelo organismo. A maior parte da absorção acontece no intestino delgado, após o duodeno. As pequenas unidades finais dos carboidratos (açúcares de pequeno porte) e das proteínas (aminoácidos e pequenos peptídios) podem ser absorvidas pelas células do epitélio intestinal, ou seja, aquelas que cobrem a parede interna do intestino, e daí aos capilares (que veremos mais adiante). O problema com os lipídeos é que, dentre os vários produtos da sua digestão, somente os ácidos graxos pequenos conseguem atravessar os capilares. Assim sendo, muitos produtos da digestão dos lipídeos são rearranjados nas células intestinais e convertidos em pequenas esferas (quilomicrons) formadas por um certo tipo de lipídeos chamados triglicídeos. Essas esferas são grandes demais para entrar nos capilares, mas podem entrar nos vasos linfáticos. O sistema linfático, então, tem um papel muito importante na absorção das gorduras da dieta. O intestino grosso é o local onde se dá a formação das fezes, que são os restos não absorvidos dos alimentos, células descamadas das paredes do trato digestório e bactérias e microorganismos presentes nesse sistema.

**QE 10:** O intestino grosso absorve também água. Muitos problemas intestinais diminuem a quantidade de água absorvida pelo intestino grosso. Quais são os sintomas desta condição?



## Unidade 2

# Circulação: o sistema de transporte interno do corpo

**Organizadores**  
Paulo Takeo Sano  
Lyria Mori

**Elaboradores**  
Carlos Arturo Iannini  
José Guilherme Berlinck

Para fazer circular um líquido dentro de um sistema de tubos, é necessária uma bomba. Essa bomba é, no sistema circulatório humano, o coração. Uma das características mais notáveis do coração como bomba é a sua capacidade de ajuste às necessidades do corpo. No começo deste módulo, falávamos dos ajustes fisiológicos que acompanham uma mudança no nível de atividade física. Lembra da pergunta “Pense na última vez que você fez uma atividade intensa: de que mudanças no seu corpo você se lembra e como elas se relacionam com os temas tratados acima?” Se você pensou em um aumento da taxa de batimentos cardíacos, estava certo.

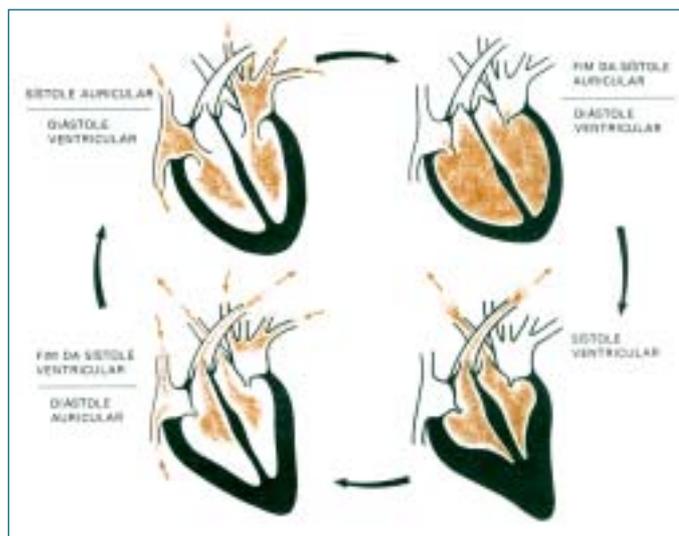
**QE 11:** Você sabe medir a sua pulsação? Tente medir agora, contando o número de batimentos em 15 segundos. Compare com o que acontece de manhã, antes de você levantar e quando faz esporte ou está agitado.

**QE 12:** O fluxo de sangue no coração aparece na Figura 3. Após entender bem a direção do fluxo explique: por que as paredes do ventrículo esquerdo são mais espessas?

Você já mediu alguma vez a sua pressão? Escutou falar que alguém tem pressão alta ou pressão baixa? Que pressão é essa? A pressão é simplesmente a força que um fluido faz sobre as paredes do recipiente que o contém. Como o sangue é um líquido dentro de um recipiente (coração e vasos sanguíneos), existe uma pressão do sangue sobre as paredes do coração, das artérias, das veias e dos capilares. Agora, se você pensa numa bexiga cheia de ar, sabe que, ao comprimi-la, aumenta a pressão dentro dela. De fato, um jeito de fazer explodir uma bexiga é apertá-la até que a pressão do ar interior seja suficientemente alta para quebrá-la.

Aplicando o mesmo raciocínio, não é de se surpreender que a pressão do sangue no siste-

Figura 3 – O ciclo cardíaco. Durante a diástole, que se inicia na posição superior direita da figura, os ventrículos relaxam, recebendo sangue vindo das veias. Durante a sístole (que se inicia na posição inferior esquerda da figura), que é a fase da contração do coração, o sangue é ejetado. Note as válvulas que separam os ventrículos dos átrios e as artérias dos ventrículos.



ma circulatório muda com os batimentos cardíacos. Cada vez que o coração bate, a pressão do sangue sobe, principalmente perto do coração, e cai na medida em que o coração relaxa (Figura 3). O ciclo se repete, dando lugar às conhecidas pressões máxima (durante a contração do ventrículo esquerdo) e mínima (durante a fase de relaxamento do ventrículo esquerdo), que podem ser medidas, por exemplo, em uma artéria no braço. Claro que a pressão não é igual em todo o sistema circulatório. Ela é maior no coração e nas grandes artérias, e bem mais baixa nas veias.

**QE 13:** O coração possui uma série de válvulas importantes (bicúspide ou mitral, tricúspide e duas semilunares, veja a Figura 3). Qual o papel dessas válvulas?

**QE 14:** Quando se ausculta o coração de uma pessoa, escutam-se, normalmente, dois sons. A que estão associados esses sons?

**QE 15:** Durante uma parada cardíaca, poucos segundos após a interrupção do fluxo do sangue no sistema nervoso central, ocorre a perda da consciência, e após uns poucos minutos, pode ocorrer dano cerebral. Por quê?

O seu coração trabalha por si próprio, você não o regula conscientemente. Lembra da relação com atividade física? O primeiro ponto para esclarecer como o coração funciona é entender que o coração é um músculo do tipo esquelético, que tem a sua atuação modificada por estímulos nervosos e endócrinos, mas não depende deles para se contrair. Este fato é conhecido há muito tempo, pois corações de vertebrados (incluindo de humanos), quando isolados, continuam batendo durante um tempo. Um coração de rã mantido em solução fisiológica oxigenada pode continuar batendo durante horas! Células especializadas, chamadas marcapasso, determinam o ritmo dos batimentos. Essas células estão concentradas em uma região específica na aurícula direita e enviam um sinal elétrico que se propaga muito rapidamente por todo o coração, fazendo-o contrair de maneira organizada, primeiro os átrios e depois os ventrículos.

**QE 16:** Você ouviu falar de um aparelho chamado marcapasso, que pode ser implantado em pessoas com certos problemas cardíacos? Pesquise sobre o tema. Qual a função desse aparelho? Por que ele tem o mesmo nome das células reguladoras do batimento cardíaco?

## Unidade 3

# O múltiplo papel do sangue

Uma pessoa de 70 kg possui aproximadamente 5 litros de sangue, que pesam uns 5 kg. O sangue possui três elementos celulares principais, sobre os quais você seguramente já ouviu falar: hemácias, glóbulos brancos e plaquetas. As hemácias têm como papel principal o transporte do oxigênio às células, e os glóbulos brancos são fundamentais na proteção do corpo, como veremos adiante. As plaquetas não são propriamente células, mas fragmentos de células que, em associação com proteínas sangüíneas, favorecem a coagulação e a cicatrização. O plasma é uma solução aquosa contendo muitos íons como sódio, potássio, cloro, cálcio e hidrogênio; proteínas como albumina e anticorpos; e várias outras substâncias.

**QE 17:** É comum que pessoas em situações médicas delicadas recebam solução salina intravenosa de maneira contínua. Uma vantagem deste procedimento é que ele permite a aplicação de drogas muito rapidamente, caso seja necessário. Por que é utilizada solução salina e não água destilada pura?

**QE 18:** Que produtos da digestão poderiam aparecer no plasma? Que gases?

**QE 19:** Por que problemas de saúde que afetam a medula óssea podem ter um efeito significativo sobre a composição do sangue?

**QE 20:** Por que a anemia limita a capacidade para a atividade física?

**QE 21:** Lembre-se da última vez que você sofreu um corte pequeno. O que aconteceu com o fluxo de sangue e por quê?

Nos seres humanos, as hemácias são células anucleadas que morrem depois de cerca de quatro meses de função. As hemácias mais velhas são mais suscetíveis a rupturas, particularmente quando comprimidas nos capilares (a forma característica das hemácias, chamada de disco bicôncavo, e a sua flexibilidade são fundamentais para que elas possam chegar aos menores capilares, onde o oxigênio que carregam é liberado e difundido). Muitas hemácias são danificadas por dia. Parte do seu conteúdo pode ser reciclado, mas parte é convertido pelo fígado e eliminado na bÍlis (recebe o nome de bilirrubina). Neste caso, fígado, sangue e sistema digestório colaboram na eliminação de resíduos.

**QE 22:** Você já ouviu falar em icterícia? Quais os sintomas desta condição?

**Organizadores**

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

**Elaboradores**

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme Berlinck

## Unidade 4

# Ventilação pulmonar e respiração

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

### Elaboradores

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme

Berlinck

Você está respirando agora? A sua resposta possivelmente foi sim. Entretanto, a palavra respiração, é utilizada para significar 1) ventilação pulmonar; 2) trocas de gases nos pulmões ou 3) produção de energia na célula via metabolismo aeróbio (ou seja, respiração celular). Em que você pensou primeiro? Provavelmente na ventilação pulmonar. Esta depende de músculos e ossos da caixa torácica, incluindo o diafragma, que aumentam o volume da caixa torácica (você pode medir a circunferência do seu peito antes e depois de

uma profunda inspiração. Aumenta de verdade? Quanto? Veja a Figura 4). Quando se aumenta o volume de um sistema como o pulmonar, a tendência é que entre ar nele, assim como entra ar em uma seringa quando o êmbolo é puxado para fora.

**QE 23:** Perceba aqui mais uma vez a integração entre os diferentes órgãos e sistemas do corpo: a ventilação pulmonar requer atividade muscular, a atividade muscular requer ATP, a produção de ATP requer a digestão de alimento e muito oxigênio, para obter oxigênio são necessárias trocas gasosas e tais trocas acontecem graças à ventilação pulmonar. O ciclo só pode se manter graças à adição permanente de energia proveniente da alimentação. Elabore um outro circuito no qual os sistemas sejam interdependentes, e identifique a causa dessa interdependência.

