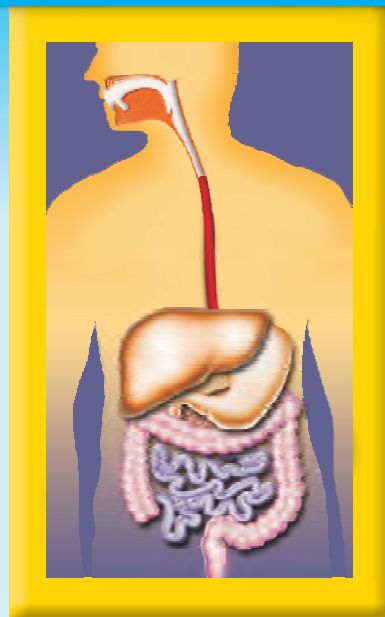


# BIOLOGIA

## Estruturas e funções celulares - Módulos



Sistema digestório

- 33 – O sistema digestório
- 34 – A digestão humana
- 35 – A digestão dos ruminantes
- 36 – O sistema respiratório
- 37 – A respiração humana
- 38 – Tipos de circulação
- 39 – Os corações dos vertebrados
- 40 – O automatismo cardíaco
- 41 – As hemácias e as plaquetas
- 42 – Os leucócitos
- 43 – O sistema linfático
- 44 – O sistema excretor

### Módulo

## 33

# O sistema digestório

### Palavras-chave:

- Alimentos
- Digestão • Enzimas

## 1. Alimentos

Os alimentos são utilizados no organismo como fonte de energia, como matéria-prima de crescimento e reconstituição do corpo e como regulador de outras funções orgânicas.

### Classificação

Podem ser classificados em plásticos, energéticos, mistos e reguladores.

### Plásticos

São os alimentos utilizados na estrutura do organismo, na construção de componentes celulares. Ex.: proteínas.

São fontes de proteínas: carne, ovos, soja, feijão, gelatina, queijo, leite etc.

### Energéticos

São os alimentos utilizados como "fontes de energia" necessárias às atividades vitais. Ex.: carboidratos ou glicídeos.

A energia é obtida por meio da oxidação dos alimentos, realizada pelas mitocôndrias.

São fontes de carboidratos: cana-de-açúcar, beterraba, arroz, feijão, milho, trigo etc.

### Mistos

São alimentos que apresentam várias funções ao mesmo tempo.

Ex.: lípides (plásticos e energéticos).

São fontes de lípides: óleo, manteiga, toucinho, margarina, ovo etc.

### Reguladores

São alimentos que controlam as funções vitais. Ex.: vitaminas e sais minerais.

As vitaminas são ativadoras das enzimas que aceleram o metabolismo celular.

São fontes de vitaminas: frutas, cereais, ovo, leite etc.

## 2. Digestão

### Generalidades

Digestão é o conjunto de transformações fisiológicas que os alimentos orgânicos sofrem para se converter em compostos menores hidrossolúveis e absorvíveis.

### Hidrólise enzimática

A digestão dos compostos orgânicos ocorre na presença da água e é catalisada pelas enzimas digestórias.

| Substratos             | Absorção na forma de       |
|------------------------|----------------------------|
| Glicídeos              | Monossacarídeos            |
| Proteínas              | Aminoácidos                |
| Ácidos nucleicos       | Nucleotídeos               |
| Lipídeos               | Ácidos graxos e glicerol   |
| Vitaminas, Água e Sais | <b>Não sofrem digestão</b> |

### 3. Tipos de digestão

De acordo com o local da ocorrência, temos:

— Digestão intracelular (ocorre totalmente no interior da célula).

— Digestão extracelular (ocorre totalmente no tubo digestório).

— Digestão extra e intracelular (inicia-se no tubo digestório e completa-se no interior da célula).

— Digestão extracorpórea (a digestão da aranha não ocorre em seu corpo, mas na própria presa).

#### Digestão intracelular

Ocorre totalmente dentro das células (protozoários e poríferos) e é realizada pelos lisossomos.

Os lisossomos são pequenos vacúolos citoplasmáticos que apresentam membrana lipoproteica e, no seu interior, enzimas digestórias responsáveis pela digestão de vários tipos de compostos orgânicos.

Se a membrana do lisossomo for fragmentada, as enzimas serão lançadas no citoplasma e a célula morrerá por autodigestão.

As esponjas (poríferos) apresentam coanócitos e amebócitos – células responsáveis pela digestão intracelular.

Elas possuem uma projeção da plasmalema que lembra um “colarinho”.

#### Observação

Os lisossomos dos leucócitos (glóbulos brancos do sangue) realizam a digestão intracelular de bactérias, atuando na defesa do organismo.

### Digestão extra e intracelular

A digestão inicia-se no tubo digestório e completa-se no interior das células.

Ocorre nos celenterados (hidra), platielmintes (planária) e em alguns moluscos (mexilhão).

Os celenterados (ex.: hidra) apresentam células denominadas cnidoblastos, que possuem um líquido urticante (hipnotoxina).

A forma geral de um cnidoblasto é a de um cálice de pé comprido, fechado na extremidade superior, na qual há um pequeno prolongamento pontiagudo, o cnidocílio. No interior da parte alargada do cnidoblasto, encontra-se o nematocisto, uma diferenciação de estrutura bastante complexa. O nematocisto é uma vesícula ovoide, com parede dupla, constituída por uma membrana interna delgada e uma externa mais forte e elástica, que forma o opérculo, uma pequena tampa que fecha a abertura superior do nematocisto. A membrana interna evagina-se por baixo do opérculo e forma, no interior da vesícula, um longo filamento enrolado em espiral. No interior do nematocisto, existe um líquido urticante ou viscoso.

Os cnidoblastos atuam na defesa, facilitam a caça e, em alguns casos, contribuem para a movimentação do animal.

#### Digestão extracelular

A digestão ocorre totalmente no interior do tubo digestório do animal.

Ocorre na maioria dos invertebrados (ex.: minhoca), nos protocordados (anfioxo) e nos vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos).

Em relação à alimentação, podemos afirmar que o homem apresenta especialmente digestão extracelular, enquanto os lisossomos realizam a digestão de componentes celulares velhos, que devem ser renovados (autofagia).

#### Digestão extracorpórea

A aranha injeta seu suco digestório no interior de sua presa, ou seja, no corpo do inseto, onde ocorre a digestão.

## Exercícios Resolvidos

**1 (ENEM)** – Alguns rapazes cometeram a imprudência de dirigir logo depois de terem tomado várias cervejas. Durante o percurso, suspeitaram que, um pouco mais à frente, no posto rodoviário, poderia estar sendo realizado o teste do bafômetro. Nesse teste, o motorista deve soprar o ar em um aparelho que irá detectar a presença e a quantidade de álcool ingerida. Com o intuito de mascarar o teste e despistar os policiais, os rapazes lavaram a boca, beberam água e chuparam várias balas de hortelã. Parados no posto rodoviário e feito o teste do bafômetro, este deu resultado

- a) negativo. O álcool é rapidamente digerido e absorvido pelas paredes digestórias. Só pode ser detectado a partir de gotículas da bebida que permanecem na mucosa da boca. A água e os elementos aromáticos da bala mascararam a detecção pelo aparelho.
- b) negativo. O álcool é lentamente absorvido pelas paredes digestórias, sem sofrer digestão. Alcança a corrente sanguínea, é totalmente metabolizado pelo fígado e eliminado pelos rins. A água bebida pelos rapazes acelera a eliminação do álcool pela urina, e os elementos aromáticos da bala mascararam o odor da bebida.
- c) positivo. O álcool é lentamente digerido e absorvido pelas paredes digestórias. O álcool ainda presente no estômago libera vapores que são expelidos pela boca junto com o ar soprado no aparelho.
- d) positivo. O álcool é rapidamente digerido e absorvido pelas paredes digestórias. Alcança a corrente sanguínea e chega aos demais tecidos do corpo, inclusive mucosas bucais. Moléculas de álcool nas mucosas são detectadas pelo aparelho.
- e) positivo. O álcool é rapidamente absorvido pelas paredes digestórias, sem sofrer digestão. Alcança a corrente sanguínea e chega rapidamente aos demais tecidos do corpo.

inclusive o pulmão. Moléculas de álcool nos alvéolos são liberadas junto com o ar soprado no aparelho.

#### Resolução

O álcool não sofre digestão e é rapidamente absorvido.

#### Resposta: E

**2 (ENEM)** – A obesidade, que nos países desenvolvidos já é tratada como epidemia, começa a preocupar especialistas no Brasil. Os últimos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares, realizada entre 2002 e 2003 pelo IBGE, mostram que 40,6% da população brasileira estão acima do peso, ou seja, 38,8 milhões de adultos. Desse total, 10,5 milhões são considerados obesos. Várias são as dietas e

os remédios que prometem um emagrecimento rápido e sem riscos. Há alguns anos foi lançado no mercado brasileiro um remédio de ação diferente dos demais, pois inibe a ação da lipases, enzimas que aceleram a reação de quebra de gorduras. Sem serem quebradas elas não são absorvidas pelo intestino, e parte das gorduras ingeridas é eliminada com as fezes. Como os lipídios são altamente energéticos, a pessoa tende a emagrecer. No entanto, esse remédio apresenta algumas contraindicações, pois a gordura não absorvida lubrifica o intestino, causando desagradáveis diarreias. Além do mais, podem ocorrer casos de baixa absorção de vitaminas lipossolúveis, como as A, D, E e K, pois

a) essas vitaminas, por serem mais energé-

ticas que as demais, precisam de lipídios para sua absorção.

- b) a ausência dos lipídios torna a absorção dessas vitaminas desnecessária.
- c) essas vitaminas reagem com o remédio, transformando-se em outras vitaminas.
- d) as lipases também desdobram as vitaminas para que essas sejam absorvidas.
- e) essas vitaminas se dissolvem nos lipídios e só são absorvidas junto com eles.

#### Resolução

As vitaminas A, D, E e K são lipossolúveis, sendo absorvidas junto com os lipídeos, no intestino humano.

#### Resposta: E

## Exercícios Propostos

**1 (ENEM)** – Arroz e feijão formam um “par perfeito”, pois fornecem energia, aminoácidos e diversos nutrientes. O que falta em um deles pode ser encontrado no outro. Por exemplo, o arroz é pobre no aminoácido lisina, que é encontrado em abundância no feijão, e o aminoácido metionina é abundante no arroz e pouco encontrado no feijão. A tabela seguinte apresenta informações nutricionais desses dois alimentos.

|              | arroz<br>(1 colher de sopa) | feijão<br>(1 colher de sopa) |
|--------------|-----------------------------|------------------------------|
| calorias     | 41 kcal                     | 58 kcal                      |
| carboidratos | 8,07 g                      | 10,6 g                       |
| proteínas    | 0,58 g                      | 3,53 g                       |
| lipídios     | 0,73 g                      | 0,18 g                       |
| colesterol   | 0 g                         | 0 g                          |

SILVA, R.S. **Arroz e feijão, um par perfeito.** Disponível em: <http://www.correpar.com.br>

A partir das informações contidas no texto e na tabela, conclui-se que

- a) os carboidratos contidos no arroz são mais nutritivos que os do feijão.
- b) o arroz é mais calórico que o feijão por conter maior quantidade de lipídios.
- c) as proteínas do arroz têm a mesma composição de aminoácidos que as do feijão.
- d) a combinação de arroz com feijão contém energia e nutrientes e é pobre em colesterol.
- e) duas colheres de arroz e três de feijão são menos calóricas que três colheres de arroz e duas de feijão.

#### RESOLUÇÃO:

**No arroz, há menor quantidade de carboidratos do que no feijão. O conteúdo energético do arroz é menor e as proteínas do arroz apresentam composição de aminoácidos diferente da do feijão. A combinação de arroz com feijão contém energia e nutrientes e não tem colesterol.**

#### Conteúdo energético:

duas colheres de arroz:  $2 \times 41\text{kcal} = 82\text{kcal}$

três colheres de feijão:  $3 \times 58\text{kcal} = 174\text{kcal}$

(mais calóricas)

256 kcal

três colheres de arroz:  $3 \times 41\text{kcal} = 123\text{kcal}$

duas colheres de feijão:  $2 \times 58\text{kcal} = 116\text{kcal}$

(menos calóricas)

239 kcal

#### Resposta: D

**2** Sobre a digestão nos diferentes grupos animais, assinale a alternativa **incorreta**:

- a) É intracelular nas amebas e ocorre no interior dos vacúolos digestórios.
- b) É intracelular nas esponjas e ocorre no interior de células especiais denominadas coanócitos.
- c) Começa extracelular, na cavidade digestória, e termina no interior das células nas hidras.
- d) Na minhoca e em outros invertebrados complexos é totalmente intracelular.
- e) Nos vertebrados é extracelular e ocorre inteiramente na cavidade do tubo digestório.

#### RESOLUÇÃO:

#### Resposta: D

**3** Um nucleotídeo está para o DNA, assim como:

- a) um monossacarídeo está para um polissacarídeo.
- b) uma proteína está para a glicose.
- c) a albumina está para a ureia.
- d) um aminoácido está para o triglicéride.
- e) um ácido graxo está para a caseína.

#### RESOLUÇÃO:

#### Resposta: A

**4 (FUVEST – MODELO ENEM)** – Considere os seguintes grupos de animais:

- I. Animais aquáticos fixos, com poros na superfície do corpo e que englobam partículas de alimento da água que circula através de sua cavidade interior.
  - II. Animais parasitas que se alojam no intestino de vertebrados e que se alimentam de substâncias geradas pela digestão realizada pelo hospedeiro.
  - III. Animais aquáticos, de corpo mole, revestidos por concha calcária e que se alimentam de organismos do plâncton.
- Esses animais obtêm nutrientes orgânicos, como aminoácidos e monossacarídeos, por:

|    | Grupo I                                   | Grupo II                                  | Grupo III                                 |
|----|---|---|---|
| a) | digestão intracelular                     | assimilação direta, sem realizar digestão | digestão extracelular                     |
| b) | digestão intracelular                     | digestão intracelular                     | digestão extracelular                     |
| c) | assimilação direta, sem realizar digestão | digestão intracelular                     | digestão extracelular                     |
| d) | assimilação direta, sem realizar digestão | assimilação direta, sem realizar digestão | digestão intracelular                     |
| e) | digestão extracelular                     | digestão extracelular                     | assimilação direta, sem realizar digestão |

**RESOLUÇÃO: Resposta: A**

**5 (ENEM)** – Na região semiárida do Nordeste brasileiro, mesmo nos anos mais secos, chove pelo menos 200 milímetros por ano. Durante a seca, muitas pessoas, em geral as mães de família, têm de caminhar várias horas em busca de água,

utilizando açudes compartilhados com animais e frequentemente contaminados. Sem tratamento, essa água é fonte de diarreias, parasitas intestinais, e uma das responsáveis pela elevada mortalidade infantil da região. Os açudes secam com frequência, tornando necessário o abastecimento das populações por carros-pipa, uma alternativa cara e que não traz solução definitiva ao abastecimento de água.

OSAVA, M. Chuva de beber: Cisternas para 50 mil famílias.

**Revista Eco21**, n. 96, novembro 2004 (adaptado).

Considerando o texto, a proposta mais eficaz para reduzir os impactos da falta de água na região seria

- a) subsidiar a venda de água mineral nos estabelecimentos comerciais.
- b) distribuir gratuitamente remédios contra parasitas e outras moléstias intestinais.
- c) desenvolver carros-pipa maiores e mais econômicos, de forma a baratear o custo da água transportada.
- d) captar água da chuva em cisternas, permitindo seu adequado tratamento e armazenamento para consumo.
- e) promover a migração das famílias mais necessitadas para as regiões Sudeste e Sul, onde as chuvas são abundantes.

**RESOLUÇÃO:**

**A melhor das propostas apresentadas é a captação e armazenamento da água da chuva.**

**Resposta: D**



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO2M301**

## Módulo

**34**

# A digestão humana

## Palavras-chave:

- Pepsina • Tripsina
- Lipase • Bile

## 1. Generalidades

A digestão humana é extracelular, pois ocorre no interior do tubo digestório. Compreende processos físicos (mecânicos) como a mastigação, a deglutição e os movimentos peristálticos. É também um processo químico, graças à ação das enzimas secretadas por glândulas anexas.

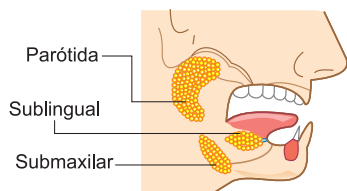
O aparelho digestório é formado por boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), intestino grosso (ceco, cólon ascendente, cólon transversal, cólon descendente, cólon sigmoide, reto) e ânus, e apresenta os seguintes anexos: glândulas salivares, vesícula biliar, fígado e pâncreas.

A mastigação e deglutição (ato de engolir) ocorrem na boca. A faringe e a parte anterior do esôfago apresentam músculos estriados (voluntários). A parte posterior do esô-

fago, o estômago e o intestino possuem musculatura lisa (involuntária). O alimento é impelido ao longo do tubo digestório, graças aos movimentos peristálticos.

A musculatura lisa do tubo digestório é inervada pelo sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático). A estimulação do parassimpático aumenta a motricidade (peristaltismo) da musculatura lisa gastrointestinal, enquanto a estimulação do simpático a modera ou inibe.

Nos limites das diferentes partes do tubo digestório, existem estruturas chamadas **esfíncteres**, formadas por espessamentos da camada muscular circular; entre o esôfago e o estômago encontra-se a **cárdia**; entre o estômago e o duodeno, o **píloro**; entre o intestino delgado e o colo, o **esfíncter ileocólico** e, finalmente, na extremidade inferior do reto, os **esfíncteres anais interno e externo**.



**Parótidas:** um par de glândulas salivares, cuja inflamação é denominada *caxumba* (parotidite).

## 2. Digestão na boca

A digestão química na boca deve-se à ação **de enzimas da saliva**. A saliva é secretada pelas glândulas parótidas, submaxilares, sublinguais e em numerosas outras glândulas salivares menores.

A principal enzima da saliva é a **ptialina** (amilase salivar). Outras enzimas da saliva de menor importância (produzidas em quantidades pequenas) são a **maltase** e a **catalase**.

**A saliva tem um pH entre 6,4 e 7,5**, faixa favorável à ação digestória da ptialina.

**A ptialina catalisa a hidrólise de polissacarídeos** (amido, glicogênio e seus derivados).

A digestão do amido pela saliva produz inicialmente **eritrodextrina** (cor vermelha com o iodo); a seguir forma-se a **acrodextrina** (não dá coloração com o iodo); e, finalmente, tem-se a conversão da acrodextrina em **maltose**.

O método mais usado para medir a atividade da amilase salivar consiste em tratar uma solução de amido e saliva pelo iodo (ou lugol) e medir o tempo para o desaparecimento da coloração azul (amido com iodo ou lugol resulta cor azul).

**A maltase catalisa a hidrólise da maltose** (disacarídeo) em duas moléculas de glicose (monossacarídeo).

A catalase catalisa a transformação da água oxigenada em água e oxigênio:



A secreção salivar é controlada por mecanismo nervoso. Quando o alimento é colocado na boca, reflexos nervosos estimulam a secreção, especialmente se o alimento é saboroso ou apetitoso. Tal controle é realizado pelo sistema nervoso autônomo.

## 3. Digestão no estômago

No estômago, o alimento sofre a ação do suco gástrico, que é secretado pelas glândulas localizadas na parede estomacal.

O muco é produzido pelas glândulas pilóricas e cárdicas do estômago e lubrifica o bolo alimentar, além de proteger a parede do estômago contra a ação das enzimas gástricas e do HCl.

O HCl apresenta as seguintes funções:

- facilita a absorção de ferro;

- proporciona um pH ótimo para a digestão proteica;
- inicia a digestão proteica (desnaturação e possível hidrólise);
- ativa o pepsinogênio a formar pepsina;
- age contra os germes, restringindo a fermentação microbiana (ação germicida).

A principal enzima do suco gástrico é a pepsina (produzida na forma inativa de pepsinogênio, que é ativado pelo HCl e pela própria pepsina).

A **pepsina** é uma enzima proteolítica (digere proteínas em peptídios) que atua num meio altamente ácido (pH ótimo = 2,0) e acima de pH = 5,0, apresenta pouca atividade proteolítica, logo se tornando completamente inativa.

A secreção gástrica é regulada por mecanismos nervosos e hormonais.

A regulação hormonal é realizada por meio de dois hormônios (**gastrina e enterogastrona**). A gastrina é produzida pela mucosa da região pilórica do próprio estômago e tem ação estimulante (excitadora) sobre a secreção gástrica. A enterogastrona é produzida no intestino delgado (duodeno) em presença de gordura e inibe a secreção gástrica.

## 4. Digestão no intestino

### Suco pancreático

O suco pancreático é secretado pelo pâncreas (parte exócrina).

O pH deste suco é de 7,8 a 8,2 devido ao seu alto teor de bicarbonato.

As enzimas deste suco são:

**tripsina, quimiotripsina, amilase pancreática, lipase pancreática, ribonuclease e desoxirribonuclease.**

A **tripsina** é sintetizada nas células pancreáticas na forma do precursor inativo – (**tripsinogênio**). A ativação do tripsinogênio é realizada pela enzima **enteroquinase** (produzida pelo intestino delgado). O tripsinogênio também pode ser ativado pela própria tripsina (autocatálise). Esta enzima atua sobre proteínas inteiras ou parcialmente digeridas, produzindo frações menores (peptídeos).

A **quimiotripsina** é produzida pelo pâncreas na forma de **quimiotripsinogênio**, que é ativado pela tripsina, passando, então, a **quimiotripsina**. Esta enzima age sobre proteínas inteiras ou parcialmente digeridas produzindo frações menores (peptídeos).

A **amilase pancreática** hidrolisa os polissacarídeos a dissacarídeos (alguns polissacarídeos, como a celulose e a quitina, não são hidrolisados pelas amilases do homem).

A **lipase pancreática** hidrolisa as gorduras neutras a ácidos graxos e glicerol.

As **nucleases** (ribonuclease e desoxirribonuclease) hidrolisam, respectivamente, o ácido ribonucleico e o desoxirribonucleico a frações menores (nucleotídeos).

A secreção pancreática é regulada por mecanismo nervoso e também hormonal, sendo este último mais importante.

A visão, o cheiro, o gosto do alimento e também a chegada do bolo alimentar ao estômago desencadeiam impulsos parassimpáticos através do nervo vago até o pâncreas, determinando uma secreção moderada do suco pancreático.

A chegada do alimento ao intestino delgado estimula a mucosa duodenal a produzir o hormônio **secretina**, que, por sua vez, estimula o pâncreas a secretar o suco pancreático.

A secretina é produzida em resposta à estimulação da acidez do bolo alimentar que chega do estômago. O suco pancreático, que chega agora ao duodeno, é altamente rico em bicarbonato, que tem por finalidade reduzir a acidez do bolo alimentar e, assim, garantir a ação das enzimas pancreáticas que funcionam em pH ligeiramente alcalino e neutro.

### Bile

A bile é produzida pelo fígado a partir de hemácias velhas e armazenada na vesícula biliar.

Não apresenta enzima digestória. Possui sais biliares (glicolato e taurocolato de sódio) que emulsionam as gorduras, facilitando a ação das lipases (aumentam a superfície de ação).

Outra função dos sais biliares é solubilizar os produtos finais da digestão lipídica, facilitando assim a sua absorção pela mucosa intestinal.

A presença de gordura no intestino delgado estimula a mucosa duodenal a produzir o hormônio colecistoquinina, o qual age determinando a contração da parede da vesícula que, então, elimina a bile para o intestino.

Em sua maior parte, os sais biliares segregados na bile são reabsorvidos pelo intestino e a seguir ressegregados pelo fígado várias vezes, realizando assim sua função junto à digestão e absorção de gordura diversas vezes, antes de se perderem com as fezes.

### Suco entérico

O suco entérico é produzido pelo epitélio glandular das criptas (cavernas) de Lieberkuhen, localizadas no intestino delgado.

O suco entérico (intestinal) contém muco (cujo papel é proteger a parede intestinal contra uma autodigestão) e as enzimas: **enteroquinase, erepsina, lipase, amilase, maltase, lactase e sucrase**. Seu pH está na faixa de 6,5 a 7,5.

A **enteroquinase**, além do papel de ativadora do tripsinogênio, digere peptídeos a aminoácidos.

A **erepsina** é na verdade o nome que se dá a um conjunto de peptidases que agem sobre peptídeos, transformando-os em aminoácidos.

A **lipase** hidrolisa os lípidos a ácidos graxos e glicerol.

A **amilase** hidrolisa os polissacarídeos a dissacarídeos.

A **maltase** hidrolisa a maltose a glicose.

A **lactase** hidrolisa a lactose a glicose e galactose.

A **sucrase** hidrolisa a sacarose a glicose e frutose.

Os meios mais importantes para a regulação da secreção do intestino delgado são vários reflexos ou estímulos diretos, como a distensão do intestino e estímulos táteis ou irritantes, que resultam em intensa secreção do

suco intestinal.

Influxos parassimpáticos levam a um aumento considerável da secreção.

A **secretina**, que tem ação sobre o pâncreas, tem também um papel estimulante sobre a secreção intestinal.

### CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SUCOS DIGESTÓRIOS HUMANOS

| Sucos       | pH        | Enzimas   | Hormônios   |
|-------------|-----------|---|---|
| SALIVA      | 6,4 a 7,5 | Amilase (Pتيالina)<br>Maltase<br>Catalase                                       | —————   |
| GÁSTRICO    | 2         | Pepsina   | Gastrina (excitador)<br>Enterogastrotroina (inibidor) |
| PANCREÁTICO | 7,8 a 8,2 | Amilase<br>Lipase<br>Tripsina<br>Quimiotripsina<br>DNA ase<br>RNA ase           | Secretina (excitador)                                 |
| ENTÉRICO    | 6,5 a 7,5 | Amilase<br>Lipase<br>Erepsina<br>Enteroquinase<br>Maltase<br>Lactase<br>Sucrase | Secretina (excitador)                                 |
| BILE        | 7,5 a 8,0 | —————   | Colecistoquinina                                      |

## 5. Absorção dos alimentos

A absorção dos alimentos ocorre principalmente no intestino delgado, que possui microvilosidades, estruturas responsáveis pelo aumento da superfície de absorção. No nível do jejunoíleo, há uma grande absorção de glicose, aminoácidos etc. O estômago e o intestino grosso também participam da absorção, principalmente de água.

Algumas substâncias são absorvidas por pinocitose, porém a maior parte da absorção ocorre por difusão e transporte ativo.

No intestino grosso, passam diariamente cerca de 500 mL de quimo; a maior parte da água e dos eletrólitos são absorvidos, restando cerca de 100 mL para serem eliminados com as fezes.

Uma população bacteriana está presente no intestino grosso.

Essas bactérias produzem vitaminas (K, B<sub>12</sub>, tiamina, riboflavina) e vários gases.

## Exercícios Resolvidos

- 1 (ENEM)** – Pتيالina e pepsina são enzimas, ou seja, macromoléculas constituídas por cadeias de aminoácidos. A ptialina atua em pH variando entre 6,5 a 7,5; já a pepsina age em pH igual a 2. Uma mistura de pepsina e ptialina, em quantidades iguais, foi distribuída em dois tubos de ensaio. Cada tubo recebeu 5mL de mistura. O tubo 1 foi mantido em pH 7 e o tubo 2, em pH 2. Decorridos 20 minutos, uma análise química revelou a existência de aminoácidos apenas no tubo 2. A experiência permite concluir que
- em meio ácido, a ptialina digere a pepsina.
  - a ptialina não pode ser digerida pela pepsina.
  - a ptialina é digerida pela pepsina.
  - o meio ácido hidrolisa proteínas.
  - em meio neutro, nenhuma das enzimas funciona.

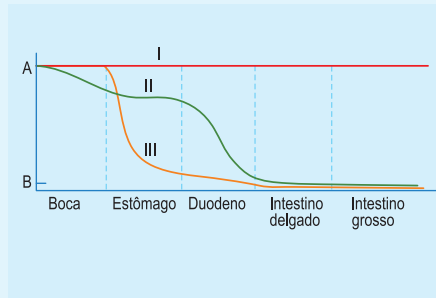
### Resolução

No tubo 2, o pH favoreceu a ação da pepsina,

que digeriu a ptialina.

**Resposta: C**

- 2** O gráfico abaixo registra a integridade química do alimento (sanduíche feito de carne, alface e pão) ingerido, em relação aos órgãos do aparelho digestório que ele percorrerá.



**A** = ponto no qual o alimento está quimicamente íntegro.

**B** = ponto no qual o alimento foi degradado em sua maior porcentagem.

Analise a alternativa que relaciona o gráfico com o alimento.

- I – amido do pão; II – celulose da alface; III – proteína da carne.
- I – proteína da carne; II – celulose da alface; III – amido do pão.
- I – celulose da alface; II – proteína da carne; III – amido do pão.
- I – amido do pão; II – proteína da carne; III – celulose da alface.
- I – celulose da alface; II – amido do pão; III – proteína da carne.

### Resolução

A celulose não é digerida. O amido começa a ser digerido na boca, pela ação da ptialina. A proteína da carne é digerida no estômago.

**Resposta: E**

## Exercícios Propostos

- 1 (UNIFESP)** – O DNA e o RNA que ingerimos em nossa alimentação são digeridos no mesmo local e sob ação da mesma secreção que promove, também, a digestão dos lipídios. Portanto, é correto afirmar que:

- a digestão que ocorre na boca quebra grandes moléculas de DNA e RNA em cadeias polipeptídicas menores, que posteriormente sofrerão a ação dos ácidos presentes no estômago.
- o local da digestão do DNA e RNA é o intestino delgado, mais propriamente o duodeno, a secreção que atua nessa digestão possui pH alcalino e não é produzida no duodeno.
- o produto final da digestão dos lipídios são ácidos graxos e glicerol, ao passo que, no caso de DNA e RNA, o resultado da digestão são peptídeos de cadeia curta.
- DNA e RNA, sendo compostos levemente ácidos, são digeridos mediante a ação de enzimas que atuam em meio fortemente ácido, ao passo que os lipídios são emulsificados não por ácidos, mas por sais presentes nessas enzimas.
- os produtos da digestão dos lipídios são absorvidos no intestino delgado e utilizados pelo corpo, enquanto os produtos da digestão de DNA e RNA são eliminados nas fezes, por não serem passíveis de uso.

### RESOLUÇÃO:

**Resposta: B**

- 2 (MODELO ENEM)** – Em uma experiência sobre digestão, 5 tubos de ensaio contendo quantidades iguais de clara de ovo foram tratados como indica a tabela a seguir, que também apresenta os resultados obtidos:

| Tubo | Conteúdo: Clara de Ovo + | Temperatura | Resultados: aspecto de conteúdo |
|------|--------------------------|-------------|---------------------------------|
| I    | pepsina                  | 40°C        | transparente depois de 6 horas  |
| II   | pepsina                  | 20°C        | transparente depois de 10 horas |
| III  | pancreatina              | 40°C        | transparente depois de 4 horas  |
| IV   | água                     | 20°C        | inalterado depois de 10 horas   |
| V    | água                     | 40°C        | inalterado depois de 10 horas   |

Com base nesses dados, pode-se afirmar que

- a ação da pepsina e da pancreatina depende do pH do meio.
- a pancreatina é mais eficiente que a pepsina, à mesma temperatura.
- pepsina e pancreatina agem na digestão das gorduras.
- pepsina e pancreatina só agem em solução aquosa.
- a cada aumento de 10°C na temperatura, a intensidade da atividade enzimática duplica.

### RESOLUÇÃO:

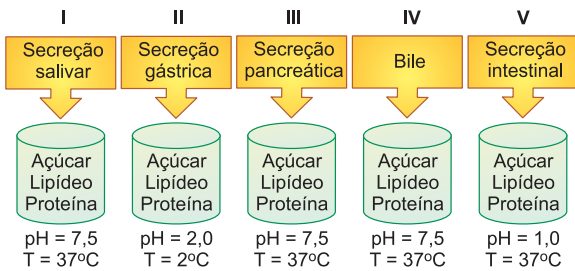
**Considerando que a transparência é determinada pela digestão, à temperatura de 40°C a pancreatina é mais eficiente que a pepsina.**

**Resposta: B**

- 3 (UFF – MODELO ENEM)** – O ser humano está adaptado estrutural e funcionalmente aos seus hábitos e ao meio em que vive. Para isso, foi necessário o desenvolvimento de diversas características e processos metabólicos.

(Aristóteles, data AC).

Secreções salivar, gástrica, pancreática, bile e intestinal foram adicionadas respectivamente aos tubos I, II, III, IV e V, contendo lipídeo, açúcar e proteína. Em seguida, os tubos foram submetidos às condições de pH e temperatura, sendo monitorados por um período de 10 min., representadas na figura abaixo:



Analise a figura acima e assinale a alternativa que indica onde ocorre clivagem enzimática de macromoléculas, considerando as condições ideais para cada tipo de secreção durante o período avaliado.

