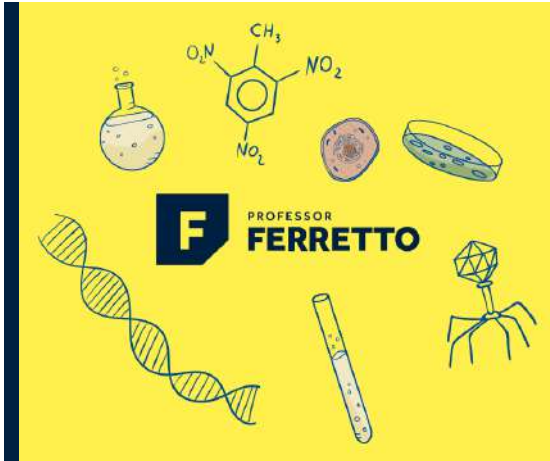


# Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



## ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Sistemas respiratórios animais](#)
- [Sistema respiratório em humanos](#)
- [Movimentos respiratórios em humanos](#)

## SISTEMA RESPIRATÓRIO

### PARTE 1

O termo **respiração** pode ser utilizado com dois sentidos, ou seja, em **nível celular** e em **nível fisiológico**.

A **respiração celular** é o processo pelo qual os organismos vivos oxidam os nutrientes para extrair-lhes a energia necessária à manutenção de suas atividades. Esta respiração celular pode ocorrer de forma aeróbica ou anaeróbica (incluindo aí o processo de fermentação).

Já a **respiração em nível fisiológico** está mais relacionada ao fenômeno de trocas gasosas entre o organismo e o meio para que este obtenha o oxigênio necessário à realização da respiração aeróbica e elimine o gás carbônico que lhe é tóxico.

Deve-se lembrar que o oxigênio na respiração celular é utilizado na cadeia respiratória para melhor extrair a energia dos nutrientes, em um processo que resulta na liberação de água. No processo respiratório como um todo, também ocorre liberação de  $\text{CO}_2$ .

O gás carbônico deve ser eliminado a fim de evitar a **acidose** no organismo. Isso poderia acontecer porque o  $\text{CO}_2$  combina-se com a água formando ácido carbônico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Este se dissocia em  $\text{H}^+$  (responsável pela acidose) e  $\text{HCO}_3^-$ , com consequentes efeitos nocivos para o indivíduo. Este fenômeno de acidose provoca sérios prejuízos ao funcionamento do organismo, uma vez que a alteração no pH provoca o mau funcionamento enzimático. No tecido nervoso, isso pode provocar uma séria depressão das funções fisiológicas do organismo, o que pode resultar em morte.

O local do corpo onde ocorrem as trocas gasosas com o meio é denominado genericamente **superfície respiratória**. Em alguns animais, esta superfície respiratória pode ser a própria superfície corporal (**revestimento corporal externo ou pele**) ou, em outros animais, corresponder a órgãos especializados, como **brânquias** (adaptadas ao ambiente aquático) e **pulmões** (adaptadas ao ambiente terrestre), que formam os chamados sistemas respiratórios.

Nesta seção do estudo da fisiologia animal será estuda-

da a respiração no sentido fisiológico dentro de todos os seus aspectos: as **trocas gasosas com o meio externo** através de superfícies respiratórias do corpo dos animais, **o transporte de gases através do corpo e as trocas gasosas nas células dos diferentes tecidos**.

Considerando que a respiração visa o fornecimento de oxigênio para a obtenção de energia a partir dos nutrientes, note a profunda relação existente entre respiração e nutrição, bem como entre respiração e circulação, uma vez que na maioria dos organismos animais o sistema circulatório é o encarregado de distribuir pelo corpo o oxigênio obtido a partir da superfície respiratória.

## SISTEMAS RESPIRATÓRIOS ANIMAIS

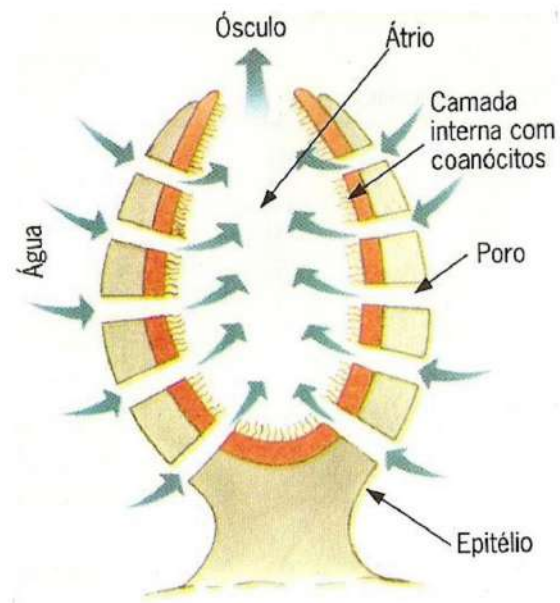
A necessidade de oxigênio em organismos animais é muito grande, devido à sua intensa atividade metabólica (principalmente se comparada com a de vegetais) e conseqüentemente devido à sua necessidade de produção de energia. Assim, quanto maior a complexidade do organismo animal e quanto maior sua atividade metabólica, mais desenvolvido e eficiente deve ser o sistema respiratório.

A respiração em animais pode ocorrer através de vários processos, como a **respiração por difusão**, a **respiração cutânea**, a **respiração traqueal**, a **respiração filotraqueal**, a **respiração branquial** e a **respiração pulmonar**.