Os seus pulmões estão em contato direto com o ar do ambiente. As vias aéreas inferiores, que começam na região faríngea, têm diâmetros progressivamente menores (traquéia, brônquios, bronquíolos e alvéolos), o que faz com que haja um enorme

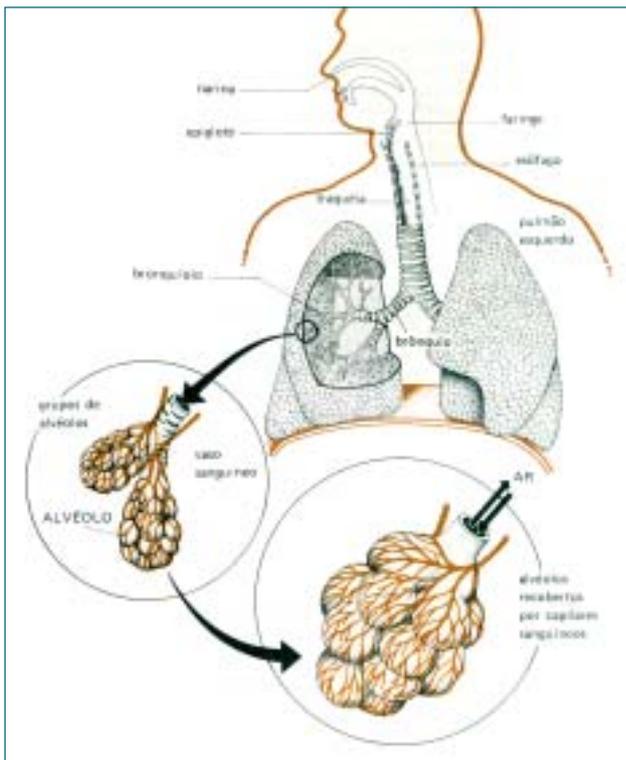


Figura 4 – (A) Esquema geral do trato respiratório, com suas subdivisões, terminando nos alvéolos (“saquinhos em cacho-de-uva”), mostrados de maneira ampliada no detalhe da figura.

aumento da área efetiva de trocas gasosas. O ar entra em contato com os alvéolos, que estão em contato íntimo com vasos linfáticos e com capilares derivados da artéria pulmonar. Estes, se você se lembra, transportam sangue desoxigenado do ventrículo direito aos pulmões. Assim, o sangue desoxigenado, muito afim pelo oxigênio, capta oxigênio do ar, que se difunde através dos epitélios alveolar e capilar. Vale esclarecer que o oxigênio não entra no plasma na forma de bolhas, mas dissolvido, da mesma maneira que se dissolve em água ou muitos outros líquidos (figura 4).

24) A boa oxigenação do sangue nos pulmões depende, principalmente, de características do ar. Qual a preocupação dos times brasileiros de futebol quando devem jogar em cidades localizadas em elevações acima dos 2500 m como La Paz, na Bolívia?

O caminho do oxigênio até o sangue não é curto. Ele deve atravessar uma camada de líquido que fica sobre o epitélio alveolar, a célula que forma a parede do alvéolo e a célula que forma a parede do capilar. Depois disso, o oxigênio finalmente chega no lúmen do capilar, atingindo o plasma e, depois, tem que chegar nas hemácias.

25) Qual o papel dos vasos linfáticos na situação acima? Pense um pouco antes de continuar lendo e proponha uma idéia baseada no que você sabe sobre o sistema linfático.

Bom, a pergunta 25 não é fácil! Logo, pense um pouco antes de continuar lendo. Por causa da pressão do sangue, um pouco de líquido plasmático tende a escapar dos capilares pulmonares, aumentando a camada de líquido sobre a parede dos alvéolos. Entretanto, este líquido é capturado pelos vasos linfáticos, o que evita acúmulos que tornariam mais difícil o fluxo de oxigênio. O sistema linfático, então, contribui para uma boa oxigenação. Você se lembra de um outro papel importante do sistema linfático, mencionado quando falamos da digestão de lipídeos?

Você sabe o que dá a cor vermelha ao seu sangue? É uma proteína chamada hemoglobina, que fica dentro das hemácias. Esta proteína é muito especializada: ela tem grande afinidade pelo oxigênio. Quando o sangue está desoxigenado (como quando chega aos capilares pulmonares), a hemoglobina contribui para aumentar o fluxo desse gás do local de maior concentração (pulmões) para o de menor concentração (sangue). Quase todo o oxigênio transportado pelo sangue está ligado à hemoglobina.

**QE 26:** Sabia que certos peixes polares não têm hemoglobina? Seu metabolismo e seu grau de atividade são tão baixos que o oxigênio dissolvido no plasma satisfaz as suas necessidades metabólicas. Isso seria possível em um humano?

**QE 27:** Qual o papel das hemácias no transporte de  $\text{CO}_2$ ?

**QE 28:** Se a hemoglobina possui tanta afinidade assim pelo oxigênio, como é que consegue liberá-lo nos tecidos?

A hemoglobina perde um pouco da sua afinidade pelo oxigênio quando aumenta a temperatura ou o grau de acidez do meio (leia a pergunta 28). O que a afirmação acima tem a ver com a atividade física? Pense em músculos muito ativos, como os das suas pernas quando você está andando rapidamente. As fibras musculares respiram intensamente (o que quer dizer respirar aqui?), captando oxigênio do sangue e utilizando glicose e lipídeos para produzir ATP. Essa respiração das fibras libera  $\text{CO}_2$  no citoplasma das células, que, posteriormente, atinge o plasma. O  $\text{CO}_2$ , ao se dissolver no plasma e interagir com a água, forma hidrogênio e bicarbonato, o que diminui o pH.

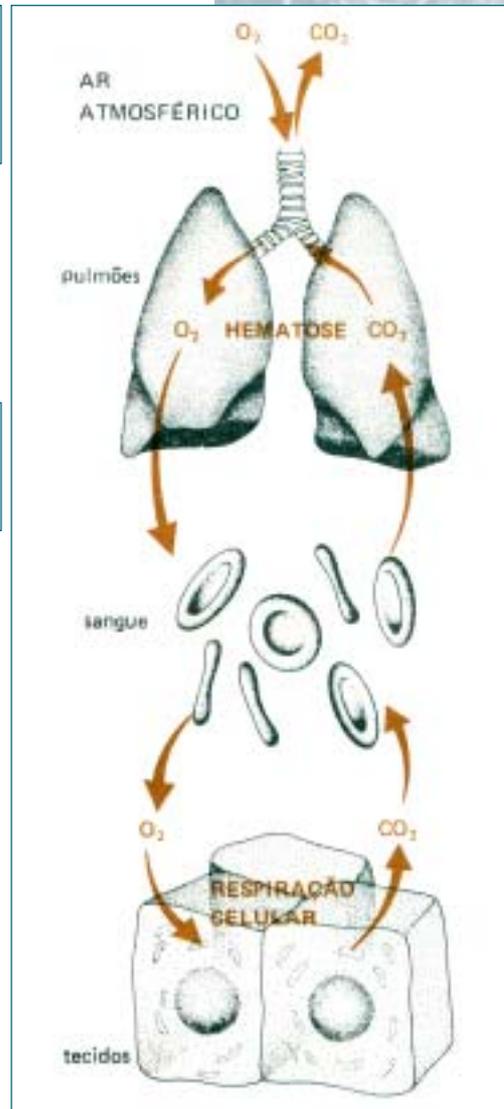


Figura 4 – (B) Esquema do percurso do oxigênio da atmosfera até as células: ar, traquéias e vias aéreas, alvéolos pulmonares, hemoglobina nas hemácias, células, mitocôndrias. O gás carbônico segue o caminho inverso.

Além disso, as mitocôndrias, ao trabalharem intensamente na produção de ATP, liberam calor. Os tecidos metabolicamente ativos tendem a apresentar maior temperatura e menor pH do que os tecidos em repouso. Além disso, os tecidos metabolicamente ativos possuem pouco oxigênio, o que facilita a liberação do oxigênio nos tecidos.

O controle da ventilação pulmonar é interessante por combinar um ritmo involuntário com a possibilidade de modificação voluntária. Por exemplo, você não tem que se lembrar de respirar, muito menos enquanto dorme, e se quiser prender a respiração por alguns instantes, pode fazê-lo, mas não conseguiria se matar prendendo a respiração (não tente!). Por quê? Os ritmos de ventilação são influenciados pela concentração de  $\text{CO}_2$  no plasma.

**QE 29:** Uma pessoa cobre a cabeça com um cobertor em uma noite fria e dorme. A entrada de ar fresco fica limitada. De repente, acorda respirando agitadamente. O que é o mais provável que tenha acontecido?

## Unidade 5

# Controle de sais e água: relação com o sistema renal e o cardiovascular

Para que servem os seus rins? Se você está pensando na filtração do sangue e na remoção de produtos tóxicos, particularmente derivados do nitrogênio, acertou só parcialmente. Vamos deixar um pouco de lado a conhecida função de filtração para discutir a regulação do balanço de água e sais no corpo. Pense no seguinte problema: após uma refeição salgada, uma quantidade de sal entra no corpo. Esse sal será dissolvido nos diferentes fluidos do seu corpo na forma de íons sódio e cloro. O que aconteceria com o seu corpo se essa entrada de íons não fosse contrabalançada? O seu plasma acumularia íons, literalmente ficaria hipertônico, o que, neste caso, é uma maneira elegante de dizer “salgado” em relação ao ambiente celular.

**QE 30:** Se o plasma ficar hipertônico, as células tendem a desidratar. Por quê?

Aproximadamente 60% do seu peso é água! Não surpreende, então, que você tenha que beber água frequentemente para se manter vivo (perdemos água constantemente). Deve existir, portanto, um balanço entre a água perdida e a água ingerida. Assim sendo, os rins, por meio da formação de urina ora mais ora menos concentrada em sais, mantém o balanço de íons no plasma e fluidos corpóreos, a quantidade de água do corpo e vários outros aspectos relacionados. Além disso, os rins também ajudam a regular o pH do plasma, que depende do balanço de íons.

**QE 31:** A comida salgada nos faz sentir sede. A relação entre comida salgada e sede faz parte do sistema de manutenção do balanço de água no corpo. Por quê?