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

**RESOLUÇÃO:**  
**Resposta: A**

**4 (UNIFESP)** – Parte da bile produzida pelo nosso organismo não é reabsorvida na digestão. Ela se liga às fibras vegetais ingeridas na alimentação e é eliminada pelas fezes. Recomenda-se uma dieta rica em fibras para pessoas com altos níveis de colesterol no sangue.


- a) Onde a bile é produzida e onde ela é reabsorvida em nosso organismo?  
 b) Qual é a relação que existe entre a dieta rica em fibras e a diminuição dos níveis de colesterol no organismo? Justifique.

**RESOLUÇÃO:**  
 a) **A bile é produzida no fígado e reabsorvida no intestino delgado.**  
 b) **A dieta rica em fibras reduz os níveis de colesterol no organismo, porque as fibras vegetais, não digeridas, carregam parte destes lipídios que são eliminados pelas fezes.**

**5 (UEPB)** – Certas substâncias, por serem suficientemente pequenas para serem absorvidas pelo organismo, não sofrem metabolismo. Assinale a alternativa que satisfaz a afirmativa acima.

- a) Proteína.                      b) Lipídio.                      c) Carboidrato.  
 d) Vitamina.                      e) Ácido nucleico.

**RESOLUÇÃO: Resposta: D**

 **No Portal Objetivo**

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO2M302**

## Módulo

# 35

# A digestão nos ruminantes

### Palavras-chave:

- Ruminantes • Estômago poligástrico
- Bactérias simbióticas

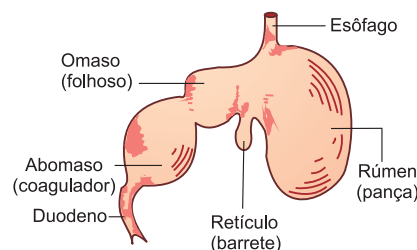
## 1. Generalidades

O alimento que é deglutido chega ao **rúmen** (pança), onde ocorre uma digestão preliminar por ação de microrganismos simbiotes que aí vivem. Do rúmen o alimento passa para o **reticulum** (barrete), onde, por compressão, se formam bolos alimentares que são regurgitados e atingem a boca para a mastigação (ruminação). O alimento, agora, bem mastigado, desce novamente pelo esôfago. Depois, passa pelo **omasum** (folhoso) e daí para o **abomasum** (coagulador), onde se dá a digestão química. O processo digestivo normal, semelhante ao dos demais mamíferos monogástricos, tem lugar no coagulador. No rúmen, o alimento sofre intensa fermentação por ação microbiana, e os produtos da decomposição (principalmente os ácidos acético, propiônico e butírico) são absorvidos e utilizados. A concentração de microrganismos no rúmen é muito alta e sua participação na nutrição do ruminante é bastante importante (em especial das bactérias).

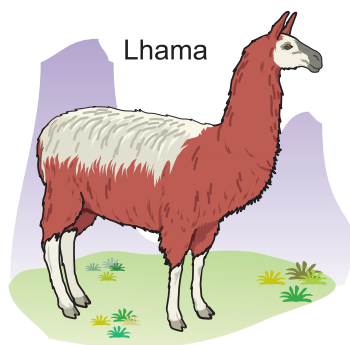
As bactérias que **vivem** em simbiose mutualística com os ruminantes:

- sintetizam celulase que hidrolisa a celulose, formando glicose, que é absorvida pelo ruminante;
- sintetizam as vitaminas K e as do complexo B, que são utilizadas pelo ruminante;
- sintetizam aminoácidos e proteínas, que são utilizados pelo ruminante.

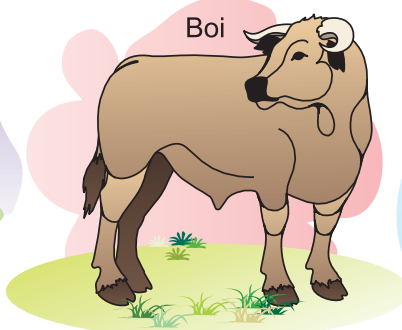
Os ruminantes secretam copiosa saliva, que atua como tampão e possui alto teor em bicarbonato de sódio, cuja finalidade é diminuir a acidez crescente em consequência da fermentação na pança.



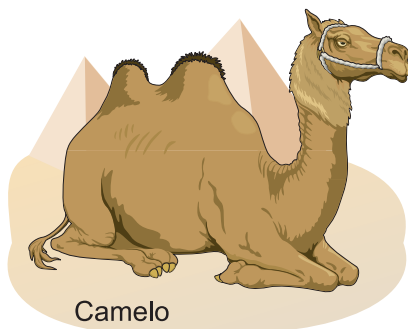




Lhama



Boi



Camelo



Girafa

Mamíferos da ordem Artiodactyla. Devem o nome (do grego artios, número par; e daktylos, dedos) ao fato de terem, geralmente, quatro dedos funcionais, ou, raramente, dois. Todos têm o estômago adaptado para a ruminação, com exceção do porco e do hipopótamo, da subordem dos suiformes, que não ruminam. Tilópodes e ruminantes são as outras subordens. À primeira destas pertence a família dos camelídeos – camelo, dromedário e lhama. Boi, girafa, cervo e alguns outros são ruminantes, com estômago de quatro câmaras.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A digestão da celulose nos ruminantes ocorre graças às condições especiais existentes no trato digestivo desses animais. Da ação ordenada de seus quatro estômagos, os ruminantes obtêm substâncias de alto valor energético e aminoácidos que são absorvidos. Com relação aos mecanismos de digestão desses animais, são apresentadas abaixo três proposições.

- I. A celulose é degradada pela ação direta de enzimas secretadas por glândulas presentes na mucosa dos dois primeiros estômagos (rúmen e retículo).
- II. Bactérias e protozoários são digeridos nos dois primeiros estômagos (rúmen e retículo) e seus produtos absorvidos nos dois últimos (omaso e abomaso).
- III. Microrganismos que proliferam nos dois primeiros estômagos (rúmen e retículo) aí

degradam gorduras e celulose em ácidos graxos simples, açúcares e gases, como gás carbônico e metano.

Assinale:

- a) se somente I for correta.
- b) se somente II for correta.
- c) se somente III for correta.
- d) se somente I e II forem corretas.
- e) se somente II e III forem corretas.

**Resolução**

- I. Incorreta. A celulose não é degradada por enzimas secretadas na mucosa estomacal dos ruminantes.
- II. Incorreta. Bactérias e protozoários não são digeridos e seus produtos absorvidos.

**Resposta: C**

**2 (MODELO ENEM)** – Se compararmos um macaco com um boi quanto a aspectos relacionados ao sistema digestório, o macaco

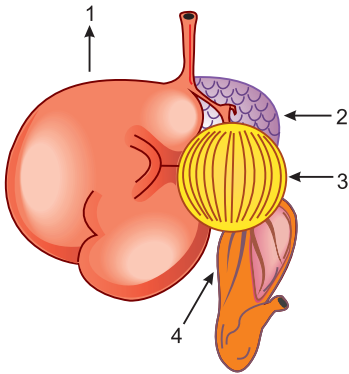
- a) não consegue digerir a celulose presente em seu alimento, ao passo que o boi produz celulase.
- b) e o boi são animais onívoros que se alimentam somente de matéria vegetal.
- c) possui estômago simples, ao passo que o boi apresenta estômago com quatro compartimentos.
- d) e o boi são animais ruminantes que precisam mastigar duas vezes o seu alimento.
- e) e o boi abrigam bactérias e protistas em seu estômago, organismos que ajudam a digerir o alimento ingerido.

**Resolução**

O boi não produz celulase e o macaco não é um ruminante. O macaco e o boi são herbívoros. A celulose é digerida por bactérias e protozoários que vivem no estômago do boi.

**Resposta: C**

1 O desenho a seguir representa o estômago poligástrico de um artiodáctilo ruminante.



Como são denominadas, respectivamente, 1, 2, 3 e 4?

**RESOLUÇÃO:**

**Pança ou rúmen, barrete ou reticulum, folhoso ou omasum e coagulador ou abomasum.**

2 (VUNESP) – Os vegetais apresentam, entre outros compostos orgânicos, a celulose, de alto valor energético (calórico). Ruminantes, que são essencialmente herbívoros, não apresentam enzimas para digerir este carboidrato.

De que forma os ruminantes conseguem o aproveitamento deste nutriente?

**RESOLUÇÃO:**

**Os ruminantes possuem, no seu trato digestório, bactérias produtoras de enzimas que digerem a celulose, principal componente da parede celular das células vegetais.**

3 (UNESP) – O Brasil ocupa um confortável 16.º lugar entre os países que mais emitem gás carbônico para gerar energia. Mas se forem considerados também os gases do efeito estufa liberados pelas queimadas e pela agropecuária, o país é o quarto maior poluidor.

(Veja, 21.6.2006.)

A atividade agropecuária produz outro gás que contribui para o efeito estufa. Considere a criação de gado e responda. Qual é esse gás e que processo leva à sua formação?

**RESOLUÇÃO:**

**O gás produzido no intestino do gado é o metano (CH<sub>4</sub>). A produção é feita por bactérias metanogênicas que fermentam o alimento no interior do tubo digestório desses animais.**

4 (FUVEST – MODELO ENEM) – O homem não é capaz de digerir a celulose ingerida na alimentação. No entanto, os ruminantes são capazes de digerir os vegetais ingeridos porque:

- no rúmen existem glândulas capazes de produzir enzimas que hidrolisam a celulose;
- a celulose é digerida exclusivamente por enzimas existentes na saliva desses animais, com as quais a celulose entra em contato durante os períodos prolongados de ruminância;
- a digestão da celulose é consequência exclusiva da maceração das folhas, devido a sua permanência prolongada nas câmaras gástricas;
- os alimentos são misturados com bactérias simbióticas produtoras de enzimas que hidrolisam a celulose;
- a digestão é consequência, exclusivamente, da ação das enzimas produzidas por helmintos que parasitam geralmente o intestino dos ruminantes.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: D**



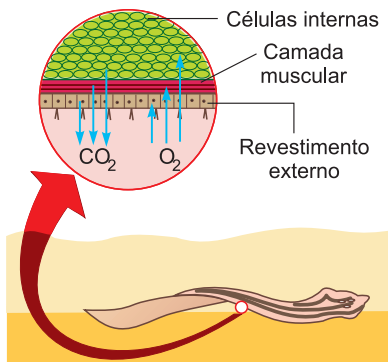
**No Portal Objetivo**

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO2M303**

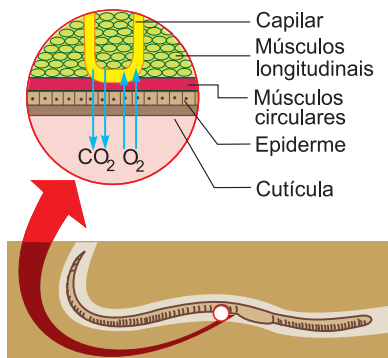
- Tegumento • Brânquias
- Traqueias • Pulmões

## 1. Respiração tegumentar, cutânea ou "por difusão"

O animal não apresenta estruturas especializadas e as trocas gasosas se dão através da ou das células superficiais por mecanismo de **difusão**. Este tipo de respiração ocorre em protozoários, espongiários (poríferos), celenterados, vermes (platelmintos, asquelmintos e anelídeos) e cefalocordados. A respiração tegumentar ocorre ao lado do tipo especializado de respiração em anelídeos poliquetas, moluscos e mesmo em anfíbios.



Respiração da planária.



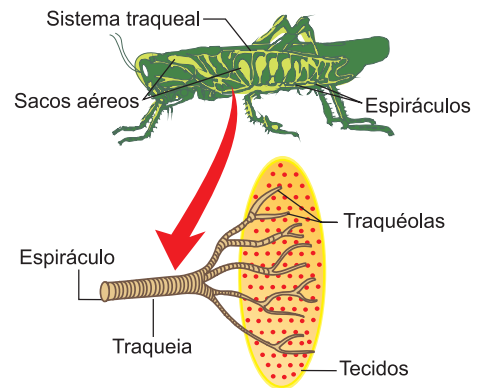
Respiração da minhoca.

### Respiração branquial

Respiração por meio de brânquias que ocorre em vários grupos de animais, como em poliquetas (anelídeos), muitos moluscos, crustáceos, ciclostomados, peixes e anfíbios.

### Respiração traqueal

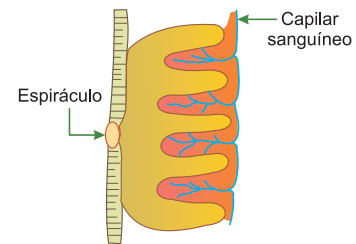
Ocorre nos insetos e nos miriápodos (lacraia, centopeia). Consiste num conjunto de tubos ramificados que se comunicam com o exterior através de orifícios (espiráculos). O sistema circulatório não participa das trocas gasosas.



Respiração traqueal do inseto.

### Respiração filotraqueal ou pulmotraqueal

Ocorre nas aranhas e nos escorpiões. Consiste num conjunto de tubos que se comunicam com capilares sanguíneos onde ocorrem as trocas gasosas.



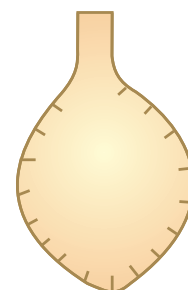
Respiração filotraqueal da aranha.

### Respiração pulmonar

É o tipo de respiração dos tetrápodos (anfíbios, répteis, aves e mamíferos), ocorrendo também em alguns moluscos terrestres (caracol) e em alguns peixes (dipnoicos).

#### Pulmão saculiforme

Apresenta uma pequena superfície de trocas gasosas. Ocorre nos anfíbios e em alguns répteis.

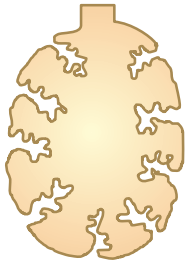


Pulmão saculiforme.

## Pulmão parenquimatoso

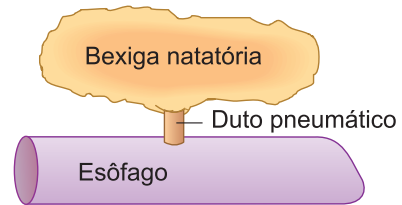
Apresenta uma superfície de trocas gasosas maior do que o anterior.

Ocorre em répteis e aves.



*Pulmão parenquimatoso.*

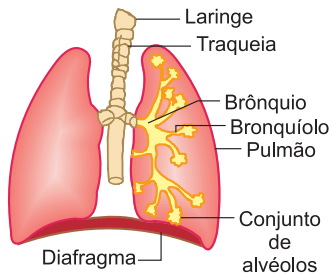
## Pulmão de peixe fisóstomo



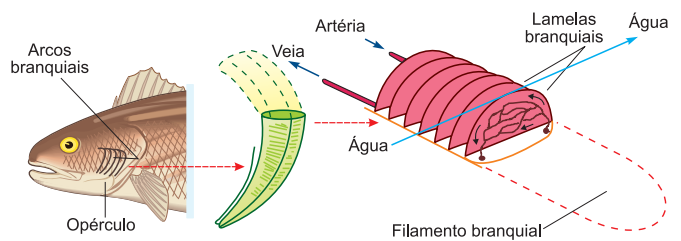
## Pulmão alveolar

Apresenta uma grande superfície de trocas gasosas.

Ocorre nos mamíferos.



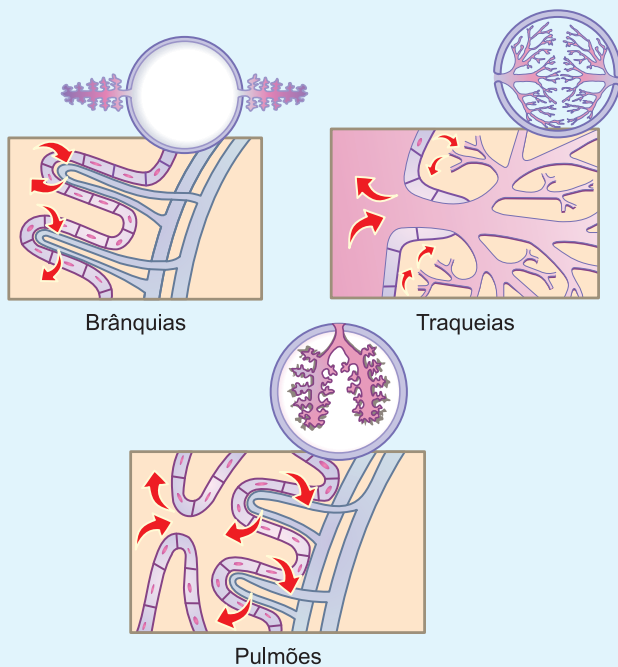
*Pulmão do homem.*



*Respiração branquial do peixe.*

## Exercícios Resolvidos

1 As figuras a seguir representam estruturas para trocas gasosas observadas em diferentes animais.

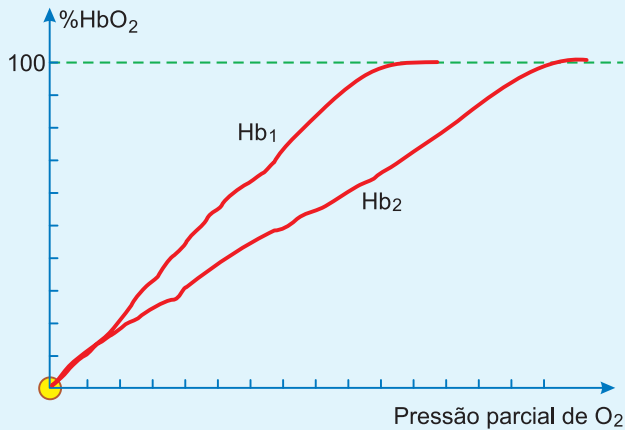


- As brânquias são órgãos respiratórios típicos de ambientes aquáticos e as traqueias e os pulmões são típicos de ambientes terrestres. Considerando a forma e o funcionamento das brânquias, das traqueias e dos pulmões, justifique a afirmativa anterior.
- Explique por que o sistema circulatório não interfere diretamente no funcionamento do sistema respiratório dos insetos terrestres.

### Resolução

- Brânquias no ambiente aquático: as brânquias são projeções externas do tegumento, ricas em capilares sanguíneos e que retiram, por difusão, o oxigênio dissolvido na água. Traqueias no ambiente terrestre: as traqueias são invaginações da epiderme em forma de tubos ramificados nos quais se dá a oxigenação das células pelo ar atmosférico. Pulmões no ambiente terrestre: os pulmões são órgãos internos com superfície muito vascularizada, adaptados à absorção do oxigênio do ar atmosférico.
- Porque na respiração nos insetos terrestres, o oxigênio é levado diretamente às células através das ramificações da traqueia, sem que haja seu transporte por pigmentos respiratórios do sangue.

2 (MODELO ENEM) – O gráfico a seguir mostra as curvas de saturação de dois tipos de hemoglobina (Hb) que se ligam ao oxigênio ( $O_2$ ).



Essas curvas nos permitem concluir que

- a hemoglobina 1 possui menor afinidade pelo  $O_2$  que a hemoglobina 2.
- a hemoglobina 1 possui maior afinidade pelo  $O_2$  que a hemoglobina 2.
- as hemoglobinas 1 e 2 possuem a mesma afinidade pelo  $O_2$ .
- a hemoglobina 1 fica saturada somente nas maiores pressões parciais de  $O_2$ .
- a hemoglobina 1 nunca fica saturada, uma vez que a hemoglobina 2 impede tal evento.

**Resolução**

O gráfico mostra que a hemoglobina 1 possui maior afinidade pelo  $O_2$  do que a hemoglobina 2.

**Resposta: B**

## Exercícios Propostos

1 Determine a associação correta:

| Tipos de respiração | Representantes do reino animal |
|---------------------|--------------------------------|
| I. Pulmonar         | A. anfíoxo                     |
| II. Branquial       | B. caracol                     |
| III. Traqueal       | C. escorpião                   |
| IV. Filotraqueal    | D. mosca                       |
| V. Cutânea          | E. mexilhão                    |

- I – B, II – E, III – D, IV – C, V – A.
- I – B, II – C, III – E, IV – D, V – A.
- I – A, II – C, III – B, IV – E, V – D.
- I – A, II – B, III – C, IV – E, V – D.
- I – A, II – B, III – C, IV – D, V – E.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: A**

2 O que é hematose? Onde ocorre no homem e na piramboia?

**RESOLUÇÃO:**

**Transformação do sangue venoso em arterial. Ocorre no alvéolo pulmonar humano e na bexiga natatória da piramboia.**

3 (ENEM) – Os anfíbios são animais que apresentam dependência de um ambiente úmido ou aquático. Nos anfíbios, a pele é de fundamental importância para a maioria das atividades vitais, apresenta glândulas de muco para conservar-se úmida, favorecendo as trocas gasosas e, também, pode apresentar glândulas de veneno contra microrganismos e predadores.

Segundo a Teoria Evolutiva de Darwin, essas características dos anfíbios representam a

- lei do uso e desuso.
- atrofia do pulmão devido ao uso contínuo da pele.
- transmissão de caracteres adquiridos aos descendentes.
- futura extinção desses organismos, pois estão mal adaptados.
- seleção de adaptações em função do meio ambiente em que vivem.

**RESOLUÇÃO:**

**De acordo com o darwinismo, as características citadas constituem variações adaptativas selecionadas pelo meio ambiente.**

**Resposta: E**

4 (VUNESP) – O que ocorre quando se envolve a cabeça de um sapo e a cabeça de uma ave com sacos plásticos durante uma hora, impossibilitando a inalação de oxigênio? Explique sua resposta.

**RESOLUÇÃO:**

**O sapo provavelmente sobrevive porque apresenta respiração cutânea. A ave provavelmente morre, porque possui apenas respiração pulmonar.**

| Estações da RMSP   | QUALIDADE  | ÍNDICE | POLUENTE         |
|--------------------|------------|--------|------------------|
| Parque D. Pedro II | BOA        | 6      | MP <sub>10</sub> |
| São Caetano do Sul | REGULAR    | 60     | NO <sub>2</sub>  |
| Congonhas          | BOA        | 15     | MP <sub>10</sub> |
| Osasco             | INADEQUADA | 175    | CO               |
| Pinheiros          | MÁ         | 283    | SO <sub>2</sub>  |

**MP<sub>10</sub>** – partículas inaláveis: aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 µm.

**CO** – monóxido de carbono: gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica (combustíveis fósseis, biomassa etc). Emitido principalmente por veículos automotores.

**NO<sub>2</sub>** – dióxido de nitrogênio: formado principalmente nos processos de combustão de veículos automotores. Dependendo das concentrações, o NO<sub>2</sub> pode causar prejuízos à saúde.

**SO<sub>2</sub>** – dióxido de enxofre: resulta principalmente da queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel. Pode reagir com outras substâncias presentes no ar, formando partículas à base de sulfato responsáveis pela redução da visibilidade na atmosfera.

## 5 (ENEM) –

| 0-50 | 51-100  | 101-199    | 200-299 | > 299   |
|------|---------|------------|---------|---------|
| BOA  | REGULAR | INADEQUADA | MÁ      | PÉSSIMA |

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. **Parâmetros, índices.** <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 22 jun. 2008.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) divulga continuamente dados referentes à qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo. A tabela apresentada corresponde a dados hipotéticos que poderiam ter sido obtidos pela CETESB em determinado dia. Se esses dados fossem verídicos, então, seria mais provável encontrar problemas de visibilidade

- no Parque Dom Pedro II.
- em São Caetano do Sul.
- em Congonhas.
- em Osasco.
- em Pinheiros.

### RESOLUÇÃO:

Verifica-se no texto que o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) pode reagir com outras substâncias presentes no ar, formando partículas à base de sulfato responsáveis pela redução da visibilidade. Em Pinheiros, o índice de qualidade em SO<sub>2</sub> é 283 (qualidade má).

Resposta: E



## No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em “localizar”, digite **BIO2M304**

## Módulo

# 37

## A respiração humana

### Palavras-chave:

- Traqueia • Pulmões
- Pigmentos respiratórios

## 1. Generalidades

O homem apresenta respiração pulmonar.

### Aparelho respiratório

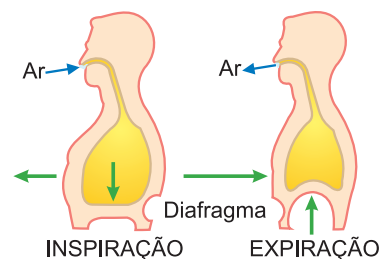
O ar, no aparelho respiratório humano, percorre o seguinte trajeto: fossas nasais ou boca → faringe → laringe → traqueia → brônquios → bronquíolos → alvéolos pulmonares.

Nos alvéolos pulmonares ocorre a entrada de O<sub>2</sub> e a saída de CO<sub>2</sub>, com a consequente passagem do sangue venoso a arterial (hematose).

### Mecanismo da respiração

Os pulmões podem sofrer **expansão** e **retração** e consequentemente sofrer diminuição ou aumento de sua pressão interna, em relação à pressão atmosférica. Desse modo, quando os pulmões se expandem, aumentam o

volume, há queda de pressão interna (em relação à pressão atmosférica) e assim o ar se desloca do exterior, através das vias respiratórias, para o interior dos pulmões — é a **INSPIRAÇÃO**. Quando o pulmão entra em retração, diminui o volume, aumenta a pressão interna (em relação à atmosférica) e assim o ar se desloca do interior dos pulmões, através das vias respiratórias, para o exterior — é a **EXPIRAÇÃO**.



Participação da caixa torácica e do diafragma nos movimentos de inspiração e expiração.

O mecanismo da respiração depende de contrações musculares rítmicas, reguladas pelo sistema nervoso autônomo. O centro respiratório localiza-se no bulbo, e, através da medula, transmite os impulsos que chegam aos músculos respiratórios.

O centro respiratório é, na verdade, constituído pelo centro inspiratório e centro expiratório. A oscilação contínua dos impulsos nervosos originados nestes centros controla os ciclos respiratórios.

## 2. Transporte de gases respiratórios pelo sangue

O oxigênio inspirado difunde-se nos pulmões através das membranas respiratórias e cai na corrente sanguínea para os demais tecidos do organismo. O oxigênio é transportado pelo sangue de duas maneiras diferentes:

- em solução no plasma (cerca de 3%);
- em combinação química com a hemoglobina das hemácias (cerca de 97%).

Tem maior importância fisiológica o transporte do oxigênio ligado à hemoglobina (oxiemoglobina), porém, antes de tratar deste transporte do oxigênio, estudaremos pigmentos respiratórios em geral.

A finalidade do pigmento respiratório é aumentar a capacidade do sangue em transportar oxigênio para os tecidos, já que a solubilidade deste gás no sangue é muito baixa.

Os pigmentos respiratórios são **proteínas** que em suas moléculas apresentam um átomo de metal. A maioria dos pigmentos respiratórios contém **ferro** em suas moléculas. É ao metal da molécula que o oxigênio se liga para ser transportado.

## Transporte de dióxido de carbono

Nos tecidos, na respiração intracelular, as células estão produzindo continuamente  $\text{CO}_2$ , que se difunde finalmente para o sangue. O  $\text{CO}_2$  agora é transportado, pelo sangue, até os pulmões, onde se difunde para o ar alveolar.

O dióxido de carbono é transportado pelo sangue de três maneiras diferentes:

- em solução no plasma (cerca de 7%);
- em combinação com a hemoglobina e proteínas plasmáticas, formando compostos carbamínicos (de 3% a 33%);
- na forma de íon bicarbonato (cerca de 60% a 90%).

Como se vê, a maior importância fisiológica é o transporte do dióxido de carbono na forma de íon bicarbonato.

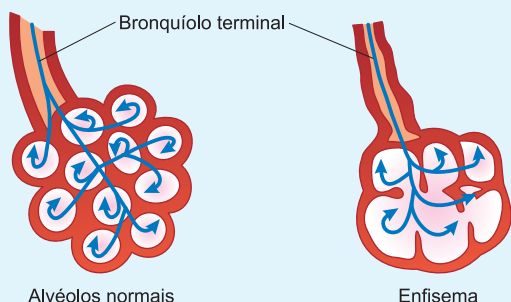
Os pigmentos respiratórios (proteínas) que ocorrem nos animais estão descritos abaixo.

| Nome          | Cor      | Metal | Localização | Ocorrência                        |
|---------------|----------|-------|-------------|-----------------------------------|
| Hemoglobina   | Vermelha | Fe    | Plasma      | Anelídeos e Moluscos              |
|               |          |       | Glóbulos    | Vertebrados                       |
| Hemoeritrina  | Vermelha | Fe    | Glóbulos    | Anelídeos                         |
| Hemocianina   | Azul     | Cu    | Plasma      | Crustáceos, Moluscos e Aracnídeos |
| Clorocruerina | Verde    | Fe    | Plasma      | Anelídeos                         |
| Vanadina      | Incolor  | V     | Plasma      | Tunicados                         |

## Exercícios Resolvidos

**1** O Ministério da Saúde adverte: FUMAR PODE CAUSAR CÂNCER DE PULMÃO, BRONQUITE CRÔNICA E ENFISEMA PULMONAR.

Os maços de cigarros fabricados no Brasil exibem advertências como essa. O enfisema é uma condição pulmonar caracterizada pelo aumento permanente e anormal dos espaços aéreos distais do bronquíolo terminal, causando a dilatação dos alvéolos e a destruição da parede entre eles e formando grandes bolsas, como mostram os esquemas a seguir:



Obs.: as setas representam o fluxo de ar.

Explique por que as pessoas portadoras de enfisema pulmonar têm sua eficiência respiratória muito diminuída.

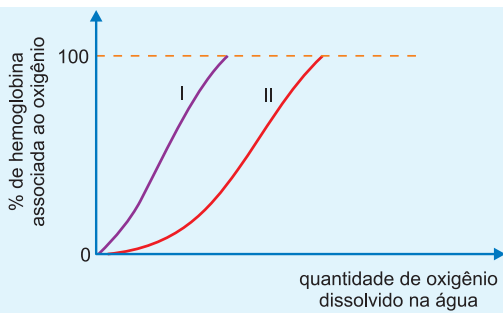
### Resolução

Com o rompimento das paredes dos alvéolos e a formação de grandes bolsas, a área efetiva de contato para as trocas gasosas diminui causando a deficiência respiratória.

**2 (ENEM)** – Leia o texto abaixo:

*A carpa é um tipo de peixe que se adapta facilmente à vida em águas paradas, quentes e lamacentas. Nessas águas, é grande o número de bactérias aeróbicas, o que implica grande consumo de oxigênio por esses microrganismos. Já a truta só consegue viver em águas frias e de corredeiras borbulhantes, o que lhe assegura uma ótima oxigenação.*

A carpa e a truta são vertebrados e possuem hemoglobina em suas hemácias para o transporte de oxigênio das brânquias aos tecidos. As moléculas de hemoglobina apresentam, nas diferentes espécies, diferentes capacidades de se associar ao oxigênio, e isso pode ser observado no gráfico a seguir:



Em relação aos registros I e II, podemos depreender que:

- a) I pertence à truta, porque registra uma hemoglobina mais eficiente em se associar ao oxigênio em ambientes de menor quantidade desse gás.

- b) II pertence à carpa, porque registra uma hemoglobina com menor eficiência em se associar ao oxigênio em ambientes de maior quantidade desse gás.
- c) I e II podem pertencer tanto à truta quanto à carpa, porque ambos atingem 100% das moléculas de hemoglobina associadas ao oxigênio.
- d) II pertence à truta, porque, numa menor quantidade de oxigênio, apresenta 100% das moléculas de hemoglobina oxigenadas.
- e) I pertence à carpa, porque, numa menor quantidade de oxigênio, apresenta 100% das moléculas de hemoglobina oxigenadas.

#### Resolução

Na carpa, a hemoglobina apresenta-se mais oxigenada em ambiente com menor quantidade de oxigênio.

**Resposta: E**

## Exercícios Propostos

**1 (FUVALE – MODELO ENEM)** – Os pulmões podem encher ou esvaziar de ar, dependendo da ação dos músculos intercostais e do diafragma.

Durante a expiração humana, podemos afirmar que

- a) o diafragma sobe, o volume da caixa torácica diminui e a pressão intrapulmonar aumenta.
- b) o diafragma desce, o volume da caixa torácica aumenta e a pressão intrapulmonar aumenta.
- c) o diafragma sobe, o volume da caixa torácica aumenta e a pressão intrapulmonar diminui.
- d) o diafragma desce, o volume da caixa torácica diminui e a pressão intrapulmonar diminui.
- e) o diafragma desce, o volume da caixa torácica aumenta e a pressão intrapulmonar diminui.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: A**

**2 (PUCC)** – O monóxido de carbono, gás inodoro formado durante combustões, tem afinidade muito grande com a hemoglobina. Assinale a alternativa que contém uma afirmação correta sobre o transporte dos gases respiratórios.

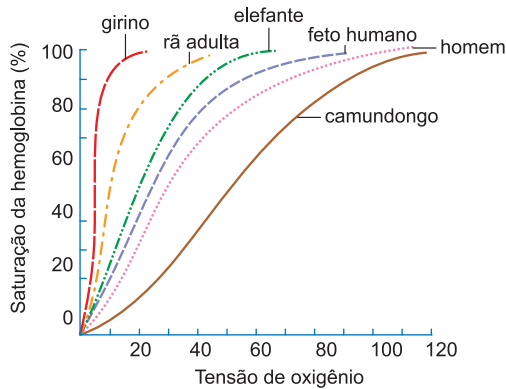
- a) A oxiemoglobina é um composto instável e prejudicial à saúde quando o  $\text{CO}_2$  é inalado em excesso.
- b) A carboxiemoglobina é um composto estável que impede a formação de oxiemoglobina e carboemoglobina, podendo levar à asfixia.
- c) A oxiemoglobina e a carboemoglobina são compostos estáveis, formados sempre durante a inspiração e a expiração, respectivamente.
- d) A carboxiemoglobina é um composto instável que impede que a hemoglobina se combine com os gases respiratórios.
- e) A carboemoglobina é um composto estável que impede a formação de oxiemoglobina, podendo levar à asfixia.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: B**



**3 (UERJ – MODELO ENEM)** – O gráfico a seguir mostra as curvas de dissociação do oxigênio. A curva indica a concentração relativa de oxigênio preso à hemoglobina em diferentes tensões ou concentrações de oxigênio.



O animal cujo sangue tem mais capacidade de ligar e carrear o oxigênio é o

- a) girino.
- b) homem.
- c) elefante.
- d) camundongo.

**RESOLUÇÃO:**  
**Resposta: A**

**4** A palavra respiração é utilizada para descrever dois processos distintos, porém interdependentes, que ocorrem em nível pulmonar e celular. Descreva como estes fenômenos estão relacionados.

**RESOLUÇÃO:**  
**A respiração pulmonar se refere à entrada e saída de ar dos pulmões, levando O<sub>2</sub> e retirando CO<sub>2</sub> da corrente sanguínea. O O<sub>2</sub>, captado na respiração pulmonar, é levado até a célula e então, na respiração celular, este O<sub>2</sub> captado na respiração pulmonar é utilizado. O CO<sub>2</sub> resultante da respiração celular entra na corrente sanguínea e é exalado pelos pulmões, na respiração pulmonar.**

**5 (MODELO ENEM)** – Leia atentamente a afirmação abaixo e assinale a alternativa que contém os termos que preenchem, corretamente, os espaços I, II e III.

*A renovação de ar nas superfícies respiratórias é necessária para que sejam garantidas as trocas entre o animal e seu ambiente.*

\_\_\_\_\_ I \_\_\_\_\_ é a estratégia utilizada por \_\_\_\_\_ II \_\_\_\_\_ para garantir a ocorrência de tal processo, denominado \_\_\_\_\_ III \_\_\_\_\_.

|    | I                                     | II        | III        |
|----|---------------------------------------|-----------|------------|
| a) | movimentação de apêndices modificados | peixes    | ventilação |
| b) | movimentação de apêndices modificados | peixes    | respiração |
| c) | variação de volume da caixa torácica  | peixes    | ventilação |
| d) | variação de volume da caixa torácica  | mamíferos | excreção   |
| e) | variação de volume da caixa torácica  | mamíferos | ventilação |

**RESOLUÇÃO:**  
**O diafragma é um músculo presente nos mamíferos. A contração desse músculo ocasiona um aumento do volume da caixa torácica e, conseqüentemente, a pressão interna diminui, ocorrendo a inspiração. O relaxamento do diafragma ocasiona um aumento da pressão interna, ocorrendo a expiração.**  
**Resposta: E**

## Palavras-chave:

- Sistema aberto e fechado
- Circulação simples e dupla

## 1. Generalidades

O sangue (fluido circulante) apresenta, nos mamíferos, as seguintes funções:

– Transporte de substâncias alimentares da região de absorção (intestino) para as demais partes do corpo (células).

– Transporte de excretas para os órgãos excretores (rins) a partir das demais partes do corpo.

– Transporte dos gases respiratórios (oxigênio e dióxido de carbono) entre os pulmões e as demais partes do corpo.

– Transporte de hormônios (substâncias controladoras da atividade de certos órgãos).

Estas funções são desempenhadas pelo sistema circulatório (ou sistema de transporte) com eficiência e precisão nos animais vertebrados.

### Observação

No caso dos insetos, o sangue não participa do transporte de gases, pois estes apresentam respiração traqueal e não possuem pigmentos respiratórios no sangue.

## 2. Tipos de sistemas circulatórios e ocorrência

Protozoários (ex.: ameba), Poríferos (ex.: esponja), Celenterados (ex.: hidra), Platielminthos (ex.: planária) e Asquelmintos (ex.: lombriga) não possuem um verdadeiro sistema de transporte.

Nos Celenterados (nas medusas), encontra-se um sistema gastrovascular que não é um sistema circulatório verdadeiro: trata-se de um sistema de canais, junto à cavidade gástrica, pelos quais circula (entra e sai) a água do mar.

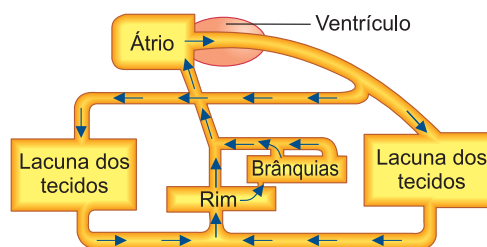
Os Equinodermas (ex.: estrela-do-mar) constituem um grupo de animais de relativo grande porte e que não têm sistema circulatório verdadeiro. Eles apresentam sistema de vasos e lacunas pelo corpo, porém neles não circula sangue. Na estrela-do-mar, por exemplo, há três sistemas de canais diferentes. Um deles é o sistema ambulacrário, que é aberto livremente para o exterior por uma placa perfurada (placa madreporica), pela qual penetra a água do mar. Nem este sistema ambulacrário nem qualquer outro sistema de canais do animal desempenha papel de sistema circulatório verdadeiro.

### Aberto ou lacunar

Nos Moluscos e Artrópodos, o sistema circulatório está presente e é do tipo **aberto**. Neste tipo de sistema

circulatório, os vasos sanguíneos saem de um ou mais espaços irregulares nos tecidos (sínus, lacunas ou hemocelas), nos quais o sangue se move lentamente (coração pouco musculoso: desenvolve pressão sanguínea baixa) e realiza troca de substâncias com as células dos tecidos adjacentes. Este sangue é coletado por outros vasos ou lacunas que o trazem de volta ao coração. Como o sangue circula por lacunas, além de vasos, o sistema é denominado aberto ou lacunar.

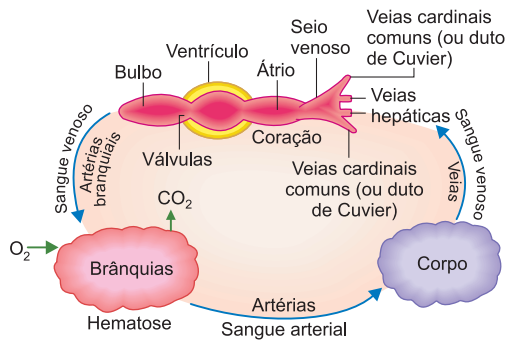
|  | Sistema Circulatório Lacunar (aberto) | Sistema Circulatório Fechado |
|--|---------------------------------------|------------------------------|
| Coração  | pouco musculoso                       | muito musculoso              |
| Hemocelas  | presentes                             | ausentes                     |
| Capilares  | ausentes                              | presentes                    |
| Pressão sanguínea  | baixa                                 | alta                         |
| Velocidade de fluxo  | baixa                                 | alta                         |
| Quantidade de alimentos transportados por unidade de tempo | pequena                               | grande                       |



Aparelho circulatório de mexilhão (molusco).

O coração dos Artrópodos (ex.: inseto) é um tubo muscular longo. Em cada segmento do corpo ele apresenta dois ostíolos (aberturas) providos de válvulas.

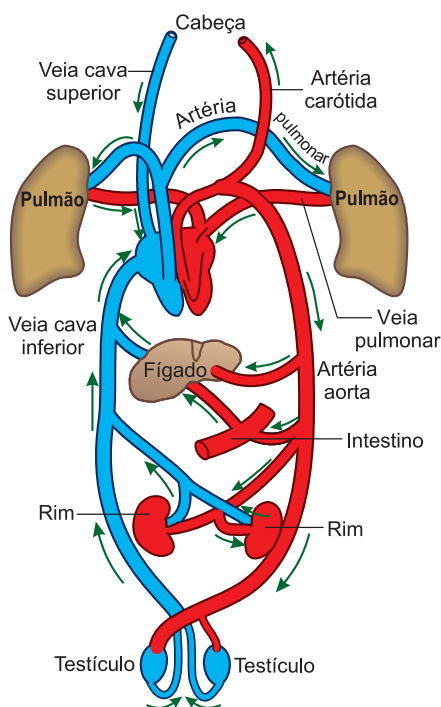
O sangue dos insetos não apresenta função no transporte de gases respiratórios.



Circulação simples de peixe.

Entre os Moluscos, o sistema circulatório é muito desenvolvido nos Cefalópodes (lula, polvo etc.).

Os Protocordados (ex.: anfióxico) também apresentam sistema circulatório aberto ou lacunar.



Circulação do sangue nos mamíferos.

## Fechado

Pressão arterial relativamente alta e sustentada é característica dos vertebrados superiores. Depende da contração poderosa dos ventrículos, da elasticidade das paredes das artérias principais e da resistência periférica dos vasos de menor calibre (arteríolas). Nota-se, portanto, que animais de **circulação aberta** não podem desenvolver pressões maiores e também constantes, pois seu coração é pouco musculoso, faltam as artérias de paredes elásticas e falta também a resistência periférica (pois não há o sistema de arteríolas e capilares).

Entre os invertebrados, as pressões sanguíneas mais altas foram encontradas em polvos e outros Cefalópodes. As lacunas sanguíneas espaçadas, características de outros

moluscos, são nestes animais representadas por vasos definidos: artérias, arteríolas, capilares, vênulas e veias, como nos vertebrados. Contra a resistência oferecida pelos vasos periféricos, o coração é capaz de estabelecer e manter pressão relativamente alta, que varia de 30 a 45mmHg.

O sistema circulatório fechado ocorre nos Anelídeos e vertebrados.

## 3. Circulação nos vertebrados

Apresentam circulação fechada, que pode ser simples ou dupla.

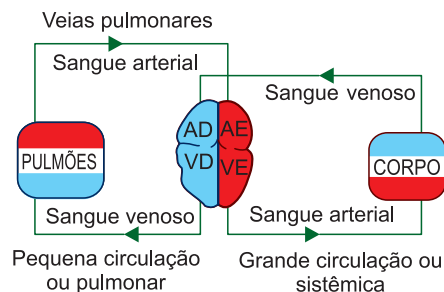
### Circulação fechada simples

Nos vertebrados de respiração branquial, a circulação é **simples**, porque pelo coração só passa um tipo de sangue (venoso). O sangue venoso que sai do coração é levado às brânquias, onde é oxigenado e daí distribuído pelas artérias para todo o corpo, retornando, a seguir, pelo sistema venoso ao coração. É o caso dos Ciclostomados (ex.: lampreia) e peixes.

### Circulação fechada dupla

Nos vertebrados de respiração pulmonar, a circulação é **dupla** (porque pelo coração passam dois tipos de sangue, o venoso e o arterial, fazendo dois ciclos ou circulações pelo corpo). O **ciclo ou circulação pulmonar** (pequena circulação) é o trajeto do sangue entre o ventrículo direito e o átrio esquerdo, passando pelos pulmões. O **ciclo geral** (grande circulação ou sistêmica) é o percurso do sangue do ventrículo esquerdo para todo o organismo, através do sistema arterial e, a seguir, o retorno deste sangue ao átrio direito, através do sistema venoso.

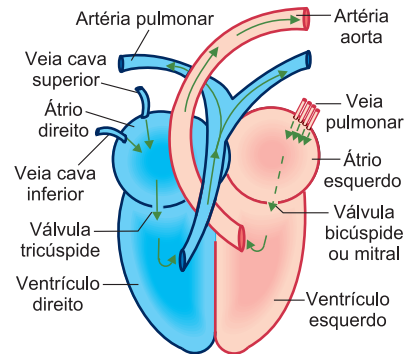
A circulação dupla pode ser **completa** ou **incompleta**. Nos Anfíbios e nos Répteis, é incompleta, porque a anatomia do coração permite a mistura do sangue venoso com o arterial. Nas aves e nos mamíferos, a circulação é completa, porque o coração é completamente dividido em duas metades (a direita, onde passa o sangue venoso, e a esquerda, onde passa o sangue arterial).



Esquema de circulação dupla (AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo).

## 4. Coração dos mamíferos

Contém dois átrios e dois ventrículos com separações completas. No embrião, os dois átrios se comunicam pelo forâmen oval ou forâmen de Botal, uma abertura no septo interatrial, que normalmente se fecha durante o desenvolvimento. Como nas aves, o seio venoso aparece só na fase embrionária. No átrio direito, chegam uma ou duas veias cavas anteriores e uma veia cava posterior. Do ventrículo direito, parte um tronco pulmonar que logo se bifurca em duas artérias pulmonares. Do ventrículo esquerdo, parte a aorta, que se curva para a esquerda. A válvula do orifício atrioventricular direito é chamada **tri-cúspide** (três lâminas). O orifício ventricular esquerdo é guarnecido pela válvula bicúspide ou mitral.



Coração dos mamíferos.

### Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Em condições normais de saúde e repouso, o número de pulsações de um homem adulto é da ordem de 70 por minuto. Após um abundante almoço ou jantar, em que se ingerem carnes, conservas, pães e doces, o que se espera em relação ao número de pulsações por minuto é que

- haja aumento desse número, devido à atividade cardíaca que se acelera em razão da diminuição da temperatura interna do corpo.
- haja aumento desse número devido à maior necessidade de irrigação sanguínea dos tecidos do trato digestivo.
- haja redução desse número, uma vez que a temperatura do corpo sofrerá pequena redução e, com isso, a atividade cardíaca diminui.
- não haja qualquer alteração, uma vez que os alimentos ingeridos sofrerão digestão no estômago e intestino, sem qualquer interferência com a atividade cardíaca.
- não haja qualquer alteração desse número, mas que haja aumento da pressão sanguínea em decorrência da quantidade de sal ingerida.

#### Resolução

Após um abundante almoço ou jantar, não há

modificações drásticas na atividade cardíaca, mas o sistema nervoso autônomo parassimpático desloca maior volume sanguíneo ao tubo digestório, diminuindo a irrigação cerebral.

**Resposta: D**

**2 (MACKENZIE – MODELO ENEM)** – **Transplantada vê seu próprio coração em exposição no Reino Unido da BBC Brasil**

*Uma mulher viu seu próprio coração em exibição durante uma exposição científica. ... Ela tinha uma doença potencialmente fatal (cardiomiopatia restritiva) na adolescência. Agora, o coração que batia em seu peito – e que quase causou sua morte – foi colocado em uma mostra temporária ... Ela afirmou que quer ajudar a conscientizar as pessoas sobre a importância da doação de órgãos e sobre a doença que quase a matou ...*

*A cardiomiopatia restritiva faz com que o músculo cardíaco fique endurecido, impedindo que o coração relaxe normalmente após uma contração. Na medida em que a doença se agrava, o músculo cardíaco se torna cada vez mais rígido e as contrações começam a ser*

*afetadas. A doença leva à morte e o transplante é considerado a única cura.*

(Folha de S. Paulo, 5/9/2007)

A partir do texto acima, assinale a opção correta.

- Nos casos de doação de órgãos, pode haver necessidade da utilização de medicamentos que diminuam a resposta imunológica contra o órgão implantado, diminuindo a probabilidade de rejeição.
- Quando o doador do órgão é da mesma família que o receptor, a possibilidade de haver rejeição é mínima.
- Na cardiomiopatia restritiva, o endurecimento do músculo afeta somente a capacidade sistólica do coração.
- A contração do músculo cardíaco é responsável apenas pela passagem do sangue dos ventrículos para as artérias.
- Centros localizados no coração são os únicos responsáveis pelo controle do ritmo de contração.

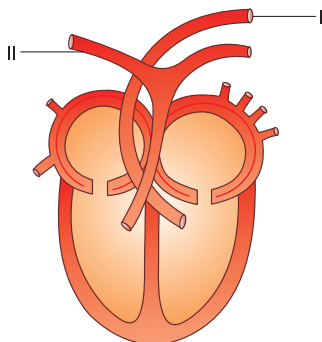
#### Resolução

A diminuição da resposta imunológica diminui a probabilidade de rejeição do órgão transplantado.

**Resposta: A**

### Exercícios Propostos

**1 (FEI)** – O esquema a seguir apresenta o coração de um mamífero. Baseando-se nesse esquema, responda:



Quais são os nomes dos vasos representados pelos números I e II?

- I – artéria aorta, II – artéria pulmonar direita;
- II – artéria aorta, I – artéria pulmonar direita;
- I – artéria aorta, II – artéria pulmonar esquerda;
- II – artéria aorta, I – artéria pulmonar esquerda;
- I – artéria pulmonar direita, II – artéria pulmonar esquerda.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: A**

**2 (UEL)** – Assinale a alternativa correta.

Na pequena circulação ou circulação pulmonar dos mamíferos, o sangue oxigenado flui:

- a) Do ventrículo esquerdo do coração para os pulmões através das artérias pulmonares.
- b) Do ventrículo direito do coração para os pulmões através das artérias pulmonares.
- c) Dos pulmões ao átrio direito do coração através das veias pulmonares.
- d) Dos pulmões ao átrio esquerdo do coração através das veias pulmonares.
- e) Dos pulmões ao ventrículo direito do coração através das artérias brônquicas.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: D**

**(UFF)** – Texto para as questões de **3** a **5**:

Noel Rosa, um dos maiores compositores da música brasileira, chegou a iniciar os estudos de Medicina, abandonando-os meses depois. Naquele período, escreveu os primeiros versos da música Coração.

Depois que ele gravou a música, os colegas da Faculdade chamaram a atenção para as descrições equivocadas sobre as funções do coração.

(adaptado do site do *Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo*, 2006)

Coração,  
Grande órgão propulsor,  
Transformador do sangue  
Venoso em arterial;  
Coração,  
Não és sentimental,  
Mas, entretanto, dizem  
Que és o cofre da paixão.



**3** Identifique o erro conceitual contido na primeira estrofe dessa música.

**RESOLUÇÃO:**

**O coração não transforma o sangue venoso em arterial, apenas o propulsiona em direção aos órgãos. Essa transformação é feita pelos pulmões. Mais especificamente, por seus alvéolos, devido ao aumento de pressão de O<sub>2</sub> e a saída do CO<sub>2</sub> do sangue.**

**4** Relacione o sangue venoso e o arterial com cada um dos compartimentos do coração humano.

**RESOLUÇÃO:**

**No átrio e ventrículo direito passa o sangue venoso, enquanto no átrio e ventrículo esquerdo, o sangue arterial.**

**5** Especifique onde e como ocorre o processo de hematose no organismo humano.

**RESOLUÇÃO:**

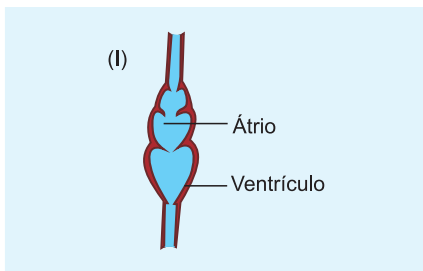
**A hematose acontece nos alvéolos pulmonares. Este processo ocorre através da difusão dos gases CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>. O O<sub>2</sub> passa do interior dos alvéolos, onde se encontra em maior concentração, para o sangue. O CO<sub>2</sub> sai do sangue venoso em direção ao interior dos alvéolos.**

### 1. Quadro comparativo da circulação nos vertebrados

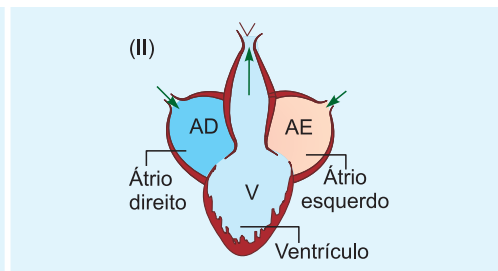
| Ocorrência  | Seio Venoso | Átrio                       | Ventrículo                  | Bulbo      | Observações   |
|---|-------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|---|
| Ciclostomados (ex.: lampreia) condrictes (ex.: tubarão) e osteíctes (ex.: roncador)       | 1           | 1                           | 1                           | 1          | Circulação fechada e simples; pelo coração só passa sangue venoso.  |
| Coanictes ou dipnoicos (ex.: piramboia), anfíbios urodelos perenebrânquiados (salamandra) | 1           | 2 incompletamente divididos | 1                           | 1          | Circulação fechada, dupla e incompleta.   |
| Demais anfíbios (ex.: sapo)   | 1           | 2 completamente divididos   | 1                           | 1 reduzido | Circulação fechada, dupla e incompleta.   |
| Répteis não crocodilianos (ex.: tartaruga)  | 1           | 2                           | 2 incompletamente divididos | —          | Circulação fechada, dupla e incompleta; início do septo de Sabatier entre os ventrículos.   |
| Répteis crocodilianos (crocodilo, jacaré)   | 1           | 2                           | 2 incompletamente divididos | —          | Circulação fechada, dupla e incompleta; mistura de sangue no forâmen de Panizza e na junção das aortas.                           |
| Aves e mamíferos  | —           | 2                           | 2                           | —          | Circulação fechada, dupla e completa. Nas aves, a aorta curva-se para a direita; nos mamíferos, a aorta curva-se para a esquerda. |

**Obs.:** Débito cardíaco é o volume de sangue que o ventrículo esquerdo bombeia (em litros por minuto) para a artéria aorta, na sístole ventricular. Em pessoas normais apresenta valor próximo a 5L/min.

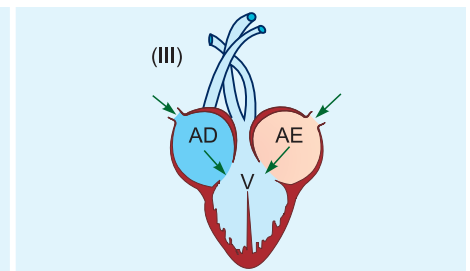
### 2. Os corações dos vertebrados



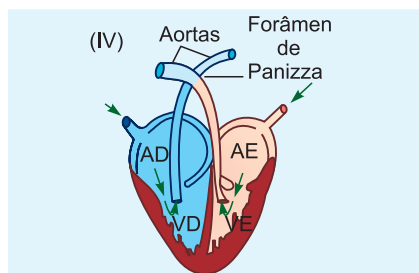
Coração de peixe.



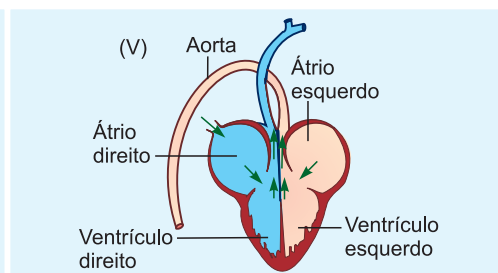
Coração de anfíbio.



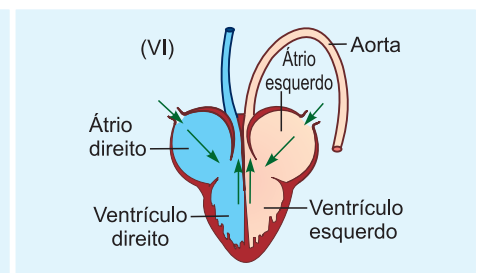
Coração de réptil não crocodiliano.



Coração de réptil crocodiliano.



Coração de ave.



Coração de mamífero.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A respeito do sistema circulatório humano, é **correto afirmar** que

- a parede do ventrículo direito é a mais espessa, garantindo maior pressão ao sangue que vai para os pulmões.
- o ritmo cardíaco é controlado pelo bulbo e por nódulos situados no coração.
- as artérias são vasos que sempre levam sangue arterial.
- as veias são vasos cujas paredes são mais espessas e musculosas para facilitar, com sua contração, o retorno do sangue ao coração.
- nenhum dos componentes do sangue atravessa as paredes dos vasos sanguíneos, caracterizando uma circulação fechada.

### Resolução

A parede do ventrículo esquerdo é a mais espessa. Artérias podem levar sangue venoso. As veias são vasos de paredes mais delgadas. Os leucócitos saem dos vasos sanguíneos.

### Resposta: B

**2 (MODELO ENEM)** – Um dos riscos de uma dieta exclusivamente vegetariana é a ocorrência de anemia. Assinale a alternativa que apresenta a relação **correta** entre esse tipo de dieta e a anemia.

- O excesso de fibras vegetais provoca uma intoxicação alimentar conhecida como anemia.
- A falta de carne provoca carência de vitamina D, acarretando anemia.

- A carne contém grandes quantidades de ferro, cuja falta provoca anemia.
- O excesso de vegetais na dieta provoca um aumento nos movimentos peristálticos, provocando perda de nutrientes.
- A falta de aminoácidos, encontrados exclusivamente em animais, é a causa da anemia.

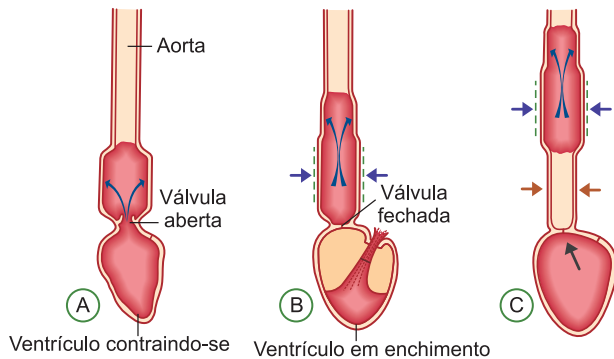
### Resolução

A anemia pode ser provocada pela falta de ferro na dieta. Como se sabe, o ferro é utilizado na síntese de hemoglobina, pigmento respiratório dos vertebrados. Dietas ricas em ferro, como carnes e fígado, garantem um suprimento adequado de ferro para o organismo.

### Resposta: C

## Exercícios Propostos

**1 (UFPEL)** – A figura abaixo mostra o movimento do sangue no ventrículo, através das artérias. Para facilitar o entendimento, o esquema é representado por um ventrículo e uma artéria e a parede arterial é exageradamente distendida.



(VILLE, C. A. **Biologia**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1979)

Com base na figura e em seus conhecimentos sobre o sistema circulatório, faça o que se pede.

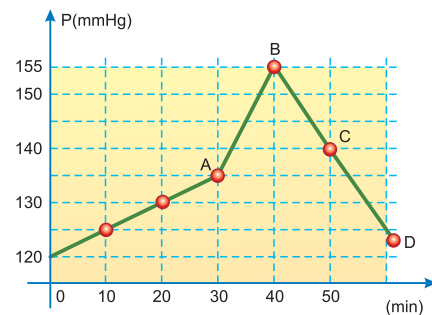
- Identifique o ventrículo representado na figura e as fases em que ele se encontra nas situações A e B, respectivamente.
- O sangue representado na figura é venoso ou arterial? Por quê?

### RESOLUÇÃO:

- Ventrículo esquerdo; A (sístole); B (diástole).
- Arterial porque ele é bombeado na artéria aorta, apresentando elevada taxa de saturação pela oxiemoglobina.

Texto para a questão **2**.

Em uma sala de **cateterismo cardíaco**, foram feitas várias tomadas de pressão sistólica do ventrículo esquerdo. Foram feitas várias medidas de pressão, em intervalos regulares de tempo. Após 30 minutos de exame, foi feita uma injeção de contraste, fazendo com que a pressão se elevasse de A para B, para depois cair de B para C e, em seguida, para o ponto D, onde a pressão foi de 124mmHg, conforme mostra o gráfico.



**2 (MODELO ENEM)** – A pressão sistólica do ventrículo esquerdo cinco minutos após a aplicação da injeção de contraste, em milímetros de mercúrio, era

- 130
- 135
- 140
- 145
- 150

### RESOLUÇÃO:

O ponto médio do segmento  $\overline{AB}$  tem coordenadas (35; 145). Assim, cinco minutos após a aplicação da injeção, que foi aos 30 minutos, a pressão sistólica do ventrículo esquerdo era de 145 mmHg.

### Resposta: D

**3 (MACKENZIE – MODELO ENEM)** – Num infarto, células do músculo cardíaco morrem. Em casos mais graves, há necessidade da colocação de uma ponte de safena. Esse procedimento consiste:

- na colocação de um fragmento de um vaso retirado da perna no coração para que o sangue volte a circular.
- na substituição de parte da artéria aorta, diminuindo a pressão com que o sangue sai do coração.
- no transplante de células retiradas do músculo da perna, que substituirão a parte morta do músculo cardíaco.
- na implantação de um dispositivo que aumente o diâmetro dos vasos que trazem sangue ao coração.
- na colocação de uma válvula artificial para impedir o refluxo de sangue do ventrículo para o átrio.

**RESOLUÇÃO:**

A cirurgia de ponte de safena consiste na colocação de um fragmento de um vaso da perna (veia safena) no lugar do trecho da artéria coronária que está obstruído.

Resposta: A

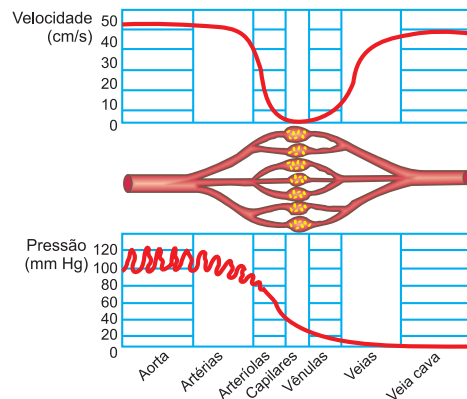
**4 (FUVEST)** – Considere o coração dos vertebrados.

- Que característica do coração dos mamíferos impede a mistura do sangue venoso e arterial?
- Que outros vertebrados possuem coração com essa estrutura?
- Por quais câmaras cardíacas o sangue desses animais passa desde que sai dos pulmões até seu retorno a esses mesmos órgãos?

**RESOLUÇÃO:**

- Septo muscular separando totalmente o ventrículo direito do esquerdo, como também a separação completa dos átrios direito e esquerdo.
- Aves e répteis crocilianos.
- Átrio esquerdo – ventrículo esquerdo – átrio direito – ventrículo direito.

**5 (FATEC – MODELO ENEM)** – A figura a seguir representa a variação da velocidade e da pressão sanguínea ao longo de diferentes vasos.



Assinale a alternativa correta.

- No interior das artérias, a velocidade é alta, para compensar a baixa pressão do sangue.
- No interior das veias, a velocidade é quase nula, para compensar a alta pressão do sangue.
- No interior das arteríolas, capilares e vênulas, a velocidade e a pressão são nulas.
- A baixa velocidade do sangue no interior dos capilares facilita as trocas de substâncias entre os capilares e as células.
- A existência de válvulas e a contração dos músculos esqueléticos em torno das artérias ocasionam a diminuição da velocidade do fluxo sanguíneo em direção ao coração.

**RESOLUÇÃO:**

Resposta: D



## 1. Tipos de coração

O coração é constituído por um tipo de músculo especial (músculo cardíaco) que tem a capacidade de originar, em suas próprias células, os impulsos que determinam a sua contração – é o que se denomina **automatismo**. O sistema condutor do coração é constituído por fibras musculares especiais que têm características funcionais semelhantes às do tecido nervoso, particularmente a capacidade de originar impulsos e conduzi-los com grande velocidade. Esse tecido localiza-se em regiões específicas do coração.

O tecido condutor constitui o nó sinoatrial (SA), localizado na parede do átrio direito, junto ao ponto de chegada da veia cava anterior. Nesse nódulo, originam-se os impulsos cardíacos; por esta razão, é denominado marcapasso. Na parte inferior do septo atrial, o tecido condutor constitui um segundo nódulo — o **nó** átrio-ventricular (AV). Deste, parte um **feixe** de tecido condutor — fascículo átrio-ventricular (**feixe** de His) — que se divide em dois ramos. Esses ramos partem um para cada ventrículo, onde se ramificam constituindo a rede de Purkinje (miócito condutor cardíaco), que atinge toda a musculatura ventricular. A contração cardíaca inicia-se no nó SA, de onde se espalha pela musculatura atrial até o nó AV. A seguir, os impulsos são conduzidos aos ventrículos, através do fascículo átrio-ventricular e suas ramificações, que formam o miócito condutor cardíaco. Esse sistema condutor de alta velocidade permite que a contratilidade dos ventrículos se faça do ápice para a base, comprimindo o sangue dentro das artérias aorta e pulmonar.

O coração dos vertebrados e moluscos é denominado **miogênico**, porque o batimento se inicia no próprio coração. Nos demais invertebrados que possuem coração, é denominado **neurogênico** porque o batimento é iniciado e conduzido ao músculo cardíaco pelo tecido nervoso.

No homem, o controle da frequência de batimentos do coração é realizado pelo sistema nervoso autônomo, através do nervo vago (parassimpático) e dos nervos cardíacos (simpático).