### RESPIRAÇÃO POR DIFUSÃO

Em organismos mais simples, não existe um sistema respiratório especializado, uma vez que, pelas dimensões corporais reduzidas, as trocas gasosas (e mesmo o transporte dos gases respiratórios no interior do corpo) podem ocorrer por simples **respiração por difusão**. Em espongiários e cnidários, o intercâmbio de gases se faz diretamente tanto pelas células da camada externa do corpo como pelas células da camada interna em relação à água que banha essas células. Repare que a água penetra numa cavidade central (átrio ou espongiocela de espongiários e cavidade gastrovascular de cnidários), pondo-se em contato também com as células da camada interna do corpo desses animais.

É importante a compreensão de que todos os tipos de respiração ocorrem por difusão. Entretanto, nesses organismos mais simples, como já dito, a difusão de gases na respiração ocorre a partir de qualquer superfície corporal, caracterizando esta "respiração por difusão". Entretanto, as demais formas de respiração ocorrem através de superfícies especializadas (superfícies respiratórias), o que caracteriza a "respiração cutânea", a "respiração traqueal" etc.



### RESPIRAÇÃO CUTÂNEA

A denominação de respiração cutânea não é compatível com esses animais mais simples (espongiários e cnidários) porque não possuem pele, e sim um tecido de revestimento externo bem mais simplificado (o termo cutâneo é relativo à pele). Mas, em outros grupos animais, esses revestimentos do corpo

mais bem elaborado já existem. Aí, a respiração (que como já dito também é por difusão) pode ser realmente chamada de **respiração cutânea**.

Neste caso, podemos diferenciar a respiração cutânea direta e a respiração cutânea indireta.

Na **respiração cutânea direta**, que ocorre com platelmintos e nematelmintos, não dotados de sistema circulatório, a difusão de gases se dá por toda a superfície corporal e imediatamente pelas células mais profundas do corpo. É uma difusão célula a célula.

Na **respiração cutânea indireta**, existem vasos sanguíneos superficiais, que ocorrem logo abaixo do revestimento do corpo. Esses vasos absorvem o oxigênio, conduzindo-o para os tecidos mais profundos, ao mesmo tempo em que descarregam para o exterior o dióxido de carbono. Isso pode ser observado em alguns moluscos terrestres, anelídeos e anfíbios, que já apresentam sistema circulatório.

**A respiração cutânea depende de uma superfície corporal permanentemente umedecida. Isso é necessário porque, para os gases respiratórios difundirem-se para os tecidos corporais (cujo principal componente é a água), deve haver uma interface aquosa entre o ar ambiente e esses tecidos.** Uma pele ressecada, por exemplo, não possui água superficial para conduzir os gases dispersos até os tecidos imediatamente subjacentes, impedindo a respiração cutânea. Desta maneira, todos os organismos que realizam respiração cutânea devem

viver obrigatoriamente em ambientes úmidos. A ressecação da pele nesses casos leva a uma asfixia e à consequente morte.

## RESPIRAÇÃO TRAQUEAL E FILOTRAQUEAL

Em alguns artrópodes, notadamente nos insetos, aparece um novo tipo de respiração, mais adaptado a ambientes terrestres por não exigir uma superfície corporal úmida. Esta respiração dos insetos é denominada **respiração traqueal**. Este tipo de respiração, ao contrário das descritas anteriormente, apresenta um sistema respiratório propriamente dito, isto é, um conjunto de órgãos realmente especializados em promover as trocas respiratórias. Este sistema respiratório é composto de finos tubos ramificados, as traqueias, que partem de orifícios, os **estigmas**, situados aos pares nos anéis do tórax e do abdome. Estes tubos e suas inúmeras ramificações vão ter diretamente à intimidade dos tecidos levando oxigênio diretamente às células de todas as partes do corpo. Os movimentos musculares do corpo através do tórax e do abdome distendem ou comprimem as **traqueias**, facilitando a sucção do oxigênio na inspiração e induzindo a expulsão do gás carbônico proveniente das células na expiração, respectivamente.

**Observação:** Como as traqueias levam diretamente o oxigênio à intimidade dos tecidos, nos insetos, o sangue perde então, sensivelmente, o seu papel de transportador de oxigênio. Por isso, o

sangue dos insetos não é dotado de pigmentos respiratórios, tendo a cor branco-leitosa ou apresentando-seligeiramente amarelada. Este sangue é denominado **hemolinfa**.

Na maioria das aranhas, o sistema respiratório já se apresenta um pouco mais aperfeiçoado. A partir de orifícios no abdome, chamados **espiráculos**, partem canais que se abrem em bolsas achatadas dispostas como um leque. Esses “pulmões traqueais” das aranhas são denominados **filotraqueias ou pulmões foliáceos**. Essas filotraqueias caracterizam a chamada respiração filotraqueal. As bolsas achatadas vão apresentar duas importantes funções: o aumento da superfície respiratória e, através do movimento muscular e consequente movimento das bolsas, a atuação como um fole, aspirando e eliminando o ar e dessa maneira proporcionando os movimentos respiratórios. Nesse sistema, o gás oxigênio é transportado pelo sangue através do pigmento respiratório hemocianina.



Filotraqueias.

## RESPIRAÇÃO BRANQUIAL

Nos animais aquáticos, mesmo os mais simples, a troca de gases acontece através da **respiração branquial**. A respiração branquial envolve um sistema respiratório que possui como principal órgão as **brânquias**, adaptadas a retirar o oxigênio que se encontra dissolvido na água e passá-lo ao sangue. Deve-se entender que as brânquias não retiram o oxigênio que se encontra presente na estrutura química da água (H<sub>2</sub>O), mas apenas aquele que está no estado gasoso em dissolução na água.