**QE 32:** Como o seu corpo perde água?

**QE 33:** Você já percebeu que a sua urina nem sempre tem a mesma cor? Se você está muito bem hidratado, a urina tende a ser muito clara, quase transparente. Se você está desidratado, a sua urina tende a ser mais amarelada. Como se explica tal variação?

Antes de continuar, revise, em um livro-texto, os seus conceitos sobre anatomia e filtração nos rins. Você lembra que, após uma filtração inicial, esse órgão reabsorve água e íons, particularmente o sódio? Isto acontece na chamada parte distal do néfron (Figura 5), parte do rim onde a concentração de urina é controlada. Se pouca água e muitos solutos são reabsorvidos, a urina terminará diluída. Isso acontece se você bebeu muita água, estando bem hidratado. Se, ao invés disso, você está com sede e meio desidratado, muita água e poucos solutos serão reabsorvidos, tornando a urina concentrada. Esta regulação é possível, em grande parte, porque o epitélio do néfron pode variar a sua permeabilidade à água, uma capacidade muito particular. Quase

**Organizadores**

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

**Elaboradores**

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme Berlinck

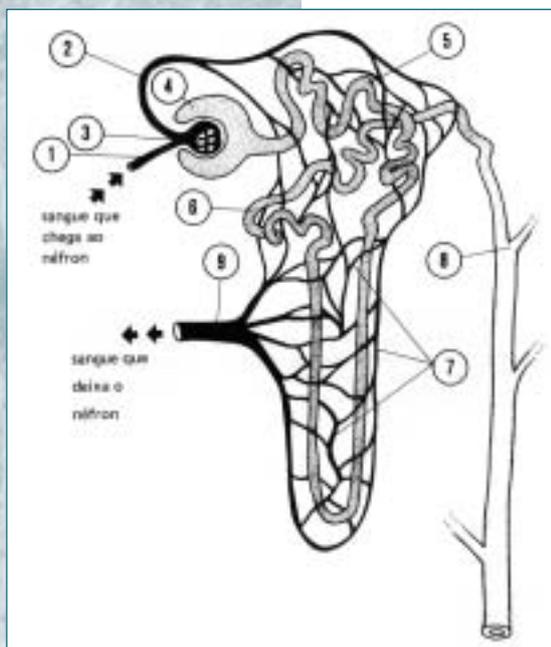


Figura 5 – Esquema de um néfron. Ao glomérulo (região 1), chega o sangue que é filtrado. Esse líquido filtrado percorre os túbulos contorcidos e a alça de Henle (em cinza na figura). Durante esse trajeto, a composição do filtrado vai se modificando em função da absorção de água e sais. Finalmente, o material final chega aos grandes dutos coletores, já com a urina a ser eliminada posteriormente.

todas as membranas e epitélios do seu corpo permitem a entrada de água sem qualquer tipo de restrição. Porém, os néfrons possuem um tipo de canal de água que funciona como uma espécie de torneira e permite a regulação.

Você, assim como muitos animais, sente sede quando precisa de água, e a sede é uma sensação desagradável que o incentiva a beber água. Ao comer uma comida salgada, você ingere muitos íons sódio e cloro, que são absorvidos no trato digestório, particularmente no intestino delgado. Esses íons passam ao plasma e aumentam a sua osmolaridade, que é uma medida da quantidade de partículas diluídas na água.

Acontece que o seu cérebro tem uma região muito importante chamada hipotálamo, que possui células nervosas capazes de identificar mudanças na osmolaridade do plasma. São os chamados osmorreceptores. Se a osmolaridade aumenta, muita coisa acontece. O hipotálamo estimula a produção do chamado hormônio antidiurético, que faz com que os rins conservem água, ou seja, passem a produzir urina concentrada. O hipotálamo também garante que você sinta sede e procure água. Agora, o que acontece no caso de falta

de sais? Uma “sede de sais” é bem conhecida no gado e outros grupos tão diversos quanto aves, borboletas e macacos. Será que acontece em humanos?

A perda de água no seu corpo lembra (embora, grosseiramente) o caso de um recipiente com água da torneira (esta contém alguns sais) abandonado sem tampa em um dia quente e seco. A água evapora, o vapor não contém sais, e assim, pouco a pouco, aumenta a salinidade na água que vai ficando no recipiente (o aumento da salinidade é decorrente da evaporação). No seu corpo acontece uma coisa parecida que podemos descrever utilizando uma linguagem mais técnica: se você perde água, aumenta a concentração de solutos e, portanto, a osmolaridade do plasma, fenômeno que dispara respostas comportamentais (beber água) e renais (reter água, concentrando a urina). Mas... o que mais aconteceu com a água no recipiente? Pense antes de continuar... A água evaporou! Muito bem. Agora, qual seria o evento paralelo no seu corpo?

Acreditamos que você esteja pensando a mesma coisa que nós: diminui o volume total de plasma e, lembre-se dos temas anteriores, diminui também a pressão arterial. Isso é ruim. Você já ouviu falar de pessoas que desmaiaram por causa de pressão baixa? Pois existe uma pressão mínima do sangue que garante uma boa oxigenação do corpo. Fica claro, assim, que o balanço de sais não pode ficar só na dependência dos rins! O sistema circulatório faz sua parte também. Quando o volume do plasma decresce, a conseqüente diminuição da pressão desencadeia uma série de respostas neurais e endócrinas que levam ao aumento da pressão e do volume do plasma, entre elas respostas cardiovasculares e comportamentais.

O próprio rim, quando há queda da pressão arterial, libera uma enzima (renina) que estimula a formação de uma substância chamada angiotensina II (*angio*: vaso; *tensivo*: que produz tensão), que causa um aumento na pressão arterial por constrição da musculatura lisa dos vasos (que nós já vimos anteriormente).

Há ainda mais um órgão envolvido: as respostas incluem um hormônio sintetizado pelo córtex (camada superficial) de uma glândula chamada supra-renal (pois fica acima dos rins), que atua sobre os rins no balanço de água e sais. Mais uma vez fica claro que os sistemas do corpo não atuam de maneira independente.

**QE 34:** Que respostas cardiovasculares levariam ao aumento da pressão arterial em uma pessoa com uma leve desidratação?

## Unidade 6

# O corpo em movimento

Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

Elaboradores

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme Berlinck

O seu corpo se movimenta graças a seus músculos. O músculo é um tecido capaz de converter energia química (ATP) em trabalho mecânico, ou seja, em movimento. O seu coração é um músculo (cardíaco), as partes do seu corpo que você mexe dependem de músculos (esqueléticos) para se movimentar, e musculatura de movimento involuntário (músculo liso) rodeia o trato digestório, as paredes dos vasos do sistema circulatório e outras estruturas. Dada a forma das células musculares, é comum se referir a elas como fibras musculares. As fibras do músculo esquelético estão agrupadas em fascículos ou grupos de fibras, e muitos fascículos compõem o músculo. Os detalhes do modelo mais aceito sobre como o músculo se contrai podem ser encontrados em muitos livros-texto (veja a Figura 6). Se você não tem uma idéia relativamente clara de como o músculo se contrai, esta é a hora de consultar um livro e esclarecer suas dúvidas.

**QE 35:** Considerando a pergunta anterior: será que a musculatura lisa das artérias desempenha algum papel na elevação da pressão arterial?

A musculatura lisa do trato digestório e das artérias difere da musculatura esquelética por ter conexões entre as células; ou seja, as membranas de umas fibras se comunicam com as das outras. Como o estímulo elétrico que inicia a contração se transmite pela membrana, essas células do tecido muscular liso estão comunicadas entre si eletricamente e contraem ao mesmo tempo.

**QE 36:** O bolo alimentar se move ao longo do trato digestório graças à contração em forma de anel da musculatura lisa (os chamados movimentos peristálticos, ver Figura 11). A contração em forma de anel requer que todas as fibras do local se contraíam ao mesmo tempo. O que isso tem a ver com a comunicação entre as membranas das fibras musculares lisas?

Vamos falar de músculos e energia. Uma das finalidades pelas quais as pessoas fazem exercício é emagrecer. Fala-se de “queima de calorias”. Por que a atividade física pode levar ao emagrecimento? O que são essas calorias que “queimadas”?

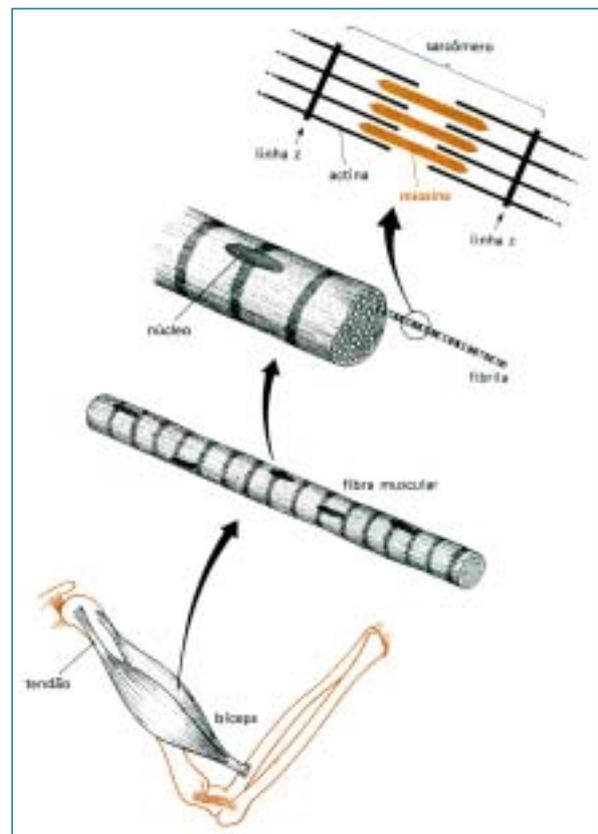


Figura 6 – Musculatura estriada esquelética em seus vários níveis de organização. De baixo para cima: músculo ligado aos ossos (que serão movidos em decorrência da contração do músculo); fibra muscular com suas miofibrilas (moléculas contráteis); unidade de contração muscular, com a sobreposição de moléculas de actina e miosina.

Para responder essas perguntas é preciso entender, primeiramente, que o músculo requer energia para a contração, e que essa energia vem do ATP que, ao ser quebrado, libera energia suficiente para fazer com que sejam produzidas reações que não aconteceriam espontaneamente. Exemplo disso são as modificações das pontes entre actina e miosina que levam à contração muscular. Assim, o músculo em atividade consome muita energia, ou seja, muito ATP.

Para medir a quantidade de energia consumida por uma pessoa em um determinado tempo, durante sua atividade física, poderíamos utilizar consumo de ATP ou de oxigênio por unidade de tempo, calorias por hora, joules por segundo (watts) ou, ainda, a produção de calor e de trabalho mecânico. Todas são diferentes maneiras (aliás, conversíveis) de medir consumo de energia.

**QE 37:** Alguns museus de ciência possuem uma bicicleta adaptada a um dínamo, ou seja, uma máquina rotatória capaz de converter energia mecânica em energia elétrica. Uma pessoa de tamanho médio, pedalando com velocidade moderada e constante, consegue manter acesa uma lâmpada de 40 watts. De onde provêm a energia que mantém a lâmpada acesa?

Você consome grandes quantidades de energia durante a atividade física porque o tecido muscular ativo consome mais ATP do que qualquer outro tecido no corpo. O músculo ativo necessita de ATP o tempo todo para: a) contrair; b) relaxar e c) ser estimulado. Ou seja, para: a) estabelecer as pontes de actina-miosina; b) liberar essas pontes mediante a recaptura de cálcio para o retículo sarcoplásmico e c) refazer a condição da membrana após a estimulação nervosa. De onde vem o ATP que garante a energia ao músculo? Vamos ver...

Imagine que você vê, de repente, um cachorro enorme e furioso correndo na sua direção. Há uma árvore próxima. Em frações de segundo você deve tomar uma decisão: enfrentar ou fugir. A decisão foi fugir. Nesse mesmo instante, a demanda de energia dos seus músculos aumenta enormemente. Mensagens hormonais (secreção de adrenalina, glucagon e corticóides) preparam o corpo para o esforço, mais isso requer instantes de ouro. Porém, você pode correr já, antes dessa preparação acontecer. Sabe por quê? Porque o músculo esquelético possui um estoque de energia dentro das próprias fibras, capaz de fornecer energia durante alguns segundos. O composto responsável por esta característica chama-se fosfocreatina e é formado a partir de creatina e ATP. Instantes depois do início da atividade, os carboidratos e lipídeos derivados da dieta passam a suprir energia ao músculo. Mas foi graças à fosfocreatina que você conseguiu chegar à árvore!

Ao permanecer a situação de atividade, a glicose derivada do glicogênio pode ser utilizada na respiração aeróbia das mitocôndrias, o que produz muito ATP por molécula de glicose, embora relativamente pouco por unidade de tempo, pois a cadeia de reações é comprida e complicada. Alternativamente, a quebra da glicose independente do oxigênio (glicólise ou fermentação) permite a produção de comparativamente pouco ATP por molécula de glicose, mas a simplicidade da reação permite produzir muito ATP por unidade de tempo. O problema da glicólise é que boa parte da molécula de glicose não é aproveitada e subprodutos dessa reação, como o ácido láctico, podem se acumular no corpo, eventualmente causando problemas.

**QE 38:** Pense em glicólise e em produção de ATP nas mitocôndrias. Qual dessas duas vias metabólicas seria mais importante em uma corrida de 100 m e em uma maratona?

Pegue um peso e levante-o com uma mão. Depois, aplique uma força sobre uma parede sem mexer o corpo. Qual a diferença fundamental entre

esses dois tipos de movimento? No primeiro caso, o músculo se contrai e mexe uma parte do seu corpo. No segundo, o músculo se contrai, mas não acontece movimento. Esses dois tipos de atividade muscular são muito diferentes, mas acontecem freqüentemente no dia-a-dia. A função principal de alguns músculos é ajudar a manter a postura: força sem movimento. Outros ajudam a se mexer: força com movimento.

Mais ainda, às vezes você precisa fazer um esforço intenso e curto, às vezes uma boa caminhada. Essa diversidade de atividades está representada nas fibras do músculo esquelético: algumas são mais avermelhadas do que as outras. As fibras mais avermelhadas não conseguem fazer muita força, mas podem se manter ativas por muito tempo. As fibras mais brancas podem se contrair potentemente, mais devem parar logo.

**QE 39:** Volte à pergunta anterior: que tipo de vias metabólicas seriam mais importantes fornecendo ATP para fibras “brancas” e “vermelhas”?

## Unidade 7

# Controle do meio interno

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

### Elaboradores

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme  
Berlinck

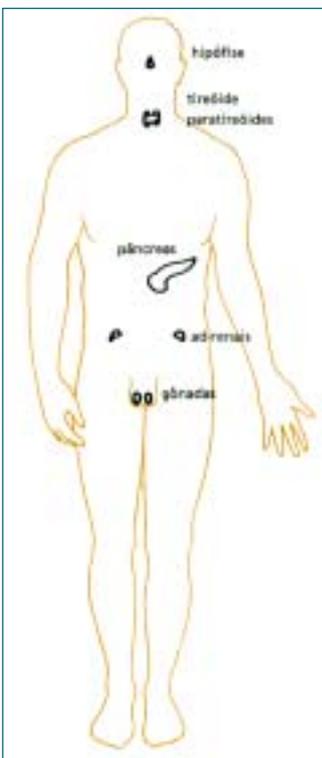
Bem, no início deste texto, falávamos de hormônios. A palavra hormônio vem do grego e significa *excitar*: os hormônios são substâncias que têm efeitos diversos sobre as células. São fundamentais na regulação de quase todos os processos do corpo, sendo frequentemente transportados a células distantes do local de sua produção (as chamadas “células-alvo”) por meio do sangue ou até mesmo do ambiente (você já escutou falar dos chamados feromônios?). A maneira como os hormônios se ligam às células faz parte de um outro fascículo e os principais órgãos endócrinos aparecem em qualquer livro-texto (Figura 7). Aqui, vamos revisar alguns conceitos fundamentais relacionados com controle do meio interno do organismo.

Imagine que você quer usar uma lareira para esquentar um quarto. Alguém, que chamaremos de “o encarregado”, coloca lenha para você. Se ficar quente demais, você pede para ele tirar um pouco de lenha. Se estiver frio, você pede para que ele coloque mais lenha. Em outras palavras, você atua como um sensor que controla a temperatura do quarto, que é mantida entre dois extremos dependentes do que você interprete como confortável. Este tipo de controle é chamado de retro-alimentação negativa, e é essencial na manutenção de diversos tipos de equilíbrio no corpo (veja o exemplo dado na Figura 8).

Pensemos em pressão arterial na desidratação, pois é um exemplo já conhecido. Vamos fazer um paralelo com o exemplo do quarto: o volume do plasma diminui (o quarto fica frio), neurônios especializados percebem a queda (você sente frio) e ativam a produção/liberação de hormônios (você chama “o encarregado”) que modulam a atividade cardíaca e a resistência arterial (“o encarregado” acrescenta lenha e a temperatura do quarto sobe). O contrário acontece se o quarto fica quente demais. Mas o que aconteceria se “o encarregado” colocasse lenha demais? Poderíamos imaginar um supervisor do encarregado e assim por diante. De fato, múltiplos ciclos de retro-alimentação, com diversos hormônios regulando a produção de outros, tomam conta da manutenção do equilíbrio interno.

Lembra do exemplo do cachorro furioso e da árvore? Como se compara essa situação com a de uma boa soneca após uma refeição? Dois extremos, não é verdade? A situação hormonal do corpo é muito contrastante nessas duas situações. Pense nos hormônios insulina e glucagon. Qual estaria mais elevado no plasma em cada situação? Além do controle por ciclos de retro-alimentação, existem, no corpo, hormônios com ações fisiológicas opostas, como aumentar ou diminuir a concentração da urina. Esses hormônios, cha-

Figura 7 – Localização anatômica de várias importantes glândulas do sistema endócrino.



mas antagonistas, fazem também parte do sistema de controle. Você pode dar mais exemplos de hormônios antagonistas?

O que aconteceria com o quarto a ser esquentado se você não tivesse a capacidade de perceber frio e quente e decidir quando falar ao “encarregado”? O corpo capta permanentemente informações de sensores de temperatura, pH, pressão, dor, luz, tato, enfim, milhares de dados ao mesmo tempo. Processar esta informação e coordenar as respostas apropriadas é uma tarefa formidável, feita pelo sistema nervoso central.

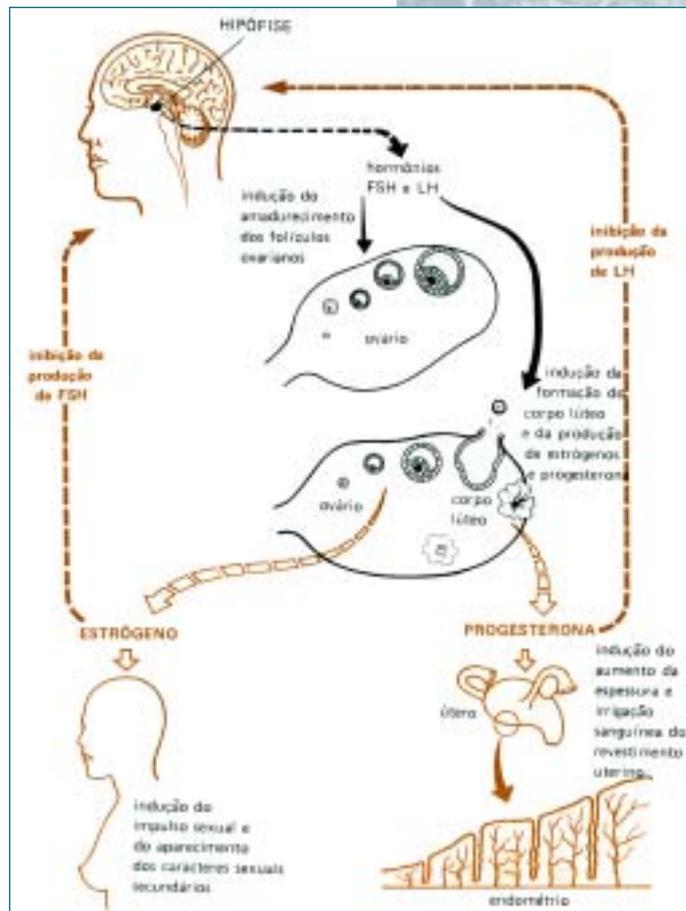


Figura 8 – O ciclo menstrual feminino exemplificando um mecanismo de controle do tipo retro-alimentação negativa. Note as linhas tracejadas que indicam inibição, enquanto as cheias indicam estimulação. No canto inferior esquerdo é mostrado o desenvolvimento do endométrio uterino em decorrência dos hormônios presentes no organismo ao longo do ciclo.

## Unidade 8

# Controle das funções reprodutivas e o comportamento sexual

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

### Elaboradores

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme  
Berlinck

O controle das funções reprodutivas, bem como o comportamento sexual, são feitos por meio de um intrincado mecanismo envolvendo os chamados hormônios sexuais. Estas substâncias, transportadas pelo sistema circulatório, agem sobre a diferenciação dos órgãos sexuais ainda fase embrionária. Apesar de os bebês, ao nascerem, serem claramente homens ou mulheres, você já reparou como, durante a infância, meninos e meninas são bastante parecidos? O timbre da voz, a força muscular, a pele, a altura, são características difíceis de se usar para distinguir o sexo entre crianças, não é mesmo?

Entretanto, ao redor dos 12 anos de idade, as coisas começam a mudar. É a entrada na puberdade ou adolescência. Nesta fase da vida, os hormônios sexuais regem uma série de mudanças no corpo dos homens e das mulheres, deixando-os preparados para a reprodução. Os hormônios sexuais são responsáveis pela formação dos gametas (espermatozóides e óvulos) e, nas mulheres, esses hormônios controlam também o ciclo menstrual e a gravidez.

**QE 40:** O que você pode usar para distinguir entre um homem e uma mulher, além da presença/ausência de pênis/vagina? Essas outras características, que não são os órgãos reprodutores diretos (pênis/vagina), são as chamadas características sexuais secundárias.

Os hormônios sexuais são secretados pelos testículos nos homens e pelos ovários nas mulheres. Sua ação está sob controle de outros hormônios que são produzidos numa importante glândula localizada no sistema nervoso central, a hipófise, e chamados gonadotróficos: FSH – hormônio folículo estimulante e LH – hormônio luteinizante. O controle da produção desses hormônios se dá por meio de um sistema de retro-alimentação negativo. Os hormônios sexuais masculinos são os andrógenos, sendo a testosterona o mais importante deles. O FSH age nos túbulos seminíferos dos testículos estimulando a formação de espermatozóides, enquanto que o LH estimula a secreção da testosterona. Nas mulheres, os hormônios sexuais são os estrógenos e a progesterona. A ação dos estrógenos (*estro*: cio; *gênese*: criação) está ligada aos caracteres sexuais femininos e a progesterona às alterações que ocorrem com o organismo da mulher durante a gestação (*pro*: a favor; *gest*: gestação). Veja a Figura 9.

**QE 41:** Sabendo que o controle sobre a produção de testosterona é do tipo retro-alimentação negativa, esquematize o sistema envolvendo esse controle, englobando a hipófise e os testículos. O que ocorreria com a quantidade de LH e FSH em um homem que tivesse os seus testículos destruídos por algum motivo?

Por que as mulheres sangram pela vagina “uma vez por mês”, na menstruação? (Pergunta 42). Você sabe: o desenvolvimento dos fetos ocorre dentro do útero da

mãe. Logo, o útero precisa estar preparado para alojar esse feto e dar condições para seu desenvolvimento. O embrião se localizará dentro do útero, na mucosa interna desse órgão. Essa mucosa é chamada de endométrio. O endométrio é, assim, preparado todos os meses para receber o embrião. Caso isso não ocorra, ou seja, a mulher não engravide, toda essa mucosa é perdida, para se recomençar a elaboração de outra, nova, para o mês seguinte. Essa perda da mucosa interna do útero é a menstruação (ver Figuras 9 e 10).

**QE 42:** Estude a anatomia do sistema reprodutor feminino. O sangue da menstruação vem de onde?

O ciclo menstrual, normalmente, é composto por um período de 28 a 30 dias, em que a menstruação costuma ocorrer cerca de 14 dias após a ovulação. Durante este período, temos a ação conjunta de vários hormônios, com conseqüente alteração em suas taxas de concentração nesse processo. O início do ciclo é marcado por uma alta concentração de FSH que, na mulher, age estimulando o amadurecimento de folículos (estruturas do ovário que contém a célula originária do óvulo). O processo de amadurecimento de folículos é acompanhado por um aumento na concentração de estrógenos, estimulando o aumento do LH. Este último age conjuntamente com o FSH resultando na ovulação, que é a expulsão de um óvulo do ovário.

**QE 43:** O que inibe a ovulação de mais de um óvulo? Estude a ação dos hormônios sexuais femininos, bem como do LH e do FSH, para responder a essa pergunta. Aproveite e explique por que o FSH recebeu o nome de hormônio folículo-estimulante.

A pergunta acima não é tão simples assim; por isso, vamos dar uma ajuda. O endométrio começa a ter sua espessura aumentada, numa preparação para receber o possível óvulo fecundado e possibilitar uma futura gestação. O desenvolvimento do endométrio é causado, nesse primeiro momento, pela ação dos estrógenos e, posteriormente, pela ação da progesterona. Esta tem sua secreção aumentada após a ovulação, pois o LH estimula sua produção no que restou do folículo, chamado agora de corpo lúteo (por isso LH: hormônio luteinizante; lúteo quer dizer amarelo, que é a cor desta estrutura após a ovulação). Veja a Figura 3. É bom notar que, um pouco antes da ovulação, os estrógenos estão com seus níveis bem elevados e, além de estimular a produção do LH conforme descrito, eles também passam a inibir o FSH, levando à inibição do amadurecimento de mais folículos. Isso tende a evitar que ocorra mais de uma ovulação num mesmo ciclo. Durante a ovulação, o óvulo é expulso para as tubas uterinas e levado através do oviduto até o útero. Se, durante este trajeto, não ocorrer o encontro com os espermatozoides suscitando a fecundação, o endométrio vai sendo eliminado na forma de um fluxo chamado menstruação.

**QE 44:** Sabendo-se que os espermatozoides duram de dois a três dias dentro do aparelho reprodutor da mulher e que o óvulo dura igual período após a ovulação, você poderia descobrir qual seria o período fértil num ciclo menstrual normal e regular (ciclo de 28 dias)? E as pílulas anticoncepcionais, qual seria sua composição? E por que são tomadas em dias determinados do ciclo?

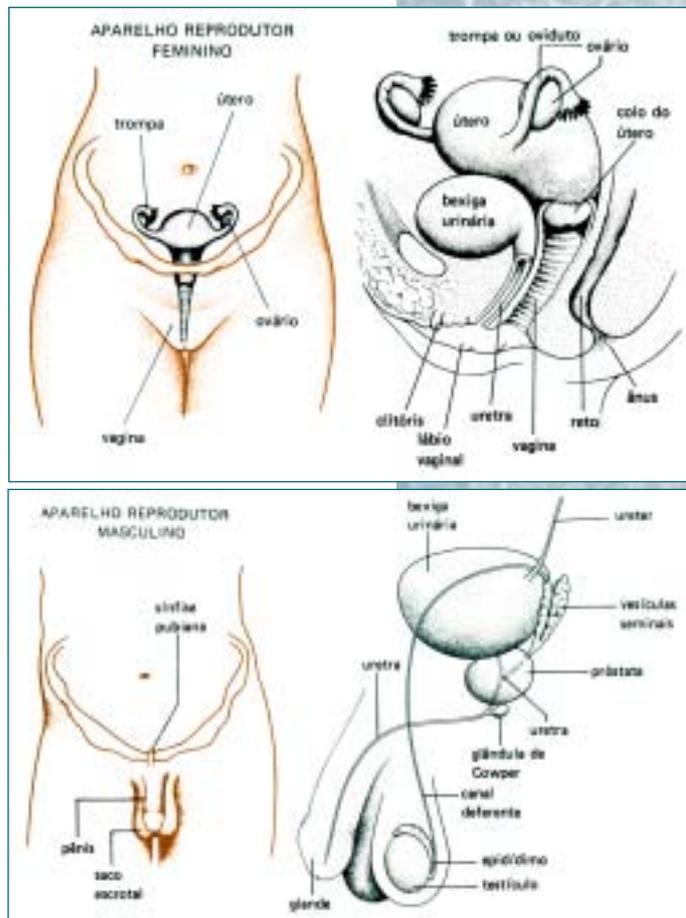


Figura 9 – Sistemas reprodutores feminino (A) e masculino (B).

## Unidade 9

# As defesas do organismo

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyría Mori

### Elaboradores

Carlos Arturo Iannini

José Guilherme  
Berlinck

O organismo possui vários tipos de defesa, atuando em diferentes níveis e de diferentes formas. Inicialmente, encontramos barreiras físicas, como a pele, e químicas, como o muco nas vias aéreas e o próprio ácido no estômago. Um segundo tipo de mecanismo de defesa extremamente importante é o que poderíamos chamar, de uma maneira geral, de “aumentos de fluxos”. Por exemplo: a diarreia é, muitas vezes, um importante meio de eliminação de toxinas e microorganismos nocivos que, eventualmente, estejam presentes nos alimentos ingeridos.

Apesar deste grande conjunto de defesas, muitas vezes elas não são suficientes para impedir que microrganismos ou vírus “furem o bloqueio” e passem a se proliferar no organismo. Nesta etapa, entra o sistema imunitário. Esse sistema é composto por células e proteínas que atuam de diferentes maneiras numa resposta que visa impedir a proliferação de microrganismos e vírus no seu corpo. O sistema imunitário dos vertebrados pode ser dividido em dois grandes tipos: a imunidade natural e a adquirida. A imunidade natural é assim chamada porque é composta por elementos presentes no organismo que respondem a uma infecção independentemente do tipo de agente infeccioso. Por sua vez, a imunidade adquirida é assim denominada por compreender uma resposta que depende do tipo do agente presente, sendo elaborada de maneira bastante específica para cada diferente microorganismo ou vírus invasor.

A resposta imunitária inicial é feita pelos elementos da imunidade natural. Quando ocorre destruição de tecidos num determinado local do organismo, desencadeia-se um processo chamado de inflamação. A inflamação é uma resposta estereotipada (ou seja, é um conjunto de eventos que ocorre sempre de maneira quase idêntica). Nela, há o aumento de fluxo sanguíneo para o local lesado, o que faz com que o local fique quente e vermelho. Os capilares do local lesado permitem uma maior saída de substâncias do plasma e células brancas do sangue para o tecido dessa região, fazendo com que o local inche. As substâncias liberadas pelas células destruídas e pelas que aí estão chegando irritam terminações nervosas ligadas à sensação de dor; por isso, o local dói.

Esse é o quadro estereotipado da resposta inflamatória: dor, calor, rubor (vermelhidão) e tumor (edema ou inchaço). Provavelmente você já teve esses sinais em algum local do corpo (por exemplo, após uma pancada na perna). Como você deve ter notado, a resposta inflamatória não está ligada à eliminação de uma infecção. A inflamação é uma resposta que ocorre em razão da destruição de tecidos de nosso organismo.

**QE 45:** Por que a picada de um mosquito fica daquele jeito vermelho, inchado, quente e com coceira?

A resposta inflamatória traz uma grande quantidade de células brancas do sangue (principalmente os chamados neutrófilos e macrófagos) e substâncias para o local da lesão tecidual. Uma parte dessas células inicia, então, uma busca por microorganismos e substâncias estranhas ali presentes. Os neutrófilos atacam microorganismos num processo de “digestão extracelular”, liberando enzimas. É claro que isso tende a destruir, também, as próprias células do tecido e os próprios neutrófilos. Os macrófagos, por sua vez, englobam os microorganismos, fagocitando-os, e os destroem num processo de digestão intracelular.

**QE 46:** Pesquise o que é o pus. Qual a relação dele com os neutrófilos?

Várias substâncias presentes no plasma também desempenham algum papel na tentativa de eliminar os agentes infecciosos invasores. Um conjunto de proteínas (o chamado sistema do complemento) liga-se a compostos presentes na membrana celular de muitos microorganismos e a danificam, matando os microorganismos. Você já escutou alguém falar sobre anticorpos e antígenos? Esses são dois conceitos importantes: os anticorpos, também conhecidos por imunoglobulinas, são proteínas produzidas pelos linfócitos B e se ligam a antígenos. A parte de uma substância à qual um anticorpo se liga é conhecido como “antígeno”. Os anticorpos naturais se ligam a uma grande quantidade de compostos (antígenos) relativamente comuns a vários microorganismos e vírus, mas não podem ser muito específicos: a ligação que eles fazem não é muito forte nem muito rápida. Assim, nem sempre a ligação com os anticorpos naturais se torna efetiva para completar a eliminação do agente infeccioso.

Uma vez que as barreiras físicas e químicas tenham sido vencidas e que a imunidade natural não dê conta da eliminação de um agente infeccioso invasor, o sistema imunitário específico é ativado. Essa ativação origina-se por células que tomam parte na resposta natural, como os macrófagos. Tais células levam pequenos pedaços (os tais antígenos) dos microorganismos que elas digeriram até certos locais do corpo, os linfonodos, onde esses antígenos entram em contato com os linfócitos, que são as células responsáveis pelas respostas específicas.

**QE 47:** Pesquise o que é a íngua. O que você acha que está ocorrendo nesse local?

Uma vez que linfócitos de certo tipo (T auxiliares) tomam contato com os antígenos, eles agem ativando outros dois tipos de linfócitos, os linfócitos T citotóxicos e os linfócitos B. A resposta imunitária pode, então, seguir dois caminhos. Um desses caminhos é destruir células (resposta celular), uma tarefa que os linfócitos T citotóxicos realizam. Parece loucura destruir o corpo para ajudá-lo, não é? Mas acontece que, algumas vezes, os agentes infecciosos que levam a ativação de respostas citotóxicas são vírus, e os vírus se reproduzem utilizando as células. Uma importante estratégia para destruir um vírus é destruir as células nas quais eles estão instalados. Já os linfócitos B são levados a se proliferar e produzir anticorpos específicos para o agente infeccioso em questão. Este tipo de resposta chama-se humoral, porque os anticorpos com ação contra o agente infeccioso encontram-se nos líquidos do organismo (antes chamados de humores). Esses anticorpos destroem o agente infeccioso de muitas maneiras diferentes.

Por que muitas doenças, como sarampo, catapora e caxumba dificilmente acontecem mais de uma vez na vida de uma pessoa? É como se o seu corpo se recordasse das doenças que você já teve. Pois é assim mesmo. Uma parte desses linfócitos (T e B) – criados e ativados na resposta – permanece no organismo. Assim, numa próxima vez que o seu organismo entrar em contato com o agente infeccioso, não somente já há uma certa quantidade de anticorpos contra esse

agente como, ainda, uma resposta específica “forte” é disparada rapidamente por meio dessas células ditas de “memória imunológica”. A possibilidade da formação de memória imunológica é o princípio da vacinação. Assim, se fornecermos ao seu organismo a possibilidade de montar uma resposta inicial aos antígenos de um certo agente infeccioso, sem que haja, de fato, a infecção, quando o organismo entrar em contato com o agente infeccioso numa situação “pra valer” ele já pode disparar uma resposta secundária diretamente (que, lembre-se, é mais forte e rápida que a resposta imunitária inicial). Esse princípio foi definitivamente estabelecido por Edward Jenner na Inglaterra do século XVIII. Ele fazia extratos de lesões cutâneas de vacas (daí originando o nome “vaccínia”) para dar a seres humanos, na expectativa de torná-los resistentes à varíola.

**QE 48:** A varíola, uma doença infecciosa muito contagiosa e letal, foi erradicada do mundo em decorrência de campanhas intensas de vacinação durante o século XX. Assim, já há muitos anos não se realiza mais a vacinação contra essa doença. Você consegue explicar por que o vírus da varíola é uma das ditas armas bacteriológicas?

Existem diversos tipos de imunoglobulinas (são os anticorpos, você se lembra?), que recebem nomes como IgM, IgG, IgA, IgE, IgD (“Ig” vem de imunoglobulina). De uma forma geral, as IgM são os anticorpos naturais, sendo produzidas de forma inespecífica e contínua por linfócitos B. As IgM são moléculas bastante grandes e, por isso, ficam confinadas ao sangue e à linfa. As IgG são os anticorpos típicos da resposta específica. Sua ligação com o antígeno é bastante forte; são moléculas bem menores que as IgM e passam para diversos locais do organismo, a partir do sangue. A passagem de IgG maternas pela placenta confere ao recém-nascido proteção contra uma grande quantidade de infecções nos primeiros meses de vida, antes que o bebê comece a produzir os seus próprios anticorpos em quantidade suficiente.

**QE 49:** Será que existem anticorpos nas lágrimas e na saliva?

O sistema imunitário não atua somente no combate a infecções. Esse sistema é, ainda, responsável por parte da eliminação de detritos formados no nosso organismo, como, por exemplo, de células mortas e seus “pedaços”.

## Os TIPOS SANGÜÍNEOS

Certamente você já ouviu falar nos tipos de sangue. Talvez você já tenha ouvido algum conhecido comentar que seu sangue é tipo “B positivo”, um outro falar que o dele é “O positivo”, e por aí vai.

Você sabe o seu tipo sangüíneo? E o que significa esse “B positivo”? Qual a relevância, afinal, de se saber o tipo sangüíneo?

Se você precisar de uma transfusão sangüínea, não serve qualquer sangue. Todas as células de um indivíduo carregam “marcas” específicas (moléculas que ficam expostas na membrana celular) que as fazem ser daquele tal indivíduo. As hemácias, por exemplo, apresentam diversos tipos de “identificadores”, formando o “tipo sangüíneo” do indivíduo. Se você é o receptor de uma transfusão e o doador tiver o mesmo tipo de sangue, existe pouco perigo de se produzir uma reação imunitária. Por outro lado, caso haja incompatibilidade, as novas hemácias serão destruídas (hemólise) graças aos anticorpos presentes no plasma do receptor, que não terá se beneficiado da transfusão e, além disso, pode vir a ter novos problemas devido à hemólise. O problema de destruição de células por incompatibilidade, na verdade, aplica-se a qualquer transplante de órgãos.

Existem dois tipos principais de sistemas de marcadores de superfície das hemácias: o sistema ABO e o sistema Rh. O sistema do tipo ABO é definido

por glicoproteínas de membrana (ou seja, proteína + açúcar) de dois tipos, chamadas A e B. Uma pessoa pode ter só A, só B, A e B (AB) ou nenhuma (O). São, então, quatro possibilidades.

Um indivíduo do tipo O tem anticorpos contra a cadeia A e contra a cadeia B. Um indivíduo tipo A tem anticorpos contra a cadeia B e um indivíduo tipo B tem anticorpos contra a cadeia A. Finalmente, um indivíduo do tipo AB não tem anticorpos contra nenhuma das cadeias, já que ele possui ambas. Complemente esta informação com a Tabela 1.

**TABELA 1 – TIPOS SANGÜÍNEOS ABO E RH**

| Marcadores nas hemácias | Anticorpos no plasma                   | Doa para         | Recebe de        |
|-------------------------|--|------------------|------------------|
| A; +                    | anti-B; nenhum                         | A, AB; +         | A, O; +/-        |
| A; -                    | anti-B; anti-Rh <sup>(#)</sup>         | A, AB; +/-       | A, O; -          |
| B; +                    | anti-A; nenhum                         | B, AB; +         | B, O; +/-        |
| B; -                    | anti-A; anti-Rh <sup>(#)</sup>         | B, AB; +/-       | B, O; -          |
| AB; +                   | nenhum; nenhum                         | AB; +            | A, B, AB, O; +/- |
| AB; -                   | nenhum; anti-Rh <sup>(#)</sup>         | AB; +/-          | A, B, AB, O; -   |
| O; +                    | anti-A, anti-B; nenhum                 | A, B, AB, O; +   | O; +/-           |
| O; -                    | anti-A, anti-B; anti-Rh <sup>(#)</sup> | A, B, AB, O; +/- | O; -             |

(#): os anticorpos são formados somente após um primeiro contato das hemácias Rh<sup>+</sup> com o indivíduo Rh<sup>-</sup>.

Já o chamado fator Rh depende só da presença ou ausência de uma proteína na superfície das hemácias (o fator Rh). Se você a tem, o seu sangue é Rh positivo; se não tem, é Rh negativo. Se você for Rh negativo, nunca foi exposto ao fator Rh. Assim, se exposto a esse fator, por exemplo, em uma transfusão, o seu corpo reagiria formando anticorpos.

**QE 50:** Uma mulher com Rh<sup>-</sup> tem um filho com um homem Rh<sup>+</sup>. O fator Rh é dominante e, assim, o feto pode ser Rh<sup>+</sup>. Se colocarmos hemácias Rh<sup>+</sup> em contato com sangue Rh<sup>-</sup>, nada ocorre, a não ser que o sangue Rh<sup>-</sup> seja proveniente de uma pessoa que já tenha tido contato com hemácias Rh<sup>+</sup>. Durante o parto, ocorre um contato entre o sangue da mãe e o do filho, devido a pequenas lesões no útero e placenta. Se essa criança for Rh<sup>+</sup>, uma próxima gestação de um feto Rh<sup>+</sup> ficará comprometida: a mãe passa a produzir anticorpos contra o fator Rh, que matam novos fetos Rh<sup>+</sup> logo no início da gestação, causando abortos naturais. Por outro lado, o sistema ABO não tem qualquer problema do tipo descrito, ou seja, por exemplo, uma mãe com sangue tipo A não destrói um feto tipo B, uma mãe tipo O não destrói um feto tipo AB etc., apesar de que, se colocarmos hemácias tipo B em contato com sangue tipo A, essas são destruídas por anticorpos presentes nesse segundo sangue, independentemente de contato prévio! Veja, novamente, a Tabela 1 para checar as demais incompatibilidades do sistema ABO. Essa diferença entre o que ocorre com o sistema Rh e o sistema ABO ilustra diferenças entre os tipos de anticorpos e de imunidade envolvidos nos processos. Você seria capaz de explicar isso melhor?



# Unidade 10

## Saúde

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyría Mori

### Elaboradores

Carlos Arturo  
Iannini

José Guilherme  
Berlinck

Você sabia que a Organização Mundial de Saúde define saúde como *o bem-estar biopsico-social do indivíduo*? O que será que isso quer dizer? Uma pessoa sem doenças pode não ser “saudável”? A parte “bio” se refere ao bem-estar físico, a parte “psico” se refere a um “bem-estar interior” que a pessoa experimente, e a parte “social” se aplica às relações dessa pessoa na comunidade em que vive, ou seja, ao bem-estar das relações sociais do grupo.

Dessa forma, passamos a entender que a saúde de um indivíduo é muito mais que a ausência de doenças, e que essa saúde pode ser prejudicada pelas condições de vida das pessoas. Ao mesmo tempo, isso coloca sobre os governos numa posição de extrema responsabilidade, já que sua atuação na área de saúde deve ser muito mais que a criação de “hospitais e postos de saúde”. Você percebe por quê? Discuta isso um pouco com seus colegas. Vamos, aqui, utilizar duas doenças para explorar um pouco mais a atuação de governo e comunidade na área da saúde, aproveitando também para rever alguns dos conceitos de fisiologia do ser humano.

## A DENGUE

A dengue é uma doença causada por um vírus que se instala em vários locais do organismo. Como você já sabe, haverá uma reação imunitária dirigida contra esses vírus. Você saberia descrever as várias etapas dessa reação? Como esses vírus chegam ao indivíduo?

Eles são transmitidos por um mosquito, o *Aedes aegypti*. Quando o mosquito pica, um pouco de sua saliva cai na pele lesada da pessoa. Você se lembra da nossa pergunta sobre a picada de pernilongo? Se o mosquito carrega o vírus, há a contaminação por essa secreção, e o vírus infecta a pessoa. E como o mosquito se infectou? Picando uma pessoa que estava com o vírus! Ovos de fêmeas contaminadas também ficarão contaminados, e os novos mosquitos que nascerem já carregarão o vírus. Temos, assim, um ciclo, no qual o ser humano infecta o mosquito que, por seu turno, infecta o ser humano novamente.

Talvez você se surpreenda com o fato de que os mosquitos infectados pelo vírus da dengue também fiquem doentes: eles têm uma vida mais curta que os mosquitos não infectados! Não pense, portanto, que o *Aedes aegypti* transmite a dengue por “maldade” ou “de propósito”.

Estamos, aqui, frente a um ciclo biológico no qual o vírus tem dois hospedeiros: o ser humano e o mosquito, causando doença em ambos. O mosquito é chamado de “vetor” da dengue (*vetor*: condutor, portador). O quadro da doença pode ser muito semelhante a uma gripe forte. Eventualmente, o quadro

pode ser muito mais intenso e grave, deixando a pessoa de cama e em perigo de vida. Para todas as pessoas e para essas cujo quadro foi bem mais intenso, o grande problema que a doença oferece é a possibilidade de uma nova contaminação: o risco de um quadro gravíssimo, chamado dengue hemorrágica, é muito maior numa segunda infecção. Isso tem a ver com a reação imunitária nessa segunda infecção. Você conseguiria lembrar o que estará diferente na resposta de defesa do organismo nesse caso e como isso poderia ser problemático?

Bem, até aqui, o problema da dengue parece ser o de tratar os pacientes para que eles não morram. Obviamente, isso precisa ser feito para as pessoas afetadas. Mas isso não é suficiente. Não basta tratar as pessoas; é preciso impedir que elas sejam contaminadas. É aí então que entra a ação do governo e da sociedade para conter a doença.

**QE 51)** O que você sugere que deveria ser feito pelos governos para reduzir o problema de saúde pública causado pela dengue? Qual seria a ação adequada da sociedade? Comente as várias formas de combate à dengue de que você já ouviu falar, explicando onde cada uma atua no ciclo de transmissão. O que você entende por um local que é um “foco potencial” dessa doença? Qual a relação que você faz entre a densidade demográfica de uma região (ou seja, a quantidade de pessoas numa determinada área), a densidade de *Aedes aegypti* e a dengue? Como uma região na qual não há a dengue poderia passar a ser um local com essa doença? Como você encara o problema da dengue a partir da definição de saúde da OMS?

## A SÍNDROME DA IMUNODEFICIÊNCIA ADQUIRIDA

A Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (SIDA ou, do inglês, AIDS) é, hoje, uma preocupação mundial e é uma das importantes doenças sexualmente transmissíveis da atualidade. A causa dessa doença é o vírus da imunodeficiência humana (cuja sigla vem do inglês: HIV).

As pessoas contaminadas tendem a desenvolver, após períodos de tempo variáveis, um quadro caracterizado por uma fragilidade das defesas do organismo contra infecções. O HIV destrói, entre outras células, os linfócitos T auxiliares. Você saberia explicar como isso prejudica o sistema de defesa do organismo?

A AIDS é transmitida quando superfícies mucosas (como a boca, a vagina, o reto) entram em contato com secreções de uma pessoa contaminada. É por isso que o contato sexual, sem maiores cuidados, é uma fonte importantíssima de contágio. Outra maneira de haver o contágio é por meio de ferimentos com agulhas infectadas ou transfusões de sangue contaminado. Como você pode perceber, novamente, o simples tratamento dos doentes não é suficiente para conter a doença. A sociedade e o governo precisam tomar parte nesse controle.

**QE 52:** O que se entende por “população de risco”? Faça uma pesquisa sobre as populações que estão, hoje em dia, sob maior risco de contágio da AIDS (ou SIDA) e sobre as populações de risco há dez e vinte anos atrás. O que você nota? O que isso sugere a você? Quais as diferenças que você percebe que devam existir nas ações governamentais e da sociedade entre a dengue e a AIDS? Quais as semelhanças? Por que os usuários de drogas tornaram-se uma população de risco para a AIDS? Existem setores da sociedade que consideram que, para conter o avanço da AIDS entre os usuários de drogas, medidas enérgicas de repressão aos usuários e sua punição devem ser aplicadas. Outros setores buscam essa contenção por meio da distribuição gratuita de seringas e agulhas. O que você pensa a respeito de cada estratégia? O que você acha importante saber a respeito do exame de detecção de pessoas portadoras do HIV? Elabore uma estratégia para buscar diminuir o contágio sexual da AIDS.

## PARASITISMO

Vamos falar um pouco sobre parasitismo. Ele é um tipo de relação entre seres vivos em que a população de uma espécie (a parasita) se beneficia da interação mantida com uma outra espécie (o hospedeiro), que acaba sendo prejudicada. A partir desta definição, você classificaria o vibrião do cólera como um parasita? Dê uma olhada em seu material sobre Ecologia para responder a essa pergunta.

Nos seres humanos existem muitas doenças que são resultantes do parasitismo. Assim, entender o ciclo de vida do parasita passa a ser um importante instrumento de saúde pública para sua prevenção e seu tratamento.

Os parasitas mais famosos são os “vermes” (será que todo verme é um parasita?). Sabemos que alguns desses vermes parasitas apresentam apenas um hospedeiro em seu ciclo de vida. O caso típico é o da lombriga. Já a solitária necessita de duas espécies de hospedeiro para completar seu ciclo. No primeiro (geralmente gado e porcos), ocorre a eclosão dos ovos e o desenvolvimento das larvas (cisticercos). No segundo hospedeiro ocorre o desenvolvimento da forma adulta. Os ovos da solitária podem estar no solo e contaminar a vegetação, inclusive alimentos ingeridos pelo ser humano. Sabendo disso, faça uma revisão sobre o ciclo da solitária e responda: é possível o ser humano fazer o papel do porco? É possível o porco fazer o papel do ser humano? Aproveite a hora e responda a Pergunta 53.

**QE 53:** Faça uma pesquisa sobre as doenças que estão na primeira coluna da tabela abaixo e procure relacionar as demais colunas com os elementos da primeira. Veja a Figura 12 para conhecer alguns desses agentes.

| Doença              | Agente causador                        | Grupo              | Locais afetados                      | Modo de contágio   | Sintomas   |
|---------------------|--|--------------------|--------------------------------------|--|--|
| Malária             | Trypanossoma cruzi                     | Bactéria           | Intestino delgado                    | Picada por “barbeiro” (inseto hemíptero)                         | Quadro inespecífico gastrointestinal   |
| Mal de Chagas       | <i>Ascaris lumbricoides</i> (lombriga) | Protozoário        | Intestino delgado                    | Ingestão de água contaminada                                     | Febre terçã ou quartã  |
| Cólera              | <i>Taenia sp.</i> (solitária)          | Nematódeo (verme)  | Vasos sanguíneos do trato digestório | Nadar em lagoas habitadas por caramujos infectados               | Pneumonia, sintomas gastrointestinais inespecíficos                                      |
| Esquistossomose     | Plasmodium sp.                         | Protozoário        | Coração, esôfago e intestino grosso  | Ingestão de carnes mal-cozidas (boi ou porco) com cisticercos    | Insuficiência do coração, dificuldades no trânsito do bolo alimentar no trato digestório |
| Teníase (solitária) | <i>Vibrio cholerae</i>                 | Trematódeo (verme) | Intestino delgado                    | Picada por <i>Anopheles</i> (mosquito) contaminado               | Diarréia intensa   |
| Ascariíase          | Schistosoma sp.                        | Cestóide (verme)   | Hemácias e células hepáticas         | Ingestão de ovos de lombriga (verduras mal lavadas, terra, etc.) | Insuficiência hepática, ascite (barriga d’água)  |

## MÉTODOS CONTRACEPTIVOS

Imagine-se na situação de um casal que mantém relações sexuais mas que não quer ter filhos. Eles perguntam a você se o mais aconselhável é o uso de

preservativos ou pílula. O que você responderia? Será que existem somente esses métodos para evitar uma gestação?

De fato, existem vários métodos para se evitar uma gravidez não programada. A gravidez se inicia com a fecundação do óvulo da mulher por um espermatozóide do homem, o que origina o embrião que resultará no feto e se tornará o bebê. Tendo isso em mente, você saberia explicar como funciona o preservativo (a “camisinha”)? Você sabia que existe a “camisinha” para mulheres?

Para entender como funciona a pílula anticoncepcional, é preciso que você revise seus conhecimentos acerca do ciclo menstrual. Feito isso, você saberá como ocorre a ovulação. Um tipo de pílula anticoncepcional é composta por estrógenos; e existem, hoje em dia, pílulas bem mais elaboradas que as somente de estrógenos. Muitas “imitam” o ciclo hormonal feminino, com a fase estrogênica e a progestagênica, o que torna mais natural a vida da mulher que opta por este método contraceptivo. Entretanto, o uso das pílulas ainda traz o risco aumentado de certas doenças para quem as utiliza, o que quer dizer que elas devem ser sempre empregadas sob orientação médica. Bem, e afinal, existem outros métodos contraceptivos?

**QE 54:** Sabendo essa composição, como você explica o funcionamento da pílula anticoncepcional? O que as pílulas procuram impedir que ocorra?

Você já ouviu falar no DIU (dispositivo intra-uterino)? Ele é uma peça colocada, por um médico, dentro do útero, em contato com o endométrio. A presença do DIU atrapalha a implantação do óvulo fecundado, o que dificulta a instalação de uma gestação. Já o diafragma é uma tela impermeável colocada na entrada do útero, na junção deste órgão com a vagina. Recomenda-se o uso do diafragma em conjunto com alguma pomada espermicida (que mata espermatozóides). Você saberia explicar o funcionamento desse tipo de contraceptivo?

Suponha, entretanto, que o casal não disponha de recurso algum para evitar a gestação, a não ser evitar ter relações sexuais em alguns períodos. Procure rever qual é a vida média de um óvulo e de um espermatozóide. Com base nessas informações, é possível se tentar elaborar uma tabela de datas. Esse tipo de método contraceptivo é conhecido como “tabelinha”. Você o considera confiável? Por quê?

**QE 55:** Conhecendo o ciclo menstrual, você seria capaz de sugerir qual o período mais propício para que a mulher engravide caso ela tenha relações sexuais?

Cada um dos métodos contraceptivos pode apresentar vantagens e desvantagens no seu uso e escolha. Assim, o mais adequado dependerá de características de cada pessoa e de cada casal.

## ***DOENÇAS SEXUALMENTE TRANSMISSÍVEIS – DSTs***

Como já diz o próprio nome, essas são enfermidades nas quais o agente causador é transmitido por meio das relações sexuais. A grande maioria das DSTs são causadas por microorganismos ou vírus. Entretanto, você sabia que o chato (pediculose púbica) é uma DST causada por um artrópode parente próximo do piolho?

Muitas das DSTs apresentam sinais e sintomas relacionados aos órgãos sexuais, tanto masculinos quanto femininos. Nestes casos, podem ser diagnosticadas pelo reconhecimento de alguns sinais que aparecem na vagina, no pênis ou no ânus. Esses sinais variam bastante, dependendo da doença. Po-

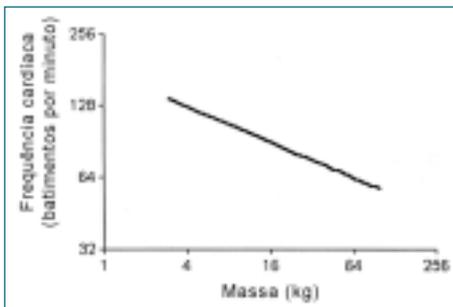
dem ser verrugas, mau cheiro, coceira, corrimento, bolha, lesão, ardor ou dor. Um médico deve ser procurado para um tratamento adequado. Entre as DSTs que têm manifestações ligadas aos órgãos genitais, encontramos a gonorréia, a sífilis, o herpes genital, o cancro mole, o condiloma acuminado (crista-de-galo), o linfogranuloma venéreo, a vaginose bacteriana, a uretrite não gonocócica e a tricomoníase.

**QE 56:** Você seria capaz de apresentar três motivos para que o parceiro de uma pessoa diagnosticada com DST deva ser avisado e tratado?

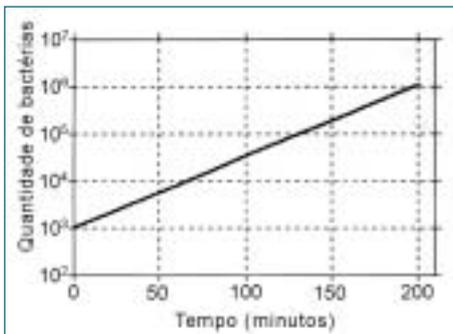
Mas atenção! Existem DSTs cujos sinais e sintomas não se apresentam nos órgãos genitais. Dessas, as mais importantes são a hepatite B, a hepatite C e a AIDS. Por falar nisso, algumas das DSTs com sinais e sintomas nos genitais aumentam o risco de se adquirir o vírus da AIDS. A prevenção das DSTs é tema permanente de campanhas públicas de saúde. O uso da camisinha continua sendo o melhor método para evitar um possível contágio por uma doença sexualmente transmissível.

## Interpretação de Figuras

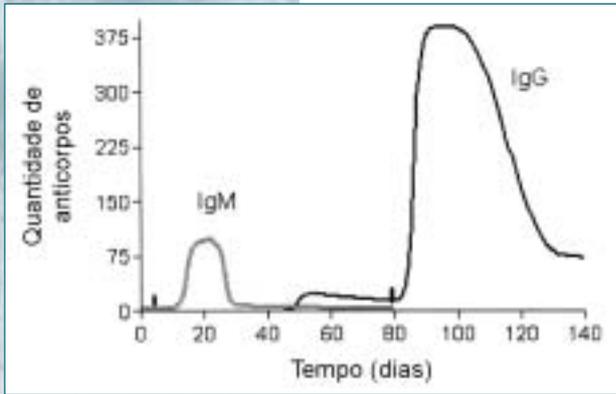
1) A frequência cardíaca dos seres humanos diminui à medida em que as pessoas aumentam de peso, conforme ilustrado na figura abaixo. Por exemplo, um adulto com 60 kg apresenta, aproximadamente, uma frequência de 64 batimentos por minuto. Uma criança pesando 6 vezes menos, ou seja, com 10 kg, teria qual frequência cardíaca? Seria possível utilizar uma regra de três para descobrir a frequência cardíaca de uma pessoa de 300 kg a partir dos valores de 10 kg e 60 kg que você já conhece? Por quê?



2) A figura abaixo ilustra a proliferação de uma cepa bacteriana em um infecção intestinal. O indivíduo ingeriu, inicialmente, alimento contaminado com aproximadamente 1000 ( $10^3$ ) bactérias. Suponha que uma reação diarreica se inicie quando há uma população de 10 milhões de bactérias ( $10^8$ ). (a) Quanto tempo após o contágio isso ocorreria? (b) Que características da reprodução bacteriana a figura ilustra? (c) Refaça a figura tendo o eixo y (quantidade de bactérias) em escala linear ao invés da escala logarítmica na qual ela está apresentada. O que você considera que cada tipo de figura evidencie melhor?

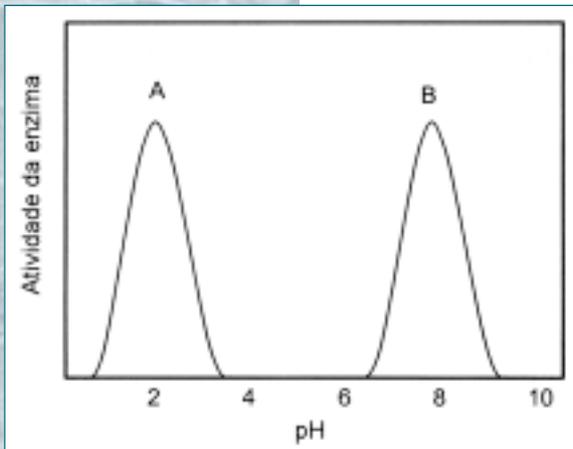


3) A figura abaixo exemplifica uma reação humoral de uma pessoa a um certo agente infeccioso. Um primeiro contágio se dá no dia 04 e um segundo contágio ocorre no dia 79 (marcas vermelhas). O traçado cinza representa anticorpos do tipo IgM enquanto o traçado negro representa anticorpos do tipo IgG. Um médico deseja saber se essa pessoa já teve essa doença infecciosa.



Ele colhe sangue da pessoa e procura anticorpos contra a doença em questão. Qual a diferença entre o que ele irá concluir se obtiver uma amostra de sangue no dia 20 e se obtiver uma amostra no dia 55? Suponha que a amostra seja obtida no dia 40 e o médico informe ao paciente que ele, paciente, nunca teve tal doença infecciosa. Existe algum erro no que o médico disse? Por quê? Compare o que ocorre após o primeiro contágio com o que ocorre após o segundo, levando em conta a velocidade e a amplitude da resposta. Qual a causa dessas diferenças?

4) A figura abaixo ilustra a atividade de duas enzimas diferentes (enzima A e enzima B), que quebram proteínas. Qual dessas proteases atuaria melhor no estômago e por quê?



## Sobre os autores

### *Carlos A. Navas*

obteve o seu doutorado na Universidade de Connecticut, EUA em 1995, e foi posteriormente pós-doutorando no Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, onde é atualmente Professor Associado (Livre-Docente). Pesquisa sobre fisiologia comparativa da atividade física e tem publicado numerosos artigos científicos em revistas especializadas.

### *José Guilherme Chauí-Berlinck*

é médico formado pela FMUSP, com um ano de residência em Clínica Médica. Obteve o mestrado e o doutorado no Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da USP, onde é atualmente professor e coordena o Laboratório de Fisiologia Teórica.

# Anotações

# Anotações

# Anotações

# Anotações