As células que originam as fibras motoras do vago localizam-se no bulbo e constituem o centro cardiomodador. Uma estimulação moderada deste centro determinará a bradicardia (diminuição da frequência cardíaca) e, se a estimulação for intensa, ocorrerá parada cardíaca. As terminações nervosas do vago enervam o tecido condutor do coração e sua ação inibidora se deve à liberação da acetilcolina (neuro-hormônio).

O centro cardioacelerador localiza-se próximo ao centro cardiomodador no bulbo. A estimulação dos nervos cardíacos leva à taquicardia (aumento da frequência

cardíaca). A ação desses nervos cardíacos sobre o tecido condutor se deve à liberação de adrenalina (neuro-hormônio).

## 2. A pressão máxima

A contração do ventrículo esquerdo (sístole) bombeia sangue arterial para o interior da artéria aorta. Temos a pressão **máxima** ou **sistólica**, que corresponde a cerca de 120 mmHg. Popularmente é mencionado o valor 12.

## 2. A pressão mínima

Quando o ventrículo esquerdo recebe sangue arterial (diástole) do átrio esquerdo, a pressão sanguínea no interior da artéria aorta diminui. Temos a pressão **mínima** ou **diastólica**, que corresponde a cerca de 80 mmHg. Popularmente é mencionado o valor 8.

## 4. Hipertensão

O aumento da pressão arterial deve ser encarado como um sinal de alerta.

O hipertenso pode sentir cefaleia (dor de cabeça), tonturas e até perda da acuidade visual.

Ele deve procurar periodicamente o médico.

Em alguns casos de hipertensão podem ocorrer distúrbios orgânicos, (como doenças renais, glandulares das artérias ou até cerebrais.)

## 4. Hipotensão

A queda da pressão arterial pode ocasionar enjoo, tontura e até desmaio. Ocorre quando o indivíduo muda bruscamente de posição, causando uma diminuição repentina da oxigenação cerebral.

A pressão arterial pode também cair bruscamente devido a hemorragias, insuficiência cardíaca, infecções agudas etc.

| Órgão ou Função               | Simpático      | Parassimpático |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| arteríolas em geral           | vasoconstrição | vasodilatação  |
| frequência cardíaca           | aumenta        | diminui        |
| pressão sanguínea             | aumenta        | diminui        |
| amplitude (potência) cardíaca | aumenta        | diminui        |
| coronárias                    | vasodilatação  | vasoconstrição |

*Ação do sistema nervoso autônomo na circulação humana.*

## Exercícios Resolvidos

**(MODELO ENEM)** – Considere o texto para responder às questões de números **1** e **2**.

Os brasileiros não conhecem a doença que mais mata no país e mais deixa inválidos permanentes. Segundo um estudo publicado no início do ano na revista científica *Stroke*, 90% dos brasileiros dizem não ter nenhum tipo de informação sobre o AVC (acidente vascular cerebral). Popularmente conhecido por derrame, o AVC ocorre quando há entupimento ou ruptura de vasos sanguíneos da cabeça e, como consequência, dano em partes do cérebro responsáveis por funções do corpo como a respiração ou a locomoção.

(Folha de S.Paulo, set. 2008. Adaptado)

**1** O entupimento ou ruptura citados no texto ocorrem em

- capilares arteriais que recolhem o sangue rico em nutrientes que banhou o cérebro.
- vasos arteriais que levam oxigênio e alimento ao cérebro e apresentam elevada pressão.
- vasos venosos devido ao aumento de colesterol e diminuição da glicemia.
- capilares venosos devido ao aumento do número de glóbulos vermelhos, formadores de coágulo na corrente sanguínea.
- capilares arteriais devido ao aumento de lipídeos circulantes, ocasionando elevação do número de plaquetas.

### Resolução

O AVC ocorre em artérias que levam o sangue ao cérebro, com elevada pressão.

**Resposta: B**

**2** Pertencem ao grupo de risco para a doença citada os indivíduos com

- elevada pressão arterial, que leva a alterações das paredes das artérias.
- diabetes, devido à facilidade de formação de coágulos pelo excesso de açúcar.
- deficiência nas válvulas cardíacas, que dificulta a oxigenação do sangue.
- ingestão excessiva de ferro, o que aumenta a produção de hemácias, facilitando a formação de coágulos.
- dores de cabeça constantes, devido à deposição de cálcio nas paredes das artérias.

### Resolução

Um fator de risco, em relação ao AVC, é a pressão arterial elevada.

**Resposta: A**

## Exercícios Propostos

**1 (UFF)** – Os betabloqueadores são empregados na terapêutica para o tratamento de hipertensão, arritmias cardíacas, enxaquecas e tremores musculares. Por outro lado, eles têm sido utilizados para dopagem de atletas de esportes como tiro ao alvo, o arco e flecha e o golfe, para melhorar o desempenho através da redução dos batimentos cardíacos, tremores e efeitos da ansiedade. Esta utilização tem sido motivo de preocupação nos grandes eventos esportivos como os Jogos Pan-americanos.

Os betabloqueadores atuam sobre os receptores de:

- histamina e noradrenalina.
- serotonina e histamina.
- histamina e adrenalina.
- serotonina e adrenalina.
- adrenalina e noradrenalina.

### RESOLUÇÃO:

**Resposta: E**

**2 (UEPB – MODELO ENEM)** – A revista *Veja* – edição 1858 – ano 37 – n.º 24, de 16 de junho de 2004, em sua matéria de capa, destaca: “*Um santo remédio? Eficazes para baixar o colesterol, as estatinas já são as drogas mais vendidas no mundo*”. No conteúdo da matéria, as articulistas Anna Paula Buchalla e Paula Neiva discorrem sobre os efeitos desta nova droga no combate seguro aos altos níveis de colesterol. Sobre o colesterol, analise as proposições abaixo:

- O colesterol é um dos mais importantes esteróis dos esterídeos animais, produzido e degradado pelo fígado, que atua como um órgão regulador da taxa dessa substância no sangue.
- O colesterol participa da composição química da membrana das células animais, além de atuar como precursor de hormônios, como a testosterona e a progesterona.

III. Quando atinge baixos níveis no sangue, o colesterol contribui para a formação de placas de ateroma nas artérias, provocando-lhes um estreitamento.

IV. Há dois tipos de colesterol: O LDL e o HDL. O primeiro é o “colesterol bom”, que remove o excesso de gordura da circulação sanguínea.

Assinale a alternativa correta:

- Apenas a proposição I é correta.
- Apenas a proposição II é correta.
- Apenas as proposições I e II são corretas.
- Apenas as proposições III e IV são corretas.
- Todas as proposições são corretas.

### RESOLUÇÃO:

**Resposta: C**

**3 (PUC)** – Analise os trechos abaixo, indicados por **I** e **II**:

- Em uma angiosperma, a água vai da raiz até a folha e é utilizada na realização da fotossíntese; produtos deste processo metabólico são transportados da folha para outras partes da planta, podendo ser armazenados em órgãos como caule e raiz.
- No coração humano, o sangue passa do átrio direito para o ventrículo direito e em seguida é levado aos pulmões; uma vez oxigenado, retorna ao coração pelo átrio esquerdo e passa para o ventrículo esquerdo, de onde é transportado aos sistemas corporais, voltando em seguida para o coração.

Com relação aos trechos, é correto afirmar que:

- I refere-se exclusivamente ao transporte que se dá pelos vasos do xilema, enquanto II refere-se apenas à pequena circulação.
- I refere-se exclusivamente ao transporte que se dá pelos vasos do xilema, enquanto II refere-se exclusivamente à grande circulação.

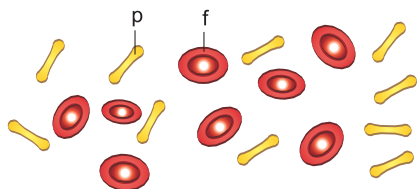


As hemácias dos demais vertebrados (exceto mamíferos) são nucleadas.

A hemácia é circular e bicôncava, apresentando cerca de 7 micrômetros de diâmetro.

Um homem apresenta aproximadamente 5,5 milhões de hemácias por milímetro cúbico de sangue, enquanto na mulher a quantidade é de 5 milhões.

As hemácias são produzidas na medula óssea e destruídas principalmente no baço. Elas transportam gases respiratórios (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>).

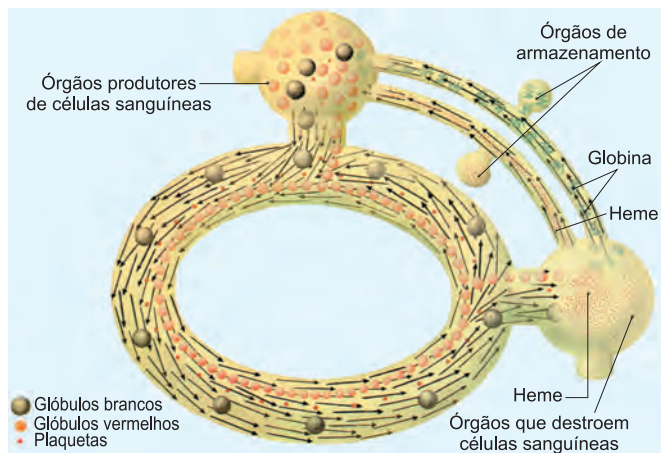


Hemácias em vista frontal (f) e de perfil (p).

## Plaquetas ou Trombócitos

São corpúsculos citoplasmáticos (anucleados) produzidos na medula óssea. Sua forma é variável, e medem cerca de 3 µm de tamanho. Seu número normal por mm<sup>3</sup> de sangue é de 150 mil a 500 mil.

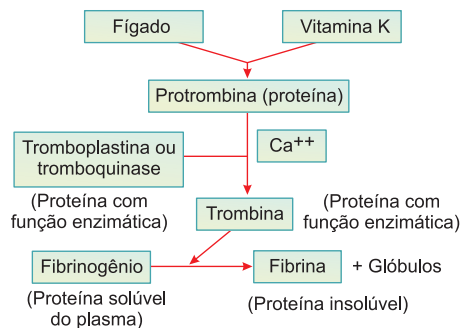
Têm função na obstrução de vasos sanguíneos: quando há rupturas de vaso, as plaquetas aí se aglutinam, formando um tampão que contribui para a obstrução do vaso. As plaquetas participam da formação da tromboplastina, que é um fator indispensável para a coagulação do sangue. Além disso, contêm serotonina, substância de ação vasoconstritora.



Esquema geral do sistema hematopoético (conjunto de estruturas encarregado da produção e distribuição das células sanguíneas). Ao saírem dos órgãos encarregados de sua produção, as células do sangue entram na circulação e, após certo tempo — que varia para cada tipo de célula —, são destruídas. Assim, os glóbulos vermelhos permanecem na circulação durante aproximadamente 120 dias; os granulócitos, nove dias, e os linfócitos, menos de um dia.

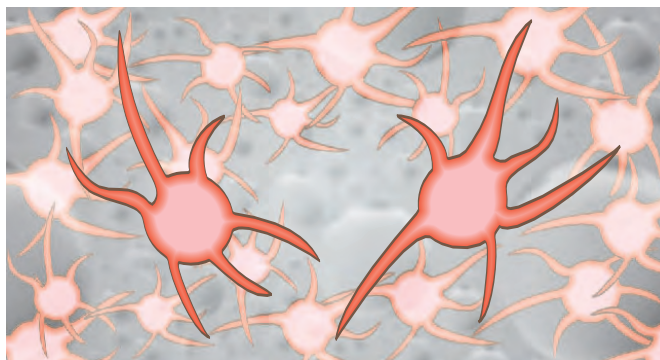
## 2. Coagulação do sangue

O mecanismo da coagulação sanguínea é muito complexo, sofre a ação de várias substâncias contidas no plasma, nas plaquetas e nos tecidos.



Esquema geral da coagulação.

Em linhas gerais, a coagulação envolve três etapas: formação da tromboplastina pela ação dos fatores do plasma, das plaquetas ou do tecido. A tromboplastina, em presença do íon Ca<sup>++</sup> e de outros fatores plasmáticos, transforma a protrombina do plasma na enzima trombina. A trombina transforma o fibrinogênio em **fibrina**. A fibrina, sendo uma proteína insolúvel, precipita-se, formando uma rede de filamentos. A deposição da rede de fibrina na extremidade lesada no vaso retém os glóbulos sanguíneos, formando-se assim um tampão que obstrui o vaso lesado.



Plaquetas.

A protrombina forma-se no fígado, sendo necessária a vitamina K para a sua síntese, e, conseqüentemente, para que haja a formação do coágulo. A vitamina K é normalmente sintetizada por bactérias do intestino dos mamíferos, tornando-se deficitária, portanto, quando a sua absorção for prejudicada.

Uma substância de ação anticoagulante é o **dicumarol**, produzido por folhas de alguns trevos (trevo-do-ce). O dicumarol age no fígado, competindo com a vitamina K na formação da protrombina (impede a formação de protrombina) e pode matar o gado, ocasionando hemorragias.

Como os íons cálcio são necessários para a ação da tromboplastina, a coagulação pode ser impedida pela remoção desses íons, possibilitada pela adição de oxalato de sódio ou de citrato de sódio (ou mesmo de amônio ou potássio).

## Exercícios Resolvidos

**1 (ENEM)** – Do veneno de serpentes como a jararaca e a cascavel, pesquisadores brasileiros obtiveram um adesivo cirúrgico testado com sucesso em aplicações como colagem de pele, nervos, gengivas e na cicatrização de úlceras venosas, entre outras. A cola é baseada no mesmo princípio natural da coagulação do sangue. Os produtos já disponíveis no mercado utilizam fibrinogênio humano e trombina bovina. Nessa nova formulação são utilizados fibrinogênio de búfalos e trombina de serpentes. A substituição da trombina bovina pela de cascavel mostrou, em testes, ser uma escolha altamente eficaz na cicatrização de tecidos.

ERENO, D. *Veneno que cola*. Pesquisa FAPESP. n.º 158, abr. 2009 (adaptado).

A principal vantagem deste novo produto biotecnológico é

- estar isento de contaminações por vírus humanos e permitir uma coagulação segura, ou seja, a transformação do fibrinogênio em fibrina.
- estimular o sistema imunológico a produzir anticorpos que irão transformar as moléculas de protrombina em trombina

- com a participação de íons cálcio.
- evitar rejeições pelos pacientes que utilizam essa técnica e desta forma transformar eficientemente a trombina em protrombina, responsáveis pela coagulação.
- aumentar a formação do tampão plaquetário uma vez que a trombina é uma enzima que transforma a fibrina em fibrinogênio que estimula a produção de plaquetas.
- esterilizar os locais em que é aplicado graças à ação antibiótica da trombina e o aumento da síntese dos fatores de coagulação no fígado com a participação dos íons potássio.

### Resolução

A principal vantagem do novo produto é a não contaminação por vírus humanos e a eficiente coagulação, na qual a trombina transforma o fibrinogênio em fibrina.

### Resposta: A

**2 (MODELO ENEM)** – Sob condições experimentais adequadas, é possível fazer com que certos tipos celulares se dividam por mitose. Para isso, tais células são colocadas em frascos contendo meio de cultura e outras drogas

necessárias à indução da divisão celular. Com o objetivo de obter células para observar a mitose, um laboratorista adotou o seguinte procedimento: colocou uma amostra de sangue humano tratado com anticoagulante em um tubo de ensaio e, em seguida, centrifugou o tubo para precipitar os elementos mais pesados. Ao final do processo, observou-se o conteúdo do tubo e verificou-se a existência de três frações bem distintas. As hemácias, mais pesadas, ocupavam a fração 1 do tubo. Acima destas, uma fina camada de linfócitos formava a fração 2. A fração 3 era constituída pelo plasma sanguíneo.

Para observar células em divisão, o laboratorista deverá adicionar aos frascos de cultura

- apenas a fração 1.
- apenas a fração 2.
- apenas a fração 3.
- a fração 1 mais a fração 3.
- qualquer uma das três frações.

### Resolução

Podemos observar as fases da mitose em leucócitos (ex.: linfócitos), componentes da fração n.º 2.

### Resposta: B

## Exercícios Propostos

**1 (UFSCar)** – A duração de uma hemácia no tecido sanguíneo humano é de 90 a 120 dias. Por serem continuamente renovadas, torna-se necessária a remoção constante das hemácias envelhecidas do sangue.

- Onde ocorre a produção de novas hemácias e em que órgãos ocorre sua remoção?
- Na parte líquida do sangue, chamada plasma, encontram-se determinadas proteínas, como as globulinas e as albuminas. Qual a função de cada uma dessas proteínas?

### RESOLUÇÃO:

- As hemácias são produzidas na medula óssea vermelha, pelo tecido conjuntivo hematopoético mieloide. Elas são destruídas no baço e no fígado.
- As  $\gamma$  (gama) globulinas são utilizadas na síntese de anticorpos. As albuminas são importantes na manutenção da pressão osmótica sanguínea, no transporte de hormônios, reserva de aminoácidos etc.

**2 (FJAU – MODELO ENEM)** – Desde que foi usado pela primeira vez com sucesso, em 1968, o transplante de medula óssea (TMO) tornou-se um dos mais promissores tratamentos para uma série de doenças graves. Agora o TMO salva milhares de vidas todos os anos. A medula óssea é responsável pela produção dos elementos figurados do sangue a partir das células-tronco

- nucleadas as quais têm elevada capacidade de divisão mitótica, originando as hemácias nucleadas, que são transportadoras de oxigênio.
- nucleadas as quais têm elevada capacidade de divisão meiótica, originando os leucócitos nucleados, que atuam na defesa do organismo.
- nucleadas as quais têm elevada capacidade de divisão mitótica, originando as plaquetas, que são fragmentos celulares responsáveis pela coagulação.
- anucleadas as quais, através de reprodução assexuada e diferenciação, originam todos os componentes do sangue.
- anucleadas as quais têm elevada capacidade de divisão mitótica originando clones que se diferenciam nos vários componentes do sangue.

### RESOLUÇÃO:

### Resposta: C

**3 (MODELO ENEM)** – Nos mamíferos, 100mL de sangue transportam 25mL de  $O_2$ , enquanto nos moluscos, a mesma quantidade de sangue transporta apenas 1,5mL de  $O_2$ . Essa diferença

- deve-se ao fato das hemoglobinas desses animais terem origens diferentes.
- contribui para o fato dos mamíferos serem animais muito mais ativos que os moluscos.
- resulta do fato da hemoglobina dos moluscos não ter a mesma função da hemoglobina dos mamíferos.
- é consequência dos mamíferos terem simetria bilateral, enquanto os moluscos têm simetria radial.
- deve-se ao fato dos mamíferos possuírem hemoglobina no sangue e os moluscos não apresentarem nenhum pigmento respiratório.

**RESOLUÇÃO:**

Sendo mais ativos, os mamíferos necessitam de maiores quantidades de oxigênio.

Resposta: B

**4 (SCES)** – Em uma pessoa jovem e com boa saúde, a pressão nas artérias durante a sístole ventricular, chamada pressão sistólica, oscila em torno de X a Y mmHg. Assinale a alternativa que indica corretamente X e Y.

- 120 a 130.
- 90 a 100.
- 70 a 80.
- 80 a 100.
- 40 a 60.

**RESOLUÇÃO:**

Resposta: A

**Módulo**

**42**

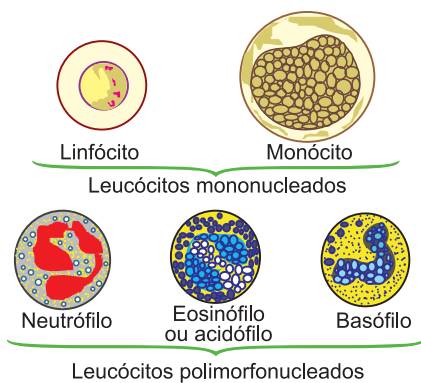
**Os leucócitos**

**Palavras-chave:**

- Linfócitos • Acidófilos • Basófilos
- Neutrófilos • Monócitos

**1. Leucócitos ou glóbulos brancos**

São células produzidas pelo tecido hematopoético mieloide e linfoide. São esféricas, quando mergulhadas no plasma, e capazes de apresentar movimentos ameboides.



Classificam-se em granulócitos, quando apresentam granulação citoplasmática (neutrófilos, basófilos e acidófilos), e agranulócitos, quando não apresentam granulação citoplasmática (monócitos e linfócitos).

Os granulócitos são produzidos na medula óssea, enquanto os agranulócitos são produzidos nos gânglios linfáticos (principalmente no baço).

A principal função dos leucócitos é a defesa do organismo contra a ação de bactérias ou corpos estranhos que atinjam os tecidos. Essa defesa se faz através de duas propriedades dos glóbulos brancos: a **diapedese**, que é a propriedade que têm os glóbulos brancos de, por movimento amebóide, atravessar a parede do capilar e se deslocar através do tecido conjuntivo; e a **fagocitose**, que consiste em englobar no seu citoplasma o elemento estranho.

Os **linfócitos**, ao contrário dos demais leucócitos, são pouco ativos na fagocitose e são mais importantes na produção de anticorpos. No tecido conjuntivo, os linfócitos transformam-se em plasmócitos (células produtoras de anticorpos) e dão origem às células rejeitadoras de enxerto, que invadem órgãos transplantados entre indivíduos.

Os **acidófilos**, também chamados eosinófilos, são células fagocitárias (porém menos ativos que os neutrófilos e monócitos), que aumentam em número no sangue quando há manifestação de doenças alérgicas.

Os **basófilos** têm função pouco conhecida. Como os mastócitos (células de tecido conjuntivo), possuem heparina e histamina. Além dessas substâncias, os basófilos contêm serotonina. A serotonina e a histamina têm, respectivamente, ação vasoconstritora e vasodilatadora e a heparina tem papel anticoagulante.

Os **neutrófilos** constituem a primeira linha de defesa contra a ação de microrganismos. São bastante ativos na fagocitose.

Os monócitos, como os neutrófilos, são muito ativos na fagocitose. Transformam-se em macrófagos, que são células fagocitárias do tecido conjuntivo.

## Hemograma (exame de sangue). Os valores de referência representam os padrões encontrados normalmente

|                          | Valor de referência              |             | Valor de referência           |
|--------------------------|----------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Hemácias ou eritrócitos  | de 4 a 6 milhões/mm <sup>3</sup> | Leucócitos  | de 4 a 10 mil/mm <sup>3</sup> |
| Hemoglobina              | de 12 a 18g/dl                   | Neutrófilos | de 47 a 63%                   |
| Hematócrito              | de 36 a 54%                      | Eosinófilos | de 1 a 5%                     |
| Valor globular           | de 0,90 a 1,10                   | Basófilos   | de 0 a 1%                     |
| Volume corpuscular médio | de 81 a 93 mrc <sup>3</sup>      | Linfócitos  | de 28 a 42%                   |
| Plaquetas ou trombócitos | de 150 a 500 mil/mm <sup>3</sup> | Monócitos   | de 4 a 8%                     |

## Exercícios Resolvidos

**1 (UNESP – MODELO ENEM)** – Há vinte anos, casos incomuns de anemia começaram a chamar a atenção dos pesquisadores.

Ao invés de adultos jovens, como habitualmente, eram os idosos que apresentavam uma expressiva redução na taxa de hemoglobina. Mais intrigante: a anemia dos idosos não cedia ao tratamento convencional. Analise as hipóteses apresentadas pelos cientistas para tentar explicar esses casos incomuns.

- A origem do problema estava relacionada à degeneração do baço, que nesses idosos deixou de produzir glóbulos vermelhos.
- A origem do problema estava na produção de glóbulos vermelhos a partir de células-tronco da medula óssea.
- A origem do problema estava na produção de glóbulos vermelhos pela medula espinhal.

Considerando-se hipóteses plausíveis, isto é, aquelas possíveis de serem aceitas pela comunidade científica, estão corretas:

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

### Resolução

Os glóbulos vermelhos são produzidos na medula óssea vermelha.

### Resposta: B

**2** Encontram-se arroladas abaixo algumas propriedades, características ou funções dos elementos figurados do sangue humano. Associe um número a cada uma, utilizando o seguinte código:

- referente a hemácias.
- referente a leucócitos.

III. referente a plaquetas.

IV. referente ao plasma.

- transporte de oxigênio.
- defesa fagocitária e imunitária.
- coagulação do sangue.
- riqueza em hemoglobina.
- capacidade de atravessar a parede dos capilares intactos para atingir uma região infectada do organismo.

Escolha, dentre as possibilidades abaixo, a que contiver a sequência numérica correta:

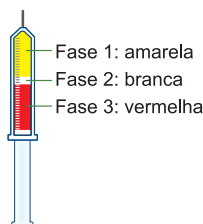
- I – II – III – I – II – IV.
- II – II – III – I – I – IV.
- III – IV – III – I – II – I.
- I – IV – II – I – III – II.
- I – II – IV – II – III – III.

### Resolução

### Resposta: A

## Exercícios Propostos

Texto para as questões **1** e **2**



**(VUNESP)** – Uma seringa descartável, contendo 10 mL de sangue humano recém-colhido com anticoagulante, foi mantida na posição vertical, com a agulha voltada para cima. Passadas várias horas, o conteúdo da seringa sedimentou e fracionou-se em três fases distintas, representadas na figura ao lado.

Comprimindo-se o êmbolo da seringa, foram descartadas as fases 1 e 2. O conteúdo da fase 3 foi misturado à água destilada, transferido para um tubo e submetido à centrifugação.

**1** Que elementos do tecido sanguíneo seriam encontrados nas fases 1, 2 e 3?

### RESOLUÇÃO:

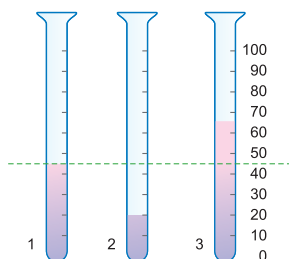
**A fase 1 apresenta o plasma sanguíneo; a fase 2, os leucócitos e as plaquetas; e a fase 3, as hemácias.**

2 Após centrifugação da fase 3, que elementos celulares seriam encontrados no precipitado? Justifique.

**RESOLUÇÃO:**

Após a centrifugação da fase 3, são obtidas as membranas lipoproteicas e a proteína hemoglobina, componentes da hemácia diferenciada.

3 (UFRJ) – O hematócrito é a porcentagem de sangue que é constituída de células. O hematócrito de três amostras de sangue está ilustrado nos tubos 1, 2 e 3, cujas partes escuras representam as células. As células foram sedimentadas, nos tubos graduados, por meio de centrifugação.



A linha tracejada representa o nível do hematócrito de um indivíduo normal, vivendo ao nível do mar. Uma das amostras de sangue foi obtida de um indivíduo normal, que morava há vinte anos numa cidade localizada a 4500m acima do nível do mar.

Qual amostra provém desse indivíduo? Justifique sua resposta.

**RESOLUÇÃO:**

Amostra 3. Vivendo em região de elevada altitude, o indivíduo 3 aumentou a hematopoese, ou seja, a produção de hemácias, facilitando sua adaptação ao ar rarefeito.

4 (UNIFESP – MODELO ENEM) – Considere as situações descritas abaixo:

- I. Os policiais chegam ao local onde foi cometido um assassinato. Alguns fios de cabelo, provavelmente do criminoso, são encontrados nas mãos da vítima. Cuidadosamente, os policiais recolhem esse material. Um indivíduo, por ter sido visto deixando o local do crime, foi detido como suspeito.
- II. Uma mulher alega ser filha de um famoso jogador de futebol e quer que a paternidade seja reconhecida. Há alguns anos, casos como esses poderiam permanecer sem solução. Hoje, no entanto, em ambas as situações, os juízes encarregados dos processos podem resolver a questão, solicitando que uma amostra de sangue seja retirada de cada um dos envolvidos. Isso porque pequenas quantidades de uma molécula, extraídas das células sanguíneas, bem como dos fios de cabelo ou de qualquer outro material biológico, quando comparadas entre si, permitem esclarecer, com precisão quase absoluta, casos deste tipo.

A partir das situações descritas acima e do comentário sobre elas, assinale, entre as alternativas a seguir, aquela que relaciona corretamente as células sanguíneas e a molécula que delas pode ser extraída:

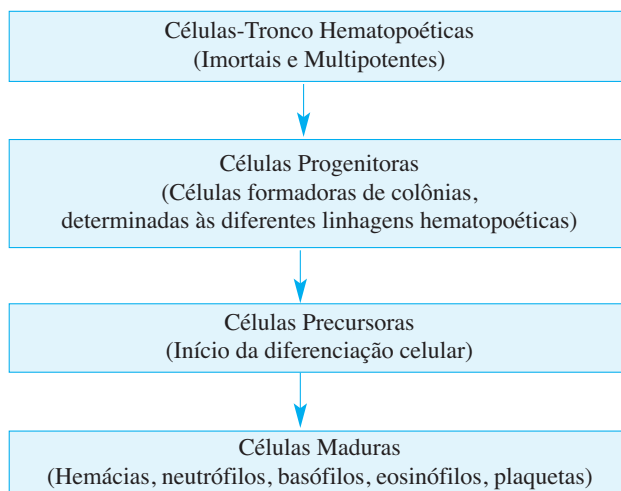
- a) Células: leucócitos e hemácias; Molécula: Proteínas.
- b) Células: leucócitos e hemácias; Molécula: RNA.
- c) Células: leucócitos; Molécula: DNA.
- d) Células: leucócitos e hemácias; Molécula: DNA
- e) Células: hemácias, plaquetas e leucócitos; Molécula: DNA.

**RESOLUÇÃO:**

As células sanguíneas devem ser nucleadas (leucócitos) e a molécula analisada é o DNA.

Resposta: C

5 (UEL – MODELO ENEM) – Alguns tecidos do organismo humano adulto se regeneram constantemente por meio de um processo complexo e finamente regulado. Isso acontece com a pele, com os epitélios intestinais e especialmente com o sangue, que tem suas células destruídas e renovadas constantemente, como mostra o esquema a seguir:



Baseado nas informações anteriores e nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas a seguir.

- I. Células-tronco hematopoéticas apresentam potencial para diferenciar-se em qualquer célula do sangue e também gerar outras células-tronco.
- II. A hematopoese resulta da diferenciação e da proliferação simultânea de células-tronco que, à medida que se diferenciam, vão reduzindo sua potencialidade.
- III. As diferentes linhagens hematopoéticas geradas no sistema apresentam altas taxas de proliferação.
- IV. Existe um aumento gradual da capacidade de autorrenovação das células durante este processo.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

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

**RESOLUÇÃO:**

Resposta: A



## 1. Características gerais

Ocorre nos vertebrados e tem a mesma finalidade em todos eles. No homem, o sistema linfático está representado por um sistema de vasos revestidos por endotélio, que recolhe o líquido intercelular e o devolve ao sangue. O líquido, assim colhido e transportado, recebe o nome de **linfa** e, ao contrário do sangue, circula apenas num sentido, isto é, da periferia para o coração.

De acordo com o calibre, os canais do sistema são chamados **capilares** (menor calibre), **vasos** e **duto linfáticos** (maior calibre).

O **duto** ou **canal torácico** desemboca na veia subclávia esquerda e a grande **veia linfática** ou **duto linfático** direito desemboca na veia subclávia direita. A parede dos dutos linfáticos tem estrutura semelhante à das veias.

No trajeto dos vasos linfáticos encontram-se dilatações denominadas **gânglios linfáticos** ou **linfonodos**. Tais gânglios são constituídos de tecido conjuntivo hematopoético linfoide. Na sua parte interna, medular, encontra-se uma trama reticular à qual se agregam células reticuloendoteliais e ainda passagens denominadas sinusoides, revestidas por células fagocitárias. Por sua riqueza em macrófagos, os linfonodos representam filtros para a linfa, fagocitando elementos estranhos. Neles formam-se glóbulos brancos do tipo monócitos e, principalmente, linfócitos. Além disso, por sua riqueza em plasmócitos, representam locais de formação de anticorpos.

O líquido intersticial é também denominado líquido intercelular. É semelhante ao plasma sanguíneo, embora contenha bem menos proteínas. A pressão sanguínea faz com que o plasma atravesse as paredes dos capilares, com exceção das proteínas de grande peso molecular, e passe para os espaços intercelulares. Esse plasma filtrado é o líquido intersticial, através do qual há o fornecimento de substâncias às células. É evidente que esse líquido é modificado posteriormente em consequência das atividades celulares.

É mantido um equilíbrio desse fluido entre o sangue e os tecidos: não chega a se formar excesso desse líquido nos tecidos, porque ele é continuamente reconduzido à corrente sanguínea pelo sistema de vasos linfáticos. O fluido, agora dentro dos vasos linfáticos, é chamado linfa. O sistema linfático funciona como um receptor do excesso de líquido intersticial.

## 2. Hipótese de Starling

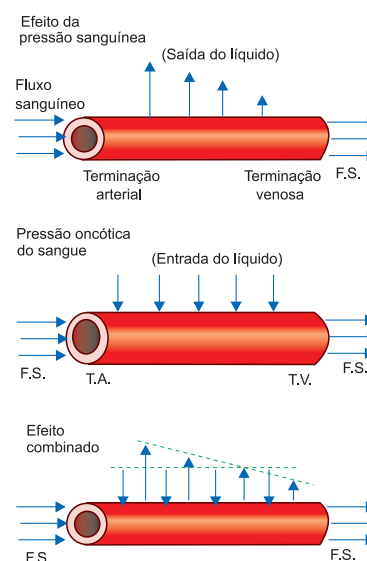
As proteínas plasmáticas desempenham um papel importante na transferência de líquido através da parede capilar. O líquido pode sair da corrente sanguínea para o

líquido intercelular e também pode passar dos espaços intercelulares para a corrente sanguínea. O sentido de passagem do líquido é determinado pela pressão sanguínea dos capilares e pela pressão osmótica das proteínas do plasma.

**Pressão sanguínea:** devido à sístole ventricular, o sangue é bombeado pelo sistema arterial sob alta pressão. Essa pressão decresce à medida que o sangue se distancia do coração, de tal modo que, ao passar das arteríolas para os capilares, atinge valores de cerca de 35mmHg. Na saída dos capilares, o valor da pressão sanguínea é de apenas 15mmHg, em média. Desse modo, a pressão sanguínea média nos capilares é da ordem de 25mmHg. Esta pressão é suficiente para fazer extravasar o plasma sanguíneo (sem a maior parte das proteínas) e chegar aos espaços intercelulares.

Devido à maior concentração do plasma sanguíneo (apresenta proteínas) em relação ao líquido intercelular, há uma maior pressão osmótica no interior do vaso. Em consequência dessa diferença, tem-se movimento de líquido dos espaços intercelulares para o interior, através da parede capilar (semipermeável). A pressão osmótica das proteínas plasmáticas é da ordem de 25mmHg. Desse modo, observa-se um equilíbrio dinâmico do movimento de líquido entre o sangue dos capilares e do líquido intercelular dos tecidos.

A pressão sanguínea força o fluido para fora do capilar, de maneira decrescente, da terminação arterial para a terminação venosa. A pressão osmótica das proteínas (coloidosmótica ou oncótica) força o fluido dos espaços intercelulares para o interior do capilar. Na terminação arterial do capilar sai mais fluido do que entra, e na terminação venosa verifica-se o contrário.



Hipótese de Starling.

## Exercícios Resolvidos

**1 Íngua** é a denominação comum para certas regiões do corpo humano que, devido a um processo infeccioso, apresentam-se inchadas. Nessas regiões, encontram-se

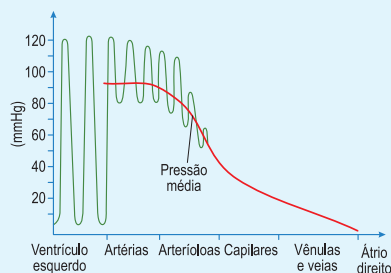
- glânglios linfáticos com quantidade aumentada de glóbulos brancos para fagocitar os microrganismos.
- glânglios nervosos com maior número de células para detectar os invasores e informar o sistema de defesa.
- capilares sanguíneos com volume muito aumentado porque se encontram entupidos por vírus ou bactérias.
- artérias com grande afluxo de sangue, trazendo glóbulos brancos para combater os agentes infecciosos.
- capilares sanguíneos aumentados, formando glânglios com muito leucócitos para fagocitar os microrganismos.

### Resolução

A íngua resulta de glânglios linfáticos com aumento de leucócitos.

### Resposta: A

**2** O gráfico indica a flutuação da pressão sanguínea em diferentes vasos do corpo humano.



Sobre ele, foram feitas três afirmações, são elas:

- Os vasos que levam sangue do coração para o corpo apresentam maior pressão que os vasos que levam o sangue do corpo para o coração.
- A grande flutuação da pressão sanguínea registrada no ventrículo esquerdo indica que essa pessoa apresenta alguma disfunção no miocárdio.
- Na grande circulação, vasos que transportam sangue arterial suportam maior pressão que vasos que transportam sangue venoso.

Está correto o contido em

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

### Resolução

As três afirmações, relacionadas com o gráfico, estão corretas.

### Resposta: E

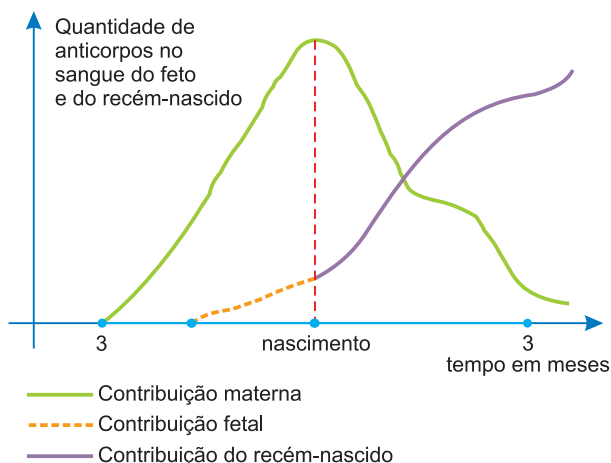
## Exercícios Propostos

**1** O que é linfa? Qual é o seu trajeto no corpo humano?

### RESOLUÇÃO:

É um tecido conjuntivo formado por uma parte figurada (monócitos, linfócitos  $CD_4$ , linfócitos  $CD_8$ , linfócitos B) e uma intersticial, líquida, denominada plasma linfático. Circula da periferia ao coração.

**2 (MODELO ENEM)** – Analise o gráfico abaixo relacionado com a produção de anticorpos nas primeiras fases da vida de uma criança.



A análise do gráfico permite concluir que

- o feto não produz anticorpos.
- o recém-nascido não produz anticorpos.

- na época do nascimento a criança não está protegida, pois produz poucos anticorpos.
- após o nascimento a criança depende completamente dos anticorpos maternos, pois é incapaz de produzir anticorpos.
- após o nascimento a criança depende dos anticorpos maternos, embora esteja produzindo os seus.

### RESOLUÇÃO:

### Resposta: E

**3 (UNIFESP – MODELO ENEM)** – A revista *Veja* (28.07.2004) noticiou que a quantidade de imunoglobulina extraída do sangue dos europeus é, em média, de 3 gramas por litro, enquanto a extraída do sangue dos brasileiros é de 5,2 gramas por litro. Assinale a hipótese que pode explicar corretamente a causa de tal diferença.

- Os europeus tomam maior quantidade de vacinas ao longo de sua vida.
- Os brasileiros estão expostos a uma maior variedade de doenças.
- Os antígenos presentes no sangue do europeu são mais resistentes.
- Os anticorpos presentes no sangue do brasileiro são menos eficientes.
- Os europeus são mais resistentes às doenças que os brasileiros.

### RESOLUÇÃO:

Quanto maior a variedade de doenças às quais um indivíduo está exposto, maior será a quantidade de imunoglobulina (anticorpo) presente em seu sangue.

### Resposta: B

**4 (UFOP)** – Com relação ao tecido sanguíneo, analise as afirmativas abaixo e assinale a **incorreta**:

- Quando o funcionamento dos linfócitos é prejudicado, todo o sistema de defesa do organismo fica vulnerável, como acontece com os portadores do vírus da AIDS. Por isso os portadores do HIV são mais susceptíveis às infecções.
- Antígenos são moléculas biológicas estranhas ao corpo do indivíduo e os anticorpos são células que agem contra os antígenos.
- Macrófagos são células de defesa do corpo e atuam pela fagocitose, apresentando, portanto, grande número de lisossomos.
- A destruição dos eritrócitos humanos leva à formação de bilirrubina que, em altas concentrações no sangue, provoca coloração amarelada na pele.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: B**

**5 (MACKENZIE – MODELO ENEM)** – A busca por recursos que sejam eficientes na prevenção de doenças tem sido alvo de grandes investimentos, tanto científicos como industriais. A esse respeito são feitas as seguintes afirmações:

- A eficiência das vacinas é devida à produção de células de memória que permanecem no organismo, podendo combater o agente causador de uma doença imediatamente.
- Existem diferentes tipos de células no sistema imunitário, sendo que os macrófagos são capazes de fagocitar partículas estranhas e os linfócitos podem produzir anticorpos.
- Anticorpos são células cuja função é identificar e destruir partículas estranhas.

Assinale:

- se somente a afirmativa I for correta.
- se somente as afirmativas I e III forem corretas.
- se todas as afirmativas forem corretas.
- se somente as afirmativas I e II forem corretas.
- se somente as afirmativas II e III forem corretas.

**RESOLUÇÃO:**

**Anticorpos são proteínas cuja função é neutralizar ou destruir substâncias estranhas do organismo (antígenos).**

**Resposta: D**

**Módulo**

**44**

**O sistema excretor**

**Palavras-chave:**

• Solenócitos • Nefrídios • Glândulas verdes • Tudos de Malpighi

## 1. Conceito de excreção

Excreção é o processo de eliminação de substâncias que são produzidas em excesso no organismo. Essas substâncias resultam da atividade (metabolismo) celular.

As células estão sempre em atividade; mesmo que não estejam em crescimento ou em movimento, estão constantemente sintetizando e decompondo substâncias. Essas atividades dão origem a subprodutos que não podem ser utilizados e que, se acumulados em grandes quantidades, seriam prejudiciais ao organismo.

### Principais excretas

As principais excretas são:

- $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono)
- $\text{H}_2\text{O}$  (água)
- Sais
- Bile
- $\text{NH}_3$  (amônia)
- $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (ureia)
- $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$  (ácido úrico)
- Creatinina

A amônia, a ureia e o ácido úrico são provenientes do metabolismo dos aminoácidos.

Denomina-se **homeostase** a capacidade que tem o organismo de manter seu meio interno em estado de equilíbrio dinâmico.

A homeostase é essencial para a vida, e a manutenção de um meio interno equilibrado depende tanto do sistema excretor quanto dos sistemas digestório e circulatório. Nos animais que têm sistema circulatório, as substâncias que devem ser removidas são transportadas pelo sangue. Podemos dizer, portanto, que o sistema excretor funciona de modo a manter praticamente constante a composição do sangue.

## 2. Excreção nos invertebrados

Nos protozoários em geral e nos pluricelulares mais simples (poríferos e celenterados), a excreção ocorre por simples difusão.

Alguns protozoários de água doce apresentam um outro mecanismo excretor. Neles há estruturas chamadas **vacúolos contráteis** ou **pulsáteis**, cuja principal função é remover o excesso de água que entra na célula por osmose. Esse excesso é coletado nesses vacúolos que se contraem periodicamente e expulsam seu conteúdo para o meio. Neles foram encontradas pequenas quantidades de amônia, o que indica a função realmente excretora de tais vacúolos.

Os vermes achatados (platelmintos) enfrentam o mesmo problema dos protozoários de água doce, ou seja, é o excesso de água que se difunde para o interior das células e que deve ser eliminado. Na planária, o  $\text{CO}_2$  e a maior parte da amônia ( $\text{NH}_3$ ) são excretados por difusão.

Para remover o excesso de água, a planária tem um

sistema constituído por um conjunto de tubos ramificados, terminando as ramificações menores em uma célula especializada, a **célula-flama**. Cada célula-flama abre-se em uma cavidade onde se projetam diversos flagelos, cujo movimento leva a água para os canais excretores. O nome célula-flama deve-se ao movimento dos flagelos internos que possui.

A célula-flama também é denominada **solenócito** e ocorre nos cefalocordados (ex.: anfioxo).

Os asquelmintos apresentam dois tipos de sistema excretor, o simples e o duplo. O simples aparece nos asquelmintos de vida livre e é constituído por uma grande célula ventral e anterior, com um ducto que se abre posteriormente na linha mediana. No sistema duplo, também conhecido por “tubos em H”, existem dois canais que correm ao longo das linhas laterais. Na parte anterior, os dois tubos se unem e formam um único, que se abre na linha mediana ventral. Cada tubo é constituído por uma única célula canaliculada. As paredes dos tubos absorvem por osmose os catabólitos, que são enviados para o poro excretor.

Os crustáceos apresentam um par de **glândulas verdes** situado ventralmente na cabeça, anterior em relação ao esôfago.

Em cada glândula verde distinguem-se o saco terminal, o labirinto, o tubo branco, a bexiga e o poro excretor.

O saco terminal é uma cavidade de natureza celomática, em contato com o labirinto, uma estrutura de cor verde, também chamada córtex, formada por numerosos canículos anastomosados, tornando o conjunto uma consistência esponjosa. Do labirinto sai o tubo branco, de contorno sinuoso, dilatando-se na extremidade e formando a bexiga com um curto ducto terminado em poro excretor, situado na base da antena. As glândulas verdes absorvem catabólitos do sangue e dos líquidos intersticiais.

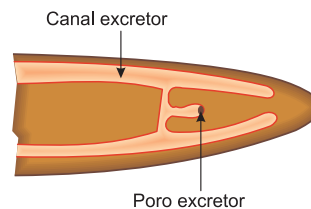
Os anelídeos (vermes metamerizados), como a minhoca, utilizam o sistema circulatório como principal meio de remoção do  $\text{CO}_2$  e também apresentam tubos excretores que se dispõem em pares em quase todos os segmentos do corpo (não ocorrem nos dois primeiros e no último), e são denominados **nefrídios**.

Fluidos contendo as excretas (água e amônia) entram na abertura em funil de cada tubo e são levados à porção terminal deste, que é circundada por numerosos vasos sanguíneos. A abertura configura-se na cavidade do corpo, de onde as excretas são coletadas. A parte final do tubo abre-se em um poro na parede do corpo, por onde as excretas são eliminadas.

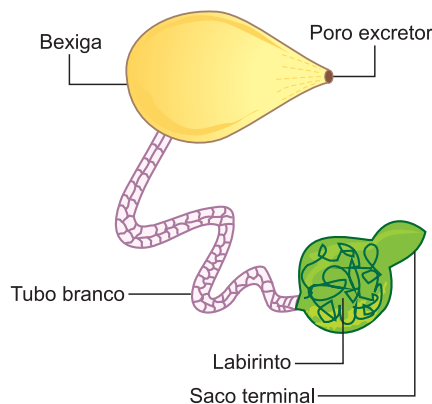
Os moluscos também apresentam nefrídios.

Os insetos utilizam-se de diferentes mecanismos de excreção: o dióxido de carbono é eliminado pelas **traqueias** e as excretas nitrogenadas são eliminadas através de estruturas especializadas, os **túbulos de Malpighi**. Uma das extremidades desemboca no intestino e a outra se aloja nas lacunas do sistema sanguíneo. Retiram do sangue os produtos de excreção e os transferem para o

tubo digestório, de onde os catabólitos são eliminados através do ânus, juntamente com as fezes.

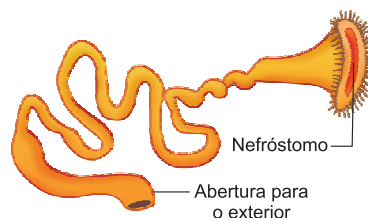


*Nematoide – sistema excretor em H.*



*Glândula verde de crustáceo.*

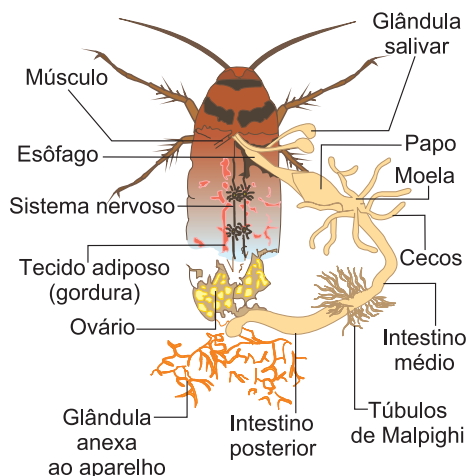
A principal excreta nitrogenada dos insetos é o ácido úrico. O fato de ser praticamente insolúvel em água é a propriedade mais importante dessa substância, pois não requer água para conservar os cristais de ácido úrico no interior dos seus tubos excretores. Esses cristais passam para o tubo digestório e daí são eliminados pelo ânus, juntamente com as fezes.



*Nefrídio de um anelídeo.*

Os miriápodos e os aracnídeos também apresentam túbulos de Malpighi.

Os aracnídeos, além dos túbulos de Malpighi, apresentam um ou dois pares de glândulas coxais excretoras, situadas no assoalho do cefalotórax. Essas glândulas são consideradas homólogas às glândulas verdes dos crustáceos.



*Tubo de Malpighi na barata.*

### 3. Classificação dos animais quanto à principal excreta nitrogenada

A amônia é muito tóxica para as células, a ureia é menos tóxica do que a amônia e o ácido úrico praticamente não é tóxico.

O fato de os insetos excretarem o ácido úrico, e não amônia ou ureia, é uma adaptação para a vida no meio ambiente terrestre, onde a economia hídrica é vital para a sobrevivência.

A amônia é a excreta nitrogenada de animais de pequeno porte que dispõem de muita água. A ureia, como a amônia, também necessita de água para sua eliminação; portanto, sua excreção ocorre em animais que dispõem de água em quantidades suficientes.

O homem excreta ureia dissolvida em água em quantidade tal que a sua concentração é bastante baixa.

Os peixes ósseos eliminam amônia, e os peixes cartilagosos excretam ureia.

Os répteis e as aves, da mesma maneira que os insetos, também eliminam o ácido úrico como principal excreta nitrogenada. Nesses animais, a excreção se dá com uma perda de água muito pequena. Sob esse aspecto, insetos, aves e répteis ajustam-se da mesma maneira à vida terrestre, na qual, frequentemente, o suprimento de água é limitado.

Classificam-se os animais, quanto à principal excreta nitrogenada, em três grupos: amonotélicos, ureotélicos e uricotélicos.

Animais que vivem em ambiente terrestre não têm um suprimento ilimitado de água em contato tão próximo com seus tecidos, como é o caso dos aquáticos. Por ser bastante tóxica, a amônia produzida no metabolismo não pode ser acumulada. Assim, muitos animais terrestres desenvolveram processos para converter a amônia em ureia ou ácido úrico.

| Animais  | Ocorrência   | Observação                             |
|--|--|--|
| Amonotélicos<br>$\text{NH}_3$                              | Maioria dos invertebrados aquáticos, teleosteos (peixes ósseos), protocordados | Solúvel (muito tóxica)                 |
| Ureotélicos<br>$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$                  | Peixes condrites (cartilaginosos), anfíbios, mamíferos                         | Solúvel (menos tóxica do que a amônia) |
| Uricotélicos<br>$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ | Insetos, répteis, aves   | Insolúvel (não é tóxico)               |

*Classificação dos animais quanto à principal excreta nitrogenada.*

De acordo com Needham, bioquímico inglês, a excreção da ureia ou ácido úrico é determinada pelas condições em que o embrião se desenvolve. O embrião do mamífero desenvolve-se em estreito contato com o sistema circulatório materno. Assim, a ureia, que é bastante solúvel, pode ser removida do embrião pela circulação materna e, a seguir, excretada.

Os embriões de ave e de réptil desenvolvem-se em um ovo de casca rígida e no meio externo (ovíparos). Os ovos são postos com água suficiente para mantê-los durante a incubação. A produção de amônia ou mesmo ureia, em tal sistema fechado, poderia ser fatal porque tais excretas são tóxicas. Esses embriões produzem ácido úrico que, por ser insolúvel, se precipita e permanece acumulado no alantoide (anexo embrionário). Tais características, tão necessárias ao desenvolvimento embrionário, são levadas posteriormente ao indivíduo adulto.

O girino, que é aquático, excreta principalmente amônia. Entretanto, ao sofrer o processo de metamorfose, torna-se um verdadeiro anfíbio e passa muito tempo fora d'água. Durante a metamorfose, o animal começa a produzir ureia em lugar de amônia e, quando a metamorfose se completa, a ureia passa a ser produto de excreção predominante.

Os peixes dipnoicos constituem um outro exemplo interessante. Enquanto na água excretam principalmente amônia, quando o rio ou o lago secam, permanecem na lama, e começam a estivar e acumular ureia como produto final nitrogenado. Quando as chuvas voltam, esses peixes excretam uma grande quantidade de ureia e iniciam novamente a excreção de amônia.

## Exercícios Resolvidos

(MODELO ENEM) –

**Instrução:** Para responder às questões de n.º 1 e 2, observe os dados da tabela abaixo, referentes à análise da urina de um indivíduo,

| Constituinte     | Concentração (g por 100 ml) |
|------------------|-----------------------------|
| água             | 96                          |
| proteínas        | 0                           |
| ureia            | 2                           |
| amônia           | 0,04                        |
| ácido úrico      | 0,05                        |
| glicose          | 0                           |
| outros compostos | 1,91                        |

1 Pode-se concluir, em relação às concentrações dos compostos nitrogenados – ureia, ácido úrico e amônia – apresentados na tabela, que a quantidade

a) de amônia deveria ser maior que a dos demais, porque é a principal excreta

- b) dos três produtos está correta, pois o ser humano, como os demais mamíferos, elimina ureia em maior quantidade.
- d) de ácido úrico e de ureia deveria ser zero, uma vez que a amônia é a única excreta nitrogenada, eliminada pelo ser humano.
- d) de ácido úrico deveria ser a mais alta, já que esse produto é a principal excreta nitrogenada eliminada pelo ser humano.
- e) de amônia e de ácido úrico deveria ser semelhante à de ureia, porque os três produtos são eliminados em altas concentrações pelo ser humano.

### Resolução

Como os demais mamíferos, o ser humano é ureotélico.

### Resposta: B

2 De acordo com a tabela, não estão sendo eliminadas nem proteína nem glicose, na urina

desse indivíduo. Pode-se afirmar que os valores encontrados são

- a) normais se o indivíduo for jovem, pois nos adultos esses produtos precisam ser eliminados para manter a pressão sanguínea regular.
- b) anormais para a glicose, pois esse composto deve ser eliminado para evitar que se concentre no sangue.
- c) normais, porque esses produtos não são eliminados em condições habituais.
- d) normais somente se o indivíduo for atleta porque, nessa condição, o organismo geralmente utiliza todas as reservas desses produtos.
- e) anormais, porque a não eliminação desses produtos, principalmente das proteínas, pode provocar distúrbios no fígado e nos rins.

### Resolução

A urina normal não apresenta glicose e proteínas.

### Resposta: C

## Exercícios Propostos

1 (FUVEST) – Os protozoários de água doce, em geral, possuem vacúolos pulsáteis, que constantemente se enchem de água e se esvaziam, eliminando água para o meio ambiente. Já os protozoários de água salgada raramente apresentam essas estruturas.

Explique:

- a) A razão da diferença entre protozoários de água doce e de água salgada, quanto à ocorrência dos vacúolos pulsáteis.
- b) O que deve ocorrer com um protozoário de água salgada, desprovido de vacúolo pulsátil, ao ser transferido para água destilada.

### RESOLUÇÃO:

a) Os protozoários de água salgada são isotônicos em relação ao meio em que vivem, não necessitando de vacúolos pulsáteis. Já os protozoários de água doce são hipertônicos em relação ao ambiente e, conseqüentemente, recebem água continuamente por osmose, eliminando o excesso de água através dos vacúolos pulsáteis.

b) Intenso ganho de água, por osmose, acarretando lise celular.

2 (FATEC – MODELO ENEM) – Há cerca de 450 milhões de anos, várias das classes de animais marinhos atuais já estavam estabelecidas. O ambiente de terra firme, porém, continuava desabitado. Naquele período, um grupo de algas verdes deve ter originado as primeiras plantas terrestres. Atraídos pelo novo ambiente que, embora seco, começava a se tornar rico em alimento vegetal, alguns animais aquáticos também empreenderam, gradativamente, a conquista do ambiente terrestre.

Assinale a alternativa na tabela abaixo que indica adaptações que permitem, aos animais que as possuem, a sobrevivência em ambientes muito secos.

|    | PELE              |               | Respiração         | Produtos de Excreção |
|----|-------------------|---------------|--------------------|----------------------|
|    | Glândulas         | Camada Córnea |                    |                      |
| a) | poucas ou nenhuma | espessa       | apenas pulmonar    | ácido úrico          |
| b) | numerosas         | delgada       | pulmonar e cutânea | ácido úrico          |
| c) | poucas ou nenhuma | delgada       | apenas pulmonar    | ureia                |
| d) | numerosas         | espessa       | pulmonar e cutânea | ureia                |
| e) | poucas ou nenhuma | delgada       | apenas pulmonar    | amônia               |

### RESOLUÇÃO:

Resposta: A

**3 (ENEM)** – A maior parte dos mamíferos – especialmente os grandes – não pode viver sem água doce. Para os mamíferos marinhos, água doce é ainda mais difícil de ser obtida. Focas e leões-marinhos captam água dos peixes que consomem e alguns comem neve para obtê-la. Os peixes-boi procuram regularmente água doce nos rios. As baleias e outros cetáceos obtêm água de seu alimento e de goladas de água do mar. Para tanto, os cetáceos desenvolveram um sistema capaz de lidar com o excesso de sal associado à ingestão de água marinha.

WONG, K. Os mamíferos que conquistaram os oceanos. In: **Scientific American Brasil**. Edição Especial N.º 5: Dinossauros e Outros Monstros. (adaptado).

A grande quantidade de sal na água do mar

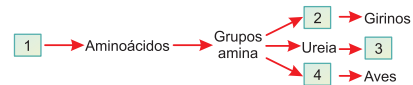
- torna impossível a vida de animais vertebrados nos oceanos.
- faz com que a diversidade biológica no ambiente marinho seja muito reduzida.
- faz com que apenas os mamíferos adaptados à ingestão direta de água salgada possam viver nos oceanos.
- faz com que seja inapropriado seu consumo direto como fonte de água doce por mamíferos marinhos, por exemplo, as baleias.
- exige de mamíferos que habitam o ambiente marinho adaptações fisiológicas, morfológicas ou comportamentais que lhes permitam obter água doce.

**RESOLUÇÃO:**

**A salinidade da água do mar exige dos mamíferos marinhos adaptações morfológicas, fisiológicas e etológicas que permitem a obtenção de água doce.**

**Resposta: E**

**4 (UNESP)** – O esquema seguinte representa a produção de compostos nitrogenados a partir do metabolismo de um composto orgânico em diferentes grupos animais.



Os números de 1 a 4 podem, nessa ordem, ser corretamente substituídos por

- proteínas, amônia, mamíferos, ácido úrico.
- carboidratos, ácido úrico, mamíferos, amônia.
- carboidratos, amônia, répteis, ácido úrico.
- proteínas, ácido úrico, invertebrados aquáticos, amônia.
- lipídios, amônia, invertebrados terrestres, ácido úrico.

**RESOLUÇÃO:**

**No esquema fornecido, o algarismo (1) representa proteínas, (2) indica moléculas de amônia, (3) representa a classe dos mamíferos e (4) indica o ácido úrico.**

**Resposta: A**

**5 (MODELO ENEM)** – O metabolismo de proteínas leva à formação, além do  $\text{CO}_2$  e da água, de produtos nitrogenados como a amônia, a ureia, o ácido úrico, os uratos e outras excretas. A amônia é altamente tóxica, irritante, altamente solúvel em água e deve ser eliminada do organismo, logo após a sua formação.

A ureia é menos tóxica e irritante, relativamente solúvel em água, podendo permanecer mais tempo dentro do corpo.

O ácido úrico é o produto menos tóxico, menos solúvel em água e pode ser eliminado com uma grande economia de água.

De tudo isso, pode-se concluir que, na transição do ambiente aquático para o terrestre, os animais passaram a excretar

- a) amônia, por poder ser eliminada em soluções concentradas.
- b) ácido úrico, por depender de mais água para a sua excreção.
- c) ureia, porque atravessa rapidamente as membranas vivas.
- d) amônia e ureia, por serem menos tóxicas.
- e) ácido úrico e amônia, por serem excretadas sem que haja grande perda de água pelo organismo.

**RESOLUÇÃO:**

**A transição da vida aquática para a terrestre foi acompanhada de várias adaptações, entre elas a excreção de ureia, que não requer grandes quantidades de água para ser eliminada.**

**Resposta: C**



# BIOLOGIA

## Genética - Módulos

- 17 – Sistema ABO: classificação e herança
- 18 – Sistema ABO: as transfusões
- 19 – O sistema Rh
- 20 – O sistema MN
- 21 – A interação gênica
- 22 – A herança quantitativa



Doar sangue é salvar vidas!

### Módulo

### 17

## Sistema ABO: classificação e herança

### Palavras-chave:

- Aglutinogênio
- Aglutinina

### 1. O sistema ABO

Foi o austríaco Landsteiner que, em 1900, descobriu os grupos sanguíneos do sistema ABO, ao misturar o sangue de algumas pessoas com o soro sanguíneo de outra. Verificou que em alguns casos ocorria aglutinação dos glóbulos vermelhos, isto é, reunião deles em grupos, seguida de destruição. Com esta descoberta, tornou-se capaz de explicar por que as transfusões de sangue às vezes matavam (quando ocorria aglutinação nos vasos capilares de pessoas transfundidas) e às vezes nada acontecia. Assim é que Landsteiner mostrou que a aglutinação era a manifestação de uma reação do tipo antígeno-anticorpo, encontrando-se o antígeno nos glóbulos vermelhos e o anticorpo no soro, mas com a particularidade de o anticorpo ser natural, isto é, não necessitar da presença do antígeno para ser produzido. O antígeno foi chamado aglutinogênio e o anticorpo, aglutinina.

### 2. Classificação do sistema ABO

As hemácias humanas possuem aglutinogênios (antígenos) designados por A e B, enquanto o soro apresenta os anticorpos correspondentes, isto é, as aglutininas Anti-A

e Anti-B. É evidente que num mesmo indivíduo não podem ocorrer os antígenos e anticorpos correspondentes, o que provocaria uma aglutinação. De acordo com o tipo de aglutinogênio que apresentam, os indivíduos podem ser repartidos em 4 grupos, de acordo com o quadro a seguir:

| GRUPO SANGUÍNEO (FENÓTIPO) | AGLUTINOGÊNIO (HEMÁCIAS) | AGLUTININA (SORO) |
|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| A                          | A                        | anti-B            |
| B                          | B                        | anti-A            |
| AB                         | A e B                    | —                 |
| O                          | —                        | anti-A<br>anti-B  |

### 3. A determinação do grupo

O processo de determinação do grupo sanguíneo é baseado na aglutinação ou não das hemácias, quando misturadas com o soro Anti-A e Anti-B. Em cada lado de uma lâmina de microscopia, coloca-se uma gota de sangue a ser tipado. Sobre a gota da esquerda pinga-se uma

gota de soro Anti-A e sobre a da direita, uma gota de Anti-B. Os resultados possíveis aparecem na figura 1.

No sangue do grupo A ocorre aglutinação das hemácias em contato com o soro Anti-A, mas não das que foram colocadas em contato com o soro Anti-B; no sangue do grupo B acontece o inverso; no sangue do grupo AB ocorre aglutinação das hemácias com os dois soros e, finalmente, no sangue do grupo O, não ocorre qualquer aglutinação.

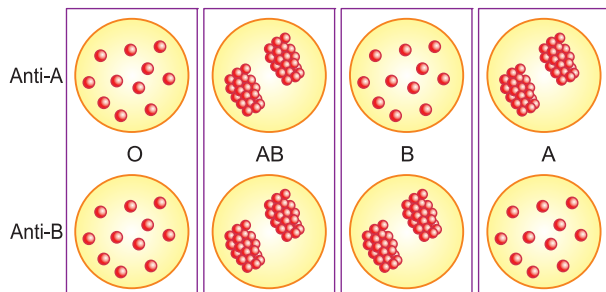


Fig. 1 – A tipagem sanguínea.

## 4. A herança do ABO

A herança do sistema ABO é um exemplo clássico de alelos múltiplos. A série é constituída por 3 alelos:

$I^A$ ,  $I^B$  e  $i$ . O alelo  $I^A$  para o antígeno A é Codominante com o alelo  $I^B$  para o antígeno B. Ambos –  $I^A$  e  $I^B$  – são completamente dominantes em relação ao alelo  $i$ , o qual não especifica qualquer antígeno.

A relação de dominância é simbolizada por  $(I^A = I^B) > i$ .

Existem 4 fenótipos (grupos) e 6 genótipos.

| FENÓTIPOS | GENÓTIPOS           |
|-----------|---------------------|
| A         | $I^A I^A$ e $I^A i$ |
| B         | $I^B I^B$ e $I^B i$ |
| AB        | $I^A I^B$           |
| O         | $ii$                |

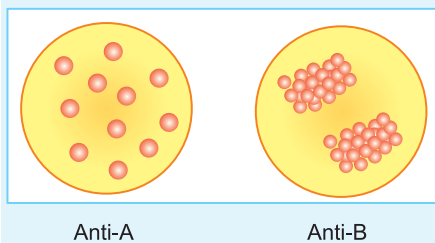


### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO2M308**

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Para se determinar a qual grupo sanguíneo pertence um indivíduo, colocam-se numa lâmina dois soros, Anti-A e Anti-B, em gotas separadas. Sobre estas gotas coloca-se o sangue a ser classificado. Depois que o sangue e o soro são misturados pode ocorrer ou não uma aglutinação das hemácias. O sangue do tipo A aglutina apenas com Anti-A e o grupo B apenas com Anti-B. O sangue do tipo AB aglutina com Anti-A e com Anti-B. O sangue do tipo O nunca tem suas hemácias aglutinadas. Numa aula de hematologia, ao ser submetido ao teste, um aluno apresentou o seguinte resultado:



Dai concluímos que o aluno pertence

- a) ao grupo A.                      b) ao grupo B.  
c) ao grupo AB.                    d) ao grupo O.  
e) ao grupo A ou ao grupo B.

#### Resolução

Tendo as hemácias aglutinadas somente por Anti-B, o sangue do aluno contém o aglutinogênio B e pertence ao grupo B.

**Resposta: B**

**2 (MODELO ENEM)** – A herança do sistema sanguíneo ABO é um exemplo clássico de alelos múltiplos com três alelos:  $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$ . Não há dominância entre  $I^A$  e  $I^B$ , mas ambos são dominantes em relação ao alelo  $i$ . Atuando dois a dois para produzirem os seguintes fenótipos e genótipos:

| FENÓTIPOS | GENÓTIPOS            |
|-----------|----------------------|
| A         | $I^A I^A$ ou $I^A i$ |
| B         | $I^B I^B$ ou $I^B i$ |
| AB        | $I^A I^B$            |
| O         | $ii$                 |

Um homem do grupo sanguíneo A, cuja mãe era do grupo O, casou-se com uma mulher do grupo sanguíneo B, cujo pai era do grupo O. A probabilidade de este casal ter filhos dos grupos A, B, AB e O é, respectivamente,

- a)  $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0$ .  
b)  $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}, 0$ .  
c)  $\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$ .  
d)  $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0$ .  
e)  $0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}$ .

#### Resolução

(P)  $I^A i \times I^B i$

|               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $I^A I^B$     | $I^A i$       | $I^B i$       | $ii$          |
| AB            | A             | B             | O             |
| $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ |

**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

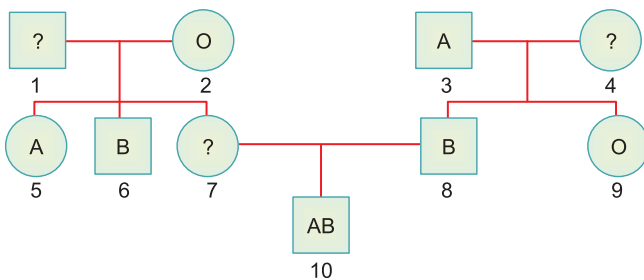
1 Complete o quadro abaixo:

| GRUPO | AGLUTINOGÊNIO | AGLUTININA | GENÓTIPO |
|-------|---------------|------------|----------|
| A     |               |            |          |
| B     |               |            |          |
| AB    |               |            |          |
| O     |               |            |          |

RESOLUÇÃO:

| Grupo | Aglutinogênio | Aglutinina      | Genótipo            |
|-------|---------------|-----------------|---------------------|
| A     | A             | anti-B          | $I^A I^A$ e $I^A i$ |
| B     | B             | anti-A          | $I^B I^B$ e $I^B i$ |
| AB    | A e B         | — —             | $I^A I^B$           |
| O     | — —           | anti-A e anti-B | ii                  |

2 Considere o seguinte heredograma, no qual aparecem os grupos sanguíneos de alguns indivíduos. Quais são os possíveis genótipos?



RESOLUÇÃO:

1- $I^A I^B$ , 2-ii, 3- $I^A i$ , 4- $I^B i$ , 5- $I^A i$ , 6- $I^B i$ , 7- $I^A i$ , 8- $I^B i$ , 9-ii, 10- $I^A I^B$

3 (UNESP) – Um dos pais tem sangue do tipo A e o outro, do tipo B, e em seus filhos são encontrados todos os tipos sanguíneos. Conclui-se que são homocigotos os filhos do(s) tipo(s) a) A. b) B. c) AB. d) A e B. e) O.

RESOLUÇÃO:

Resposta: E

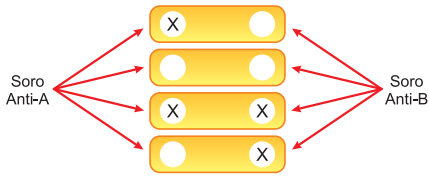
4 (UFSCar) – Num casal, os indivíduos são do grupo sanguíneo AB. Este casal:

- Se tiver filhos do grupo B, estes serão obrigatoriamente heterocigotos.
- Se tiver filhos do grupo A, estes serão obrigatoriamente heterocigotos.
- Não poderá ter filhos do grupo O.
- Só poderá ter filhos do grupo AB.
- Poderá ter filhos dos grupos O, A, B e AB.

RESOLUÇÃO:

Resposta: C

5 Considere o esquema abaixo, correspondente a um conjunto de lâminas nas quais foram colocadas gotas de sangue e adicionados soro Anti-A e soro Anti-B, conforme o indicado. O símbolo ⊗ significa aglutinação e o símbolo ○ significa não aglutinação.



A opção que indica os grupos sanguíneos encontrados, na sequência de cima para baixo, é:

- a) A, O, AB, B.
- b) B, AB, O, A.
- c) O, A, B, AB.
- d) nenhuma das alternativas.
- e) B, O, AB, A.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: A**

6 (MODELO ENEM) – Uma mulher cujos pais pertencem ao grupo sanguíneo O casou-se com um homem pertencente ao grupo sanguíneo A e deu à luz uma criança. Sobre essa família, assinale o que for **incorreto**.

- a) A mulher pertence ao grupo sanguíneo A ou B.
- b) O homem pode ter o genótipo  $I^A i$ .
- c) A mulher tem o genótipo  $ii$ .
- d) A criança pode pertencer ao grupo sanguíneo O.
- e) A criança pode pertencer ao grupo sanguíneo A.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: A**

## 1. Os efeitos da transfusão

Frequentemente, em casos de doença ou acidente, um paciente necessita de uma transfusão de sangue. O receptor não precisa necessariamente pertencer ao mesmo tipo sanguíneo do doador, embora o ideal seja que ambos pertençam ao mesmo tipo. Para verificarmos a possibilidade ou não de transfusão, necessitamos de constatar se há ou não incompatibilidade entre os aglutinogênios do doador e as aglutininas do receptor. Assim, se as hemácias do doador possuírem aglutinogênios A e B, serão aglutinados pelos anticorpos anti-A e Anti-B presentes no plasma do receptor. O efeito oposto, isto é, plasma do doador sobre as hemácias do receptor não é considerado, devido à diluição. Isto porque o volume de sangue injetado é sempre muito menor que o volume de sangue existente no organismo do paciente.

As aglutininas existentes no plasma do doador serão diluídas no corpo do receptor, sem provocarem aglutinação.

Plasma do receptor  $\xrightarrow{\text{aglutina}}$  Hemácias do doador

## 2. As possibilidades de transfusão

No quadro abaixo: (+) indica aglutinação e (-) indica não aglutinação.

O esquema a seguir mostra todas as possibilidades de doação e recepção de sangue dos diversos grupos.

Conclui-se que o indivíduo AB, cujo soro não contém aglutinação, pode receber sangue de todos os tipos e só pode doar para outro do mesmo tipo: é chamado receptor universal ou tipo egoístico.

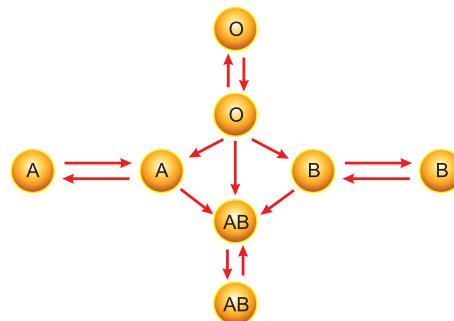
O indivíduo do tipo O, cujos glóbulos não contêm aglutinogênio, pode doar para todos e recebe de outro tipo O; é chamado doador universal ou tipo altruístico.

| Grupo | Aglutininas     | Aglutina         |                    |            |       |
|-------|-----------------|------------------|--------------------|------------|-------|
|       |                 | Soro do receptor | Hemácias do doador |            |       |
|       |                 | A (A)            | B (B)              | AB (A e B) | O (-) |
| A     | Anti-B          | -                | +                  | +          | -     |
| B     | Anti-A          | +                | -                  | +          | -     |
| AB    | --              | -                | -                  | -          | -     |
| O     | Anti-A e Anti-B | +                | +                  | +          | -     |

- falta de aglutinação

+ aglutinação das hemácias do doador pelos anticorpos do soro do receptor

O esquema abaixo resume as possibilidades de transfusão.



As transfusões corretas.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Após uma aula sobre grupos sanguíneos, foi proposto um jogo no qual deveriam ser empregados os conceitos envolvidos na determinação do sistema ABO. Cada aluno dos grupos participantes apresentaria uma pista e a classe teria que descobrir o grupo sanguíneo dos alunos do grupo. Um grupo apresentou as seguintes pistas:

Carolina: As aglutininas presentes no meu sangue são todas do tipo anti-A.

Marcelo: Em caso de transfusão, eu não posso receber sangue da Carolina, mas posso receber da Juliana que não tem aglutinogênios.

Bruno: A minha mãe tem grupo sanguíneo

igual ao do Marcelo e eu não posso doar sangue para ela.

Juliana: Se eu me casasse com o Bruno, nenhum dos nossos filhos teria grupo sanguíneo igual aos nossos.

A partir das pistas apresentadas, os colegas concluíram que

- I. Juliana é do grupo O.
- II. Carolina é do grupo A.
- III. Juliana e Marcelo são do mesmo grupo sanguíneo.
- IV. Bruno é do grupo AB

Estão corretas apenas as conclusões

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

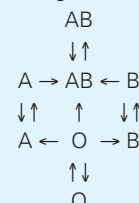
### Resolução

II – Incorreta. Tendo apenas aglutininas Anti-A, Carolina pertence ao grupo B.

III – Incorreta. Juliana é do tipo O e Marcelo do tipo A.

### Resposta: B

**2 (MODELO ENEM)** – O esquema abaixo apresenta as possíveis transfusões entre indivíduos dos grupos sanguíneos do sistema ABO.



A partir dele podemos concluir que:

- a) B tem aglutinogênio A e aglutinina B.
- b) A tem aglutinogênio A e aglutinina A.
- c) O tem aglutinogênios A e B.

d) AB não tem nenhum dos aglutinogênios.

e) AB não tem nenhuma das aglutininas.

**Resolução**

AB é receptor universal porque, não tendo aglu-

tininas é incapaz de aglutinar qualquer tipo de hemácia.

**Resposta: E**



## Exercícios Propostos

**1** Que tipo de incompatibilidade deverá ser analisada, para verificar a possibilidade ou não de uma transfusão?

**RESOLUÇÃO:**

**É preciso verificar se há ou não incompatibilidade entre soro do receptor e hemácias do doador.**

**2** Num banco de sangue, foram seleccionados os seguintes doadores: grupo AB – 5; grupo A – 8; grupo B – 3; grupo O – 12. O primeiro pedido de doação partiu de um hospital onde havia dois pacientes nas seguintes condições:  
Paciente I: possui ambos os tipos de aglutininas no plasma.  
Paciente II: possui apenas um tipo de antígeno nas hemácias e aglutinina b no plasma.  
Quantos doadores estavam disponíveis para os pacientes I e II, respectivamente?

**RESOLUÇÃO: 12 e 20.**

**3** Um casal tem quatro filhos de tipos sanguíneos diferentes (sistema A – B – O). A respeito deles são feitas as afirmações abaixo. Assinale a única **incorreta**:

- a) os pais não podem transfundir sangue entre si;
- b) os pais são ambos heterozigotos;
- c) o sangue do pai poderá ser transfundido para dois de seus filhos;
- d) a mãe poderá receber sangue de dois de seus filhos;
- e) os filhos serão 2 homozigotos e 2 heterozigotos.

**RESOLUÇÃO:**

**Pais =  $I^A i \times I^B i$**

**Filhos:  $I^A I^B$ ,  $I^A i$ ,  $I^B i$  e  $ii$**

**Os filhos serão 3 heterozigotos e 1 homozigoto.**

**Resposta: E**

**4** Antônio morreu ao receber uma transfusão sanguínea errada. Sabe-se que seu pai tem sangue B homozigoto, e sua mãe, sangue AB.

Assinale a alternativa que contém, respectivamente, o tipo sanguíneo de Antônio e o tipo de sangue que ele recebeu.

- a) Sangue B ou AB e recebeu sangue O.
- b) Sangue B e recebeu A ou AB.
- c) Sangue AB e recebeu A ou B.
- d) Sangue A e recebeu B ou AB.
- e) Sangue O e recebeu A, B ou AB.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: B**

**5 (MODELO ENEM)** – Observe atentamente o quadro abaixo, no qual são relacionados dois indivíduos de sexo masculino e dois do sexo feminino, com seus respectivos tipos sanguíneos no sistema ABO.

| NOME     | AGLUTINOGÊNIO | AGLUTININA      |
|----------|---------------|-----------------|
| Marcelo  | —             | Anti-A e Anti-B |
| Flávia   | B             | Anti-A          |
| Carlos   | A e B         | —               |
| Fernanda | A             | Anti-B          |

Baseando-se nessas informações, é correto afirmar que

- a) Marcelo pode receber sangue de todos os indivíduos citados.
- b) Se Carlos se casar com Flávia, poderão ter filhos com tipo sanguíneo O e AB.
- c) Carlos é doador universal.
- d) Se Marcelo se casar com Fernanda, poderão ter filhos com aglutinogênio A ou filhos sem aglutinogênios.
- e) Nenhum dos indivíduos citados pode ser homocigoto.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: D**

**6** Uma criança necessita urgentemente de uma transfusão de sangue. Seu pai tem sangue do tipo B e sua mãe, do tipo O. Que outro(s) tipo(s) de sangue, além do tipo O, pode(m) ser utilizado(s) na transfusão, mesmo sem a realização de teste, sabendo-se que o avô paterno da criança tem sangue do tipo AB e sua avó paterna tem sangue do tipo O?

- a) Tipo AB.
- b) Tipo A.
- c) Tipo B.
- d) Tipo A e tipo B.
- e) Nenhum outro tipo.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: E**

- Fator Rh
- Eritroblastose Fetal

## 1. O fator Rh

Em 1940, Landsteiner e Wiener publicaram a descoberta de um antígeno chamado fator Rhesus (fator Rh). Tais autores verificaram que o sangue do macaco Rhesus, quando injetado em coelhos, induzia a formação de anticorpos (Anti-Rh), capazes de aglutinar não só o sangue de macacos de sua espécie como também o sangue de uma certa porcentagem de pessoas (Fig. 1).

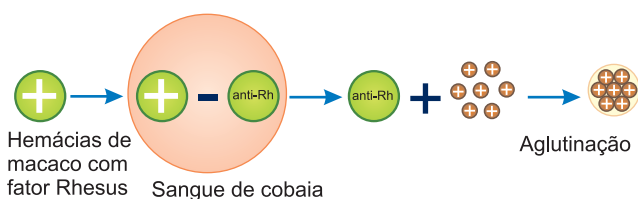


Fig.1 – Formação do anti-Rh.

## 2. Classificação: Rh<sup>+</sup> e Rh<sup>-</sup>

O Anti-Rh é capaz de aglutinar as hemácias humanas portadoras do antígeno correspondente, o chamado fator Rh. Os indivíduos cujas hemácias são aglutinadas são designados por Rh positivos (Rh<sup>+</sup>) e correspondem a 85% das pessoas brancas. Os chamados Rh negativos (Rh<sup>-</sup>) não possuem o fator Rh e, conseqüentemente, suas hemácias não são aglutinadas pelo Rh (Fig. 2).

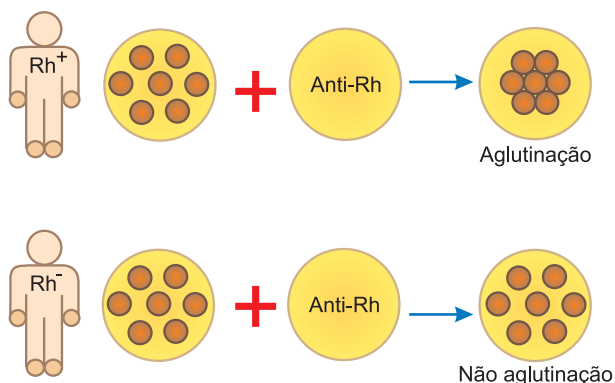


Fig. 2 – Rh no homem.

## 3. Herança do sistema Rh

O fator Rh é herdado como um caráter mendeliano dominante, sendo condicionado por um gene designado por Rh ou D. Assim, teremos:

| FENÓTIPOS       | GENÓTIPOS                |
|-----------------|--------------------------|
| Rh <sup>+</sup> | RhRh ou DD<br>Rhrh ou Dd |
| Rh <sup>-</sup> | rhrh ou dd               |

## 4. Transfusões no sistema Rh

Se uma pessoa Rh<sup>-</sup> recebe várias transfusões de sangue Rh<sup>+</sup>, ela pode, eventualmente, formar anticorpos que vão reagir com essas células em futuras transfusões em que seja usado sangue Rh<sup>+</sup>.

## 5. Eritroblastose fetal

A eritroblastose fetal ou doença hemolítica do recém-nascido pode acontecer com uma criança Rh<sup>+</sup>, filha de uma mulher Rh<sup>-</sup>.

Normalmente a circulação materna e a fetal estão completamente separadas pela barreira placentária, mas quando ocorrem rupturas nesta fina membrana, pequenas quantidades de sangue fetal Rh<sup>+</sup> atingem a circulação materna Rh<sup>-</sup>.

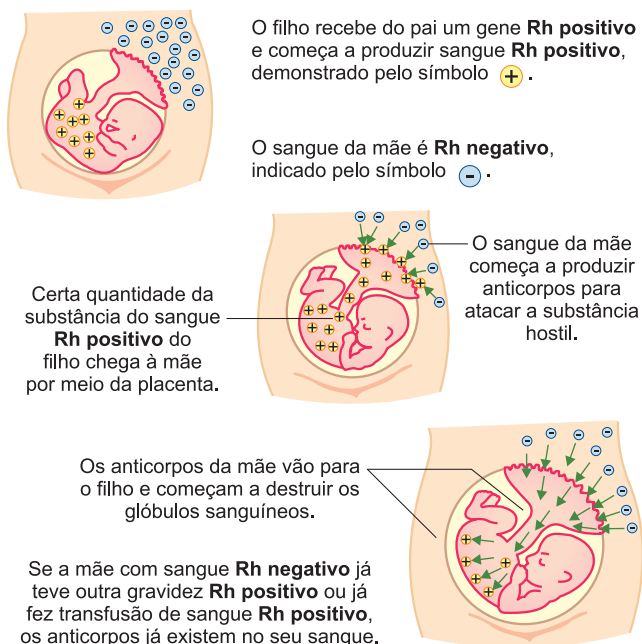


Fig. 3 – A eritroblastose fetal.



As hemácias do feto Rh<sup>+</sup> possuem o fator Rh (antígeno), o que determina a formação de Anti-Rh no corpo da mãe. Esses anticorpos, uma vez formados, podem circular através da placenta e destruir hemácias do feto, causando a doença hemolítica. Como na primeira gestação a taxa de anticorpos é baixa, geralmente não ocorre a doença, a não ser que a mãe tenha, anteriormente, recebido uma transfusão de sangue Rh<sup>+</sup>.

A quantidade de sangue que, durante a gestação, passa do feto para a mãe, devido a pequenas hemorragias espontâneas da placenta, é insuficiente para sensibilizar a mãe e provocar a eritroblastose fetal. A passagem do sangue do feto para a circulação materna, em dose suficiente para provocar a sensibilização, ocorre no parto, quando a placenta se descola.

Como se forma um bebê com a “doença-Rh” (Fig. 3):

Com a destruição de hemácias, o feto torna-se anêmico e libera grande número de eritroblastos (hemácias imaturas nucleadas) na circulação.

A hidropsia (edema causado por falha cardíaca devido à severa anemia) pode causar a morte intrauterina.

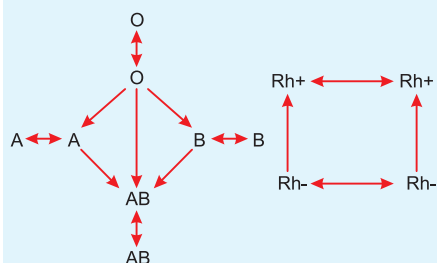
Após o nascimento, a hemólise (destruição de hemácias) produz uma grande quantidade de bilirrubina, a qual causa icterícia durante as primeiras 24 horas de vida. A presença de bilirrubina pode provocar lesões cerebrais (Síndrome de Kernicterus), determinando surdez e retardo mental.

## 6. Tratamento e profilaxia

Em casos graves pode-se fazer uma exsanguinotransfusão, processo no qual o sangue Rh-positivo da criança é substituído por sangue Rh-negativo, cujas hemácias não são destruídas pelo anti-Rh do corpo materno. Depois de algum tempo as hemácias Rh-negativas vão sendo gradualmente substituídas pelas Rh-positivas. A icterícia é tratada por banhos com luz neon, que destrói a bilirrubina. A profilaxia consiste na administração, na mãe, de gamaglobulina anti-Rh logo após o nascimento do primeiro filho. A gamaglobulina impede a formação de anti-Rh na próxima gestação de bebê Rh-positivo.

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – Os esquemas abaixo mostram as possíveis transfusões de sangue em relação aos sistemas ABO e Rh.



O quadro a seguir contém as quantidades dos grupos sanguíneos ABO e Rh em uma determinada população.

| ABO | Rh | Número |
|-----|----|--------|
| A   | +  | 320    |
|     | -  | 40     |
| B   | +  | 110    |
|     | -  | 13     |
| O   | +  | 427    |
|     | -  | 55     |
| AB  | +  | 30     |
|     | -  | 5      |

Uma mulher dessa população possui sangue do tipo AB, Rh<sup>-</sup> e necessita de uma transfusão sanguínea. No grupo considerado, qual é a porcentagem de possíveis doadores para essa mulher?

- 0,5%
- 3%
- 3,5%
- 11,5%
- 100%

### Resolução

A mulher AB, Rh<sup>-</sup> pode receber sangue dos tipos A, B, AB e O, desde que sejam negativos; portanto, a porcentagem disponível de doadores é de  $40 + 13 + 55 + 5 = 11,3\%$ .

**Resposta: D**

**2 (MODELO ENEM)** – Em suas duas primeiras gravidezes, Patrícia não procurou o acompanhamento médico devido. Seus dois filhos nasceram em casa e, felizmente, saudáveis. Apenas no final de sua terceira gestação, submeteu-se aos exames pré-natais.

Já na primeira consulta, o obstetra solicitou uma série de exames complementares, os quais confirmaram sua suspeita: o feto havia desenvolvido eritroblastose por incompatibilidade Rh.

Pode-se dizer que a criança dessa terceira gestação é de tipo sanguíneo

- Rh<sup>+</sup>, e a eritroblastose desenvolveu-se devido à presença de anticorpos no sangue materno contra antígenos das hemácias do feto.
- Rh<sup>+</sup>, e a eritroblastose desenvolveu-se devido à presença de anticorpos no sangue do feto contra antígenos das hemácias da mãe.
- Rh<sup>-</sup>, e a eritroblastose desenvolveu-se devido à presença de anticorpos no sangue materno contra antígenos das hemácias do feto.
- Rh<sup>-</sup>, e a eritroblastose desenvolveu-se devido à presença de anticorpos no sangue do feto contra antígenos das hemácias da mãe.
- Rh<sup>-</sup>, e a eritroblastose desenvolveu-se devido à ausência de anticorpos no sangue materno contra antígenos das hemácias do feto.

### Resolução

As hemácias do feto Rh<sup>+</sup>, contendo o antígeno Rh passaram, através da placenta, para a mãe Rh<sup>-</sup> determinando a formação de anticorpos Anti-Rh.

**Resposta: A**

1 Um casal sadio teve quatro filhos. O primeiro e o quarto nasceram sadios; o segundo e o terceiro com eritroblastose fetal. Sabendo-se que a mãe nunca recebeu transfusão de sangue, complete, em relação ao fator Rh, a tabela abaixo:

|          | FENÓTIPOS | GENÓTIPOS |
|----------|-----------|-----------|
| Pai      |           |           |
| Mãe      |           |           |
| 1º filho |           |           |
| 2º filho |           |           |
| 3º filho |           |           |
| 4º filho |           |           |

**RESOLUÇÃO:**

**Pai:** Rh<sup>+</sup> (Rr)

**Mãe:** Rh<sup>-</sup> (rr)

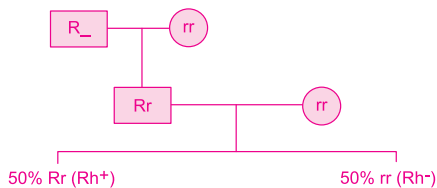
**1º, 2º e 3º:** Rh<sup>+</sup> (Rr)

**4º:** Rh<sup>-</sup> (rr)

2 Um homem Rh<sup>+</sup>, cujo irmão apresentou, ao nascer, eritroblastose fetal, casa-se com uma mulher de genótipo idêntico ao de sua mãe.

Qual a probabilidade de o casal ter filhos Rh positivos?

**RESOLUÇÃO:**



3 Uma mulher casa-se com um homem que apresentou eritroblastose fetal ao nascer. O parto do primeiro filho transcorre normalmente, mas o segundo filho apresenta eritroblastose. A respeito dessa situação, são feitas as seguintes afirmações:

- Essa mulher é certamente Rh<sup>-</sup>.
- A segunda criança é Rh<sup>+</sup>.
- O pai das crianças é Rh<sup>+</sup>.
- A primeira criança pode ter provocado a sensibilização da mãe.

Assinale:

- se todas as afirmativas forem corretas.
- se somente as afirmativas I e II forem corretas.
- se somente as afirmativas II, III e IV forem corretas.
- se somente as afirmativas I e IV forem corretas.
- se somente as afirmativas III e IV forem corretas.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: A**

**4** Após a realização de uma tipagem sanguínea em um recém-nascido, constatou-se que a criança apresentava sangue tipo O fator Rh(+). Com esse resultado em mãos, os “pais” da criança suspeitaram de uma troca de bebês na maternidade, já que o “pai” apresenta sangue tipo A fator Rh(-), e a “mãe” apresenta sangue tipo B fator Rh(-), pois

- a) um casal em que um apresenta sangue tipo A e o outro sangue tipo B não pode gerar uma criança tipo O.
- b) o casal só poderia gerar filhos AB Rh(-).
- c) o casal poderia gerar um filho O, no entanto, como ambos apresentam fator Rh(-), não poderiam gerar um filho com fator Rh(+).
- d) a mãe não pode gerar um filho com o tipo sanguíneo diferente do dela, pois essa incompatibilidade impossibilitaria uma gestação saudável.
- e) o casal está equivocado já que é possível um casal com sangue tipo A fator Rh(-) e B fator Rh(-) gerar uma criança com sangue tipo O fator Rh(+), havendo necessidade, portanto, de outras formas de análise para determinar com segurança a paternidade da criança.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: C**

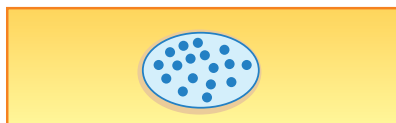
**5** Analise as afirmativas abaixo e assinale a alternativa correta.

- I. A eritroblastose fetal ocorre apenas num tipo de situação, quando a mãe é Rh<sup>-</sup> e o filho Rh<sup>+</sup>. Nessa situação, o sistema imunológico materno produz anticorpos anti-Rh, que atacam as hemácias do filho.
  - II. Quando introduzimos sangue Rh<sup>-</sup> num receptor Rh<sup>+</sup>, ocorre formação de anti-Rh no plasma do receptor.
  - III. As hemácias de uma pessoa de sangue tipo O não têm antígeno (aglutinogênio), mas possuem, no soro, os dois anticorpos (aglutininas) anti-A e anti-B.
- a) Apenas I está correta.
  - b) Apenas I e II estão corretas.
  - c) Apenas II e III estão corretas.
  - d) Apenas II está correta.
  - e) Apenas I e III estão corretas.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: E**

**6 (MODELO ENEM)** – Uma mulher fez um exame para o fator Rh. Para isso, em uma lâmina, pingou-se uma gota de sangue dela e uma gota de aglutinina anti-Rh e depois de alguns minutos foi verificado o resultado, indicado no esquema a seguir:



com aglutinação

Ela sabia que seu irmão caçula teve eritroblastose fetal e gostaria de saber se um filho dela poderia apresentar a mesma doença. A resposta que um geneticista poderia dar a ela seria:

- Não é possível calcular a chance, pois não se sabe o sangue do seu futuro marido.
- Não é possível gerar um filho com essa doença, pois você é Rh<sup>+</sup>, cujo sangue não produz anti-Rh.
- Não é possível gerar um filho com essa doença, pois você é Rh<sup>-</sup>, cujo sangue produz anti-Rh.
- É possível gerar um filho com essa doença, pois você é Rh<sup>-</sup>, cujo sangue produz anti-Rh.
- É possível gerar um filho com essa doença, desde que o seu futuro marido seja Rh<sup>-</sup>.

**RESOLUÇÃO:**  
**Resposta: B**



### No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** ([www.portal.objetivo.br](http://www.portal.objetivo.br)) e, em "localizar", digite **BIO2M309**

## Módulo

20

## O sistema MN

### Palavras-chave:

- Antígeno M • Antígeno N
- Codominância

## 1. Antígenos M e N

Entre os vários antígenos existentes no sangue humano, estão o M e o N. Algumas pessoas só apresentam o antígeno M, outras, só o N, e, um terceiro grupo, os dois tipos. O reconhecimento dos antígenos M e N é feito com a reação do sangue humano aos anticorpos anti-M e anti-N, produzidos no coelho que recebeu sangue humano contendo antígeno M e N.

| REAÇÕES COM ANTICORPOS |                    |        |        |
|------------------------|--------------------|--------|--------|
| Grupo                  | Antígenos Hemácias | Anti-M | Anti-N |
| M                      | M                  | +      | -      |
| N                      | M                  | -      | +      |
| MN                     | M e N              | +      | +      |

## 2. Herança do sistema MN

A herança dos antígenos M e N depende de um par de alelos codominantes L<sup>M</sup> ou M produtor do antígeno M, e L<sup>N</sup> ou N formador do antígeno N.

Assim, temos:

| FENÓTIPOS | GENÓTIPOS                           |
|-----------|-------------------------------------|
| M         | L <sup>M</sup> L <sup>M</sup> ou MM |
| N         | L <sup>N</sup> L <sup>N</sup> ou NN |
| MN        | L <sup>M</sup> L <sup>N</sup> ou MN |

## 3. Transfusões no sistema MN

O sistema MN não determina acidentes de transfusão, dado que os seres humanos não produzem os anticorpos Anti-M e Anti-N.



3 Analise a tabela abaixo

|   | FILHO                  | MÃE                    | PAI                     |
|---|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | O, M, Rh <sup>-</sup>  | A, M, Rh <sup>+</sup>  | B, MN, Rh <sup>+</sup>  |
| 2 | O, N, Rh <sup>-</sup>  | O, N, Rh <sup>+</sup>  | AB, N, Rh <sup>-</sup>  |
| 3 | A, MN, Rh <sup>+</sup> | O, N, Rh <sup>-</sup>  | AB, MN, Rh <sup>-</sup> |
| 4 | AB, M, Rh <sup>-</sup> | AB, N, Rh <sup>+</sup> | A, MN, Rh <sup>+</sup>  |
| 5 | B, N, Rh <sup>+</sup>  | O, MN, Rh <sup>-</sup> | O, N, Rh <sup>-</sup>   |

Das filiações acima, a única possível é

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

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: A**

4 Considere a tabela abaixo, na qual aparecem os tipos sanguíneos de mãe e filho e os genótipos dos pais.

| MÃE                        | FILHO                   | PAIS                                  |
|----------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1. A, M, Rh <sup>+</sup>   | O, M, Rh <sup>+</sup>   | a. I <sup>A</sup> iMNrr               |
| 2. B, N, Rh <sup>-</sup>   | O, N, Rh <sup>-</sup>   | b. I <sup>B</sup> iMNRr               |
| 3. O, M, Rh <sup>-</sup>   | A, MN, Rh <sup>+</sup>  | c. iiNNrr                             |
| 4. A, N, Rh <sup>+</sup>   | AB, MN, Rh <sup>+</sup> | d. iiMMrr                             |
| 5. AB, MN, Rh <sup>-</sup> | AB, M, Rh <sup>-</sup>  | e. I <sup>A</sup> I <sup>A</sup> MNRR |

Assinale a alternativa que, corretamente, associa mãe, filho e pai

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

**RESOLUÇÃO:**

| MÃE                                    | FILHO   | PAIS                                   |
|--|---|--|
| 1. I <sup>A</sup> i MM R <sub>-</sub>  | ii MM Rr  | d. ii MM rr                            |
| 2. I <sup>B</sup> i NN rr              | ii NN rr  | c. ii NN rr                            |
| 3. ii MM rr                            | I <sup>A</sup> i MN Rr                          | e. I <sup>A</sup> I <sup>A</sup> MN RR |
| 4. I <sup>A</sup> i NN R <sub>-</sub>  | I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> MN R <sub>-</sub> | b. I <sup>B</sup> i MN RR              |
| 5. I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> MN rr | I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> MM rr             | a. I <sup>A</sup> i MN rr              |

**Resposta: B**

5 Uma mulher com grupos sanguíneos B, N, Rh<sup>+</sup> teve três crianças com pais distintos:

| Crianças                   | Pais                     |
|----------------------------|--------------------------|
| I. O, MN, Rh <sup>-</sup>  | a) A, N, Rh <sup>-</sup> |
| II. AB, N, Rh <sup>+</sup> | b) A, M, Rh <sup>-</sup> |
| III. B, N, Rh <sup>-</sup> | c) B, N, Rh <sup>+</sup> |

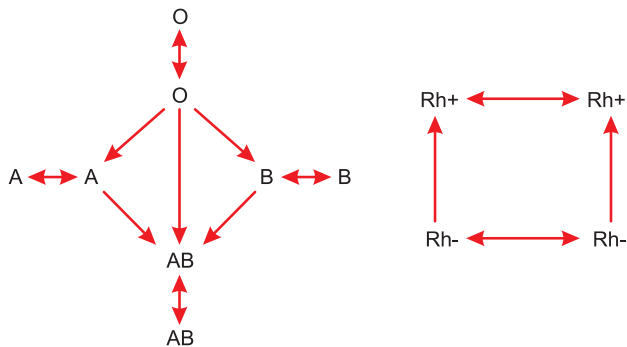
Assinale a alternativa que relaciona corretamente cada criança ao seu pai.

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| a) I-a; II-b; III-c | b) I-a; II-c; III-b |
| c) I-b; II-a; III-c | d) I-b; II-c; III-a |
| e) I-c; II-b; III-a |                     |

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: C**

6 (MODELO ENEM) – Os esquemas a seguir mostram as possíveis transfusões de sangue tradicionais, em relação aos sistemas **ABO** e **Rh**.



Pode-se afirmar que os tipos sanguíneos mais difíceis e os mais fáceis para receber sangue são, respectivamente:

- |   |   |
|---|---|
| a) O Rh <sup>+</sup> e O Rh <sup>-</sup> .  | b) O Rh <sup>-</sup> e AB Rh <sup>+</sup> . |
| c) A Rh <sup>-</sup> e OB Rh <sup>+</sup> . | d) AB Rh <sup>+</sup> e O Rh <sup>-</sup> . |
| e) B Rh <sup>+</sup> e A Rh <sup>-</sup> .  |   |

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: B**

### 1. O que é interação gênica

Muitos genes não agem sozinhos na determinação de um caráter, mas interagem com outros genes não alelos na determinação de um fenótipo.

Fala-se em interação gênica quando um caráter é condicionado pela ação conjunta de dois ou mais pares de genes não alelos, com segregação independente. Os diversos tipos de interação são mais bem entendidos através de seus exemplos clássicos.

### 2. A herança do tipo de crista em galinhas

Nas diversas raças de galinhas encontramos quatro tipos de crista: rosa, ervilha, noz e simples, que é a mais comum (Fig. 1).

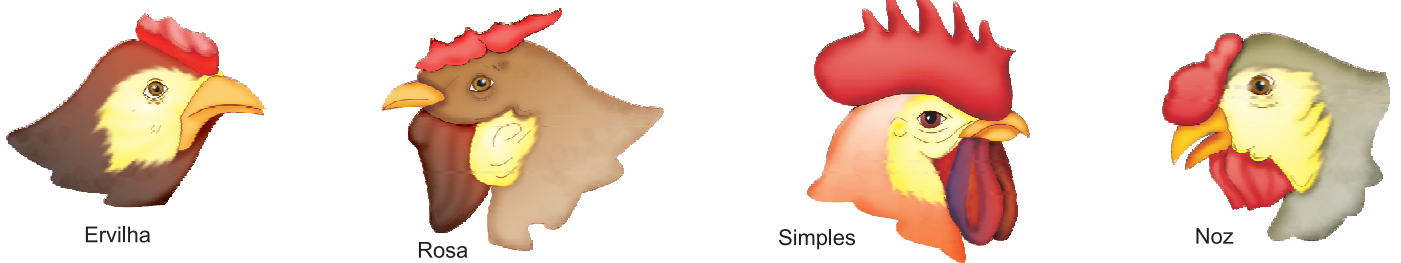


Fig. 1 – Tipos de crista em galinhas.

Cruzando um galo de crista rosa com uma galinha de crista ervilha, produz-se uma F<sub>1</sub> com crista noz. Se as aves de crista noz são acasaladas, obtém-se uma F<sub>2</sub> com os quatro tipos de crista, na seguinte proporção: 9/16 noz : 3/16 rosa : 3/16 ervilha : 1/16 simples.

Na determinação do tipo de crista, interagem dois pares de alelos: Rr e Pp. A crista rosa é determinada pela interação de pelo menos um gene R com dois recessivos p. A crista ervilha é resultante de dois r recessivos interagindo com pelo menos um P dominante. A crista noz é causada pela combinação de pelo menos dois genes dominantes, um R e um P. A interação dos recessivos (rrpp) produz a crista simples. Assim, temos:

| GENÓTIPOS                    | FENÓTIPOS |
|------------------------------|-----------|
| RRpp<br>Rrpp                 | rosa      |
| rrPP<br>rrPp                 | ervilha   |
| RRPP<br>RRPp<br>RrPP<br>RrPp | noz       |
| rrpp                         | simples   |

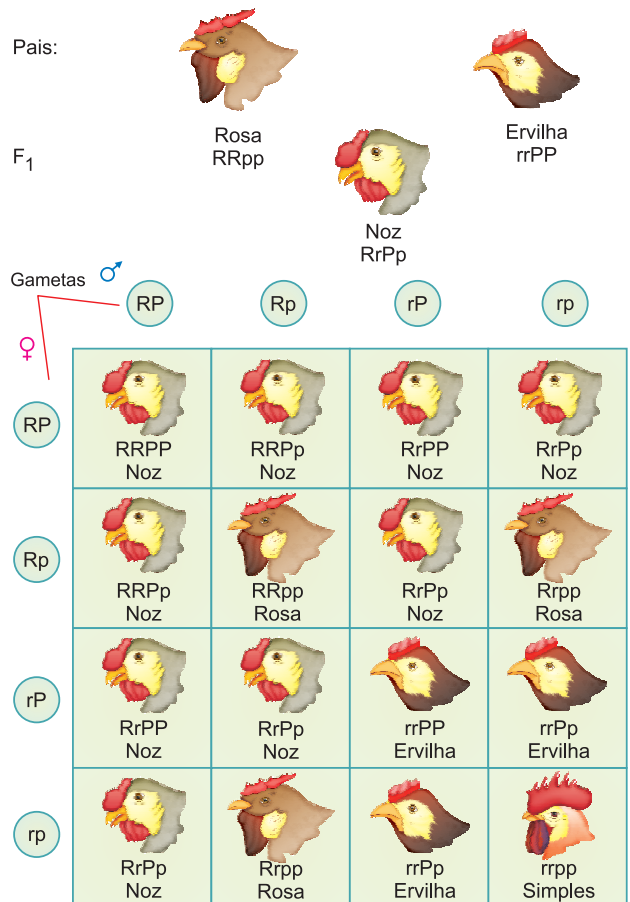


Fig. 2 – A interação gênica na crista de galinhas.



### 3. O que é epistasia?

Epistasia é um tipo de interação gênica na qual um gene, denominado **epistático**, impede a manifestação de outro gene, não alelo, chamado de **hipostático**. O efeito da epistasia é semelhante àquele da dominância, exceto pelo fato de que a última se verifica entre dois alelos, enquanto a epistasia ocorre entre não alelos (Fig. 1).

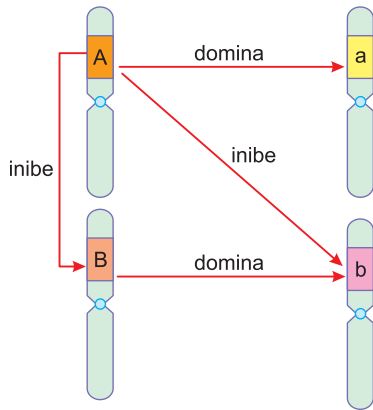


Fig. 1 – O esquema geral da epistasia.

A epistasia pode ser exercida por um gene dominante ou recessivo, daí a sua divisão em epistasia dominante e recessiva.

### 4. Epistasia dominante

Nas galinhas da raça leghorn existe um gene **I** (epistático) que impede a manifestação do gene **C** (hipostático), responsável pela cor da plumagem. As galinhas de raça wyandotte são brancas, não têm o gene **I**, mas não apresentam cor por não possuírem o gene **C**; tais galinhas são **iicc**. Assim, temos:

| Fenótipos | Genótipos    |
|-----------|--------------|
| Brancas   | IICC         |
|           | IICc         |
|           | IiCc         |
|           | Iicc         |
|           | licc         |
|           | iicc         |
| Coloridas | iiCC<br>iiCc |

Uma galinha leghorn branca de genótipo IICC, quando cruzada com um galo de raça wyandotte branca, de genótipo iicc, produz F<sub>1</sub> toda branca (IiCC) e uma F<sub>2</sub> composta de 13/16 branca (9/16 I\_C\_ + 3/16 I\_cc + 1/16 iicc) : 3/16 colorida (iiC\_).

|                      |       |                  |                  |                    |                    |
|----------------------|-------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| <b>P</b>             |       | IICC<br>(branco) | X                | iicc<br>(branco)   |                    |
| <b>F<sub>1</sub></b> |       | IiCC<br>(branco) | X                | IiCc<br>(branco)   |                    |
| <b>F<sub>2</sub></b> | ♀ \ ♂ | IC               | Ic               | iC                 | ic                 |
|                      | IC    | IICC<br>(branco) | IICc<br>(branco) | IiCC<br>(branco)   | IiCc<br>(branco)   |
|                      | Ic    | IICc<br>(branco) | Iicc<br>(branco) | IiCc<br>(branco)   | Iicc<br>(branco)   |
|                      | iC    | IiCC<br>(branco) | IiCc<br>(branco) | iiCC<br>(colorido) | iiCc<br>(colorido) |
|                      | ic    | IiCc<br>(branco) | Iicc<br>(branco) | iiCc<br>(colorido) | iicc<br>(branco)   |

A epistasia na plumagem de galinhas.

#### Não confunda

Dominância é uma relação que se estabelece entre alelos; epistasia é uma relação entre não alelos.

#### O albinismo na espécie humana

Na espécie humana, o albinismo acontece quando um gene impede a manifestação dos genes produtores de melanina.

### 5. Epistasia recessiva

Vejam agora um caso de epistasia no qual o gene que é recessivo impede a manifestação do dominante. Em ratos, a coloração pode ser aguti, preta e albina. A presença de pigmento preto é condicionada pelo gene **C**, enquanto o alelo recessivo **c** produz albino. Um gene **A** interage com **C** e produz o rato aguti, que tem os pelos pretos com uma faixa amarela na extremidade. O gene **c** é epistático em relação ao gene **A**, enquanto o gene **a** não produz a faixa amarela.

No quadro a seguir, aparecem os genótipos e fenótipos correspondentes:

| Genótipos                    | Fenótipos         |
|------------------------------|-------------------|
| CCAA<br>CCAa<br>CcAA<br>CcAa | aguti ou cinzento |
| CCaa<br>Ccaa                 | preto             |
| ccAA<br>ccAa<br>ccaa         | albino            |

Quando um rato preto puro CCaa é cruzado com um rato albino ccAA, a F<sub>1</sub> é totalmente aguti devido à interação dos genes C e A. Quando dois irmãos da F<sub>1</sub> são cruzados, a fim de se obter F<sub>2</sub>, verifica-se ser esta constituída por 9/16 cinzentos, 3/16 pretos e 4/16 albinos, como mostra o cruzamento a seguir.

|                      |    |             |      |      |      |
|----------------------|----|-------------|------|------|------|
| <b>P</b>             |    | CCaa x ccAA |      |      |      |
| <b>F<sub>1</sub></b> |    | CcAa x CcAa |      |      |      |
| <b>F<sub>2</sub></b> |    | CA          | Ca   | cA   | ca   |
|                      | CA | CCAA        | CCAa | CcAA | CcAa |
|                      | Ca | CCAa        | CCaa | CcAa | Ccaa |
|                      | cA | CcAA        | CcAa | ccAA | ccAa |
|                      | ca | CcAa        | Ccaa | ccAa | ccaa |

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A epistasia ocorre quando a expressão fenotípica de um gene é afetada por outro gene. Por exemplo, em ratos, o alelo dominante *B* determina a cor aguti, enquanto o genótipo homocigoto recessivo *bb* resulta em um pelo preto. Em outro cromossomo, um segundo *locus* afeta a etapa inicial da formação de pigmentação. O alelo *A* possibilita um desenvolvimento normal da cor, mas *aa* bloqueia toda e qualquer produção de pigmento. Ratos *aa* são albinos, independentemente do genótipo no *locus B*. Um rato com pelagem aguti é cruzado com um rato albino de genótipo *aabb*. Desse cruzamento, metade da progênie nasce albina, um quarto, preta, e um quarto, aguti. O genótipo do pai aguti é.

- a) AaBb.                      b) Aabb.  
c) AaBB.                     d) AABb.

### Resolução

Sabe-se que para um indivíduo ter pelagem aguti, é necessário que ele possua pelo menos um gene dominante *A* (já que não é albino) e um dominante *B* (já que não é preto). Se dentro da geração de filhotes, nascem indivíduos albinos e indivíduos pretos, e se um dos progenitores era *aabb*, então, o outro rato cruzado deve possuir

alelos recessivos *a* e *b*. Portanto, seu genótipo é do tipo AaBb.

**Resposta: A**

**2 (MODELO ENEM)** – O quadro mostra os genótipos e fenótipos da geração F<sub>2</sub>, oriundos do cruzamento entre um camundongo preto (*aaPP*) e um branco (*AApp*). A geração F<sub>1</sub> (*AaPp*) apresenta a cor aguti (castanho-acizentado, na figura representada pelo cinza claro).

|                    |    | GAMETAS FEMININAS      |            |             |             |
|--------------------|----|------------------------|------------|-------------|-------------|
|                    |    | AP                     | aP         | Ap          | ap          |
| GAMETAS MASCULINAS | AP | Aguti AAPP             | Aguti AaPP | Aguti AAPp  | Aguti AaPp  |
|                    | aP | Aguti AaPP             | Preto aaPP | Aguti AaPp  | Preto aaPp  |
|                    | Ap | Aguti AAPP             | Aguti AaPp | Branco AApp | Branco Aapp |
|                    | ap | Aguti AaPp             | Preto aaPp | Branco Aapp | Branco aapp |
|                    |    | GERAÇÃO F <sub>2</sub> |            |             |             |

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. **Fundamentos da Biologia Moderna**. São Paulo: Ed. Moderna, 2001. [Adapt.].

Com base em seus conhecimentos e nos textos, é correto afirmar que, para o caráter cor

- da pelagem em camundongo, ocorre
- segregação independente dos genes, em que a presença de pigmento na pelagem é dominante sobre a ausência de pigmentação, o que é determinado pelo alelo *A*.
  - pleiotropia, em que o alelo *P* condiciona tanto a coloração preta quanto a aguti, sem efeito sobre o gene *A*.
  - um efeito epistático, em que o alelo *P* condiciona a presença de pigmento, seja aguti – na presença do alelo *A* – ou seja preto – na presença do alelo *a*.
  - segregação independente dos genes, em que a cor aguti é dominante, a branca é recessiva e a preta representa o resultado de uma mutação gênica.
  - um efeito epistático, em que o alelo *p* condiciona a cor aguti, o alelo *a* a cor preta e o alelo *P* a cor branca.

### Resolução

A cor da pelagem ilustra um caso de interação epistática com os seguintes genes:

*P* – não epistático, *p* – epistático, inibindo *A* (aguti) e *a* (preto). Dai os seguintes genótipos e fenótipos:

| Genótipos | Fenótipos |
|-----------|-----------|
| A_P_      | Aguti     |
| aaP_      | Preto     |
| --pp      | Albino    |

**Resposta: C**

## Exercícios Propostos

**1** A pigmentação da plumagem de galinhas está condicionada por dois pares de genes autossômicos situados em cromossomos diferentes. O gene **C** determina a síntese de pigmento e o seu alelo **c** é inativo, determinando cor branca. O gene **I** inibe a formação de pigmentos e o seu alelo **i** não o faz. Do cruzamento de indivíduos **CCii** com indivíduos **CcIi**, quais os

genótipos e fenótipos esperados?

### RESOLUÇÃO:

|    |      | CcIi x CCii |           |         |           |
|----|------|-------------|-----------|---------|-----------|
|    |      | CI          | Ci        | ci      | ci        |
| Ci | CCii | CCii        | Ccii      | Ccii    | Ccii      |
|    |      | brancas     | coloridas | brancas | coloridas |

2 Em ratos, a coloração de pelagem é determinada por 2 genes **C** e **A** e seus respectivos recessivos **c** e **a**. O gene **c** em dose dupla tem efeito epistático, inibindo a ação dos genes produtores de pigmentos e determinando a formação de albinos. Neste tipo de herança, encontramos os seguintes genótipos e fenótipos:

| Genótipos    | Fenótipos |
|--------------|-----------|
| C_A_         | Cinzento  |
| C_aa         | Preto     |
| ccA_<br>ccaa | Albino    |

Um rato preto, quando cruzado com uma fêmea cinzenta, produziu uma geração na qual foram evidenciadas as seguintes proporções fenotípicas: 3/8 cinzento, 3/8 preto e 2/8 albino. Quais os genótipos dos pais?

- a) Ccaa x CcAa      b) CCaa x CcAa      c) CCaa x ccAA  
d) Ccaa x CCAa      e) Ccaa x CcAA

**RESOLUÇÃO:**

♂ Ccaa x ♀ CcAa

| ♂  | ♀    | CA   | Ca   | cA   | ca   |
|----|------|------|------|------|------|
| Ca | CCAa | CCAa | CCaa | CcAa | Ccaa |
| ca | CcAa | CcAa | Ccaa | ccAa | ccaa |

3/8 cinzentos (C\_A\_): 3/8 pretos (C\_aa):  
: 2/8 albinos (cc\_)

Resposta: A

3 Em abóboras, o gene **I** é epistático em relação aos genes **V** (amarelo) e **v** (verde). Assim, temos:

|      |              |      |               |      |             |
|------|--------------|------|---------------|------|-------------|
| I_V_ | fruto branco | iiV_ | fruto amarelo | iiiv | fruto verde |
| I_vv |              |      |               |      |             |

Do cruzamento de duas plantas de abóbora de fruto amarelo, a descendência consistiu em 3/4 de cor amarela e 1/4 de cor verde.

Os genótipos parentais são:

- a) IIvV x liVv      b) liVv x liVv      c) iiVV x iiVv  
d) iiVv x iiVv      e) iivv x liVv

**RESOLUÇÃO:**

| iiVv x iiVv |      |      |
|-------------|------|------|
|             | iV   | iv   |
| iV          | iiVV | iiVv |
| iv          | iiVv | iivv |

Resposta: D

4 (VUNESP) – Em ratos, a coloração de pelos depende da ação de dois pares de genes independentes. O gene **C** leva à formação de pigmentos e seu alelo **c**, em condição homozigótica, impede a formação de pigmento. O gene **B** produz cor preta e seu alelo **b** determina a cor marrom.

Um rato preto heterozigoto (para os dois loci gênicos) é cruzado com um rato albino homozigoto recessivo (para os dois loci gênicos).

Assinale a proporção fenotípica esperada na descendência desse cruzamento:

- a) 3 pretos : 1 albino.  
b) 1 preto : 1 marrom : 2 albinos.  
c) 2 marrons : 1 albino.  
d) 2 pretos : 2 albinos.  
e) 2 pretos : 1 marrom : 1 albino.

**RESOLUÇÃO:**

| (P)               | CcBb x ccbb |      |      |      |
|-------------------|-------------|------|------|------|
| (F <sub>1</sub> ) | CB          | Cb   | cB   | cb   |
| cb                | CcBb        | Ccbb | ccBb | ccbb |

1/4 pretos      1/4 marrons      1/2 albinos

Resposta: B

5 Em certa espécie de planta, a cor das flores depende de dois pares de genes com segregação independente: o gene **C** determina cor vermelha e é dominante sobre seu alelo **c**, que condiciona a cor roxa; o gene **r** inibe a manifestação da cor (flores brancas) e é recessivo sobre seu alelo **R**, que permite a manifestação da cor. Na descendência do cruzamento entre plantas **RrCc**, espera-se uma proporção fenotípica de

- a) 12 brancas: 3 vermelhas: 1 roxa.
- b) 12 vermelhas: 3 brancas: 1 roxa.
- c) 9 brancas: 3 vermelhas: 4 roxas.
- d) 9 vermelhas: 3 brancas: 4 roxas.
- e) 9 vermelhas: 3 roxas: 4 brancas.

**RESOLUÇÃO:**

$F_2$ :  $\underbrace{9R\_C\_}_{9 \text{ vermelhas}} : \underbrace{3R\_cc}_{3 \text{ roxas}} : \underbrace{3rrC\_}_{4 \text{ brancas}} : 1rrcc$

**9 vermelhas : 3 roxas : 4 brancas**

**Resposta: E**

6 (MODELO ENEM) – Nos cães da raça labrador, dois alelos **B** e **b** de um gene para pigmentação definem, respectivamente, se o pelo é preto ou marrom. Em um outro loco distinto, o alelo **E** promove a deposição do pigmento que determina a cor na pelagem e o alelo **e** impede a deposição do pigmento nos pelos. O homocigoto recessivo **ee** resulta no fenótipo dourado. Imagine que um cruzamento entre uma fêmea dourada e um macho marrom tenha gerado descendentes na seguinte proporção: 2 dourados: 1 preto: 1 marrom. Os genótipos mais prováveis da fêmea e do macho são, respectivamente,

- a) Bb ee X bb Ee.
- b) BB ee X Bb Ee.
- c) bb ee X BB EE.
- d) Bb Ee X Bb Ee.
- e) bb EE X Bb EE.

**RESOLUÇÃO:**

**A interação gênica com efeito epistático obedece ao seguinte esquema:**

| Genótipos | Fenótipos    |
|-----------|--------------|
| B _ E _   | Pelo preto   |
| bb E _    | Pelo marrom  |
| _ _ ee    | Pelo dourado |

**Cruzamento:**

| P  | Bbee x bbEe |                |                |
|----|-------------|----------------|----------------|
|    | Be          | be             |                |
| F1 | bE          | BbEe (preto)   | bbEe (marrom)  |
|    | be          | Bbee (dourado) | Bbee (dourado) |

**Resposta: A**

## 1. Conceito

Na herança quantitativa, dois ou mais pares de genes atuam sobre o mesmo caráter, somando seus efeitos e determinando diversas intensidades fenotípicas. Tal herança também é conhecida por herança multifatorial ou poligênica, ou polimeria.

Os genes envolvidos são designados cumulativos, aditivos, polímeros ou poligenes.

A polimeria é o tipo de herança que intervém em caracteres que variam quantitativamente, como: peso, altura, intensidade de coloração e outros. Tais caracteres, cuja variação é quantitativa, são designados métricos.

## 2. Exemplo de herança quantitativa

| Genótipos            | Fenótipos     |
|----------------------|---------------|
| aabb                 | branco        |
| Aabb<br>aaBb         | mulato-claro  |
| AAbb<br>aaBB<br>AaBb | mulato-médio  |
| AABb<br>AaBB         | mulato-escuro |
| AABB                 | negro         |

Segundo Davenport, a herança da cor na pele humana é um caso típico de herança quantitativa. Assim, a quantidade de melanina na pele é condicionada por dois pares de genes aditivos: Aa e Bb. A tabela ao lado apresenta os genótipos e fenótipos.

A seguir, esquematizamos um cruzamento clássico:

| P              | AABB x aabb |      |      |      |      |
|----------------|-------------|------|------|------|------|
| F <sub>1</sub> | AaBb x AaBb |      |      |      |      |
| F <sub>2</sub> |             | AB   | Ab   | aB   | ab   |
|                | AB          | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
|                | Ab          | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
|                | aB          | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
|                | ab          | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |



### Saiba mais

#### A herança quantitativa e o meio ambiente

Nos casos de herança quantitativa o efeito do meio ambiente deve ser criteriosamente considerado. Por exemplo, a altura em muitas plantas é um caráter condicionado por genes aditivos, mas é óbvio que fatores ambientais como fertilidade e textura do solo, água, temperatura, duração e comprimento da luz incidente, ocorrência de parasitas, para citar apenas alguns, afetam a cultura. O genótipo determina a faixa que um indivíduo poderá ocupar em relação a um caráter quantitativo. O ambiente determina o ponto, dentro da faixa geneticamente determinada, em que o tamanho do indivíduo se situará.

(Genética, George W. Burns e Paul J. Bottino, Guanabara Koogan)

## Exercícios Resolvidos

**1 (MODELO ENEM)** – A cor do grão de trigo é controlada por 2 pares de genes  $R_1$  e  $R_2$  que combinados, fornecem grãos que vão do vermelho-escuro, vermelho-escuro-médio, vermelho-médio, vermelho-claro ao branco. Do cruzamento entre plantas de grãos vermelho-escuro ( $R_1R_1R_2R_2$ ) com plantas de grãos brancos ( $r_1r_1r_2r_2$ ) obtém-se 100% de grãos vermelho-médio ( $R_1r_1R_2r_2$ ) em  $F_1$ . A proporção fenotípica esperada do cruzamento entre planta de grãos vermelho-médio obtidos em  $F_1$  com uma planta branca é:

- 1 vermelho-médio : 2 vermelho-claro : 1 branco.
- 2 vermelho-médio : 2 branco.
- 1 vermelho-escuro : 2 vermelho-escuro-mé-

- 2 vermelho-médio: 2 vermelho-claro: 1 branco.
- 1 vermelho-escuro: 2 vermelho-médio: 1 branco.
- 2 vermelho-médio: 2 vermelho-claro.

**Resolução:**

| P              | $R_1r_1R_2r_2 \times r_1r_1r_2r_2$ |                |                |                |
|----------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| F <sub>1</sub> | $R_1R_2$                           | $R_1r_2$       | $r_1R_2$       | $r_1r_2$       |
|                | $r_1r_2$                           | $R_1r_1R_2r_2$ | $R_1r_1r_2r_2$ | $r_1R_2r_2$    |
|                |                                    | $r_1r_1r_2r_2$ | $r_1R_2r_2$    | $r_1r_1r_2r_2$ |

Proporção fenotípica – 1 vermelho : 2 vermelho-médio : 1 branco

**Resposta: A**

**2 (MODELO ENEM)** – Suponha que em uma planta a altura seja condicionada por 3 pares de

genes, **a**, **b** e **c**, com efeito aditivo. Os indivíduos de genótipo  $aabbcc$  medem 3cm e cada gene aditivo acrescenta 1cm à altura da planta. Do cruzamento entre um indivíduo de genótipo  $AABbCc$  e um de genótipo  $aaBbcc$ , a proporção de indivíduos com 5cm em  $F_1$  é de:

- 3/8
- 1/2
- 1/8
- 7/8
- 5/8

**Resolução:**

| P              | $AABbCc \times aaBbcc$ |        |        |        |        |
|----------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                | ABC                    | ABc    | AbC    | Abc    |        |
| F <sub>1</sub> | aBc                    | AaBBcc | AaBbcc | AaBbCc | AaBbcc |
|                | abc                    | AaBbCc | AaBbcc | AabbCc | Aabbcc |

Indivíduos com 5 cm = 2 Aabbcc e 1 AaBbCc

Proporção de indivíduos com 5 cm = 3/8

**Resposta: A**

## Exercícios Propostos

1 Uma mulata, filha de pai branco e mãe negra, casa-se com um homem branco. Quanto à cor da pele, como poderão ser seus filhos?

RESOLUÇÃO: ♀ AaBb x ♂ aabb

|       |    |                |      |                |
|-------|----|----------------|------|----------------|
| ♀ \ ♂ | AB | Ab             | aB   | ab             |
| ♂     | ab | AaBb           | AaBb | aaBb           |
|       |    | mulatos médios |      | mulatos claros |
|       |    |                |      | brancos        |

2 Considere que a herança da pigmentação da pele humana é condicionada por 2 pares de genes aditivos. Um mulato escuro casou-se com uma mulata clara e teve um filho. Qual é a probabilidade de a citada criança ter um fenótipo diferente dos pais?

RESOLUÇÃO: ♂ AABb x ♀ Aabb

|       |    |      |      |
|-------|----|------|------|
| ♀ \ ♂ | AB | Ab   |      |
| ♂     | Ab | AABb | AAbb |
|       | ab | AaBb | Aabb |

P (diferente dos pais) = P (mulato médio) = 1/2 ou 50%

3 Um mulato escuro casou-se com uma mulher de idêntico fenótipo. Qual é a probabilidade de o casal vir a ter uma criança de pele mais clara do que a dos pais?

a) zero    b) 1/2    c) 1/4    d) 1/8    e) 1

RESOLUÇÃO: ♂ AABb x ♀ AABb

|       |    |      |      |
|-------|----|------|------|
| ♀ \ ♂ | AB | Ab   |      |
| ♂     | AB | AABB | AABb |
|       | Ab | AABb | AAbb |

1/4 negro, 1/4 mulato médio e 1/2 mulato escuro

P (mulato claro) = 1/4 ou 25%

Resposta: C

4 Do casamento entre um mulato médio e uma mulata clara nasceram crianças brancas e mulatas. Qual é a probabilidade de esse casal vir a ter uma criança de fenótipo diferente dos pais?

a) 1/2    b) 1/4    c) 1/6    d) 1/8    e) 1/16

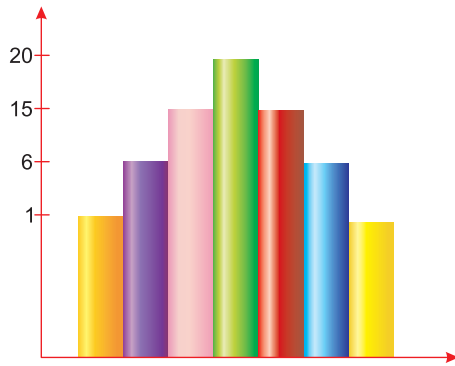
RESOLUÇÃO: ♀ AaBb x ♂ Aabb

|       |    |      |      |      |
|-------|----|------|------|------|
| ♀ \ ♂ | AB | Ab   | aB   | ab   |
| ♂     | Ab | AABb | AAbb | AaBb |
|       | ab | AaBb | Aabb | aaBb |
|       |    |      |      | aabb |

P (AABb ou aabb) = 2/8 = 1/4

Resposta: B

5 O cruzamento  $AaBbCc \times AaBbCc$  produziu uma geração, cuja proporção fenotípica aparece no gráfico a seguir:



Tal distribuição fenotípica ilustra um caso de

- a) polialelia.
- b) codominância.
- c) herança quantitativa.
- d) epistasia.
- e) pleiotropia.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: C**

6 (MODELO ENEM) – Na espécie humana, a luxação congênita do quadril é um distúrbio de herança multifatorial. Um casal teve um par de gêmeas monozigóticas e somente uma delas apresentou luxação congênita no quadril. Sobre essa ocorrência, é correto afirmar que

- b) as gêmeas não podem ser monozigóticas, pois nesse caso ambas teriam a luxação.
- b) fatores ambientais podem ter influenciado a ocorrência da luxação congênita do quadril.
- c) o casal tem 50% de risco de repetição da luxação congênita do quadril em um próximo filho.
- d) dois espermatozoides diferentes fertilizaram o ovócito que deu origem às gêmeas.
- e) alelos desfavoráveis concentraram-se em um dos blastômeros quando ocorreu a separação que originou as gêmeas.

**RESOLUÇÃO:**

**Resposta: B**



## FRENTE 1

### Módulo 33 – O sistema digestório

- Qual é a função da digestão?
- Conceitue e exemplifique:
  - Digestão extra e intracelular
  - Digestão intracelular
- Os espongiários são primitivos animais, nos quais a digestão é
  - intracelular.
  - extracelular.
  - intra e extracelular.
  - extracorpórea.
  - ausente, por causa da inexistência de sistema digestório.
- Assinale a alternativa em que aparecem substâncias que não sofrem o processo digestório.
  - Proteínas
  - Lípides
  - Carboidratos
  - Ácidos nucleicos
  - Vitaminas

### Módulo 34 – A digestão humana

1 Em um experimento, foram retiradas duas amostras de enzimas do aparelho digestório humano. Essas amostras foram reunidas e equitativamente distribuídas em quatro tubos de ensaio, aos quais foram adicionados alimentos mantidos em diferentes valores pH, conforme o quadro abaixo, e conservados a 37°C durante seis horas.

| Tubos de ensaio | Alimentos adicionados | pH   |
|-----------------|-----------------------|------|
| I               | Carne                 | 2,0  |
| II              | Carne                 | 7,0  |
| III             | Pão                   | 6,8  |
| IV              | Pão                   | 13,0 |

Considerando essas informações,

- em quais tubos ocorreu a digestão?
- quais as enzimas envolvidas e de que órgãos foram retiradas?
- justifique a resposta dada ao subitem A.

2 (VUNESP) – Ao comeremos uma fatia de pão, a ptialina (ou amilase salivar) presente na saliva inicia a digestão do amido contido no pão. Na nossa boca, o pH situa-se ao redor de 7, pH ótimo para a ação da ptialina. Contudo, ao chegar ao estômago, esse alimento é envolvido pelo suco gástrico, de pH ao redor de 2, que inibe a ação da ptialina e impede o prosseguimento da digestão do amido nesse local. O que acontece com o amido a partir do estômago, até chegar ao nosso sangue?

- A respeito das glândulas anexas do tubo digestório, é correto afirmar que
  - todas produzem enzimas digestórias.
  - o alimento passa pelo interior delas para receber sua secreção.
  - a secreção das glândulas salivares é responsável por iniciar a digestão de proteínas.
  - a secreção do fígado se relaciona à digestão de carboidratos.
  - o pâncreas produz a maior parte das enzimas digestórias.
- Atualmente, têm-se visto muitos casos de pessoas obesas que se submetem à cirurgia de diminuição do volume do estômago. O emagrecimento obtido após esse procedimento está diretamente relacionado à tentativa de se obter
  - aceleração do peristaltismo.
  - diminuição da velocidade da digestão de gorduras.
  - diminuição da superfície de absorção de nutrientes.
  - sensação de saciedade com menor quantidade de alimento.
  - alteração no pH do meio, dificultando a digestão total do alimento.

### Módulo 35 – A digestão nos ruminantes

1 Os ruminantes são mamíferos da ordem artiodáctila, tendo como principais representantes o boi, a cabra, o camelo etc. Nesses animais, o estômago apresenta 4 câmaras.

- Cite-as.
- Em qual delas aparecem os microrganismos mutualísticos que digerem a celulose?

2 (PUC-RS) – As câmaras identificadas nas figuras pelas letras **A, B, C e D** representam, respectivamente,

- rúmen, retículo, abomaso e omaso.
- retículo, rúmen, abomaso e omaso.
- retículo, rúmen, omaso e abomaso.
- rúmen, retículo, omaso e abomaso.
- rúmen, omaso, abomaso e retículo.

3 (PUC-RS) – A absorção dos produtos da digestão ocorre no

- intestino delgado.
- esôfago.
- retículo.
- abomaso.
- omaso.

4 Os animais ruminantes apresentam o estômago dividido em quatro compartimentos. Esta especialização tem por objetivo

- proteger o trato gastrointestinal do efeito nocivo de alguns vegetais.
- obter maior eficiência na digestão das proteínas.
- aumentar a capacidade de assimilar lipídios.
- permitir a digestão da celulose.
- produzir abundante secreção para favorecer a ruminação.



## Módulo 36 – O sistema respiratório

1 A alta atividade orgânica dos vertebrados impõe um consumo maior de oxigênio. Para tanto, observa-se que diversos mecanismos respiratórios foram adaptados, tais como respiração cutânea, branquial e pulmonar.

- Cite a classe dos vertebrados na qual existem espécies que apresentam respiração cutânea, branquial e pulmonar.
- Qual a condição básica para que um organismo apresente respiração cutânea?
- O que provoca a entrada e saída de ar na respiração pulmonar, sabendo-se que os pulmões não possuem movimentos ativos?

2 Existem quatro tipos de sistemas para trocas gasosas nos animais:

- branquial, (b) pulmonar, (c) traqueal, (d) através da superfície do corpo.
- Quais desses sistemas captam o oxigênio dissolvido na água e quais captam o oxigênio do ar?
- Associe os tipos de sistemas aos seguintes animais: minhoca, barata, camarão e medusa.
- Os sapos, na fase adulta, apesar de respirarem por pulmões, podem obter cerca de 25% de oxigênio necessário por outro meio. Cite esse meio.

3 Em uma conhecida canção do cancioneiro popular de Minas Gerais, são feitas as perguntas:

*Como pode um peixe vivo viver fora d'água fria?  
Como poderei viver sem a tua companhia?*

- Que órgão permite a um peixe respirar e manter-se vivo na água, mas não lhe permite viver fora dela? Como esse órgão exerce essa função?
- Qual a razão do termo *água fria*, ou seja, por que há restrições à temperatura da água?

4 São exemplos de vertebrados pulmonados, que, na fase larvária, respiram por brânquias e, quando adultos, apresentam respiração cutânea e pulmonar:

- sapos e lagartos.
- cobras-cegas e lagartos.
- lagartos e camaleões.
- camaleões e rãs.
- sapos e cobras-cegas.

## Módulo 37 – A respiração humana

1 Todos nós possuímos uma combinação fantástica de células, que, para sobreviverem, necessitam respirar, considerando-se que a função respiratória é desempenhada, em diferentes níveis, pelos pulmões e por todas as células.

- Estabeleça uma comparação entre o processo de respiração pulmonar e o de respiração celular.
- Esclareça como a respiração pulmonar e a celular se interligam e como cada uma delas, por sua vez, se relaciona com o sistema respiratório.

2 O que provoca a entrada e saída de ar na respiração pulmonar, sabendo-se que os pulmões não possuem movimentos ativos?

3 ... João, com o sobrenome de Limeira, agrediu e insultou a moça, irritado naturalmente com os seus desdêns. Martinha recolheu-se à casa. Nova agressão, à porta. Martinha, indignada, mas ainda prudente, disse ao importuno: "Não se aproxime, que eu lhe furo." João Limeira aproximou-se, ela deu-lhe uma punhalada, que o matou instantaneamente.

(Machado de Assis. O punhal de Martinha. 1894.)

Perfurações no tórax, provocadas por objetos pontiagudos como facas e punhais, ainda que não atinjam qualquer órgão vital, se permanecerem abertas podem matar o sujeito por asfixia. Explique por que isso pode ocorrer.

4 De que maneira os movimentos respiratórios são afetados durante a ascensão a grandes altitudes?

## Módulo 38 – Tipos de circulação

1 Nos animais mais evoluídos, como é o caso dos mamíferos, o sistema circulatório transporta, através do sangue, uma série de substâncias. Cite, genericamente, 4 dessas substâncias.

2 Em artrópodes e moluscos, a circulação é aberta ou lacunar; já nos vertebrados, é fechada. Qual é a principal diferença existente entre o sistema circulatório aberto e o fechado?

3 Complete a tabela abaixo declinando o tipo de circulação (simples ou dupla e completa ou incompleta) que ocorre nos vertebrados citados.

| Animais            | Circulação |
|--------------------|------------|
| Peixes             |            |
| Anfíbios e répteis |            |
| Aves e mamíferos   |            |

4 Dos animais abaixo, o oxigênio e o dióxido de carbono são transportados pelo sistema circulatório SOMENTE em

- besouros.      b) gafanhotos.      c) borboletas.
- planárias.      e) minhocas.

## Módulo 39 – Os corações dos vertebrados

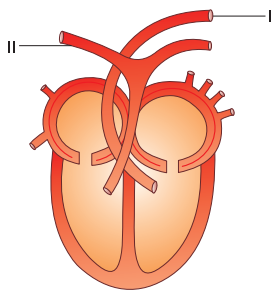
1 Em relação às cavidades cardíacas (átrios e ventrículos), caracterize, sumariamente, o coração dos animais vertebrados.

2 Esquematize o caminho de uma hemácia do sangue humano desde o ventrículo direito até o átrio esquerdo. Indique as partes do percurso em que o sangue é venoso.

3 Qual é a relação funcional entre o sistema circulatório e o respiratórios

- nos mamíferos?
- nos insetos?

**4 (FEI)** – O esquema a seguir apresenta o coração de um mamífero. Baseando-se nesse esquema, responda:



Quais são os nomes dos vasos representados pelos números I e II?

- I – artéria aorta, II – artéria pulmonar direita.
- II – artéria aorta, I – artéria pulmonar direita.
- I – artéria aorta, II – artéria pulmonar esquerda.
- II – artéria aorta, I – artéria pulmonar esquerda.
- I – artéria pulmonar direita, II – artéria pulmonar esquerda.

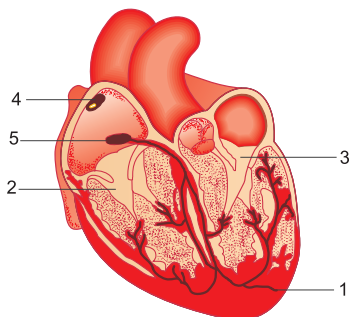
### Módulo 40 – O automatismo cardíaco

**1** Qual é a diferença entre o coração miogênico de um vertebrado e o neurogênico de um artrópode?

**2** Em relação à pressão arterial, responda:

- O que se entende por pressão máxima e pressão mínima?
- Quais são os valores normais?

**3** Em relação ao coração abaixo esquematizado, analise as afirmações propostas.



- A musculatura do coração, chamada miocárdio (1), é formada por um tecido especial: o tecido muscular estriado cardíaco.
- O átrio direito comunica-se com o ventrículo direito (2) por meio de um orifício guarnecido pela válvula tricúspide.
- O átrio esquerdo comunica-se com o ventrículo esquerdo (3), sendo esta passagem guarnecida pela válvula bicuspíde ou mitral.
- A frequência de batimentos cardíacos é controlada por uma região especial do coração, denominada nóculo sinoatrial (4).
- O nóculo atrioventricular (5) é chamado de marca-passo.

Estão corretas:

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

**4 (PUCC)** – A pressão sanguínea deve ser monitorada constantemente, pois a hipertensão arterial, muitas vezes, não apresenta sintoma aparente, mas, a médio e longo prazo, pode causar problemas ao cérebro, aos rins e ao coração. Ao medir a pressão sanguínea, registram-se pressões máxima e mínima, que correspondem, respectivamente, à pressão na parede do(a)

- coração no momento em que ocorre a sístole e no momento em que ocorre a diástole ventricular e auricular.
- veia no momento em que o coração bombeia o sangue e no momento em que o coração está relaxado após a contração.
- veia no momento em que o coração está relaxado após a contração e no momento em que o coração bombeia o sangue.
- artéria no momento em que o coração bombeia o sangue e no momento em que o coração está relaxado após a contração.
- artéria no momento em que o coração está relaxado após a contração e no momento em que o coração bombeia o sangue.

### Módulos 41 – As hemácias e as plaquetas

**1** Complete o quadro abaixo no qual aparecem caracteres das hemácias humanas.

|                        |  |
|------------------------|--|
| Forma                  |  |
| Tamanho                |  |
| Núcleo                 |  |
| Número/mm <sup>3</sup> |  |
| Função                 |  |
| Origem                 |  |

**2** Que funções exercem no sangue as proteínas abaixo listadas?

- Hemoglobina
- Fibrinogênio
- Albumina
- Gamaglobulina

**3 (UNESP)** – Vários atletas do continente americano foram convidados a participar de uma competição de atletismo na cidade do Rio

de Janeiro. Assim que os atletas desembarcaram no Aeroporto Internacional, foram submetidos a vários testes e exames, um dos quais o hemograma. Um determinado atleta, tendo perdido o seu passaporte durante a viagem, alegou ser mexicano e que morar na Cidade do México.

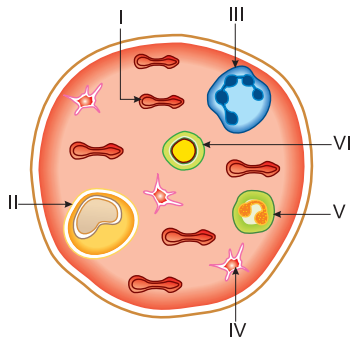
- Qual o elemento figurado do sangue que, analisado por meio do hemograma deste atleta, possibilitaria acreditar em sua origem?
- Justifique sua resposta.

4 Para estancar hemorragias, é necessário que ocorra o processo de coagulação sanguínea. No coágulo, estão presentes células, plaquetas e uma rede de fibrina. A formação da rede de fibrina é o final de uma série de reações que se inicia com a lesão do tecido. Explique o processo de formação da rede de fibrina.

## Módulos 42 - Os leucócitos

1 Para funcionar na defesa do organismo, os leucócitos apresentam, através da emissão de pseudópodes, duas propriedades: diapedese e fagocitose. No que consistem essas propriedades?

2 O desenho a seguir representa um esfregaço de sangue humano.



Pergunta-se:

- Qual célula transporta oxigênio, como é denominada e que pigmento possui?
- Qual apresenta tromboquinase?
- Qual participa na formação de anticorpos?
- Qual aumenta em número na corrente sanguínea nas alergias?
- Qual é o leucócito mais numeroso no sangue humano?
- Quais são elementos figurados do sangue humano?

3 As hemácias de um homem adulto têm uma vida média de 120 dias. Sobre a origem e destino das hemácias humanas, podemos afirmar corretamente:

- São originadas de uma hemácia que sofre mitoses sucessivas e são destruídas no fígado.
- São originadas na medula espinhal e destruídas no baço.
- São produzidas no fígado e destruídas no baço e pâncreas.
- São formadas na medula óssea e destruídas no fígado e baço.
- São formadas no próprio sangue e filtradas nos rins quando são destruídas e reabsorvidas.

4 O quadro abaixo se refere ao número de células sanguíneas, expresso em células/mm<sup>3</sup> de sangue, encontradas nos exames de sangue de um indivíduo normal e de um indivíduo doente.

| Células Sanguíneas | Indivíduo normal | Indivíduo doente |
|--------------------|------------------|------------------|
| Hemácias           | 4.500.000        | 4.800.000        |
| Plaquetas          | 250.000          | 100.000          |
| Leucócitos         | 8.000            | 15.000           |

O indivíduo doente pode apresentar um quadro clínico de

- infecção e distúrbio de coagulação.
- alergia e anemia.
- anemia e infecção.
- anemia e hemorragia.
- fraqueza e hemorragia.

## Módulo 43 - O sistema linfático

1 No que consiste o sistema vascular linfático?

2 Cite duas funções exercidas pelo sistema linfático, quando ocorre, no organismo humano, uma inflamação (edema) provocada por uma infecção bacteriana.

3 No trajeto dos vasos linfáticos, encontram-se dilatações denominadas gânglios linfáticos ou linfonodos. Que tipo de tecido encontramos nos linfonodos?

## Módulo 44 - O sistema excretor

1 Por que é importante que os organismos se livrem das substâncias nocivas ou inúteis, originadas das suas atividades vitais?

2 Complete a tabela abaixo com a estrutura excretora existente nos animais citados.

| Animais     | Estruturas excretoras |
|-------------|-----------------------|
| 1. Planária |                       |
| 2. Minhoca  |                       |
| 3. Camarão  |                       |
| 4. Mosca    |                       |

3 Quais são as excretas produzidas no metabolismo dos aminoácidos? Qual delas é a mais tóxica?

4 Durante o metabolismo de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, são produzidos diversos compostos nitrogenados que precisam ser excretados pelos animais. Com base no exposto, faça o que se pede:

- Qual a principal molécula nitrogenada excretada pelos peixes ósseos?
- Qual a principal molécula nitrogenada excretada pelos seres humanos?
- Qual a principal molécula nitrogenada excretada por aves e répteis?
- Durante a evolução dos vertebrados, a excreção de produtos nitrogenados com maior economia de água representou vantagem adaptativa que contribuiu para a ocupação do ambiente terrestre. Cite um desses compostos nitrogenados.

## FRENTE 2

### Módulo 17 – Sistema ABO: classificação e herança

1 Um homem de genótipo  $I_b i$  casa-se com uma mulher de genótipo  $I_a i$ . Qual a probabilidade de o primeiro filho do casal ser homocigoto?

2 Foi feita a determinação do grupo sanguíneo de uma pessoa em relação ao sistema ABO; gotas de seu sangue não aglutinaram na presença do soro anti-A nem do soro anti-B. O sangue dessa pessoa deve pertencer ao grupo sanguíneo:

- a) A    b) B    c) AB    d) O    e) ABO

3 Um casal é formado por um homem do grupo sanguíneo A, heterocigoto, e uma mulher do grupo sanguíneo O. Os filhos deste casal serão

- a) todos homocigotos.  
b) todos heterocigotos.  
c) do grupo sanguíneo A ou do B.  
d) todos do grupo sanguíneo O.  
e) do grupo sanguíneo A ou do O.

4 Em relação ao sistema sanguíneo ABO, complete o quadro abaixo.

| Fenótipos | Genótipos |
|-----------|-----------|
|           |           |
|           |           |
|           |           |
|           |           |

### Módulo 18 – Sistema ABO: as transfusões

1 Uma pessoa recebeu transfusão de sangue e morreu em consequência dessa transfusão. Seu pai é do grupo sanguíneo AB, sua mãe é do grupo sanguíneo A homocigota.

Pergunta-se:

- a) A que grupo pertencia a pessoa em questão?  
b) Que tipo de sangue a pessoa deve ter recebido?

2 Um casal com grupo sanguíneo B tem um filho que sofreu um acidente e não pôde receber sangue de seus pais por causa da incompatibilidade sanguínea. Pergunta-se:

- a) Qual o grupo sanguíneo do menino?  
b) Por que a transfusão foi considerada incompatível?

3 Um banco de sangue possui 5 litros de sangue tipo AB, 3 litros tipo A, 8 litros tipo B e 2 litros tipo O. Para transfusões em indivíduos O, A, B e AB, estão disponíveis, respectivamente,

- a) 2, 5, 10 e 18 litros.    b) 2, 3, 5 e 8 litros.  
c) 18, 8, 13 e 5 litros.    d) 2, 3, 8 e 16 litros.  
e) 5, 4, 3 e 10 litros.

4 Assinale a alternativa na qual aparece uma transfusão sanguínea incompatível:

- a)  $O \rightarrow A$     b)  $B \rightarrow AB$     c)  $A \rightarrow B$   
d)  $O \rightarrow AB$     e)  $A \rightarrow AB$

### Módulo 19 – O sistema Rh

1 A eritroblastose fetal é um processo grave observado em recém-nascidos, quando as aglutininas do sangue materno agem sobre o feto, causando aborto ou doença hemolítica. Para que isso ocorra, que tipo de fator Rh ( $Rh^+$ ;  $Rh^-$ ) devem apresentar o pai, a mãe e a criança?

2 Qual a probabilidade de um casal heterocigoto para o fator Rh ter um filho Rh negativo e do sexo feminino?

- a)  $1/2$     b)  $1/4$     c)  $1/6$   
d)  $1/8$     e)  $1/16$

3 Suponha que uma determinada pessoa necessite com urgência de transfusão de sangue. Não havendo tempo suficiente de testar seu sangue, devemos transfundir sangue

- a) A,  $Rh^+$ .    b) B,  $Rh^-$ .    c) O,  $Rh^+$ .  
d) AB,  $Rh^-$ .    e) O,  $Rh^-$ .

4 Um homem  $Rh^+$  heterocigoto com sangue do grupo O casa-se com uma mulher  $Rh^-$  com sangue do grupo AB. O casal NÃO pode ter filhos

- a)  $Rh^+A$ .    b)  $Rh^+B$ .    c)  $Rh^-A$ .  
d)  $Rh^-B$ .    e)  $Rh^-AB$ .

### Módulo 20 – O sistema MN

1 Uma mulher do tipo sanguíneo AB – Rh negativo – M casa-se com um homem do tipo sanguíneo O – Rh negativo – N. Os fenótipos prováveis de seus filhos serão:

- a) O – M – Rh positivo.  
b) AB – N – Rh negativo.  
c) A, B – MN – Rh negativo.  
d) O, A, AB – Rh positivo.  
e) AB, A, O, B – MN – Rh negativo.

2 Determine o provável genótipo do pai de três crianças, cuja mãe apresenta sangue do tipo A, MN e Rh positivo.

Primeira criança – AB, N, Rh positivo

Segunda criança – O, MN, Rh negativo

Terceira criança – AB, M, Rh positivo

- a) I<sup>B</sup>i MN Rr      b) I<sup>A</sup>I<sup>B</sup> MN Rr      c) I<sup>A</sup>i MN rr  
d) ii NN RR      e) I<sup>B</sup>i MN Rr ou rr

3 A herança dos grupos sanguíneos do sistema MN é determinada por

- a) um par de alelos com dominância entre eles.  
b) um par de alelos sem dominância entre eles.  
c) um par de alelos em interação com os genes do sistema ABO.  
d) alelos múltiplos em interação com os genes do sistema ABO.  
e) alelos múltiplos sem interação com os genes do sistema ABO.

4 Um senhor, cujo pai era do grupo N e a mãe M, casa-se com uma mulher do grupo idêntico ao seu. Quais as probabilidades de que os filhos sejam do grupo N, do grupo M ou do grupo MN?

- a) 50%, 75% e 25%.      b) 25%, 75% e 25%.  
c) 25%, 50% e 25%.      d) 50%, 50% e 25%.  
e) 25%, 25% e 50%.

## Módulo 21 – A interação gênica

1 Nas ervilhas, a presença dos genes C ou P ou a ausência de ambos produz flor branca. A presença de ambos simultaneamente produz flor púrpura. Determine a cor dos F<sub>1</sub> e suas proporções no cruzamento seguinte:

CcPp x CcPp

2 Em ratos, a coloração do pelo depende da ação de dois pares de genes independentes. O gene C leva à formação de pigmento e seu alelo c, em condição homocigótica, impede a formação de pigmento.

O gene B produz cor preta e seu alelo b determina a cor marrom.

Um rato preto heterocigoto (para os dois locos gênicos) é cruzado com um rato albino homocigoto recessivo (para os dois locos gênicos). Assinale a proporção fenotípica esperada na descendência desse cruzamento:

- a) 3 pretos: 1 albino      b) 1 preto: 1 marrom: 2 albinos  
c) 2 marrons: 1 albino      d) 2 pretos: 2 albinos  
e) 2 pretos: 1 marrom: 1 albino

3 Em cebola, dois pares de genes que apresentam segregação independente participam na determinação da cor do bulbo: o alelo dominante I impede a manifestação de cor e o recessivo i permite a expressão; o alelo dominante A determina cor vermelha e o recessivo a, cor amarela. Uma proporção de 2 incolores: 1 vermelho: 1 amarelo é esperada entre os descendentes do cruzamento:

- a) I<sup>I</sup>A<sup>A</sup> x I<sup>i</sup>A<sup>a</sup>      b) I<sup>i</sup> A<sup>A</sup> x I<sup>i</sup>A<sup>a</sup>  
c) I<sup>I</sup>a<sup>a</sup> x I<sup>i</sup>a<sup>a</sup>      d) I<sup>i</sup> A<sup>a</sup> x I<sup>i</sup> A<sup>a</sup>  
e) I<sup>i</sup> A<sup>a</sup> x I<sup>i</sup> a<sup>a</sup>

4 (MODELO ENEM) – Em galináceos, foram observados quatro tipos de cristas: rosa, ervilha, simples e noz. Quando aves homocigóticas de crista rosa foram cruzadas com aves de crista simples, foram obtidos 75% de aves com crista rosa e apenas 25% com crista simples. Do cruzamento de aves homocigóticas de crista ervilha com aves de crista simples, foram obtidos 75% de aves com crista ervilha e apenas 25% com crista simples. Quando aves homocigóticas de crista rosa foram cruzadas com aves homocigóticas de crista ervilha, todos os descendentes F<sub>1</sub> apresentaram um novo tipo de crista, o tipo noz. Na F<sub>2</sub>, produzida a partir do cruzamento de indivíduos F<sub>1</sub>, foi observado que, para cada 16 descendentes: nove apresentavam crista noz; três, crista rosa; três, crista ervilha; apenas um, crista simples. Esses dados indicam que, na herança da forma da crista nessas aves, tem-se um caso de

- a) pleiotropia, em que quatro alelos de um loco estão envolvidos.  
b) interação gênica entre alelos de dois locos distintos.  
c) epistasia dominante e recessiva.  
d) herança quantitativa.  
e) alelos múltiplos.

## Módulo 22 – A herança quantitativa

1 Supondo-se que a cor da pele humana seja condicionada por apenas dois pares de genes autossômicos (A e B) contribuintes, qual a probabilidade de um casal de mulatos, ambos com genótipo AaBb, ter um filho branco?

2 Do casamento de um mulato escuro com uma mulata clara, a probabilidade de nascer uma criança mulata média é de

- a) 0%      b) 25%      c) 50%      d) 75%      e) 100%

3 A determinação da cor da pele em humanos é um exemplo de

- a) herança intermediária.  
b) herança quantitativa.  
c) herança ligada ao sexo.  
d) herança dominante.  
e) alelos múltiplos.

## FRENTE 1

### Módulo 33 – O sistema digestório

- 1 Os alimentos são constituídos por macromoléculas que precisam ser transformadas em moléculas menores para serem absorvidas pelas células.
- 2 a) Começa no tubo digestório, completando-se no interior das células. Exemplo: platielmintes.  
b) Ocorre totalmente no tubo digestório. Exemplo: vertebrados.
- 3 **Resposta: A**
- 4 **Resposta: E**

### Módulo 34 – A digestão humana

- 1 a) Nos tubos I e III.  
b) Em I, ocorreu a ação da pepsina, enzima retirada do estômago; em III, agiu a ptialina, enzima salivar retirada da boca.  
c) A pepsina e a ptialina só atuam, respectivamente, em pH ácido (2,0) e básico (entre 6,4 e 7,5).
- 2 No intestino, o amido parcialmente hidrolisado sofre a ação das amilases pancreática e entérica, formando maltose. A enzima maltase entérica transforma a maltose em glicose, que é absorvida ao nível do intestino delgado, chegando ao sangue.
- 3 **Resposta: E**
- 4 **Resposta: D**

### Módulo 35 – A digestão nos ruminantes

- 1 a) Pança ou rúmen, barrete ou retículo, omaso ou folhoso e abomaso ou coagulador.  
b) Na pança.
- 2 **Resposta: D**
- 3 **Resposta: A**
- 4 **Resposta: D**

### Módulo 36 – O sistema respiratório

- 1 a) Anfíbios.  
b) Epiderme delgada, úmida, permeável e vascularizada.  
c) Contrações da musculatura intercostal nos representantes das classes répteis, aves e mamíferos e também do diafragma nos mamíferos.

- 2 a) Água: sistemas cutâneo e branquial.  
Ar: sistemas traqueal e pulmonar.  
b) Minhoca e medusa – difusão; barata – traqueal; camarão – branquial.  
c) Respiração cutânea.
- 3 a) O órgão é a brânquia. Por difusão, ela retira  $O_2$  da água para o sangue e elimina  $CO_2$  do sangue para a água.  
b) A elevação da temperatura diminui o grau de solubilidade de  $O_2$  na água.
- 4 **Resposta: E**

### Módulo 37 – A respiração humana

- 1 a) A respiração pulmonar realiza a captação de  $O_2$  e a eliminação de  $CO_2$ . A respiração celular é um processo bioquímico que consome matéria orgânica e oxigênio, produzindo  $CO_2$ ,  $H_2O$  e ATP.  
b) Nos alvéolos pulmonares, o  $O_2$  associa-se às moléculas de hemoglobina presente nas hemácias, sendo transportado às células pelo sangue. O  $CO_2$  percorre caminho inverso.
- 2 Contrações e relaxamentos da musculatura intercostal em répteis, aves e mamíferos e do diafragma em mamíferos.
- 3 Perfurações no tórax podem ocasionar a entrada de ar, equilibrando as pressões interna e externa, comprometendo a ventilação pulmonar e levando à morte por asfixia.
- 4 A grandes altitudes, há menos oxigênio no ar e, conseqüentemente, os movimentos respiratórios devem ser mais rápidos para fornecer oxigênio suficiente.

### Módulo 38 – Tipos de circulação

- 1 1 – nutrientes; 2 – excretas; 3 – gases ( $O_2$  e  $CO_2$ ); 4 – hormônios.
- 2 No sistema aberto, o sangue circula em vasos e cavidades denominadas lacunas. No sistema fechado, circula continuamente no interior de vasos.
- 3 **Resposta: A**
- 4 **Resposta: E**

### Módulo 39 – Os corações dos vertebrados

- 1 Peixes – 1A e 1V.  
Anfíbios – 2A e 1V.  
Répteis – 2A e 2V incompletamente separados na maioria e completamente nos crocodilianos.  
Aves e mamíferos – 2A e 2V.

2 Caminho: VD – artéria pulmonar – pulmões – veias pulmonares – átrio esquerdo.  
O sangue é venoso no VD e nas artérias pulmonares.

3 a) Nos mamíferos, o sangue transporta gases respiratórios ( $O_2$ ) e ( $CO_2$ ).  
b) Nos insetos, o sangue não transporta gases, o que é feito pelas traqueias.

4 Resposta: A

## Módulo 40 – O automatismo cardíaco

1 No miogênico, o batimento se origina no próprio coração; no neurogênico, o batimento é iniciado e conduzido ao miocárdio pelo tecido nervoso.

2 a) A máxima ou sistólica é determinada pela contração (sístole) do ventrículo esquerdo, quando bombeia o sangue para a aorta. A mínima ocorre pela dilatação (diástole) quando o ventrículo esquerdo recebe o sangue arterial do átrio esquerdo.  
b) A máxima corresponde a 120mmHg e a mínima a 80mmHg.

3 Resposta: E

4 Resposta: D

## Módulos 41 – As hemácias e as plaquetas

1 Forma – circular e bicôncava  
Tamanho – 7 micrômetros de diâmetro  
Núcleo – ausente  
Número/mm<sup>3</sup> – 5.500.000 no homem e 5.000.000 na mulher  
Função – transporte de  $O_2$  e  $CO_2$   
Origem – tecido hematopoiético

2 a) Transporte de oxigênio  
b) Coagulação sanguínea  
c) Pressão osmótica do sangue  
d) Defesa do organismo

3 a) Hemácia.  
b) Indivíduos provenientes de regiões de elevada altitude possuem um número maior de hemácias, para compensar a baixa pressão parcial do  $O_2$  nessas regiões, onde o ar é rarefeito.

4 A tromboplastina, na presença do íon cálcio, transforma a protrombina em trombina, enzima que catalisa a transformação do fibrinogênio em fibrina.

## Módulos 42 – Os leucócitos

1 Diapedese é a capacidade que os leucócitos têm de atravessar as paredes dos vasos sanguíneos e migrar pelo tecido conjuntivo. Fagocitose é o englobamento de elementos estranhos como, por exemplo, as bactérias.

2 a) I – hemácia ou eritrócito – possui hemoglobina.  
b) IV – plaqueta ou trombócito.  
c) VI – linfócito.  
d) V – acidófilo ou eosinófilo.  
e) III – neutrófilo.  
f) I, II, III, IV, V e VI.

3 Resposta: D

4 Resposta: A

## Módulo 43 – O sistema linfático

1 O sistema vascular linfático é constituído por uma série de vasos que retiram o excesso de líquido tissular dos espaços intersticiais e o fazem retornar ao sistema circulatório.

2 1 – recolher o excesso de líquido intersticial, diminuindo o edema.  
2 – fagocitar as bactérias através dos leucócitos.

3 Tecido hematopoético linfoide.

## Módulo 44 – O sistema excretor

1 Acumuladas nas células, tais substâncias agirão como tóxicos, interferindo nas atividades celulares.

2 1 – Células (flama ou solenócitos)  
2 – Nefrídios  
3 – Glândulas verdes  
4 – Túbulos de Malpighi

3 Amônia, ureia e ácido úrico.  
A mais tóxica é a amônia.

4 a) Amônia.  
b) Ureia.  
c) Ácido úrico.  
d) Ácido úrico.

## FRENTE 2

### Módulo 17 – Sistema ABO: classificação e herança

1  $1/4$  ou 25%

2 Resposta: D

3 Resposta: E

4

| Fenótipos | Genótipos            |
|-----------|----------------------|
| A         | $I^A I^A$ ou $I^A i$ |
| B         | $I^B I^B$ ou $I^B i$ |
| AB        | $I^A I^B$            |
| O         | ii                   |

### Módulo 18 – Sistema ABO: as transfusões

1 a) Ao grupo A.  
b) Deve ter recebido sangue B ou AB.

2 a) O  
b) Anti-B do menino aglutina hemácias B dos pais.

3 Resposta: A

4 Resposta: C

### Módulo 19 – O sistema Rh

1 Pai  $Rh^+$  – mãe  $Rh^-$  – criança  $Rh^+$ .

2 Resposta: D

3 Resposta: E

4 Resposta: E

### Módulo 20 – O sistema MN

1 Resposta: C

2 Resposta: E

3 Resposta: B

4 Resposta: E

### Módulo 21 – A interação gênica

1  $CcPp \times Ccpp$

|    |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|
|    | CP   | Cp   | cP   | cp   |
| Cp | CCPp | CCpp | CcPp | Ccpp |
| cp | CcPp | Ccpp | ccPp | ccpp |

2 Resposta: B

3 Resposta: E

4 Resposta: B

### Módulo 22 – A herança quantitativa

1  $1/16$

2 Resposta: C

3 Resposta: B