As brânquias são órgãos riquíssimos em capilares sanguíneos (daí sua forte cor avermelhada), de tal maneira que o O<sub>2</sub> facilmente se difunde da água para tais capilares e o CO<sub>2</sub> se difunde no caminho inverso.

### Brânquias externas e internas

Existem dois tipos de brânquias: as **brânquias externas** e as **brânquias internas**.

As **brânquias externas** são estruturas rudimentares encontradas em invertebrados, como anelídeos aquáticos (poliquetos), crustáceos e larvas aquáticas de alguns insetos. Elas se mostram à maneira de tubos que se desenvolvem para fora do corpo como prolongamentos canaliculados de paredes muito vascularizadas. Mas alguns vertebrados também apresentam este tipo de brânquias, como acontece com a larva de anfíbios (girino de sapos, rãs e pererecas) e alguns anfíbios adultos (salamandras).

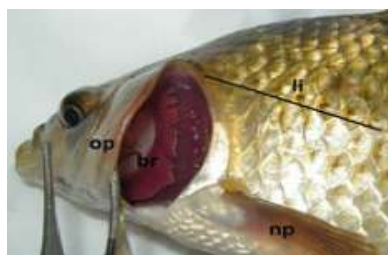


Brânquias externas em poliquetas, correspondentes a parapódios modificados.

Nos peixes, as brânquias são mais complexas, sendo denominadas brânquias internas. Elas se apresentam como expansões da faringe, em forma de bolsas, que se abrem para o exterior através de fendas laterais junto à cabeça. Assim, a água contendo oxigênio dissolvido entra pela boca e sai pelas fendas branquiais. Nesse trajeto, o oxigênio é recolhido pela ampla vascularização. Em sentido contrário, o dióxido de carbono trazido pelo sangue (proveniente dos tecidos) é descarregado a água que será eliminada.

Popularmente, as brânquias são conhecidas como “guelras”. Nos peixes condrícties ou cartilagosos (tubarão, raia e outros), as fendas branquiais apresentam-se desprotegidas, expostas. Nesses peixes, distinguem-se nitidamente cinco fendas branquiais em cada lado do corpo, junto à cabeça. Para forçar a água de modo que passe pelas brânquias, os tubarões devem permanecer em constante movimento, nadando de boca aberta para permitir a atividade respiratória das brânquias. Ao dormir, eles devem posicionar contra a corrente, para que a água naturalmente passe pelas guelras.

Nos peixes osteícties ou ósseos (cavala, salmão e outros), as fendas encontram-se cobertas por membranas denominadas opérculos. Os opérculos possuem uma musculatura associada que permite sua abertura e fechamento. Com movimentos rítmicos de abertura e fechamento, os opérculos “puxam” água para que ela passe pelas brânquias, favorecendo enormemente a circulação de água.



Brânquias (br) em peixes ósseos, evidenciando o opérculo (op), uma nadadeira peitoral (np) e a linha lateral (li), sendo esta última relacionada à percepção de vibrações na água.

### Bexiga natatória

Além dos opérculos, os osteícties possuem um órgão saculiforme denominado **bexiga natatória**. Acumulando gases (oxigênio, nitrogênio ou dióxido de carbono) nesta espécie de bolsa ou eliminando-os, eles utilizam a bexiga natatória como órgão hidrostático, que lhes permitem subir ou descer na água. O enchimento da bexiga natatória pode acontecer por dois processos. Em peixes ditos **fisóclistos**, há uma estrutura denominada **oval** que retira gases do sangue e os passa para uma outra estrutura, a **glândula de gás**, que regula o enchimento da bexiga. Em peixes ditos **fisóstomos**, há uma ligação entre a faringe e a glândula de gás, denominada ducto pneumático. O **ducto pneumático** permite que o ar seja deglutido e conduzido à glândula do gás, que atua de modo idêntico à dos peixes fisóclistos, isto é, regulando o enchimento da bexiga natatória.

Alguns osteícties fisóstomos aproveitaram-se dessa propriedade de “engolir” ar e passá-lo à bexiga natatória para utilizar a bexiga natatória como órgão respiratório. Tais peixes, denominados **peixes pulmonados ou dipnoicos**, podem permanecer longos tempos fora da água fazendo uma respiração aérea através da bexiga natatória, que passa a funcionar como superfície respiratória. No Brasil, a piramboia (*Lepidosiren paradoxa*) que habita rios temporários aproveita-se desta respiração pulmonar para sobreviver em época de seca: quando o rio seca, ela escava galerias na lama úmida e lá permanece com o metabolismo bastante reduzido, dependendo apenas de suas reservas nutritivas, até a cheia do rio na época de chuvas. É importante que se perceba que a respiração pulmonar nesses peixes é bastante rudimentar e só acontece por períodos curtos em situações adversas. A respiração desses peixes ainda acontece principalmente através das brânquias. Observe então que há uma dupla respiração, branquial e aérea.

## RESPIRAÇÃO PULMONAR

No processo de evolução das espécies, coube aos anfíbios o passo decisivo na transição da vida aquática para a vida terrestre entre os vertebrados. Naqueles animais, as brânquias, que caracterizam a sua fase larvária (girino), se atrofiam durante a metamorfose por que passam e são substituídas por pulmões no indivíduo já adulto. Os pulmões dos anfíbios são, todavia, muito rudimentares e pouco diferem da bexiga natatória dos peixes dipnoicos. São **pulmões saculiformes** (sacos simples), de paredes vascularizadas e não dotados de alvéolos pulmonares, possuindo uma superfície respiratória muito reduzida. Estes pulmões se inflam quando o animal “deglute” o ar.

Nos sapos e rãs, a respiração cutânea é muito mais intensa e importante do que a respiração pulmonar, que é precária. A pele deve estar sempre úmida para a absorção do oxigênio, como dito anteriormente. Essa, aliás, é uma das razões que justificam a vida dos anfíbios sempre nas proximidades de lagoas e brejos. Também, nesses animais, ocorre uma outra forma paralela à respiração, denominada **respiração gular** (a cavidade da boca é ampla

como um saco, que chega a fazer a proeminência abaixo do queixo). Assim, o animal respira pelas narinas e enche o saco gular, cuja mucosa é muito vascularizada e absorve o O<sub>2</sub>. O ritmo de enchimento e esvaziamento desse saco é muito mais frequente que o próprio ritmo pulmonar.

**Para o ar chegar aos pulmões, deve ser “deglutido”, já que nos anfíbios não há diafragma para promover a amplitude dos pulmões.** O diafragma é o músculo que separa o tórax do abdome nos demais vertebrados e terrestres e é também responsável pelos movimentos de inspiração e expiração nos mesmos. Além disso, esses animais não possuem costelas desenvolvidas, que possam participar de movimentos de expansão e contração do tronco, como ocorre nos demais vertebrados.

Nas outras classes de vertebrados, os pulmões foram sendo aperfeiçoados. Isso aconteceu à medida que os vertebrados terrestres foram desenvolvendo uma pele impermeável para impedir a dessecação e ao mesmo tempo foram perdendo a capacidade de fazer a respiração cutânea, precisando, pois, de uma respiração pulmonar bem



mais eficiente. Nos répteis, os pulmões são membranosos com expansões para o interior, dividindo-os em numerosos pequenos compartimentos. Já constituem **pulmões parenquimatosos** precários, com rudimentos de alvéolos ainda muito grosseiros. Esses rudimentos de alvéolos aumentam bastante a superfície respiratória pulmonar, não havendo mais a necessidade de respiração cutânea para suprir as deficiências pulmonares.

Nas aves, os pulmões parenquimatosos possuem uma estrutura com bolsas achatadas paralelas, não constituindo propriamente alvéolos. Também não são elásticos, e nem desenvolvidos. Mas satisfazem as necessidades respiratórias e, sobretudo, estão em comunicação com oito ou nove **sacos aéreos** amplos, que se enchem de ar durante a inspiração e transmitem o ar por meio de delgados canais ao interior dos ossos longos. Esses ossos são grandemente ocos. Recebem o nome de **ossos pneumáticos**. Cheios de ar, eles contribuem para diminuir a densidade da ave e facilitar-lhe o voo.

Em mamíferos, os pulmões parenquimatosos ocupam parte significativa do tórax, sendo dotados de minúsculos sacos denominados **alvéolos pulmonares**. Esses aumentam tanto a superfície respiratória que ele chega a ser de cerca de 100 vezes maior que a própria superfície corporal total do organismo. Como exemplo de sistema respiratório pulmonar em mamíferos, será utilizado como por exemplo o sistema respiratório em humanos.

**Observação:** Ainda que os pulmões sejam uma aquisição evolutiva dos vertebrados, alguns invertebrados possuem estruturas análogas a eles. Alguns moluscos, como o caramujo, possuem abaixo da concha uma cavidade, a **cavidade do manto ou cavidade paleal**, dotada de alta vascularização e por isso capaz de realizar trocas respiratórias com o ar ambiente. Assim, esta cavidade funciona como uma espécie de pulmão primitivo.

## SISTEMA RESPIRATÓRIO EM HUMANOS

O **sistema respiratório** em humanos pode ser dividido em dois conjuntos de órgãos: a **porção de condução** e a **porção de respiração**. À primeira

porção pertencem órgãos tubulares cuja função é a de levar o ar inspirado até a porção respiratória e dessa conduzir o ar expirado para fora do corpo.

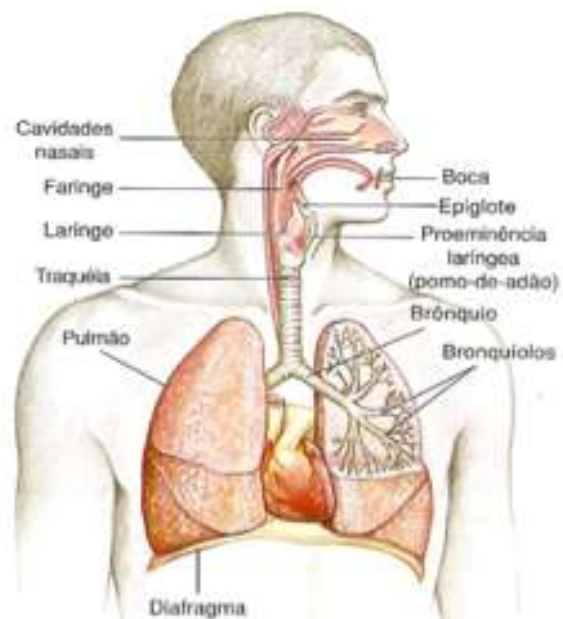
### Porção de condução:

- Nariz, boca e fossas nasais
- Faringe
- Laringe
- Brônquios e bronquíolos

### Porção de respiração:

- Pulmões parenquimatosos e estruturas associadas.

Nos mamíferos, a cavidade do tronco é dividida em dois compartimentos, o tórax superior e o abdome inferior, separados entre si pelo diafragma, um músculo laminar, em forma de abóbada ou cúpula. Todos os órgãos do sistema respiratório ficam alojados na parte superior do tronco, isto é, na caixa ou cavidade torácica.



Sistema respiratório humano.

## NARIZ, FOSSAS NASAIS E BOCA

O **nariz** e a **boca** são cavidades naturais do corpo que permitem a passagem de ar em direção aos canais que conduzem aos pulmões. O nariz comunica-se com as fossas nasais, e essas com a faringe.

A boca também se comunica com a faringe. A partir da faringe, o ar proveniente tanto do nariz como da boca segue um caminho comum, da faringe para a laringe, da laringe para a traqueia e daí por diante.

O **nariz** é um órgão cartilaginoso bastante flexível, dotado de duas aberturas denominadas **narinas**. Estas narinas se comunicam com uma cavidade denominada cavidade nasal ou fossas nasais. Esta cavidade nasal é a região que comunica o meio externo com estruturas denominadas **coanas**, que correspondem à primeira porção da faringe. A cavidade nasal é dividida em duas metades, direita e esquerda (correspondentes às duas narinas, direita e esquerda; a presença dessa cavidade dupla explica o termo “fossas nasais”), através do septo nasal. O septo nasal é uma estrutura em parte óssea (correspondente ao osso vômer e a uma porção do osso etmoide) e em parte cartilaginosa (corresponde à cartilagem do septo nasal). Além do **septo nasal**, no interior da cavidade nasal, existem três pequenos ossos, denominados **cornetos ou conchas nasais** (correspondentes às conchas inferiores, médias e superiores).

Toda a cavidade nasal (incluindo o septo e as conchas) é revestida por uma mucosa denominada **membrana pituitária**. Esta se divide funcionalmente em duas estruturas, a **pituitária respiratória** e a **pituitária olfativa**.

A **pituitária respiratória** situa-se na região mais inferior do septo e nas conchas nasais médias e inferiores e tem a cor **vermelha** devida a ser altamente irrigada por vasos sanguíneos. **Além dessa característica de alta vascularização, a mucosa respiratória é dotada de células ciliadas e coberta por uma camada de muco.** Como será observado a seguir, essas células ciliadas e a camada de muco encontram-se presentes em todas as vias aéreas, desempenhando um importante papel de limpeza. A pituitária respiratória desempenha algumas das principais funções do nariz, que não deve ser visto simplesmente como uma via de passagem de ar. Dentre essas funções temos: **o aquecimento do ar, a umidificação do ar e a limpeza do ar.**

**O aquecimento e a umidificação do ar** ocor-

rem quando o ar passa pelas vias aéreas superiores devido à ação da intensa vascularização da pituitária. Isso faz com que os vasos sanguíneos percam calor e umidade para o ar. Esses dois eventos, aquecimento e umidificação, são importantes para facilitar as trocas gasosas no nível de alvéolos pulmonares.

**A limpeza do ar** ocorre através de um complexo mecanismo, que relaciona as conchas nasais, a camada de muco e as células epiteliais ciliadas da mucosa. Quando o ar passa pelas conchas nasais, há uma turbulência provocada pela curvatura dessas conchas, o que força o ar a reboar em muitas e diferentes direções antes de terminar sua passagem pelo nariz. Isso faz com que poeira ou qualquer outro material no ar seja precipitado ao entrar em contato com as superfícies nasais, pelo seguinte mecanismo: quando o ar que contenha partícula estranha move-se em direção a uma superfície e, repentinamente, altera a direção do movimento, o momento da partícula faz com que continue a se mover na direção original, enquanto o ar, com inércia muito reduzida devido à sua massa muito pequena, é deslocado na nova direção. A partícula então se adere sobre uma das conchas ou qualquer outra superfície nasal, ficando retida na **camada de muco** que recobre essa superfície. Por sua vez, essa superfície é revestida por aquelas **células epiteliais ciliadas**, cujos cílios penetram na camada de muco, com seu batimento dirigido para a faringe. O movimento ciliar carrega o muco com as partículas aderidas até a faringe, onde serão deglutidos junto à saliva ou alimentos e destruídos no estômago pela ação do ácido clorídrico. Esse mecanismo é tão eficiente que apenas muito raramente partículas maiores que 3 a 5 mm, cerca da metade de uma hemácia, conseguem passar pelo nariz para atingir as vias aéreas inferiores.

**Este mecanismo de limpeza acontece em praticamente todas as vias aéreas, incluindo também a laringe, a traqueia e os brônquios.** Tais cílios pertencem a um tecido epitelial altamente especializado denominado **epitélio pseudoestratificado cilíndrico ciliado**, que além dos cílios é dotado da capacidade de produzir muco.

### Sorvete irrita a garganta?

Comidas e bebidas geladas imobilizam, por alguns minutos, os cílios das mucosas, que só funcionam até a temperatura mínima de 36°C. Esse período, ainda que curto, reduz a eficiência dos mecanismos de limpeza e defesa de nariz e garganta e pode ser suficiente para um ataque oportunista de vírus, como os que causam resfriados e gripes.

Um outro motivo que leva a um prejuízo nas funções da garganta é a vasoconstrição causada pela baixa temperatura do sorvete e outros alimentos gelados. Isso reduz a irrigação nas mucosas do nariz e garganta, levando a uma menor circulação de anticorpos e células de defesa na área e a uma menor produção de muco, o que deixa a pessoa mais exposta a infecções.

A **pituitária olfativa** situa-se na região mais superior dos septos e nas conchas nasais superiores e tem a cor **amarela**, não possuindo muita vascularização. Em compensação, **a pituitária olfativa é rica em terminações nervosas ligadas ao nervo olfativo, sendo responsável pela percepção do olfato.**

A respiração através do nariz apresenta grandes vantagens em relação à respiração através da boca, uma vez que a boca não dispõe de mecanismos como a camada de muco (o muco da boca está em quantidades muito reduzidas quando comparadas com o muco das vias aéreas) e as células ciliadas para promover a filtração do ar inspirado.

## FARINGE

A **faringe** é um órgão muscular comum ao sistema respiratório e ao digestivo, comunicando-se com as fossas nasais e com a boca. Assim, distinguem-se duas regiões da faringe, a **nasofaringe**, associada às fossas nasais, e a **orofaringe** (popularmente conhecida como garganta), associada à cavidade bucal. Entre as fossas nasais e a nasofaringe existem aberturas denominadas **coanas**.

A faringe é uma importante região do organismo, pois através dela vão passar o ar e os alimentos, essenciais à vida. Entretanto, a faringe é também uma região muito sujeita à ação de microorganismos ou substâncias irritantes que podem ser trazidos pelos alimentos. Para combater esta possível invasão, a faringe é dotada de **estruturas linfoides** (isto é, produtoras de células de defesa), que formam uma linha de defesa nes-

ta área. Tais órgãos linfoides situados na região da garganta correspondem às **tonsilas**, que formam dois grupos, as **tonsilas faríngeas** ou **amígdalas** e as **tonsilas palatinas** ou **adenoides**. Em casos de infecções da faringe, as tonsilas aumentam de tamanho, para aumentar a produção de leucócitos, o que pode provocar dor e obstrução da garganta, o que é conhecido como amigdalite ou adenoidite, dependendo da estrutura afetada.

## LARINGE

A **laringe** é o órgão muscular situado logo após a faringe. Seu orifício de abertura é denominado **glote**, e sua abertura ou fechamento é controlado por uma válvula formada por cartilagem elástica, denominada **epiglote**. Por ocasião da respiração, a epiglote mantém-se aberta para a passagem de ar, e durante a deglutição ela fecha para evitar que o alimento passe para a laringe, o que poderia levar à sua obstrução e conseqüentemente à asfixia do indivíduo.

Ainda na laringe existem estruturas denominadas **cordas ou pregas vocais**. Estas são órgãos musculares revestidos por mucosa e em forma de lâmina. Entre as duas cordas vocais, existe um espaço denominado **rima glótica**. Por ação da própria musculatura das cordas vocais, esta rima pode ter seu espaço aumentado ou diminuído, controlando a passagem do ar. Com a rima aumentada, o ar passa promovendo a geração de sons graves, e com a rima diminuída, o ar passa promovendo a geração de sons agudos. Estes sons são modificados pela musculatura da faringe, pelos lábios, lín-



gua, dentes e nariz, o que permite articular as palavras e demais sons. Observe que para uma correta articulação das palavras, deve haver uma sincronia entre a respiração, as cordas vocais e os demais fatores mencionados acima. Isto é feito por uma área do cérebro denominada de **área de Broca**.

## TRAQUEIA, BRÔNQUIOS E BRONQUÍOLOS

A **traqueia** é um tubo cartilaginoso de aproximadamente 1,5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento. Os anéis cartilagosos da traqueia são em forma de C e são formados por cartilagem hialina. A parte posterior dos anéis em forma de C é preenchida por músculo liso, o que permite a contração ou relaxamento da mesma. Apesar dessa capacidade de contração ou relaxamento, a cartilagem fornece certa rigidez à traqueia, o que impede que ela feche completamente.

Na sua porção mais inferior, a traqueia bifurca-se em dois outros canais, também cartilagosos, denominados **brônquios**. Os brônquios penetram nos pulmões e no interior deles se ramificam em vários outros tubos, cada vez mais finos, chamados **bronquíolos**. O conjunto altamente ramificado de bronquíolos tem o aspecto de uma árvore, denominada **árvore respiratória**. Cada bronquíolo termina em pequenas bolsas membranosas denominadas **alvéolos pulmonares**, responsáveis pelas trocas respiratórias em nível de pulmões.

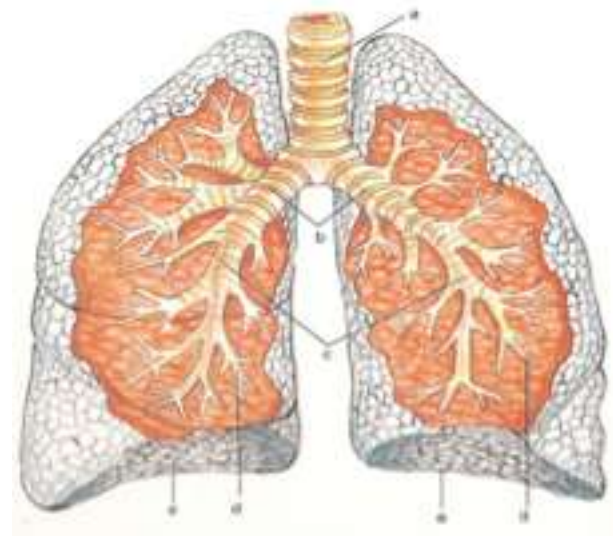
## PULMÕES E ALVÉOLOS PULMONARES

Um **pulmão** humano é um órgão esponjoso, com aproximadamente 25 cm de comprimento e 700 g de peso. Macroscopicamente falando, o pulmão apresenta-se dividido em **lobos ou lóbulos**. O pulmão esquerdo possui dois lóbulos e é ligeiramente menor que o pulmão direito, que possui três lóbulos. Observe que o pulmão esquerdo é menor por que ele divide seu espaço com o coração, que se situa mais para o lado esquerdo da cavidade torácica (o espaço entre os dois pulmões forma uma cavidade denominada **mediastino**, e é nesta cavidade que se encontra o coração). Na face

interna de cada pulmão existe uma abertura, denominada hilo, por onde passam os brônquios, as artérias pulmonares e as veias pulmonares.

Cada pulmão é envolvido por duas membranas denominadas **pleuras**. A **pleura interna ou pulmonar** está aderida à superfície pulmonar, enquanto a **pleura externa ou parietal** está aderida à parede interna da caixa torácica. Entre as pleuras há um estreito espaço, preenchido por líquido. A tensão superficial desse líquido mantém unidas as duas pleuras, impedindo que elas se afastem mas ao mesmo tempo permitindo que elas deslizem uma sobre a outra. Dessa maneira, qualquer movimento da caixa torácica é acompanhado pelo pulmão, uma vez que uma pleura puxa a outra.

Pulmões de pessoas jovens têm cor rosada, escurecendo com a idade, devido ao acúmulo de impurezas presentes no ar e que não foram removidas pelos mecanismos de limpeza do sistema respiratório.



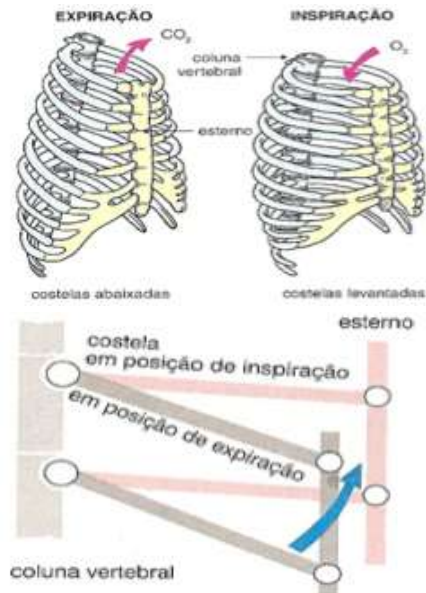
A árvore respiratória: a. traqueia; b. brônquios; c. pequenos brônquios; d. bronquíolos; e. pulmões.

## MOVIMENTOS RESPIRATÓRIOS EM HUMANOS

Dá-se o nome de **ventilação pulmonar** ao processo pelo qual ocorre a entrada e saída de ar nos pulmões. Um movimento completo de entrada e saída de ar nos pulmões é chamado de **incursão respiratória**.

A entrada de ar nos pulmões é chamada de **inspiração**. Este processo ocorre através da **expansão da cavidade torácica** que, por intermédio das pleuras, promove também a **expansão dos pulmões**. Como se sabe, o aumento de volume de um recipiente em temperatura constante promove uma queda de pressão no mesmo. Esta queda de pressão em relação à pressão do ar atmosférico cria uma espécie de vácuo e promove a entrada de ar nos pulmões. A expansão da cavidade torácica se dá por intermédio de dois conjuntos de músculos, o **diafragma** (músculo em forma de cúpula que separa a cavidade torácica da abdominal) e os **músculos intercostais externos** (músculos que promovem a elevação das costelas). **No movimento inspiratório, o diafragma se contrai e é esticado, o que aumenta o comprimento (altura) da cavidade torácica, e os músculos intercostais se contraem elevando as costelas, o que aumenta o diâmetro pósterio-anterior da cavidade torácica.** O pulmão se expande, há a diminuição da pressão do ar no pulmão e o ar entra.

A saída de ar dos pulmões é chamada de **expiração**. Seguindo o mesmo raciocínio do mecanismo de inspiração, através da contração da cavidade torácica e conseqüentemente os pulmões, eleva-se a pressão do ar no pulmão em relação ao ar atmosférico, o que promove a expulsão do ar que se encontra nos pulmões. Esta contração da cavidade torácica se dá por intermédio de três conjuntos de músculos, o **diafragma**, os **músculos abdominais** e os **músculos intercostais internos** (que promovem o abaixamento das costelas). **No movimento expiratório, o diafragma se relaxa, deixando que as vísceras abdominais o pressionem, o que promove sua elevação e a conseqüente redução no comprimento (altura) da cavidade torácica, e os músculos intercostais também se relaxam, promovendo o abaixamento das costelas e a redução do diâmetro pósterio-anterior da cavidade torácica.** O pulmão se contrai, há o aumento da pressão do ar no pulmão e o ar sai.



Expiração e inspiração na dependência dos movimentos da arcada costal. Quando os músculos intercostais se contraem, as costelas "sobem" e a caixa torácica e os pulmões aumentam o seu diâmetro horizontal.



Quando o diafragma está contraído e os pulmões aumentam seu diâmetro vertical. Devido às duas situações, os pulmões se expandem, com redução da pressão interna e conseqüente entrada de ar.

Tome nota:

## VOLUMES RESPIRATÓRIOS

O ar que entra e sai do pulmão a cada incursão respiratória é chamado de **ar corrente** e seu volume é o volume corrente. O **volume corrente** normal é da ordem de **500 mL** para homens normais, sendo um pouco menor em mulheres normais.

O volume máximo de ar que se consegue inspirar em uma inspiração forçada é chamado de capacidade inspiratória e é de cerca de **3.000 mL** para a pessoa normal. O volume máximo de ar que pode ser expirado em uma expiração forçada é chamado de **volume de reserva expiratória** e é de cerca de **1100 mL** para a pessoa normal.

Por mais que se force a respiração, parte do ar existente nos pulmões nunca consegue ser eliminado. Este ar constitui o chamado **volume residual** e seu volume é de cerca de **1.200 mL**. É esse ar que permite a continuidade das trocas de oxigênio e gás carbônico com o sangue no intervalo entre as respirações.

O volume máximo de ar que pode ser inalado e exalado em uma incursão respiratória forçada é chamado de **capacidade vital**, algo em torno de **4.000 a 5.000 mL** na pessoa normal.

- Ar de uma inspiração forçada: 3.000 mL
- Ar de uma expiração forçada: 1.100 mL
- Total = **Capacidade vital**: 4.100 mL

A capacidade vital é uma medida da capacidade global da pessoa de inspirar e expirar o ar. O valor da capacidade vital depende, principalmente, de dois fatores, a potência dos músculos respiratórios e a elasticidade da parede da cavidade torácica e dos pulmões, sendo possível aumentá-lo através de treinamento físico adequado. Assim, em atletas bem treinados de esportes que envolvem grande condicionamento aeróbico, como a maratona, a capacidade vital pode ser de até 6.500 mL.

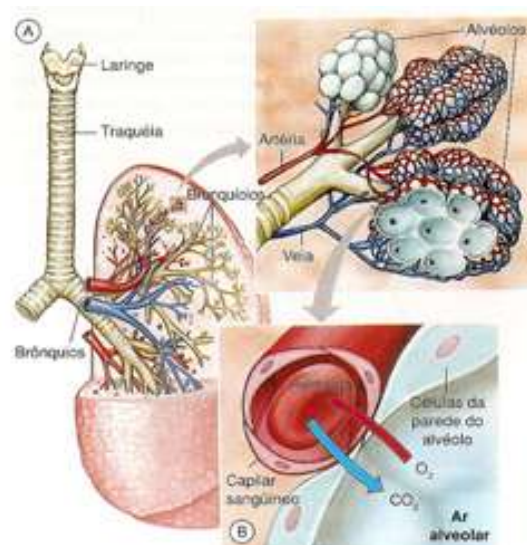
## ALVÉOLOS PULMONARES E HEMATOSE

Os pulmões humanos são ditos parenquimatosos, uma vez que possuem uma série de divisões e dobramentos para aumentar-lhes a superfície

respiratória. Para se ter uma ideia, esses dobramentos fazem com que a área respiratória total dos pulmões em humanos seja de aproximadamente 70m<sup>2</sup>. Esse aumento da superfície respiratória pulmonar é proporcionado pelos alvéolos pulmonares.

Cada pulmão humano é constituído por cerca de 150 a 200 milhões de alvéolos pulmonares. Os alvéolos pulmonares são pequenas bolsas de paredes finas, formadas por células achatadas, denominadas pneumócitos tipo I. Pelo lado de fora do alvéolo, vários capilares sanguíneos estão posicionados para receber o oxigênio e eliminar o gás carbônico. Esses capilares são reunidos em grandes vasos que comunicam o coração aos pulmões na chamada circulação pulmonar.

Dá-se o nome de membrana respiratória ou barreira hemato-aérea ao conjunto de estruturas por onde os gases devem passar para se difundir da luz do alvéolo para o sangue ou vice-versa. A membrana respiratória é formada pelo pneumócito tipo I alveolar, pela lâmina basal dos pneumócitos, por um pequeno espaço conjuntivo (espaço intersticial), pela lâmina basal do endotélio dos capilares e pelo próprio endotélio dos capilares. Apesar de ser formada por esse grande número de estruturas, a membrana respiratória é extremamente delgada: sua espessura equivale à menor espessura de uma hemácia. Esta estrutura delgada permite a rápida difusão de gases através da membrana.



Relação entre bronquíolos e alvéolos.

Os alvéolos pulmonares possuem dois outros tipos celulares além do pneumócito tipo I. São elas:

- O **pneumócito tipo II** serve para produzir uma substância denominada **surfactante**. O surfactante serve para reduzir a tensão superficial do alvéolo. Se não houvesse o surfactante, a tensão superficial no alvéolo iria ser tão grande que o alvéolo permaneceria todo tempo fechado, não conseguindo se abrir para permitir as trocas. Como o surfactante reduz esta tensão superficial, o alvéolo pode permanecer aberto. Muitos recém-nascidos prematuros secretam tão pouco surfactante que não conseguem expandir seus pulmões após o nascimento, devido aos alvéolos estarem colapsados (fechados), morrendo por asfixia. Essa condição é conhecida como síndrome da angústia respiratória do recém-nascido, e pode ser combatida com administração de surfactante no pulmão. Este surfactante pode ser obtido no pulmão de outros mamíferos, como porcos.

- Os **macrófagos alveolares** são células de defesa que combatem microorganismos que consigam ultrapassar as defesas do sistema respiratório. Eles impedem que os alvéolos sejam invadidos.

Tome nota: