



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

## **Sistema Respiratório**

**Por Profa. Roberta Paresque**

Prenda a respiração. Realmente! Veja quanto tempo você consegue prender a respiração enquanto continua lendo ... Por quanto tempo você consegue fazer isso? Provavelmente, você já está se sentindo desconfortável. Um humano típico não pode sobreviver sem respirar por mais de 3 minutos e, mesmo que você queira prender a respiração por mais tempo, seu sistema nervoso autônomo assumirá o controle. Isso ocorre porque todas as células do corpo precisam executar os estágios oxidativos da respiração celular, o processo pelo qual a energia é produzida na forma de trifosfato de adenosina (ATP). Para que a fosforilação oxidativa ocorra, o oxigênio é usado como um reagente e o dióxido de carbono é liberado como um produto residual.

Você pode se surpreender ao saber que, embora o oxigênio seja uma necessidade crítica para as células, na verdade é o acúmulo de dióxido de carbono que impulsiona principalmente a sua necessidade de respirar. O dióxido de carbono é exalado e o oxigênio é inalado através do sistema respiratório, que inclui músculos para mover o ar para dentro e para fora dos pulmões, passagens pelas quais o ar se move e superfícies microscópicas de troca de gás cobertas por capilares. O sistema circulatório transporta gases dos pulmões para os tecidos do corpo e vice-versa.



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Uma variedade de doenças pode afetar o sistema respiratório, como asma, enfisema, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e câncer de pulmão. Todas essas condições afetam o processo de troca gasosa e resultam em respiração difícil e outras dificuldades.

Os principais órgãos do sistema respiratório funcionam principalmente para fornecer oxigênio aos tecidos do corpo para a respiração celular, remover o dióxido de carbono do produto residual e ajudar a manter o equilíbrio ácido-base. Partes do sistema respiratório também são usadas para funções não vitais, como sentir odores, produção da fala e para forçar, como durante o parto ou tosse.

Funcionalmente, o sistema respiratório pode ser dividido em uma via condutora e uma zona respiratória. A via condutora do sistema respiratório inclui os órgãos e estruturas não diretamente envolvidos nas trocas gasosas. A troca gasosa ocorre na zona respiratória.

### **Via Condutora**

As principais funções da via condutora são fornecer uma rota para o ar que entra e sai, remover detritos e agentes patogênicos do ar que entra e aquecer e umidificar o ar que entra. Várias estruturas dentro da via condutora também desempenham outras funções. O epitélio das vias nasais, por exemplo, é essencial para detectar odores, e o epitélio brônquico que reveste os pulmões pode metabolizar alguns carcinógenos transportados pelo ar.



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

### **O nariz e suas estruturas adjacentes**

A principal entrada e saída do sistema respiratório é pelo nariz. Ao discutir o nariz, é útil dividi-lo em duas seções principais: o nariz externo e a cavidade nasal ou nariz interno.

O nariz externo consiste nas estruturas superficiais e esqueléticas que resultam na aparência externa do nariz e contribuem para suas inúmeras funções. A raiz é a região do nariz localizada entre as sobrancelhas. A ponte é a parte do nariz que conecta a raiz ao resto do nariz. O dorso nasi é o comprimento do nariz. O ápice é a ponta do nariz. Em cada lado do ápice, as narinas são formadas pela alae (singular = ala). Uma ala é uma estrutura cartilaginosa que forma o lado lateral de cada naris (plural = narinas), ou abertura da narina. O filtro é a superfície côncava que conecta o ápice do nariz ao lábio superior.

Sob a pele fina do nariz estão suas características esqueléticas. Enquanto a raiz e a ponte do nariz consistem em osso, a porção protuberante do nariz é composta de cartilagem. Como resultado, ao olhar para um crânio, o nariz está faltando. O osso nasal é um de um par de ossos que se encontra sob a raiz e a ponte do nariz. O osso nasal se articula superiormente com o osso frontal e lateralmente com os ossos maxilares. A cartilagem septal é uma cartilagem hialina flexível conectada ao osso nasal, formando o dorso nasi. A cartilagem alar consiste no ápice do nariz; ele envolve os naris.

As narinas se abrem na cavidade nasal, que é separada em seções esquerda e direita pelo septo nasal. O septo nasal é formado anteriormente por uma porção da cartilagem septal (a porção flexível que você pode tocar com os dedos) e posteriormente pela placa



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

perpendicular do osso etmóide (um osso craniano localizado logo atrás dos ossos nasais) e o vômer delgado ossos (cujo nome se refere à sua forma de arado).

Cada parede lateral da cavidade nasal possui três projeções ósseas, chamadas de conchas nasais superior, média e inferior. As conchas inferiores são ossos separados, enquanto as conchas superior e média são porções do osso etmóide. As conchas servem para aumentar a área de superfície da cavidade nasal e interromper o fluxo de ar que entra no nariz, fazendo com que o ar salte ao longo do epitélio, onde é limpo e aquecido. As conchas e os meandros também conservam água e evitam a desidratação do epitélio nasal, retendo água durante a expiração. O assoalho da cavidade nasal é composto pelo palato. O palato duro na região anterior da cavidade nasal é composto por osso. O palato mole na porção posterior da cavidade nasal consiste em tecido muscular. O ar sai das cavidades nasais pelas narinas internas e segue para a faringe.

Vários ossos que ajudam a formar as paredes da cavidade nasal têm espaços contendo ar chamados seios paranasais, que servem para aquecer e umidificar o ar que entra. Os seios da face são revestidos por uma mucosa. Cada seio paranasal é denominado por seu osso associado: seio frontal, seio maxilar, seio esfenoidal e seio etmoidal. Os seios da face produzem muco e aliviam o peso do crânio.

As narinas e a porção anterior das cavidades nasais são revestidas por membranas mucosas, contendo glândulas sebáceas e folículos capilares que servem para impedir a passagem de grandes detritos, como sujeira, pela cavidade nasal. Um epitélio olfatório usado para detectar odores é encontrado mais profundamente na cavidade nasal.



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

As conchas, meatos e seios paranasais são revestidos por epitélio respiratório composto de epitélio colunar ciliado pseudoestratificado. O epitélio contém células caliciformes, uma das células epiteliais colunares especializadas que produzem muco para reter os resíduos. Os cílios do epitélio respiratório ajudam a remover o muco e os resíduos da cavidade nasal com um movimento de batida constante, levando os materiais em direção à garganta para serem engolidos. Curiosamente, o ar frio retarda o movimento dos cílios, resultando no acúmulo de muco que pode, por sua vez, levar a coriza durante o tempo frio. Este epitélio úmido funciona para aquecer e umidificar o ar que entra. Os capilares localizados logo abaixo do epitélio nasal aquecem o ar por convecção. As células serosas e produtoras de muco também secretam a enzima lisozima e proteínas chamadas defensinas, que têm propriedades antibacterianas. As células imunológicas que patrulham o tecido conjuntivo profundamente até o epitélio respiratório fornecem proteção adicional.

### **Faringe**

A faringe é um tubo formado por músculo esquelético e revestido por uma membrana mucosa contínua com a das cavidades nasais. A faringe é dividida em três regiões principais: a nasofaringe, a orofaringe e a laringofaringe.

A nasofaringe é flanqueada pelas conchas da cavidade nasal e serve apenas como via aérea. No topo da nasofaringe estão as tonsilas faríngeas. A tonsila faríngea, também chamada de adenóide, é um agregado de tecido reticular linfóide semelhante a um linfonodo que se encontra na porção superior da nasofaringe. A função da tonsila faríngea



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

não é bem compreendida, mas ela contém um rico suprimento de linfócitos e é coberta por epitélio ciliado que captura e destrói os patógenos invasores que entram durante a inalação. As tonsilas faríngeas são grandes em crianças, mas curiosamente, tendem a regredir com a idade e podem até desaparecer. A úvula é uma pequena estrutura bulbosa em forma de lágrima localizada no ápice do palato mole. A úvula e o palato mole se movem como um pêndulo durante a deglutição, balançando para cima para fechar a nasofaringe e evitar que os materiais ingeridos entrem na cavidade nasal. Além disso, as tubas auditivas (de Eustáquio) que se conectam a cada cavidade do ouvido médio se abrem na nasofaringe. É por essa conexão que os resfriados costumam causar infecções de ouvido.

A orofaringe é uma passagem tanto para o ar quanto para os alimentos. A orofaringe é limitada superiormente pela nasofaringe e anteriormente pela cavidade oral. A fauces é a abertura na conexão entre a cavidade oral e a orofaringe. À medida que a nasofaringe se torna orofaringe, o epitélio muda de epitélio colunar ciliado pseudoestratificado para epitélio escamoso estratificado. A orofaringe contém dois conjuntos distintos de tonsilas, as tonsilas palatinas e linguais. A tonsila palatina é um par de estruturas localizadas lateralmente na orofaringe na área das fauces. A tonsila lingual está localizada na base da língua. Semelhante à tonsila faríngea, as tonsilas palatinas e linguais são compostas de tecido linfóide e prendem e destroem os patógenos que entram no corpo através das cavidades oral ou nasal.

A laringofaringe é inferior à orofaringe e posterior à laringe. Continua a rota do material e ar ingeridos até sua extremidade inferior, onde os sistemas digestivo e



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

respiratório divergem. O epitélio escamoso estratificado da orofaringe é contínuo com a laringofaringe. Anteriormente, a laringofaringe se abre para a laringe, enquanto, posteriormente, ela entra no esôfago.

### **Laringe**

A laringe é uma estrutura cartilaginosa inferior à laringofaringe que conecta a faringe à traquéia e ajuda a regular o volume de ar que entra e sai dos pulmões. A estrutura da laringe é formada por vários pedaços de cartilagem. Três grandes pedaços de cartilagem - a cartilagem tireóide (anterior), epiglote (superior) e cartilagem cricóide (inferior) - formam a estrutura principal da laringe. A cartilagem tireóide é o maior pedaço de cartilagem que constitui a laringe. A cartilagem tireóide consiste na proeminência laríngea, ou "pomo de Adão", que tende a ser mais proeminente nos homens. A espessa cartilagem cricóide forma um anel, com uma região posterior ampla e uma região anterior mais delgada. Três cartilagens menores emparelhadas - as aritenóides, corniculados e cuneiformes - se fixam na epiglote e nas cordas vocais e músculos que ajudam a mover as cordas vocais para produzir a fala.

A epiglote, fixada à cartilagem tireóide, é uma peça muito flexível de cartilagem elástica que cobre a abertura da traqueia. Quando na posição "fechada", uma extremidade solta da epiglote repousa sobre a glote. A glote é composta pelas pregas vestibulares, como cordas vocais verdadeiras e o espaço entre essas pregas. Uma prega vestibular, ou corda vocal falsa, é uma de um par de dobradas de membrana mucosa. Uma corda vocal



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

verdadeira é uma das pregas membranosas brancas presas por músculo à tireoide e às cartilagens aritenóides da laringe em suas bordas externas. As bordas internas das cordas vocais verdadeiras são livres, permitindo a oscilação para produzir som. O tamanho das pregas membranosas das cordas vocais verdadeiras difere entre os solicitados, produzindo vozes com diferentes intervalos de altura. As dobras nos homens tendem a ser maiores do que nas mulheres, o que cria uma voz mais profunda. O ato de engolir faz com que a faringe e a laringe se elevem, permitindo que a faringe se expanda e a epiglote da laringe gire para baixo, fechando a abertura para a traquéia. Esses movimentos são uma área maior para a passagem dos alimentos, ao mesmo tempo que evitam que alimentos e bebidas entrem na traqueia.

Continua com a laringofaringe, a porção superior da laringe é revestida com epitélio escamoso estratificado, passando para epitélio colunar ciliado pseudoestratificado que contém células caliciformes. Semelhante à cavidade nasal e à nasofaringe, esse epitélio especializado produz muco para reter detritos e patógenos à medida que eles entram na traquéia. Os cílios batem o muco para cima em direção à laringofaringe, onde pode ser engolido pelo esôfago.

### **Traquéia**

A traqueia (traqueia) se estende da laringe em direção aos pulmões. A traqueia é formada por 16 a 20 peças empilhadas em forma de C de cartilagem hialina, conectadas por tecido conjuntivo denso. O músculo traqueal e o tecido conjuntivo elástico juntos formam a





Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

membrana fibroelástica, uma membrana flexível que fecha a superfície posterior da traqueia, conectando as cartilagens em forma de C. A membrana fibroelástica permite que a traqueia se estique e se expanda ligeiramente durante a inspiração e a expiração, enquanto os anéis de cartilagem fornecem suporte estrutural e evitam que a traqueia entre em colapso. Além disso, o músculo traqueal pode ser contraído para forçar o ar através da traqueia durante a expiração. A traqueia é revestida por epitélio colunar ciliado pseudoestratificado, que é contínuo com a laringe. O esôfago confina com a traqueia posteriormente.

### **Árvore brônquica**

A traqueia se ramifica nos brônquios primários direito e esquerdo na carina. Esses brônquios também são revestidos por epitélio colunar ciliado pseudoestratificado contendo células caliciformes produtoras de muco. A carina é uma estrutura elevada que contém tecido nervoso especializado que induz tosse violenta se um corpo estranho, como comida, estiver presente. Anéis de cartilagem, semelhantes aos da traqueia, sustentam a estrutura dos brônquios e evitam seu colapso. Os brônquios primários entram nos pulmões pelo hilo, uma região côncava onde os vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos também entram nos pulmões. Os brônquios continuam a se ramificar em uma árvore brônquica. Uma árvore brônquica (ou árvore respiratória) é o termo coletivo usado para designar esses brônquios de ramificações múltiplas. A principal função dos brônquios, como outras estruturas de



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

zonas condutoras, é fornecer uma passagem para o ar entrar e sair de cada pulmão. Além disso, a membrana mucosa captura resíduos e patógenos.

Um bronquíolo se ramifica dos brônquios terciários. Os bronquíolos, que têm cerca de 1 mm de diâmetro, ramificam-se ainda mais até se tornarem os minúsculos bronquíolos terminais, que levam às estruturas de troca gasosa. Existem mais de 1000 bronquíolos terminais em cada pulmão. As paredes musculares dos bronquíolos não contêm cartilagem como as dos brônquios. Essa parede muscular pode alterar o tamanho do tubo para aumentar ou diminuir o fluxo de ar através do tubo.

### **Zona Respiratória**

Em contraste com a zona condutora, a zona respiratória inclui estruturas que estão diretamente envolvidas nas trocas gasosas. A zona respiratória começa onde os bronquíolos terminais se unem a um bronquíolo respiratório, o menor tipo de bronquíolo, que então leva a um ducto alveolar, que se abre em um aglomerado de alvéolos.

### **Alvéolos**

Um ducto alveolar é um tubo composto de músculo liso e tecido conjuntivo, que se abre em um aglomerado de alvéolos. Um alvéolo é um dos muitos pequenos sacos parecidos com uvas que se ligam aos dutos alveolares.

Um saco alveolar é um grupo de muitos alvéolos individuais responsáveis pela troca gasosa. Um alvéolo tem aproximadamente 200  $\mu\text{m}$  de diâmetro com paredes elásticas que



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

permitem que o alvéolo se estique durante a entrada de ar, o que aumenta muito a área de superfície disponível para a troca gasosa. Os alvéolos estão conectados aos seus vizinhos por poros alveolares, que ajudam a manter a pressão do ar igual em todos os alvéolos e no pulmão

A parede alveolar consiste em três tipos principais de células: células alveolares tipo I, células alveolares tipo II e macrófagos alveolares. Uma célula alveolar do tipo I é uma célula epitelial escamosa dos alvéolos, que constitui até 97 por cento da área da superfície alveolar. Essas células têm cerca de 25 nm de espessura e são altamente permeáveis aos gases. Uma célula alveolar do tipo II é intercalada entre as células do tipo I e secreta surfactante pulmonar, substância composta por fosfolipídios e proteínas que reduz a tensão superficial dos alvéolos. Vagando ao redor da parede alveolar está o macrófago alveolar, uma célula fagocítica do sistema imunológico que remove resíduos e patógenos que atingiram os alvéolos.

O epitélio escamoso simples formado por células alveolares do tipo I está preso a uma membrana basal elástica e fina. Este epitélio é extremamente fino e limita a membrana endotelial dos capilares. Juntos, os alvéolos e as membranas capilares formam uma membrana respiratória com aproximadamente 0,5 mm de espessura. A membrana respiratória permite a passagem dos gases por difusão simples, permitindo que o oxigênio seja captado pelo sangue para transporte e que o CO<sub>2</sub> seja liberado no ar dos alvéolos.

## **Pulmões**



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Um dos principais órgãos do sistema respiratório, cada pulmão abriga estruturas das zonas respiratória e condutora. A principal função dos pulmões é realizar a troca de oxigênio e dióxido de carbono com o ar da atmosfera. Para esse fim, os pulmões trocam gases respiratórios através de uma grande área de superfície epitelial - cerca de 70 metros quadrados - que é altamente permeável aos gases.

### **Anatomia macroscópica dos pulmões**

Os pulmões são órgãos emparelhados em forma de pirâmide que são conectados à traqueia pelos brônquios direito e esquerdo; na superfície inferior, os pulmões são delimitados pelo diafragma. O diafragma é o músculo achatado em forma de cúpula localizado na base dos pulmões e na cavidade torácica. Os pulmões são cercados pelas pleuras, que estão ligadas ao mediastino. O pulmão direito é mais curto e largo que o esquerdo, e o esquerdo ocupa um volume menor que o direito. A incisura cardíaca é uma reentrância na superfície do pulmão esquerdo e permite espaço para o coração. O ápice do pulmão é a região superior, enquanto a base é a região oposta próxima ao diafragma. A superfície costal do pulmão limita as costelas. A superfície mediastinal está voltada para a linha média.

Cada pulmão é composto de unidades menores chamadas lobos. As fissuras separam esses lobos uns dos outros. O pulmão direito consiste em três lobos: os lobos superior, médio e inferior. O pulmão esquerdo consiste em dois lobos: os lobos superior e inferior. Um segmento broncopulmonar é uma divisão de um lobo, e cada lobo abriga vários



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

segmentos broncopulmonares. Cada segmento recebe ar de seu próprio brônquio terciário e é suprido com sangue por sua própria artéria. Algumas doenças pulmonares geralmente afetam um ou mais segmentos broncopulmonares e, em alguns casos, os segmentos doentes podem ser removidos cirurgicamente com pouca influência nos segmentos vizinhos. Um lóbulo pulmonar é uma subdivisão formada como o ramo dos brônquios em bronquíolos. Cada lóbulo recebe seu próprio bronquíolo grande que possui vários ramos. Um septo interlobular é uma parede composta de tecido conjuntivo que separa os lóbulos uns dos outros.

### **Fornecimento de sangue**

A principal função dos pulmões é realizar a troca gasosa, que requer sangue da circulação pulmonar. Esse suprimento de sangue contém sangue desoxigenado e viaja para os pulmões, onde os eritrócitos, também conhecidos como glóbulos vermelhos, captam oxigênio para ser transportado para os tecidos de todo o corpo. A artéria pulmonar é uma artéria que se origina do tronco pulmonar e transporta sangue arterial desoxigenado para os alvéolos. A artéria pulmonar se ramifica várias vezes à medida que segue os brônquios, e cada ramo torna-se progressivamente menor em diâmetro. Uma arteríola e uma vênula que a acompanha fornecem e drenam um lóbulo pulmonar. À medida que se aproximam dos alvéolos, as artérias pulmonares tornam-se a rede capilar pulmonar. A rede capilar pulmonar consiste em vasos minúsculos com paredes muito finas sem fibras musculares lisas. Os capilares se ramificam e seguem os bronquíolos e a estrutura dos alvéolos. É neste ponto



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

que a parede capilar encontra a parede alveolar, criando a membrana respiratória. Depois que o sangue é oxigenado, ele drena dos alvéolos por meio de várias veias pulmonares, que saem dos pulmões pelo hilo.

### **Inervação**

A dilatação e a constrição das vias aéreas são obtidas por meio do controle nervoso pelos sistemas nervosos parassimpático e simpático. O sistema parassimpático causa broncoconstrição, enquanto o sistema nervoso simpático estimula a broncodilatação. Reflexos, como tosse, e a capacidade dos pulmões de regular os níveis de oxigênio e dióxido de carbono, também resultam desse controle do sistema nervoso autônomo. As fibras nervosas sensoriais originam-se do nervo vago e do segundo ao quinto gânglios torácicos. O plexo pulmonar é uma região da raiz do pulmão formada pela entrada dos nervos no hilo. Os nervos então seguem os brônquios nos pulmões e se ramificam para inervar as fibras musculares, glândulas e vasos sanguíneos.

### **Pleura dos Pulmões**

Cada pulmão está encerrado em uma cavidade que é circundada pela pleura. A pleura (plural = pleuras) é uma membrana serosa que envolve o pulmão. As pleuras direita e esquerda, que abrangem os pulmões direito e esquerdo, respectivamente, são separadas pelo mediastino. A pleura consiste em duas camadas. A pleura visceral é a camada que é superficial aos pulmões e se estende e reveste as fissuras pulmonares. Em contraste, a pleura parietal é a camada externa que se conecta à parede torácica, ao mediastino e ao



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

diafragma. As pleuras visceral e parietal se conectam no hilo. A cavidade pleural é o espaço entre as camadas visceral e parietal.

As pleuras desempenham duas funções principais: produzem fluido pleural e criam cavidades que separam os órgãos principais. O líquido pleural é secretado pelas células mesoteliais de ambas as camadas pleurais e atua para lubrificar suas superfícies. Essa lubrificação reduz o atrito entre as duas camadas para evitar traumas durante a respiração e cria tensão superficial que ajuda a manter a posição dos pulmões contra a parede torácica. Esta característica adesiva do líquido pleural faz com que os pulmões aumentem quando a parede torácica se expande durante a ventilação, permitindo que os pulmões se encham de ar. As pleuras também criam uma divisão entre os principais órgãos que evita interferências devido ao movimento dos órgãos, ao mesmo tempo que evita a propagação da infecção.



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO