



Educação Física e Saúde

**ACH0505 – Fundamentos Biológicos da
Atividade Física III**

2º semestre 2024

Docente:

Prof. Dr. Felipe S. Chambergo – fscha@usp.br - <https://sites.usp.br/lbbp/>

Data: Quarta-feira 14 – 18 h / **Sala:** 153

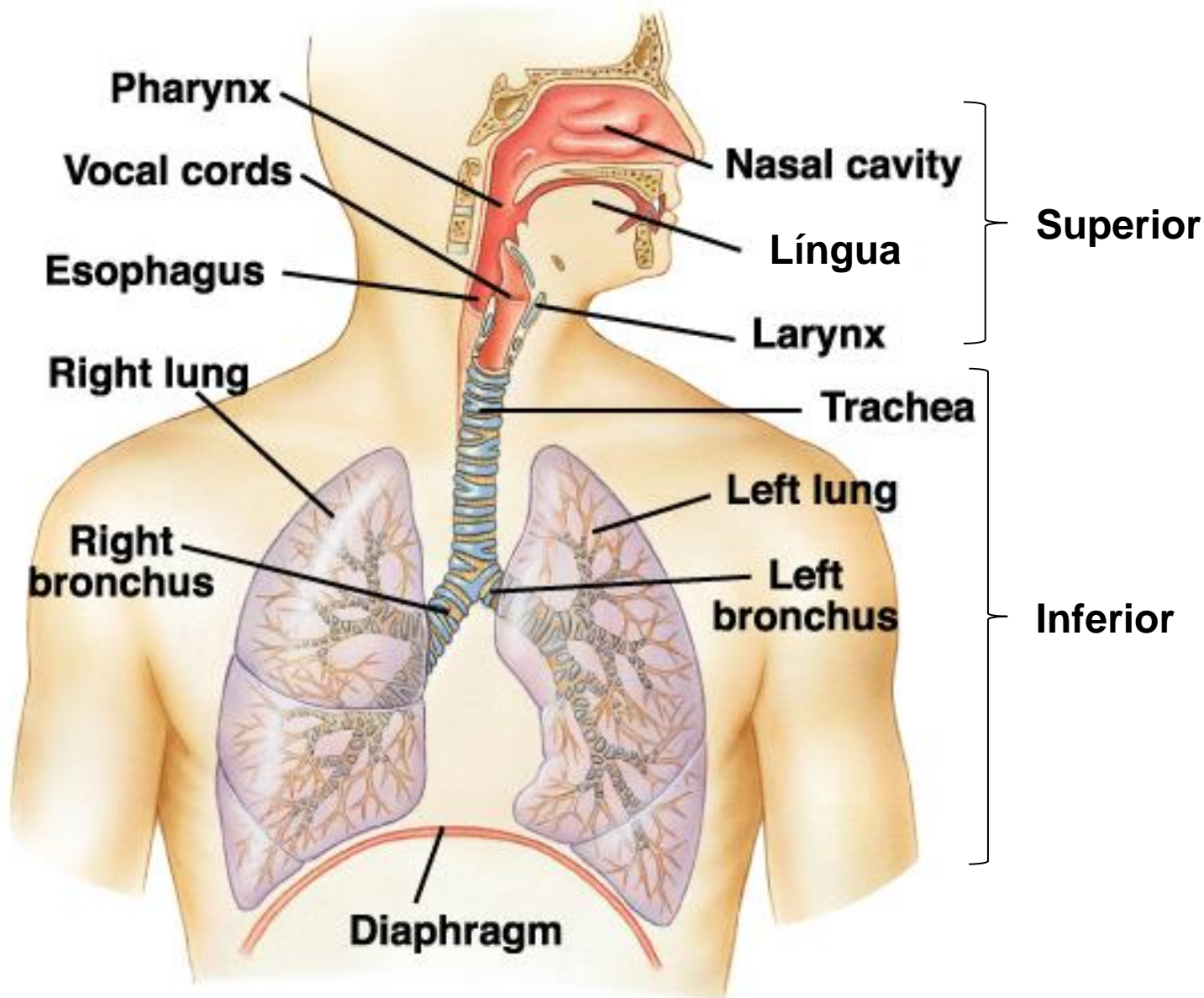
USP – 2024

Cronograma

Aula	Data	Docente	Atividade
1	07/08	FC	Introdução ao sistema respiratório Ventilação: mecânica e regulação funcional
2	14/08	FC	Trocas pulmonares e teciduais; transporte de gases
3	21/08	FP	Adaptações respiratórias ao exercício físico
4	28/08	FP	Avaliação da capacidade cardiorrespiratória
	04/09		Recesso (Semana da Pátria)
5	11/09	FP	Testes ergoespirométricos
6	18/09	FC	Organização do sistema urinário Equilíbrio hídrico; Funções renais, transporte de íons e solutos orgânicos.
7	25/09	FC	Ciclo da ureia; regulação do meio interno e do pH sanguíneo pelos rins
8	02/10	FP	Efeito do treinamento físico sobre a função renal
9	09/10	FP	Avaliação I

<https://sites.usp.br/lbbp/>

Sistema Respiratório



Funções

- 1. Troca de gases entre a atmosfera e o sangue.**
- 2. Regulação homeostática do pH corporal**
- 3. Proteção contra substâncias irritantes e patógenos**
- 4. Vocalização**
- 5. Perda de calor e água**

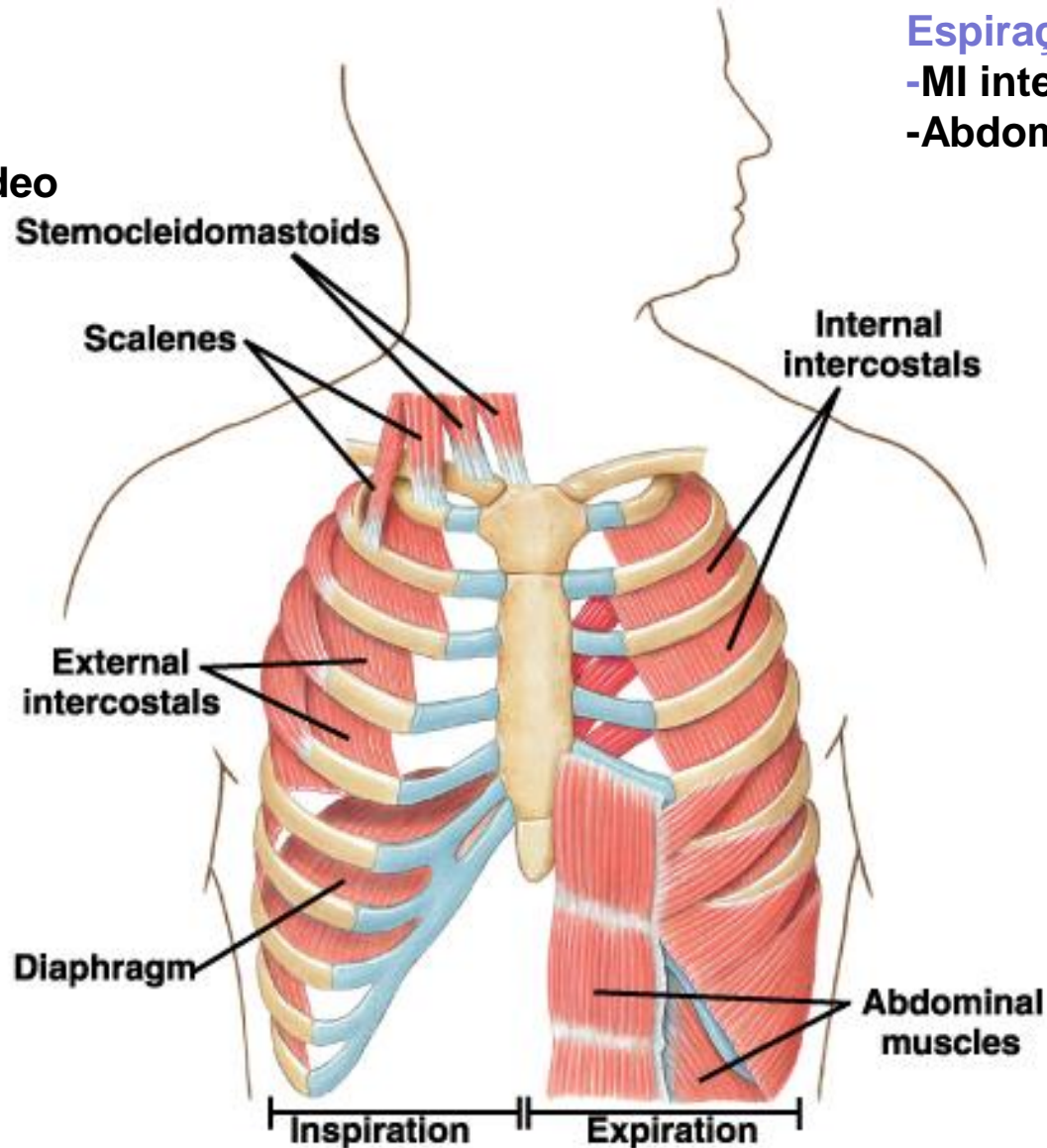
Músculos utilizados na ventilação

Inspiração

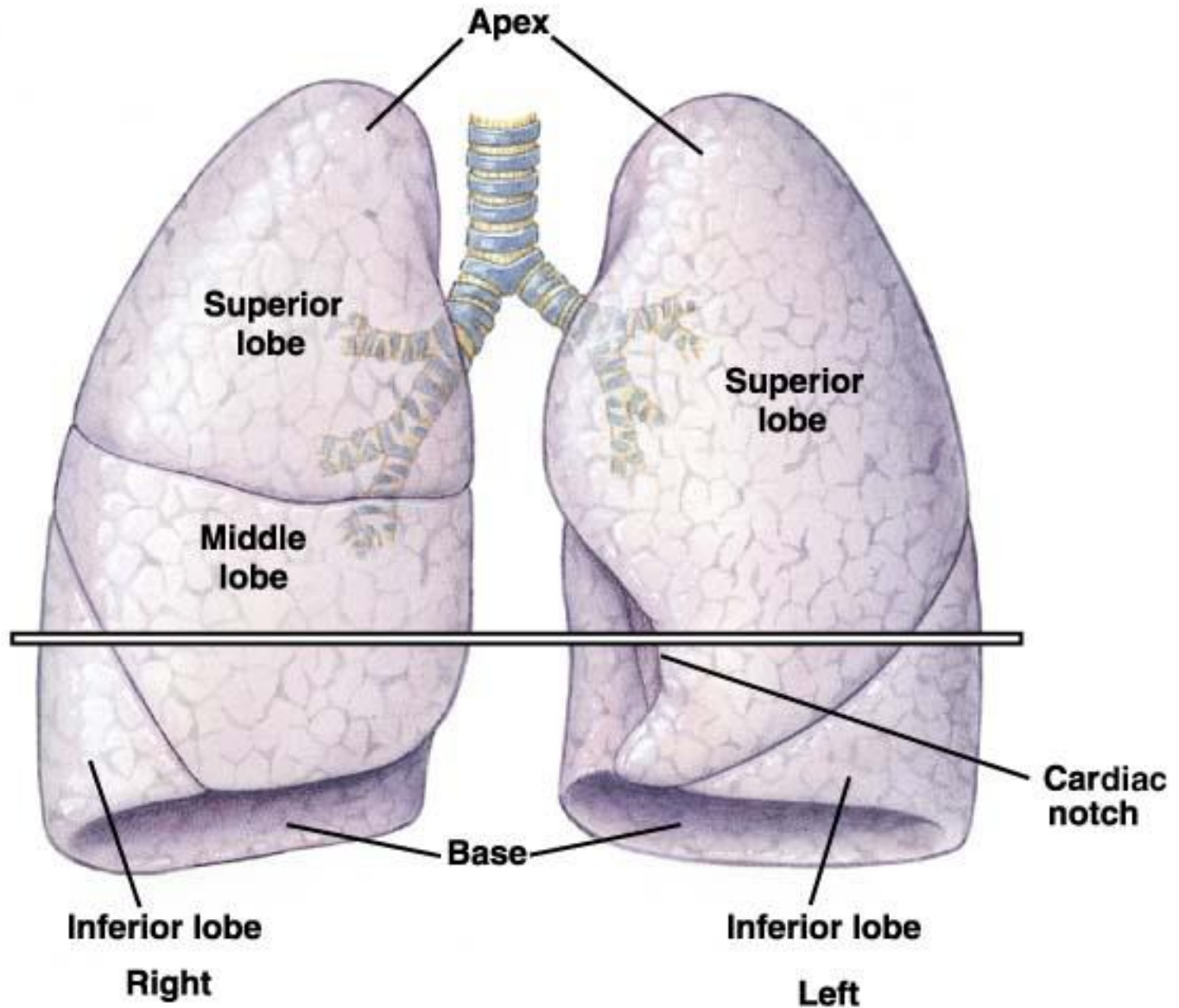
- Diafragma
- MI externos
- Esternocleidomastóideo
- Escalaenos

Espiração

- MI internos
- Abdominais

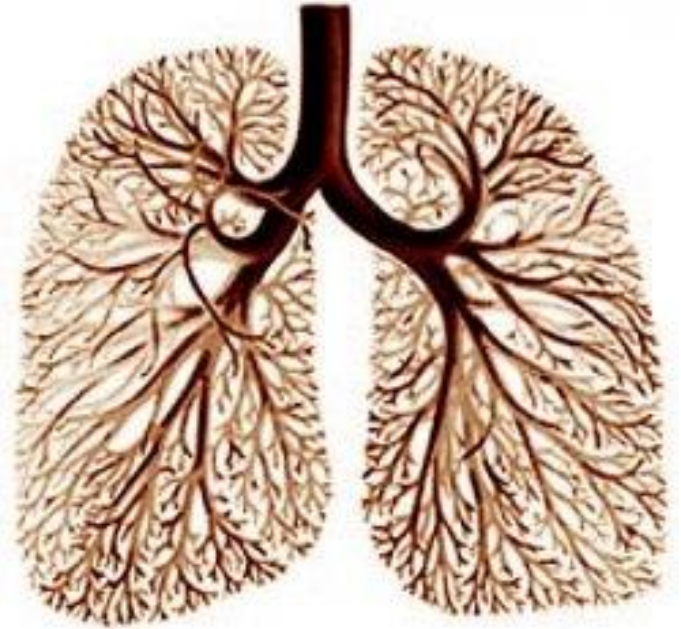
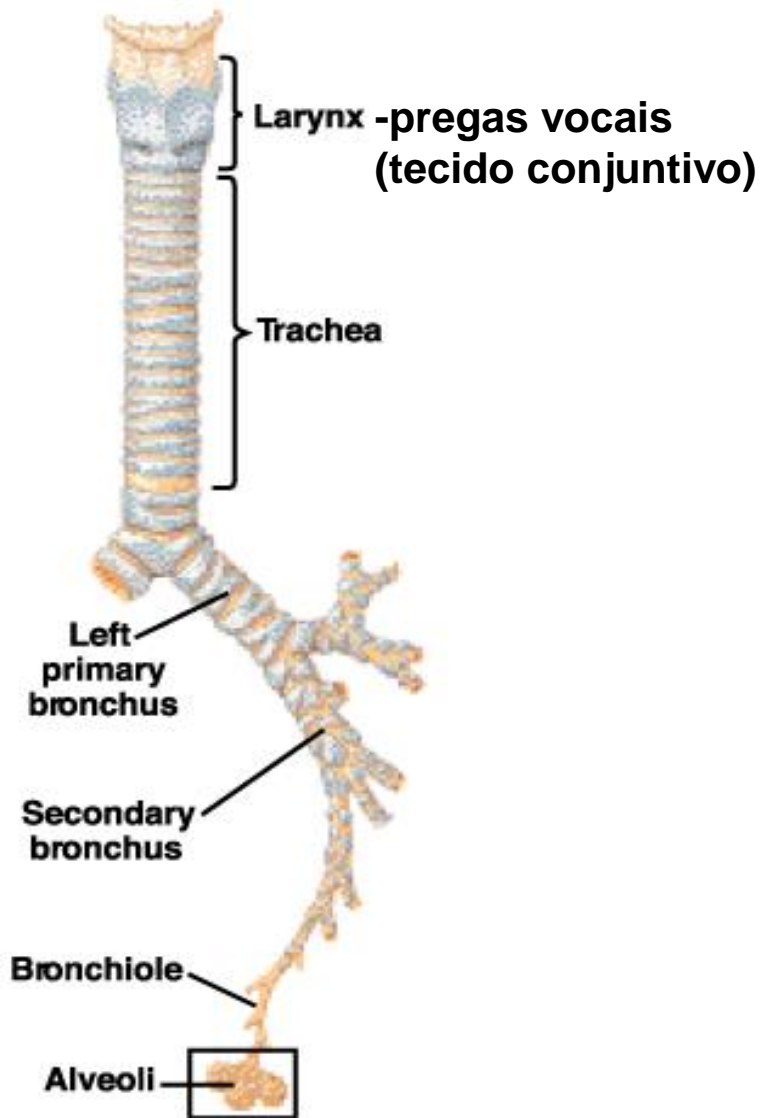


Pulmões





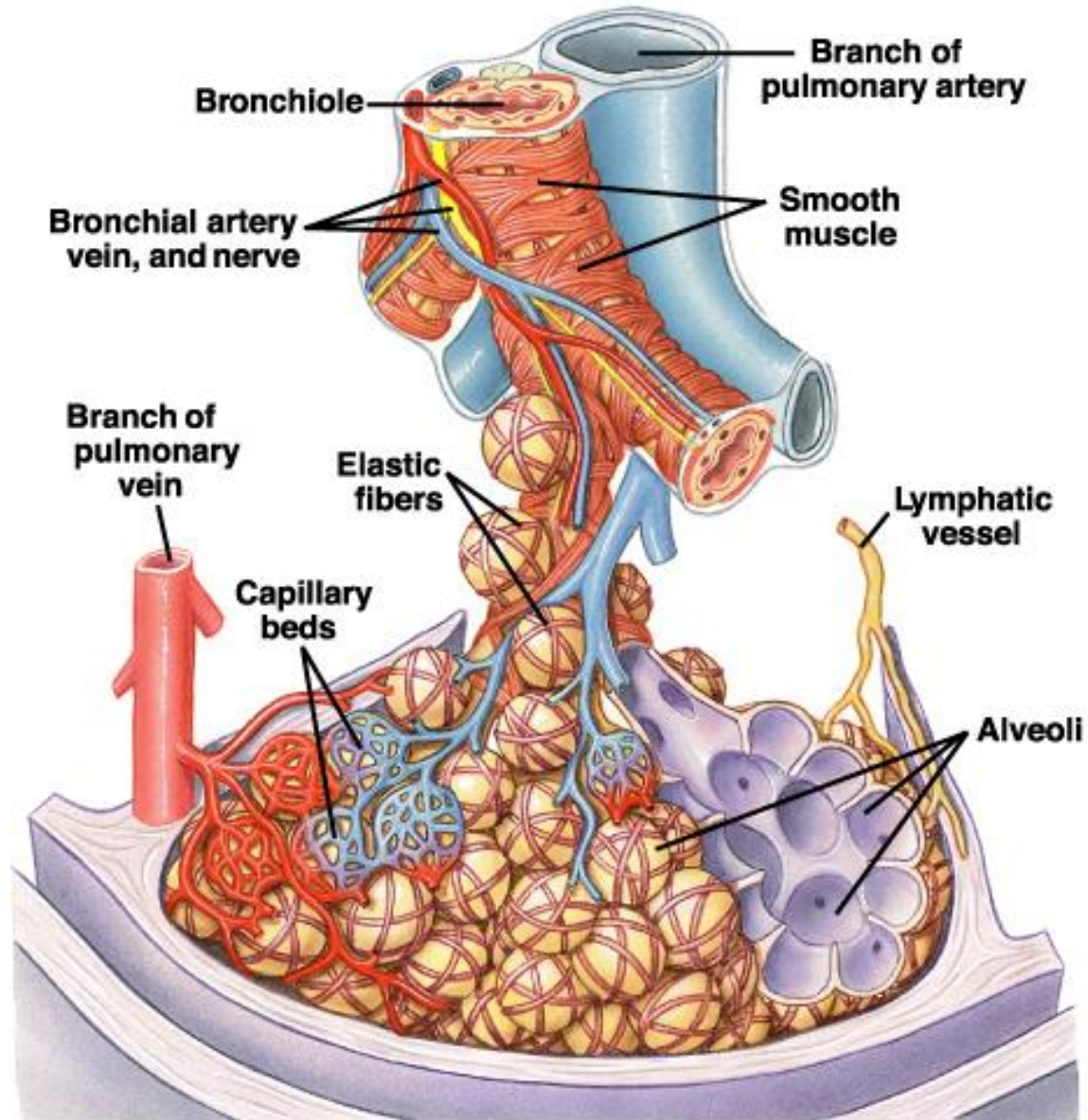
Vias



Ramificação das vias aéreas

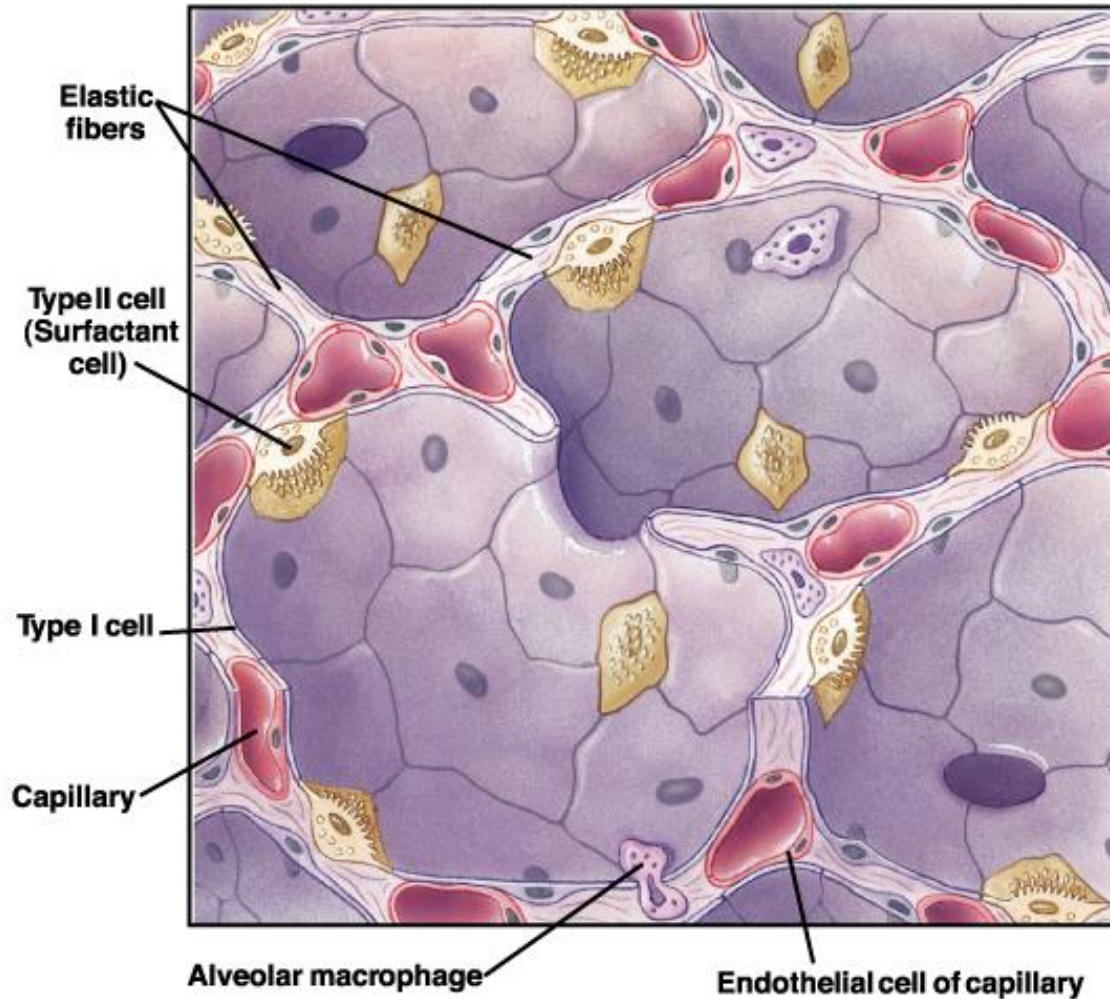
	Name	Division	Diameter (mm)	How many?	Cross-sectional area (cm)
Conducting system	Trachea	0	15-22	1	2.5
	Primary bronchi	1	10-15	2	↓
	Smaller bronchi	2	1-10	4	
		3			
		4			
		5			
		6-11		1×10^4	
Bronchioles	12-23	0.5-1	2×10^4	100	
Exchange surface	Alveoli	24	0.3	8×10^7	5×10^3
				$3-6 \times 10^8$	$>1 \times 10^6$

Estrutura Lobular



Estrutura alveolar

- Tipo I: Troca de gases
- Tipo II: Surfactante
- Macrófagos: Fagocitose

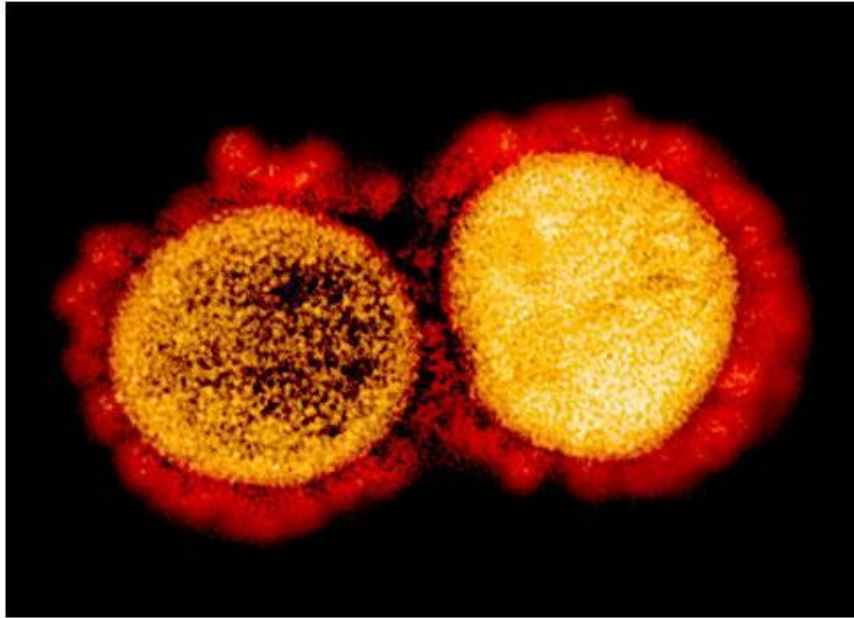


COVID-19

26/02/2020 - Foi confirmado o primeiro caso de COVID-19 no Brasil (na cidade de São Paulo).

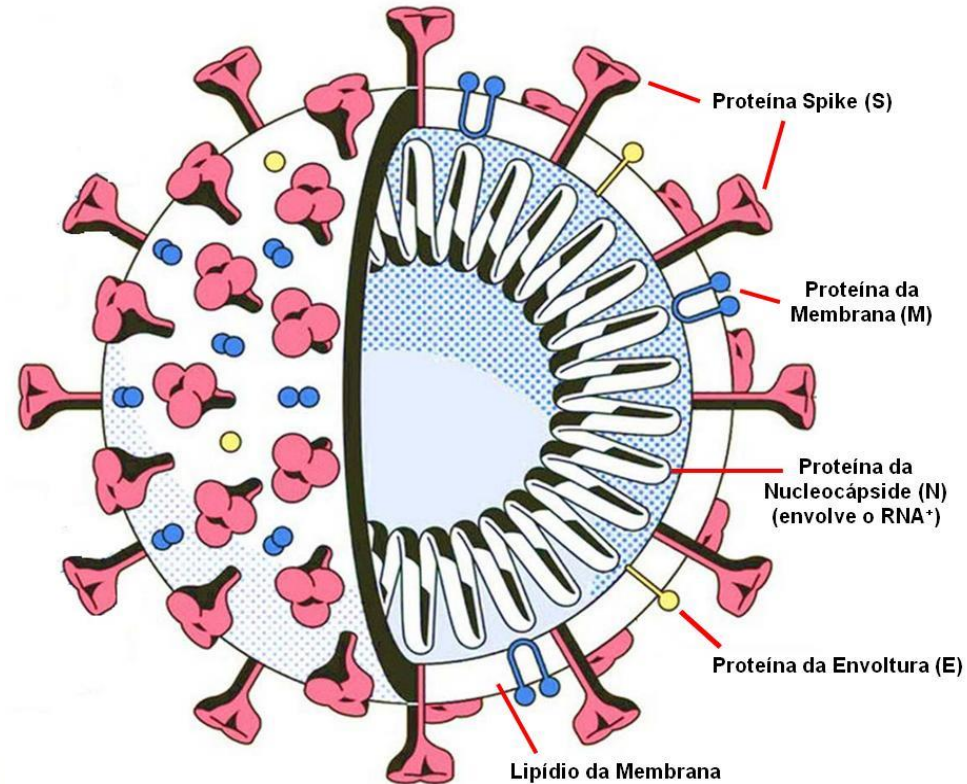
11/03/2020 - A epidemia se espalhou por diversos países e a OMS declarou a COVID-19 uma **Pandemia**.

COVID-19 e SARS-CoV-2



Novel Coronavirus SARS-CoV-2

Transmission electron micrograph of SARS-CoV-2 virus particles, isolated from a patient. Image captured and color-enhanced at the NIAID Integrated Research Facility (IRF) in Fort Detrick, Maryland. Credit: NIAID



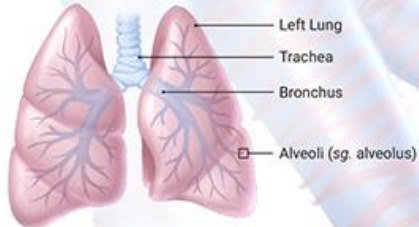
É um novo vírus do gênero β coronavírus, família de vírus RNA (~30 kb) de cadeia simples e positivo, com envoltório, de morfologia esférica ou pleomórfica com um diâmetro de 80-120 nm, que podem infectar, principalmente o trato respiratório e intestinal, de diferentes espécies, causando uma ampla gama de sintomas em animais e pessoas. O receptor celular é a proteína ECA2 presente em células alveolares ATII.

COVID-19

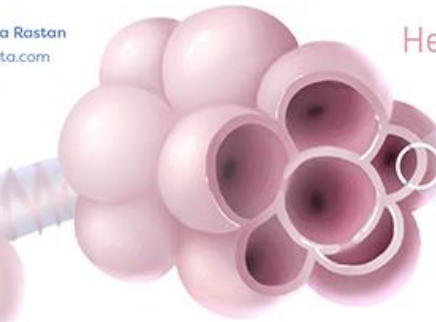
HOW DOES IT AFFECT YOU?

Designed by Avesta Rastan
 www.azuravesta.com
 @azuravesta
 @azuraviz

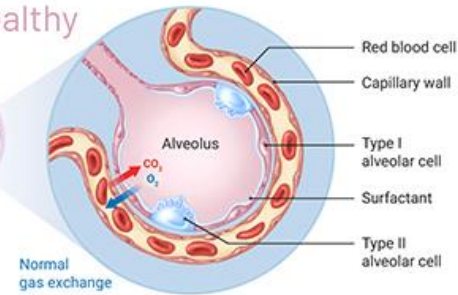
Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) is a pandemic caused by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, also called SARS-CoV-2. Despite the widespread awareness regarding COVID-19, many are still unaware about how it affects the human body.



SARS-CoV-2 starts its journey in the nose, mouth, or eyes and travels down to the alveoli in the lungs. Alveoli are tiny sacs of air where gas exchange occurs.



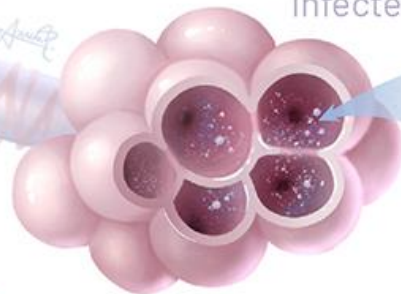
Healthy



Normal gas exchange

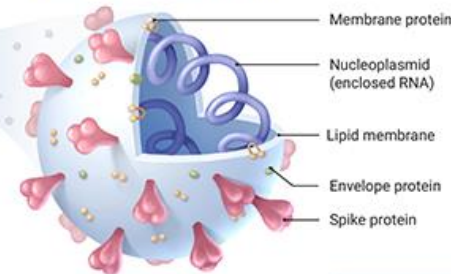
Gas Exchange

Each sac of air, or alveolus, is wrapped with capillaries where red blood cells release **carbon dioxide** (CO₂) and pick up **oxygen** (O₂). Two alveolar cells facilitate gas exchange; **Type I** cells are thin enough that the oxygen passes right through, and **Type II** cells secrete **surfactant** – a substance that lines the alveolus and prevents it from collapsing.



Infected

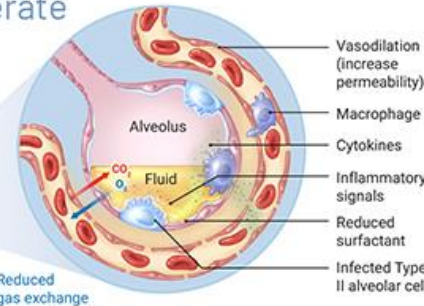
SARS-CoV-2 Structure



Viral Infection

The spike proteins covering the coronavirus bind ACE2 receptors primarily on type II alveolar cells, allowing the virus to inject its RNA. The RNA "hijacks" the cell, telling it to assemble many more copies of the virus and release them into the alveolus. The host cell is destroyed in this process and the new coronaviruses infect neighbouring cells.

Moderate



Reduced gas exchange

Stay Home

Symptoms may start to show (e.g. dry cough, fever, etc.)

Pneumonia develops

Shortness of breath

Hospitalization

Dangerous for high-risk individuals; secondary infections may occur

Intensive Care (ICU)

Patients may require ventilators and life-support

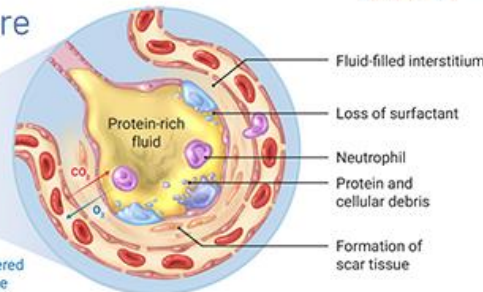
Complications unrelated to COVID-19 may occur

With proper care, patients may recover at any point during this process

Immune Response

- 1 After infection, Type II cells release **inflammatory signals** that recruit **macrophages** (immune cells).
- 2 Macrophages release **cytokines** that cause vasodilation, which allows more immune cells to come to the site of injury and exit the capillary.
- 3 Fluid accumulates inside the alveolus.
- 4 The fluid dilutes the surfactant which triggers the onset of alveolar collapse, decreasing gas exchange and increasing the work of breathing.
- 5 **Neutrophils** are recruited to the site of infection and release Reactive Oxygen Species (ROS) to destroy infected cells.
- 6 Type I and II cells are destroyed, leading to the collapse of the alveolus and causing **Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS)**.
- 7 If inflammation becomes severe, the protein-rich fluid can enter the bloodstream and travel elsewhere in the body, causing **Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS)**.
- 8 SIRS may lead to **septic shock** and **multi-organ failure**, which can have fatal consequences.

Severe



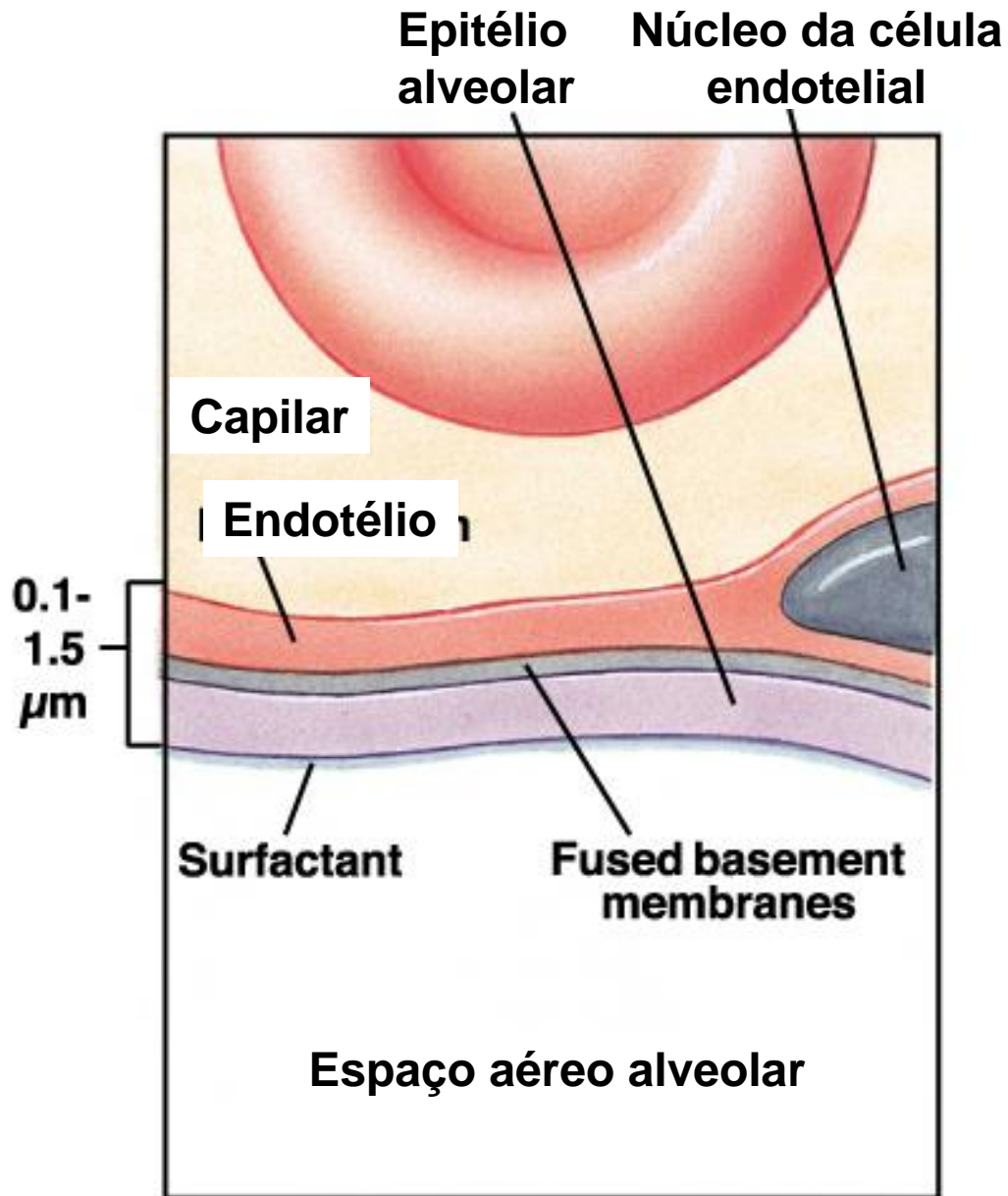
Greatly hindered gas exchange

Impaired Gas Exchange

When the immune system attacks the area of infection it also kills healthy alveolar cells. This results in three things that hinder gas exchange:

- 1) Alveolar collapse due to loss of surfactant from Type II cells
- 2) Less oxygen enters the bloodstream due to lack of Type I cells
- 3) More fluid enters the alveolus

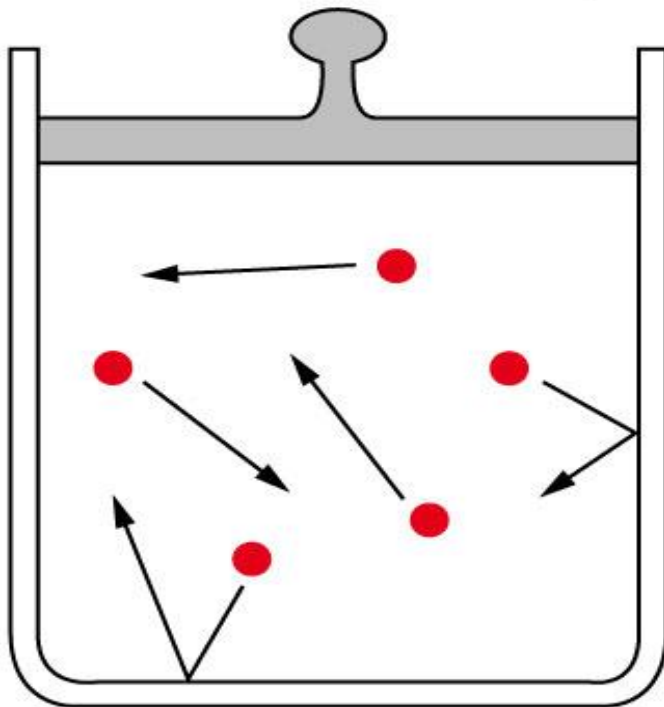
Superfície de Troca do alvéolo.



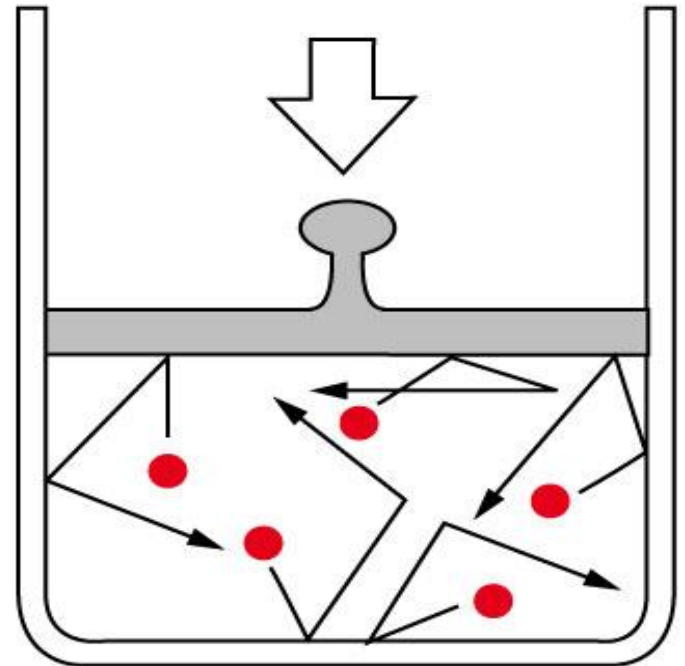
Mecânica da Ventilação

Gases: Área de alta pressão \longrightarrow Área de Baixa pressão

Boyle's Law: $P_1V_1 = P_2V_2$



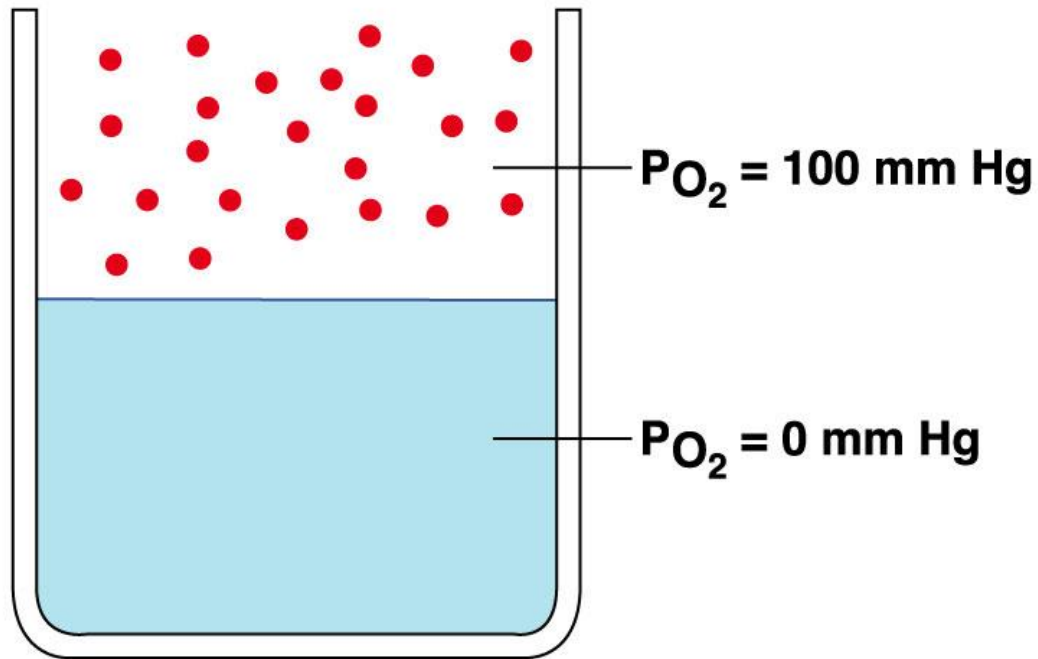
$V_1 = 1.0 \text{ L}$
 $P_1 = 100 \text{ mm Hg}$



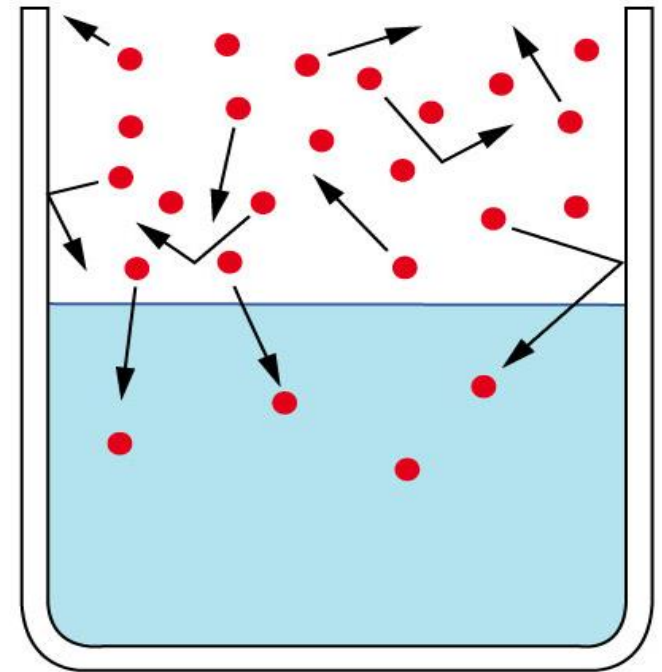
$V_2 = 0.5 \text{ L}$
 $P_2 = 200 \text{ mm Hg}$

Solubilidade dos Gases

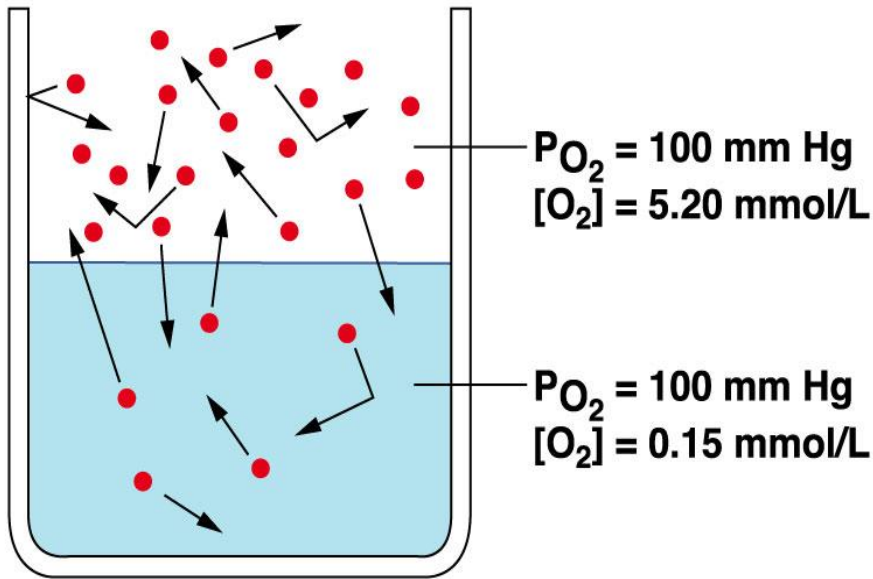
Initial state:
no O_2 in solution



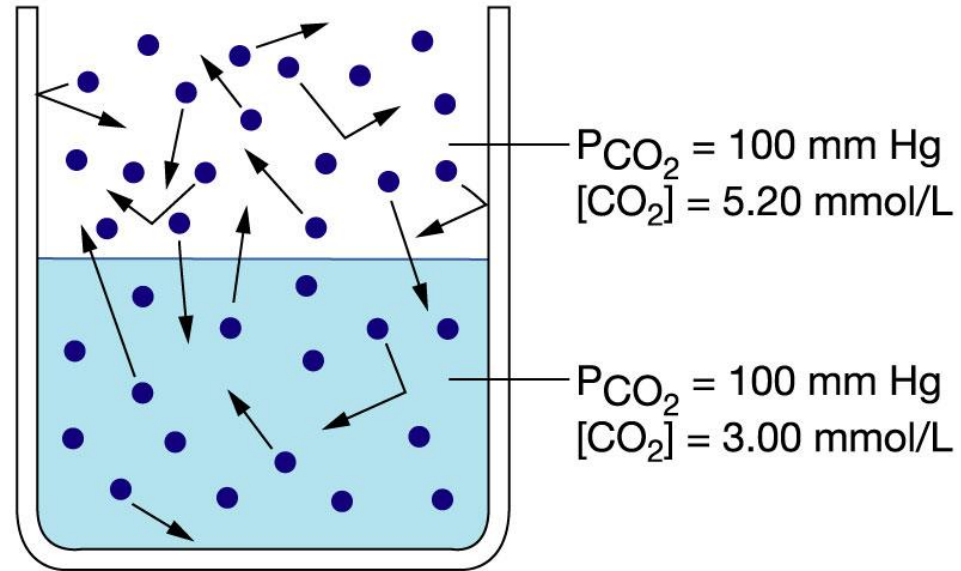
Oxygen dissolves



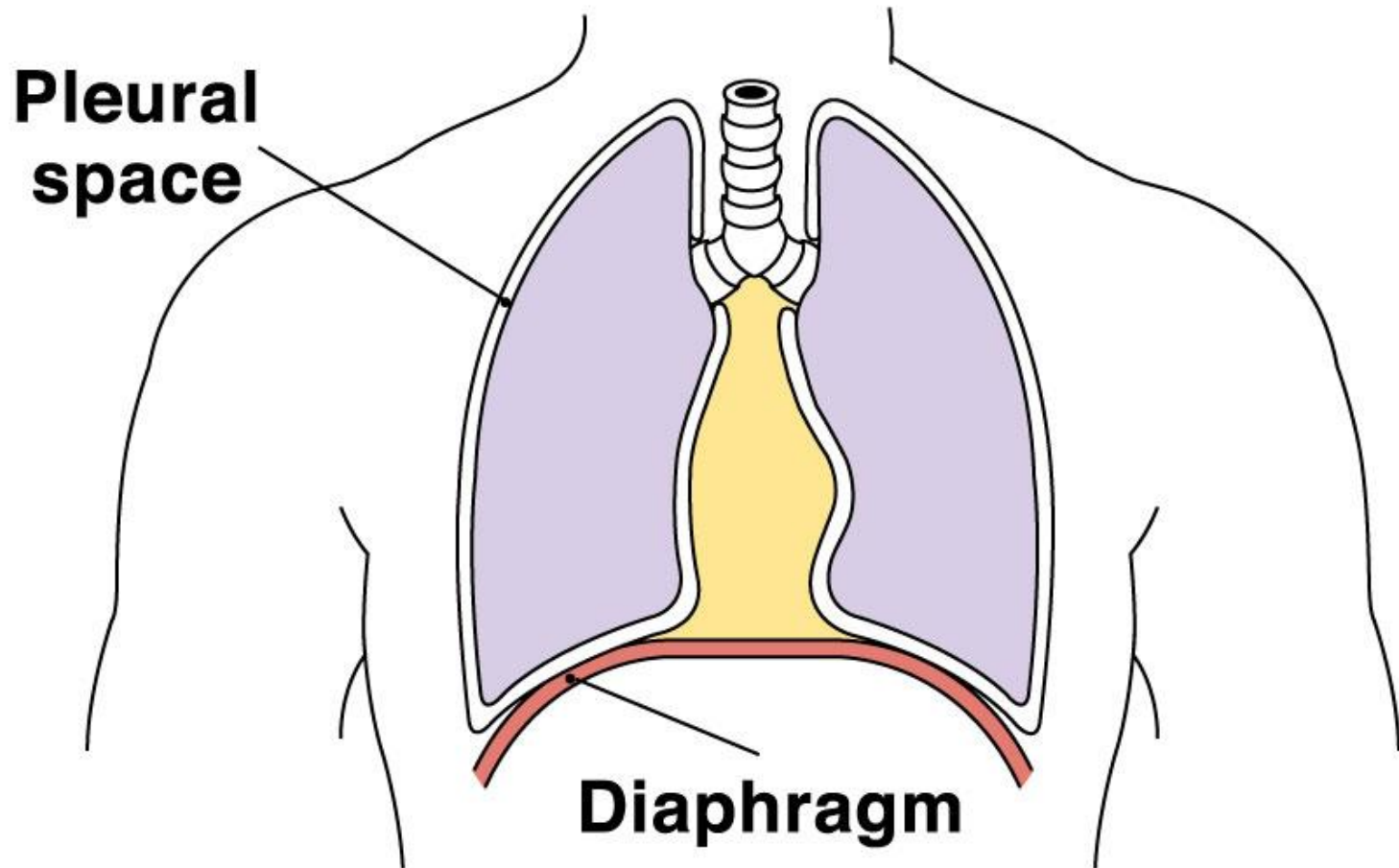
At equilibrium, P_{O_2} in air and water is equal. Low O_2 solubility means concentrations are not equal.



When CO_2 is at equilibrium at the same partial pressure, more CO_2 dissolves.

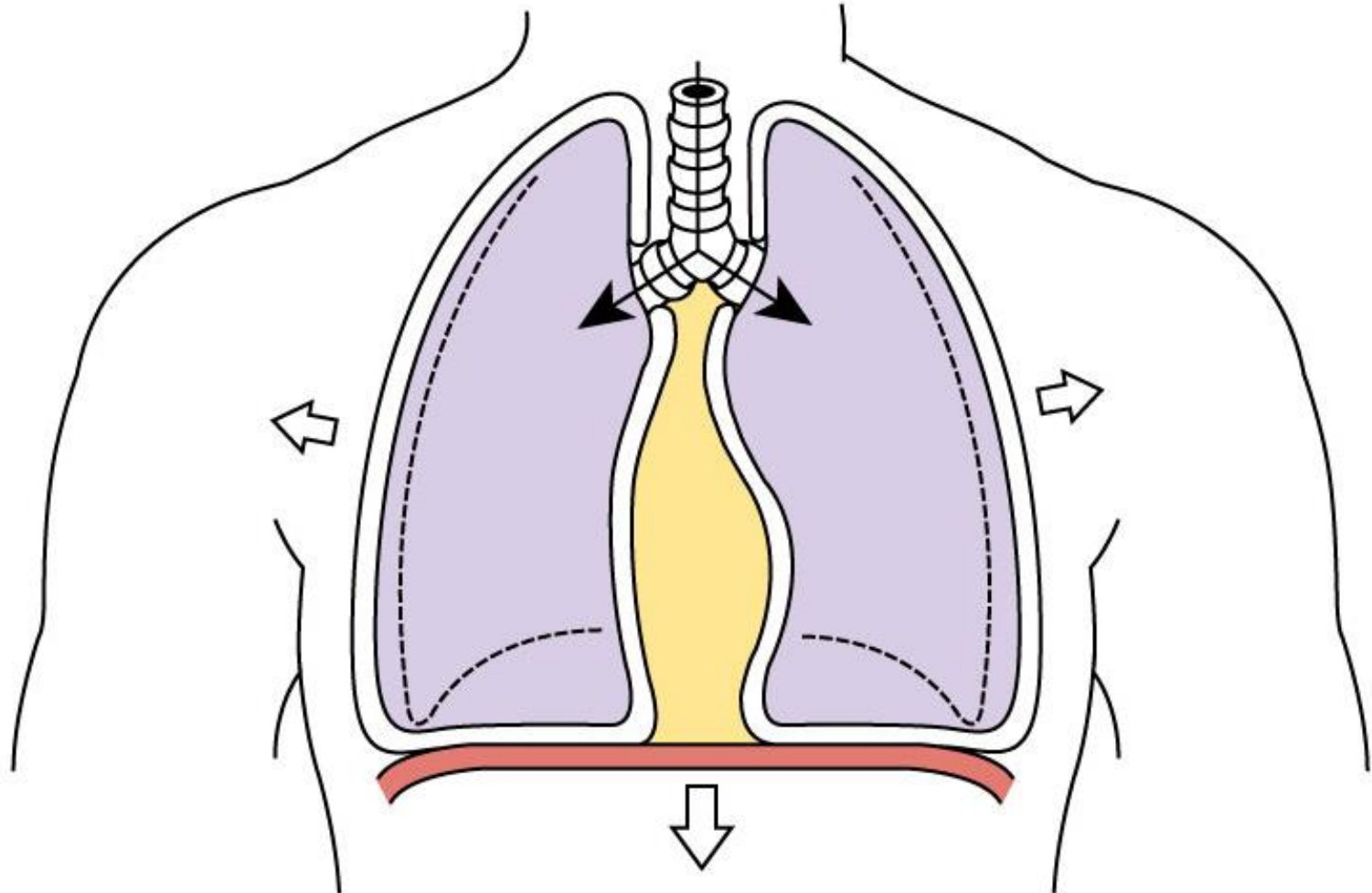


Fluxo de Ar nos Pulmões



Em repouso, diafragma relaxado

Contração dos músculos da caixa torácica e o diafragma funciona como uma bomba, que permite que os pulmões se expandam dentro da caixa torácica pelo fluido pleural.



O diafragma contrai, o volume torácico aumenta, a pressão diminui

ENTRADA DE AR

A

CAIXA TORÁCICA
AUMENTA DE VOLUME

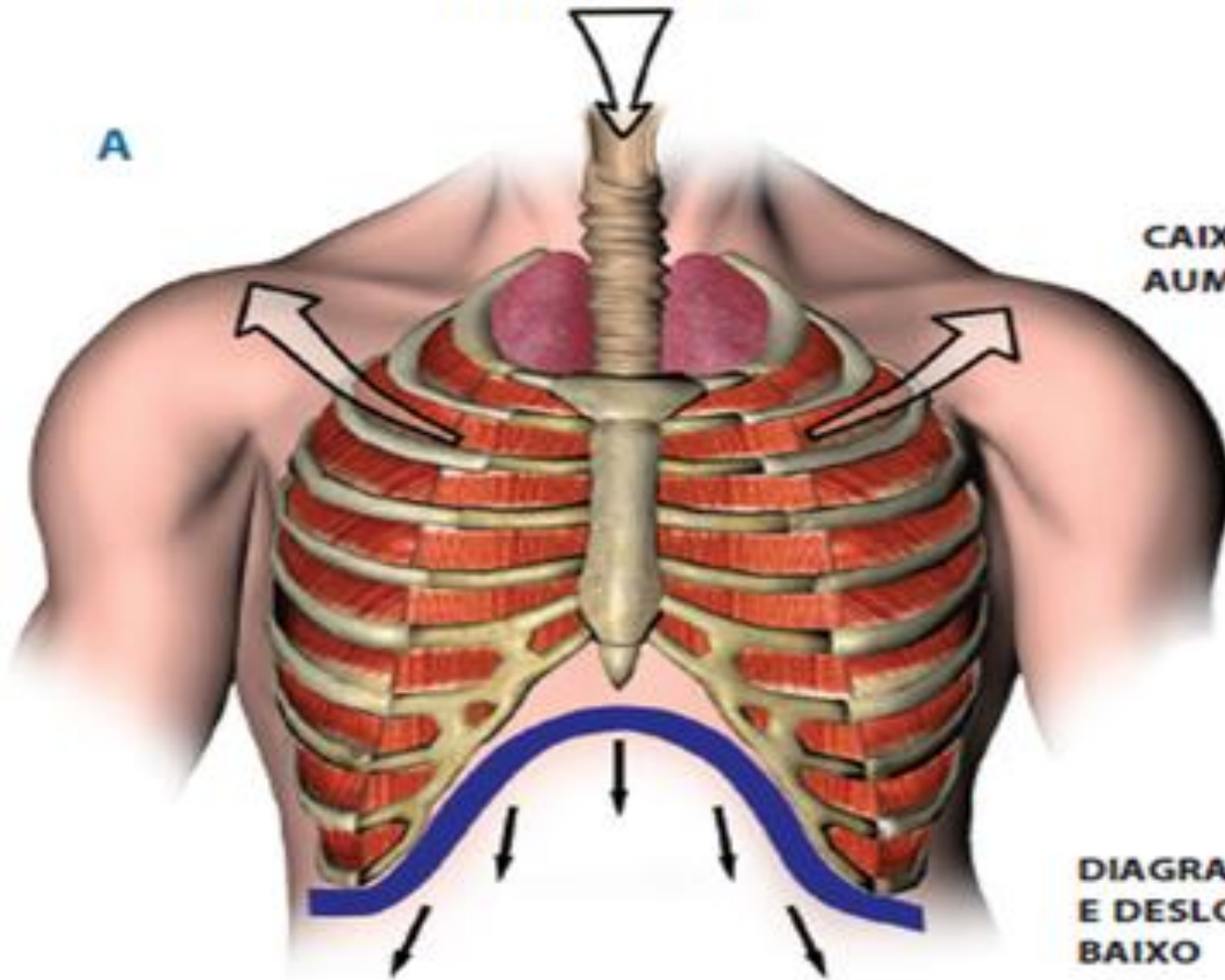
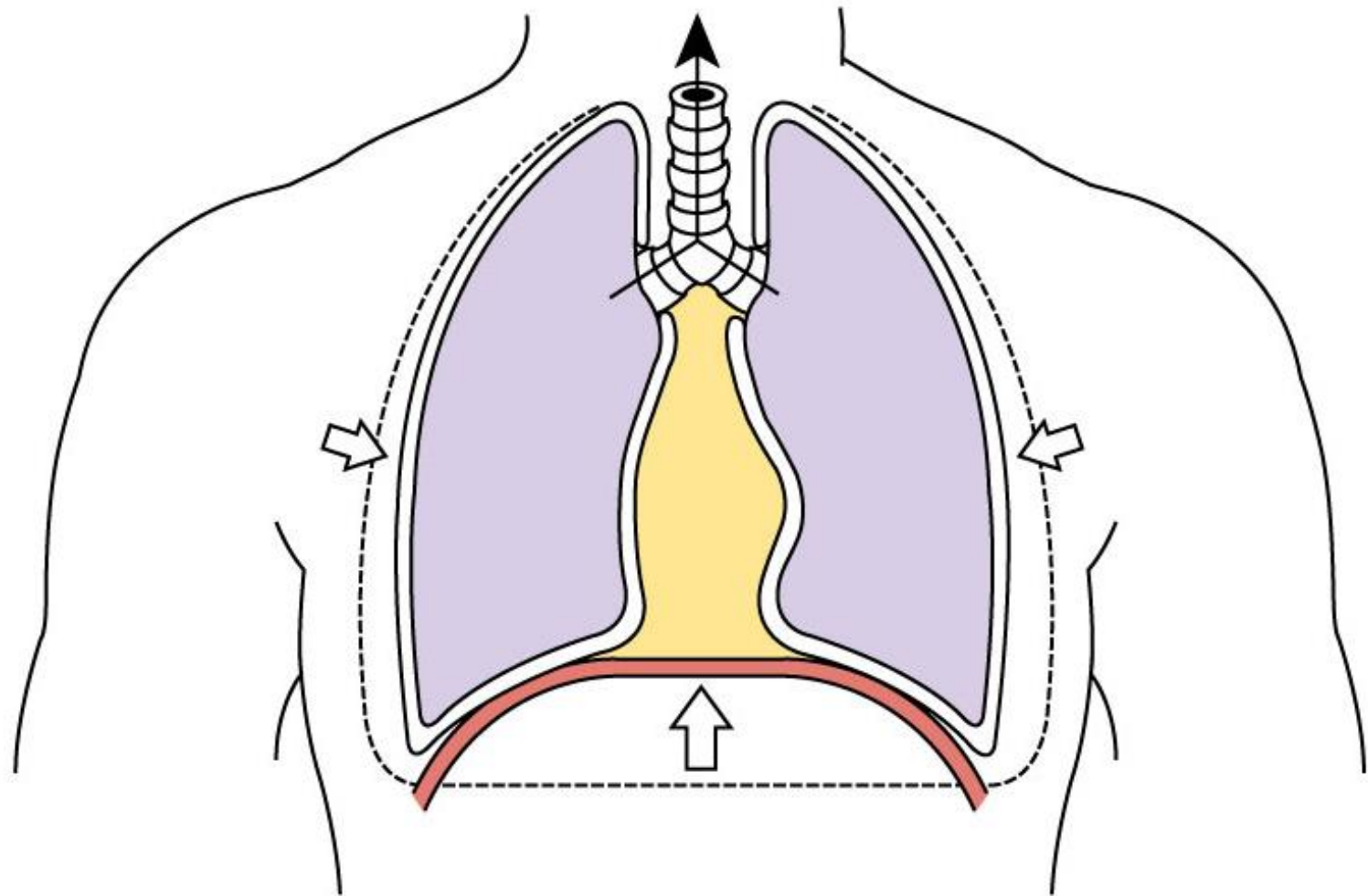


DIAGRAMA CONTRAI
E DESLOCA-SE PARA
BAIXO

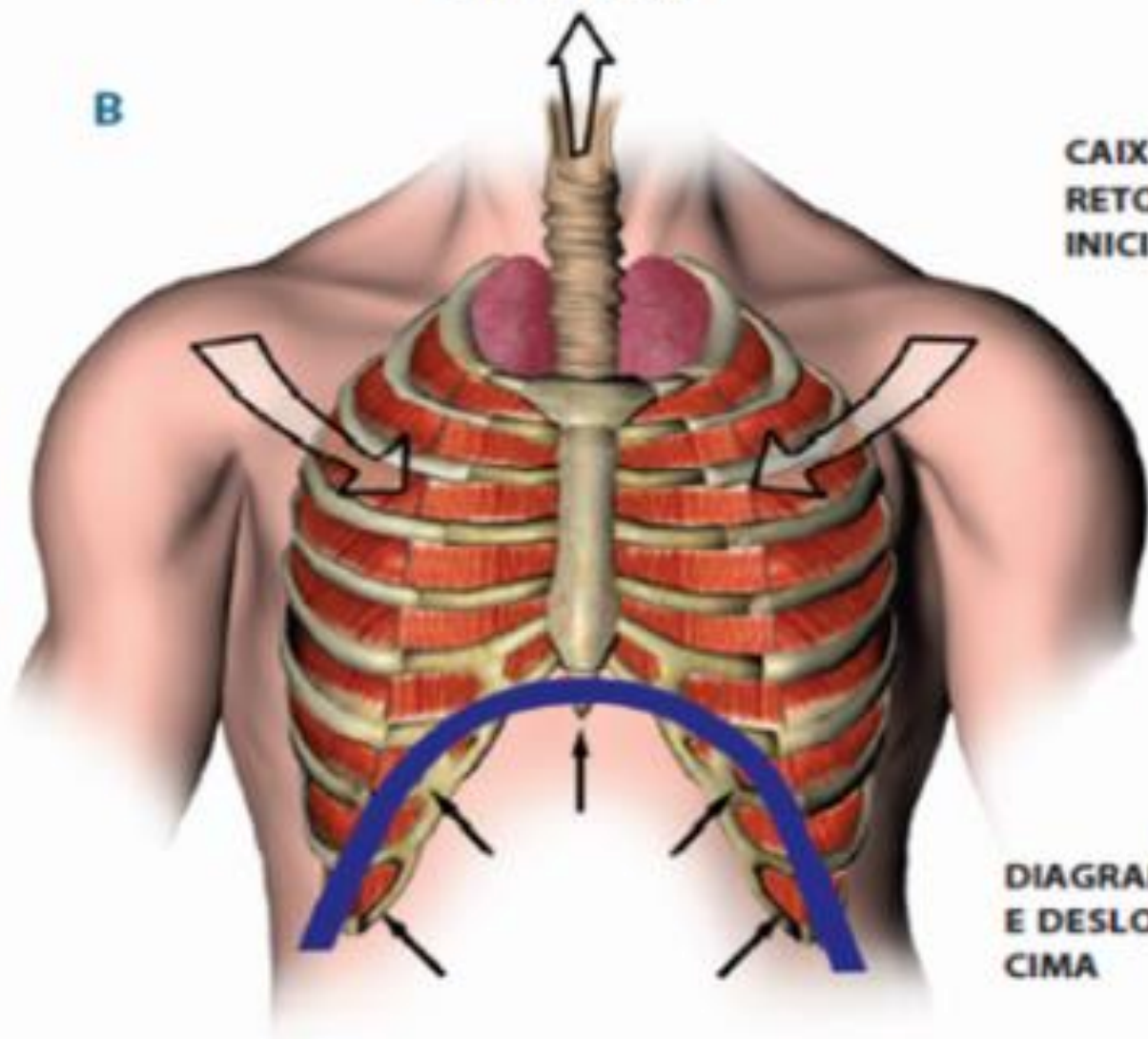


**O diafragma relaxa, o volume torácico diminui,
a pressão aumenta**

B

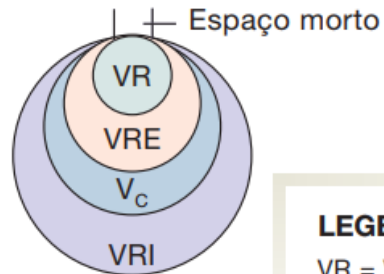
SAÍDA DE AR

**CAIXA TORÁCICA
RETORNA À POSIÇÃO
INICIAL**



**DIAGRAMA RELAXA
E DESLOCA-SE PARA
CIMA**

Volumes e capacidades dos pulmões



LEGENDA

VR = Volume residual

VRE = Volume de reserva expiratório

V_C = Volume corrente

VRI = Volume de reserva inspiratório

Capacidade é a soma de dois ou mais volumes.

Capacidade inspiratória = V_C + VRI

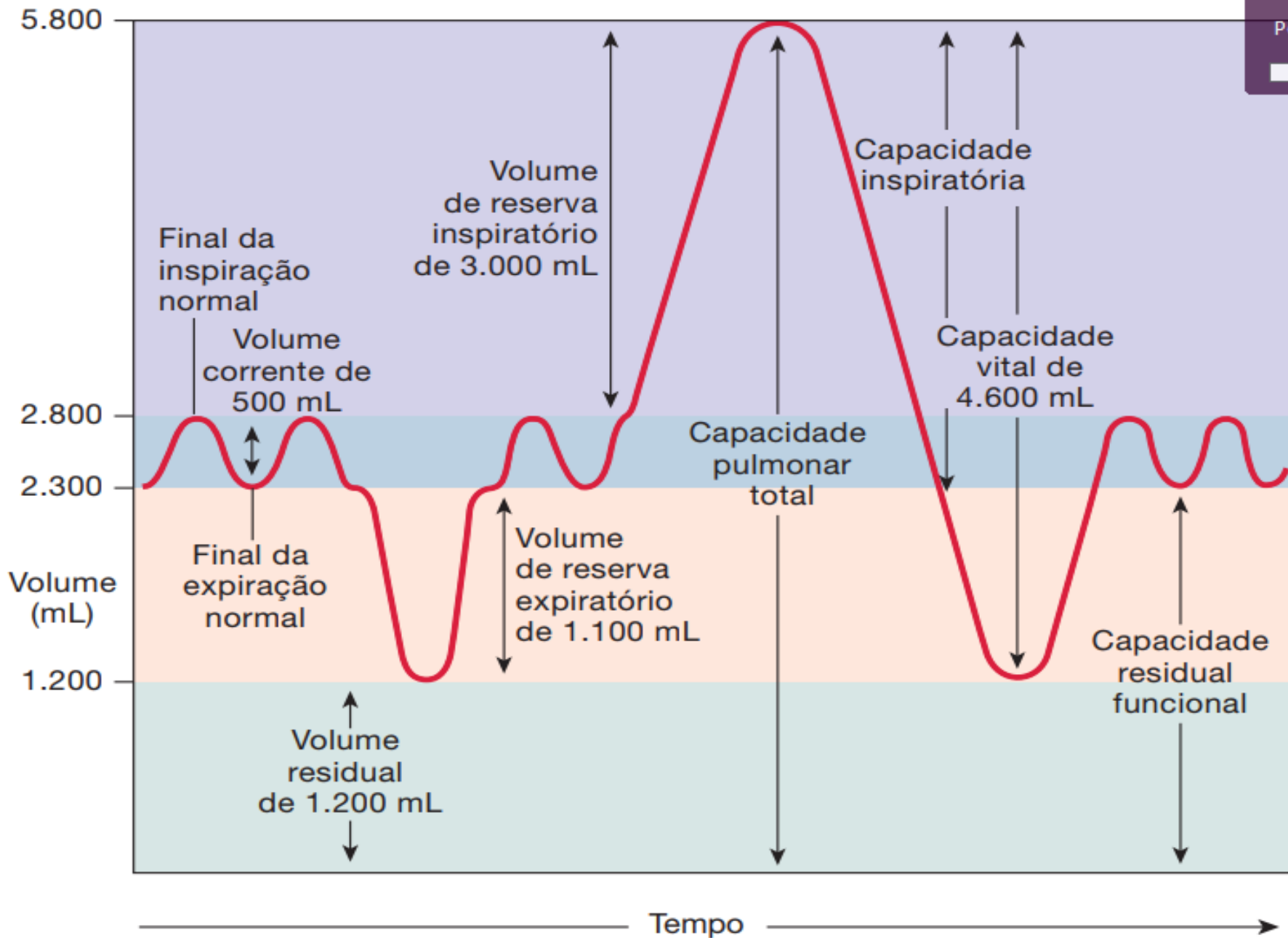
Capacidade vital = V_C + VRI + VRE

Capacidade pulmonar total = V_C + VRI + VRE + VR

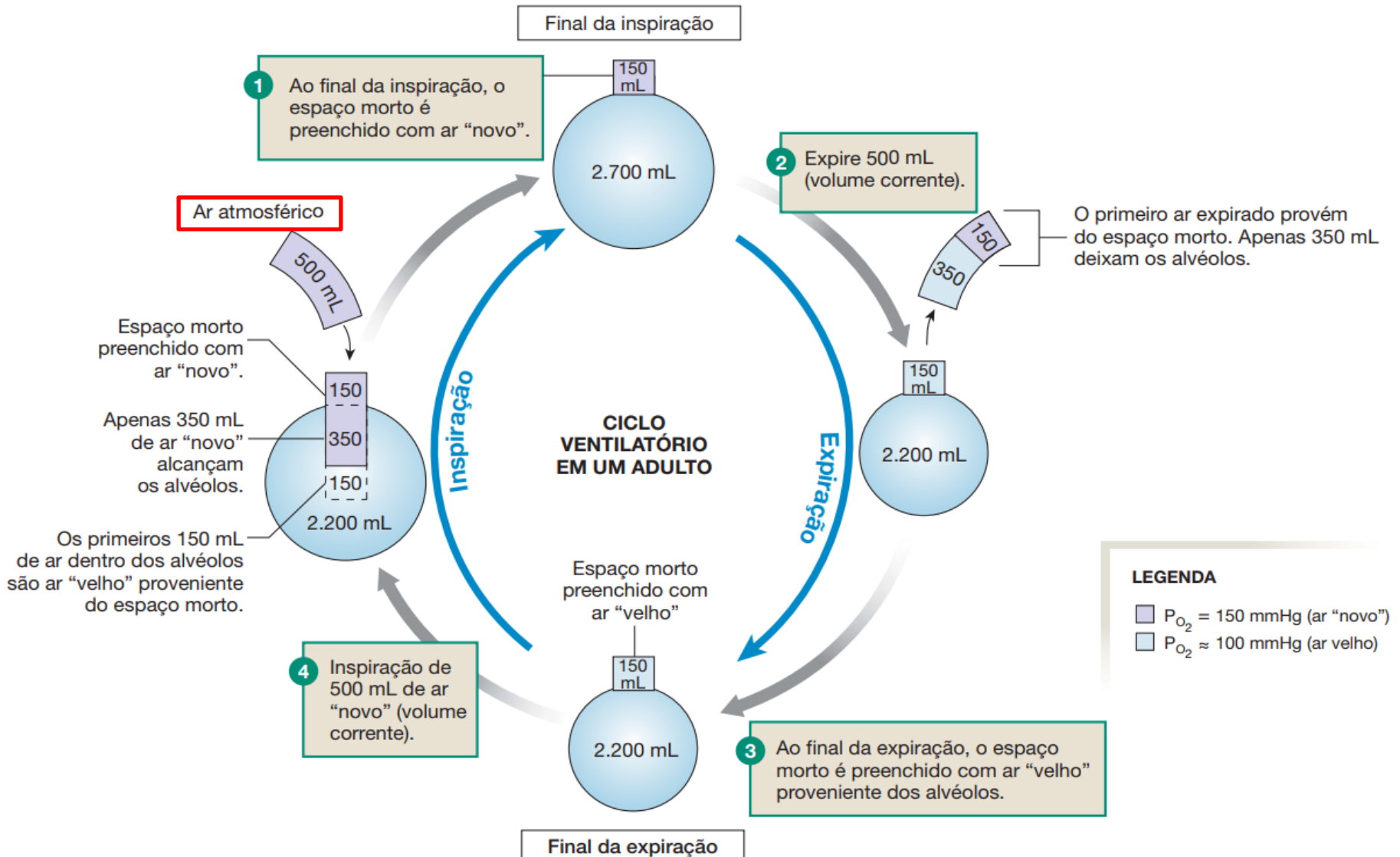
Capacidade residual funcional = VRE + VR

Capacidades e volumes pulmonares*

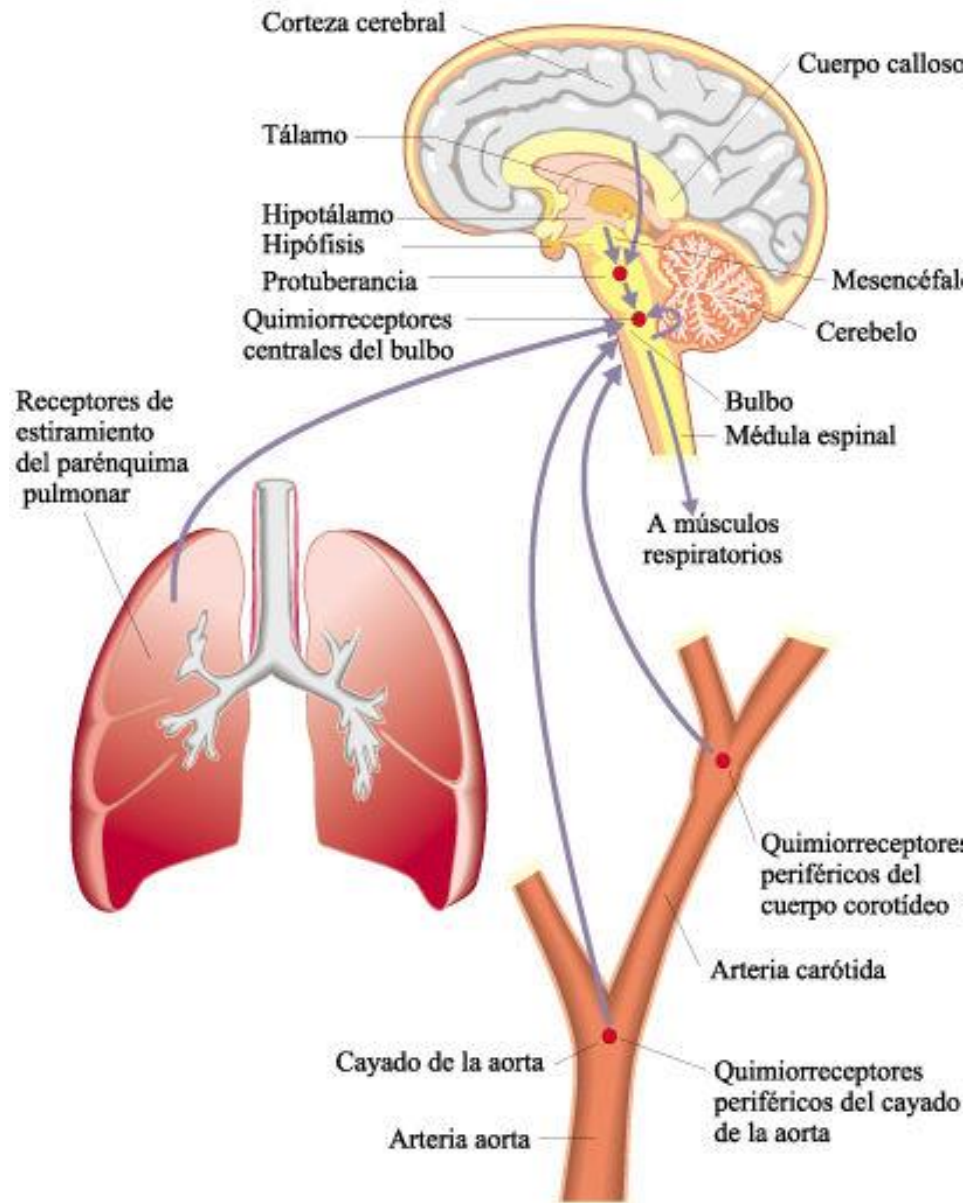
	Homens	Mulheres
Capacidade vital	VRI 3.000	1.900
	V _C 500	500
	VRE 1.100	700
Volume residual	1.200	1.100
Capacidade pulmonar total	5.800 mL	4.200 mL



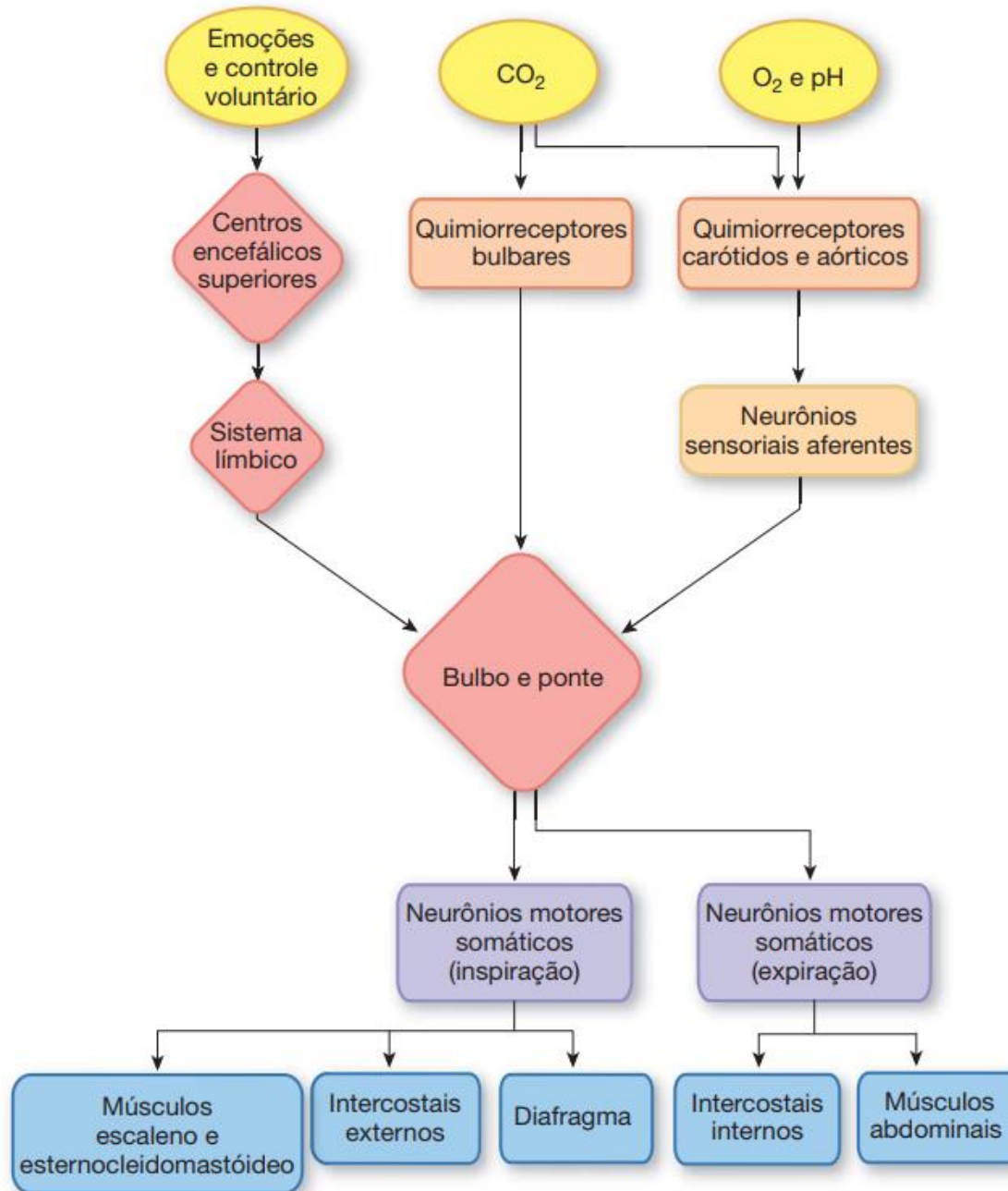
Ciclo respiratório



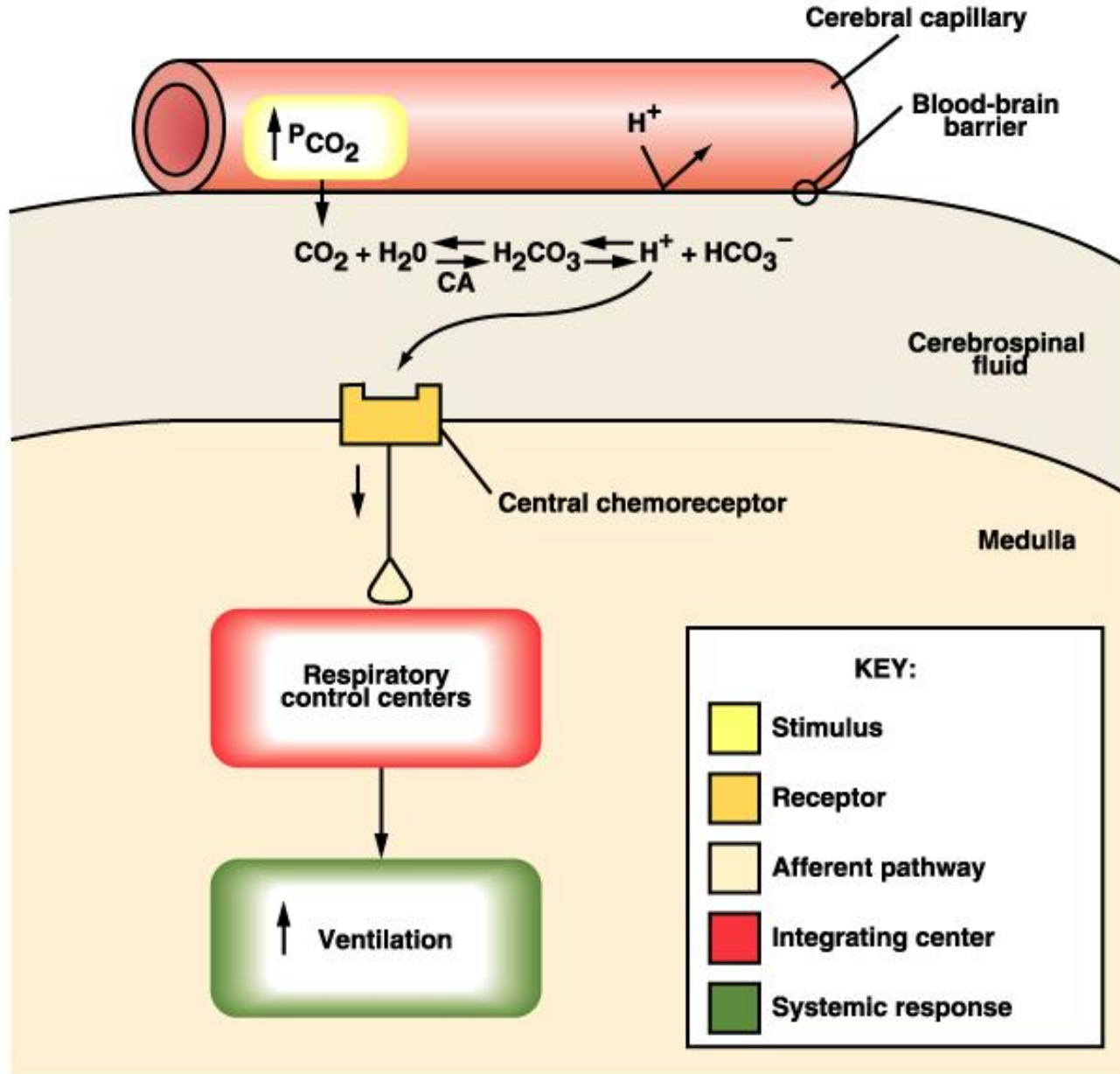
O centro respiratório, localizado no bulbo raquídeo, envia impulsos (a través de fibras nervosas) à músculos intercostales e diafragma, produziendo sua contração rítmica.



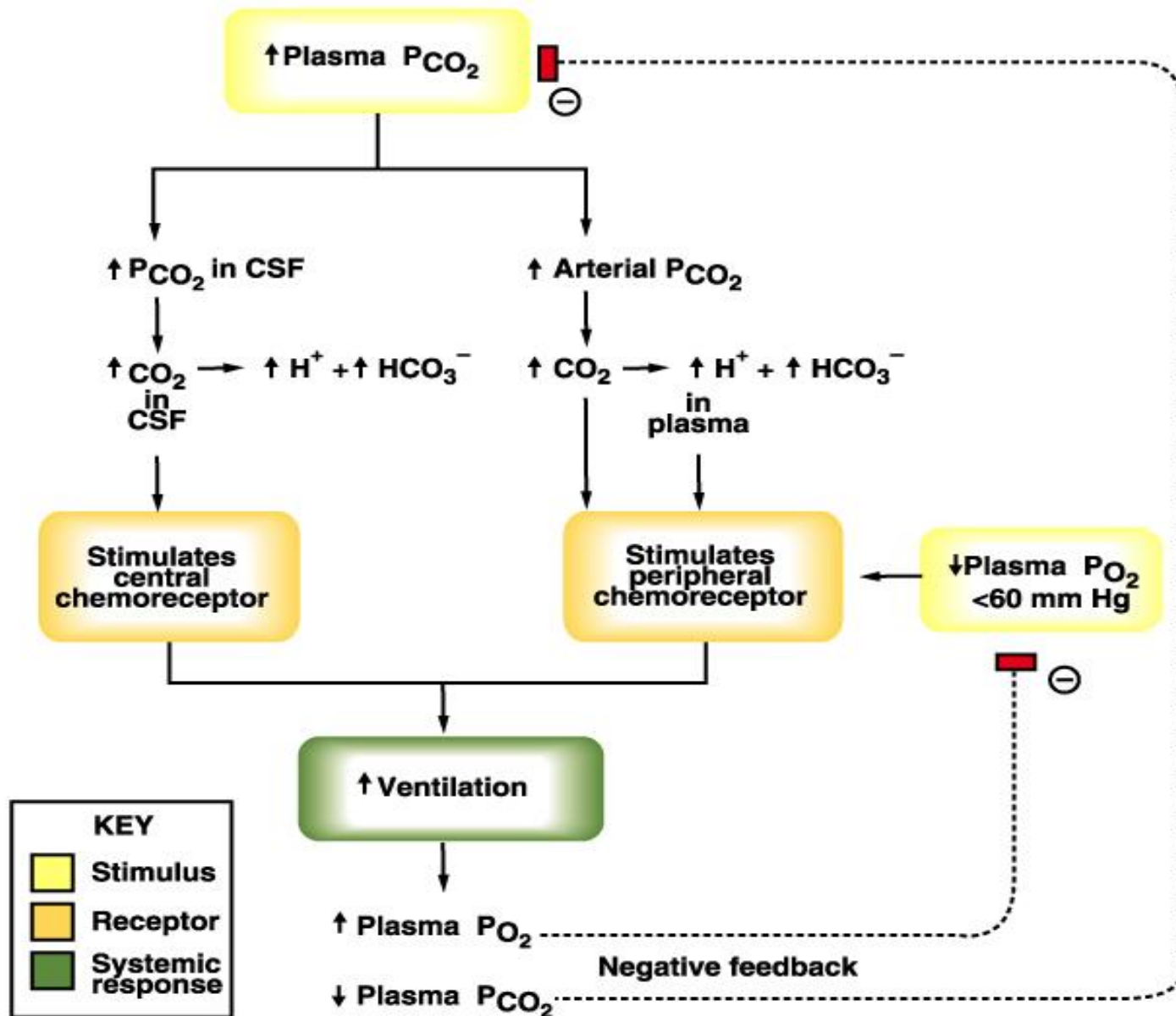
Controle Reflexo da Ventilação



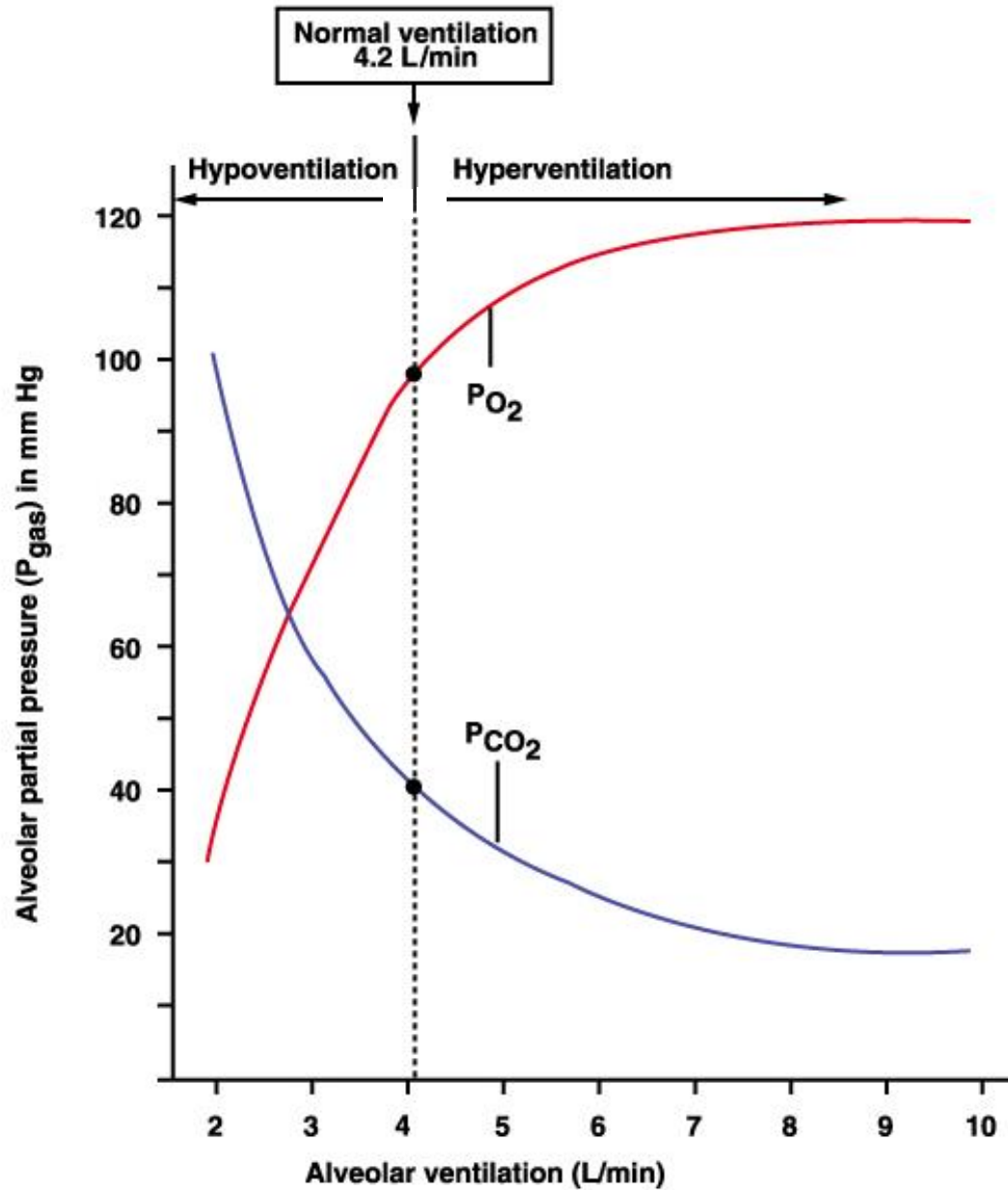
Quimiorreceptores: Periféricos e Centrais



Quimiorreceptores: CO₂ principal estímulo da ventilação



Frequência de ventilação: 12-20 respirações por minuto



Ventilação

(a) A ventilação pulmonar total é maior do que a ventilação alveolar devido ao espaço morto.

Ventilação pulmonar total:

Ventilação pulmonar total = frequência ventilatória x volume corrente (V_C)

Por exemplo: 12 incursões respiratórias (ciclos)/min x 500 mL de ar inspirado = 6.000 mL/min

Ventilação alveolar:

A ventilação alveolar é a melhor medida do quanto de ar “novo” atinge os alvéolos. O ar “novo” que permanece no espaço morto não chega aos alvéolos.

Ventilação alveolar = frequência ventilatória x (V_C - volume do espaço morto V_M)

Se o espaço morto é de 150 mL: 12 incursões respiratórias (ciclos)/min x (500 - 150 mL) = 4.200 mL/min

TABELA 17.3 Tipos e padrões de ventilação

Nome	Descrição	Exemplos
Eupneia	Respiração normal em repouso (basal ou espontânea)	
Hiperpneia	Aumento da frequência ventilatória e/ou do volume em resposta ao aumento do metabolismo	Exercício
Hiperventilação	Aumento da frequência ventilatória e/ou do volume sem aumento do metabolismo	Hiperventilação emocional; soprando um balão
Hipoventilação	Diminuição da ventilação alveolar	Respiração superficial; asma; doença pulmonar restritiva
Taquipneia	Respiração rápida; normalmente com frequência ventilatória aumentada com diminuição da amplitude	Respiração ofegante
Dispneia	Dificuldade de respirar (uma sensação subjetiva muitas vezes descrita como “fome de ar”)	Várias doenças ou exercício vigoroso
Apneia	Cessação da respiração	Suspensão voluntária da respiração; depressão dos centros de controle do SNC

Gases Respiratórios no Sangue

- **Oxigênio**
 - Pouco dissolvido no plasma
 - Ligado a Hemoglobina (Hb)
 - 1 O₂/heme
 - 4 hemes/Hb
 - Oxihemoglobina



- **Dióxido de Carbono**
 - 70% no plasma na forma de HCO₃
 - Maior estimulante do cérebro
 - Mais solúvel que o oxigênio
 - Carbaminohemoglobina
- $$\text{Hb} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{HbCO}_2$$

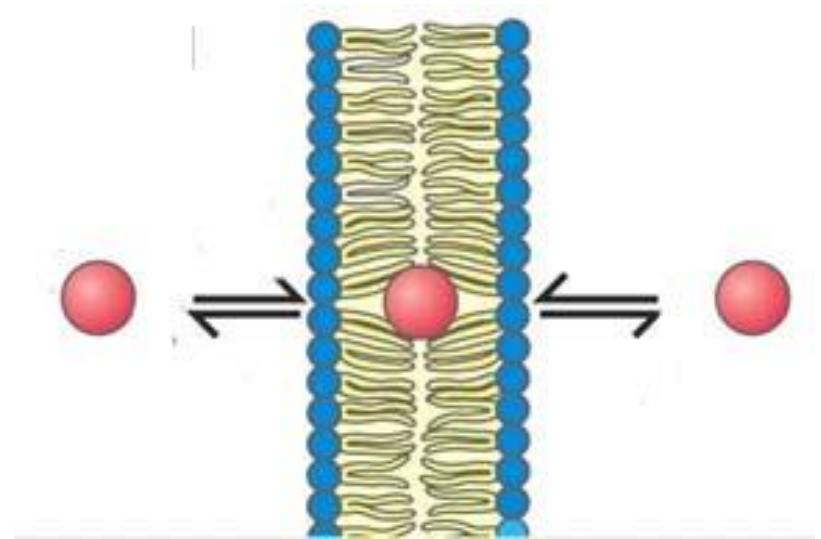
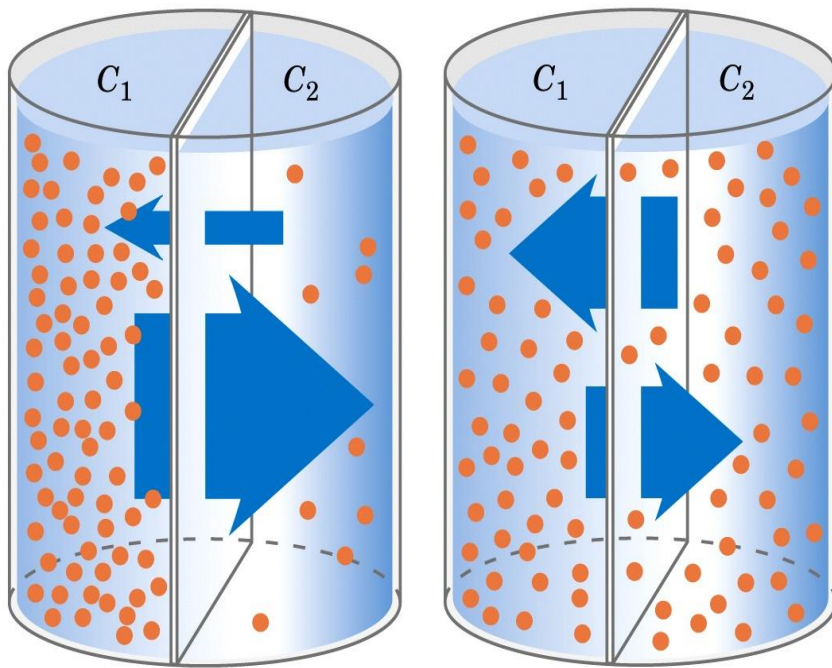
Trocas pulmonares e teciduais

Condições:

- 1- Área de superfície ampla: ~350 milhões de alvéolos/pulmão ~95 m²
- 2- Paredes alveolares delgadas: Células epiteliais escamosas simples
- 3- Grande proximidade entre alvéolos e os capilares pulmonares: A proximidade garante a velocidade

Características:

- 1- Muito rápida ~0,5 segundos
- 2- Capta ~250 mL/minuto de O₂
- 3- Elimina 200 mL/minuto de CO₂
- 4- Capacidade para oxigenar ~30 L/minuto de sangue

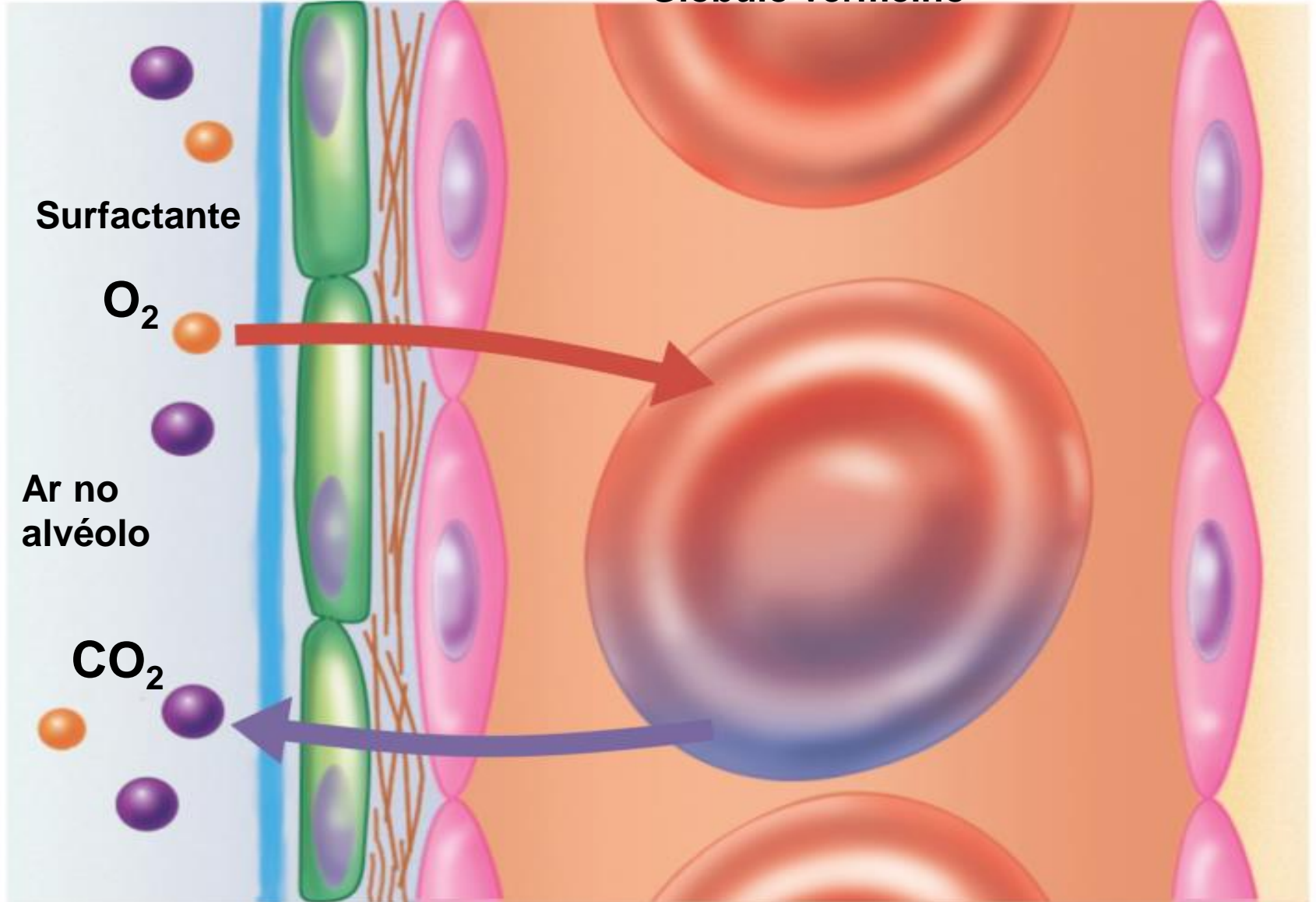


Alta concentração **—————>** **baixa concentração**

Célula do
endotélio
alveolar

Glóbulo vermelho

Célula do
endotélio
capilar



Pressão parcial e concentração dos gases no ar atmosférico

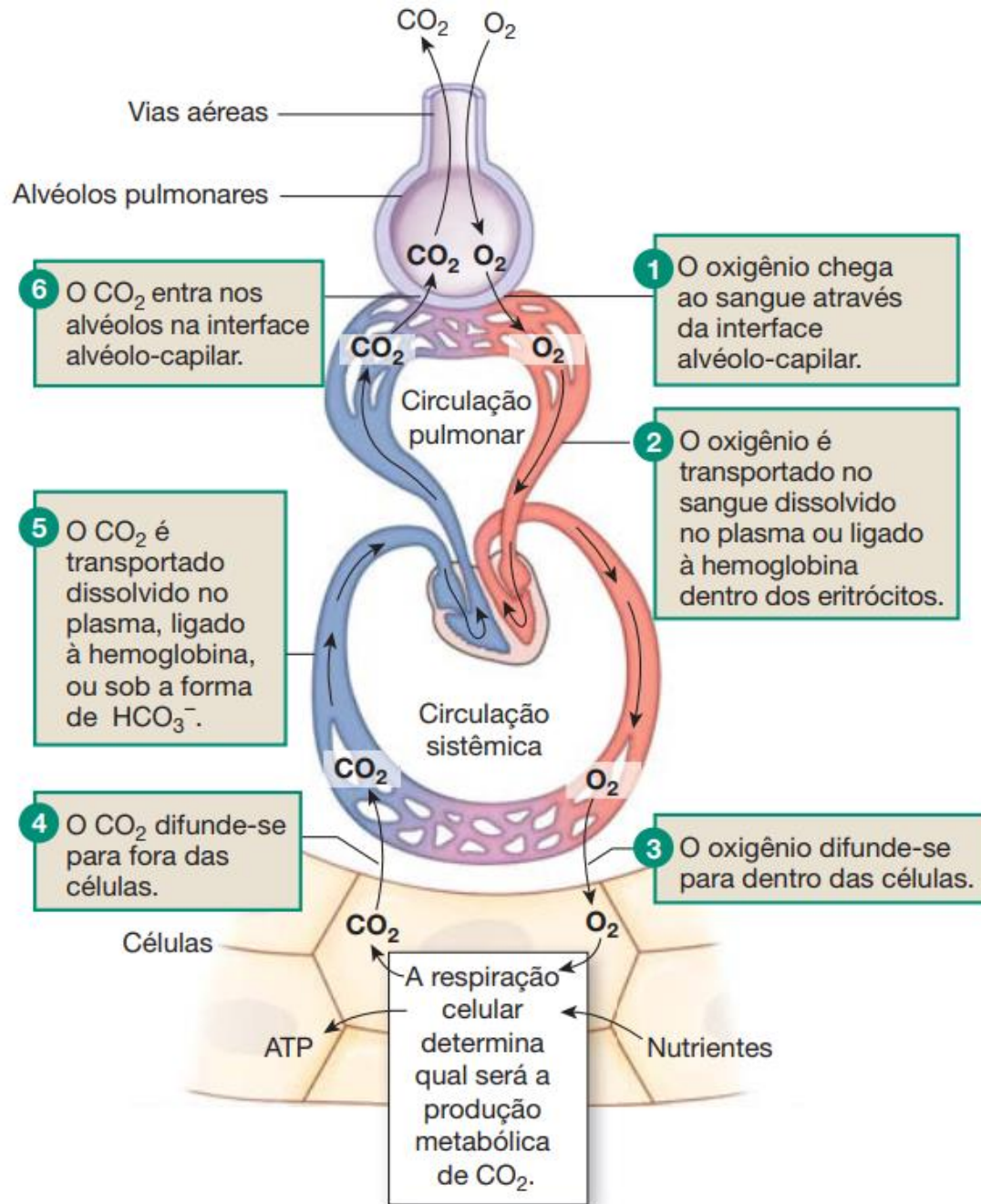
Gás do ar atmosférico	Concentração (%)	Pressão parcial (P) (mmHg)
Nitrogênio	78,62	597
Oxigênio	20,84	159
Dióxido de carbono	0,04	0,3
Vapor de água	0,5	3,7
Total	100	760

Pressão parcial dos gases (mmHg)

Gás	Ar atmosférico	Arterial	Venoso
Oxigênio	159	95	40
Dióxido de carbono	0,3	40	46

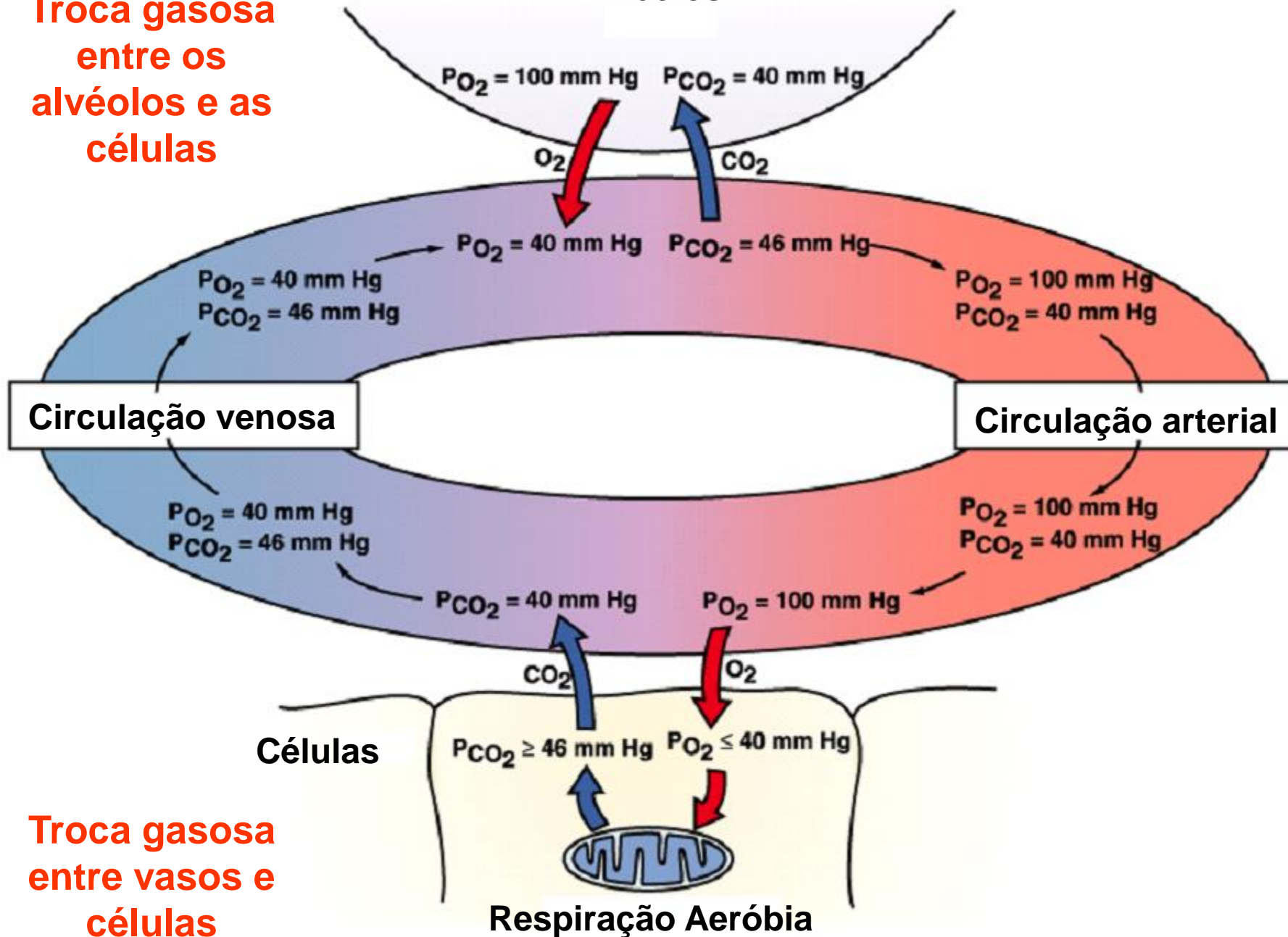
Alta concentração → baixa concentração

Troca e transporte de gases no pulmão



Alvéolos

Troca gasosa
entre os
alvéolos e as
células



Troca gasosa
entre vasos e
células

Respiração Aeróbia

Transporte de O₂

1. Troca do oxigênio entre alvéolos e sangue

3. Troca do oxigênio do sangue para as células

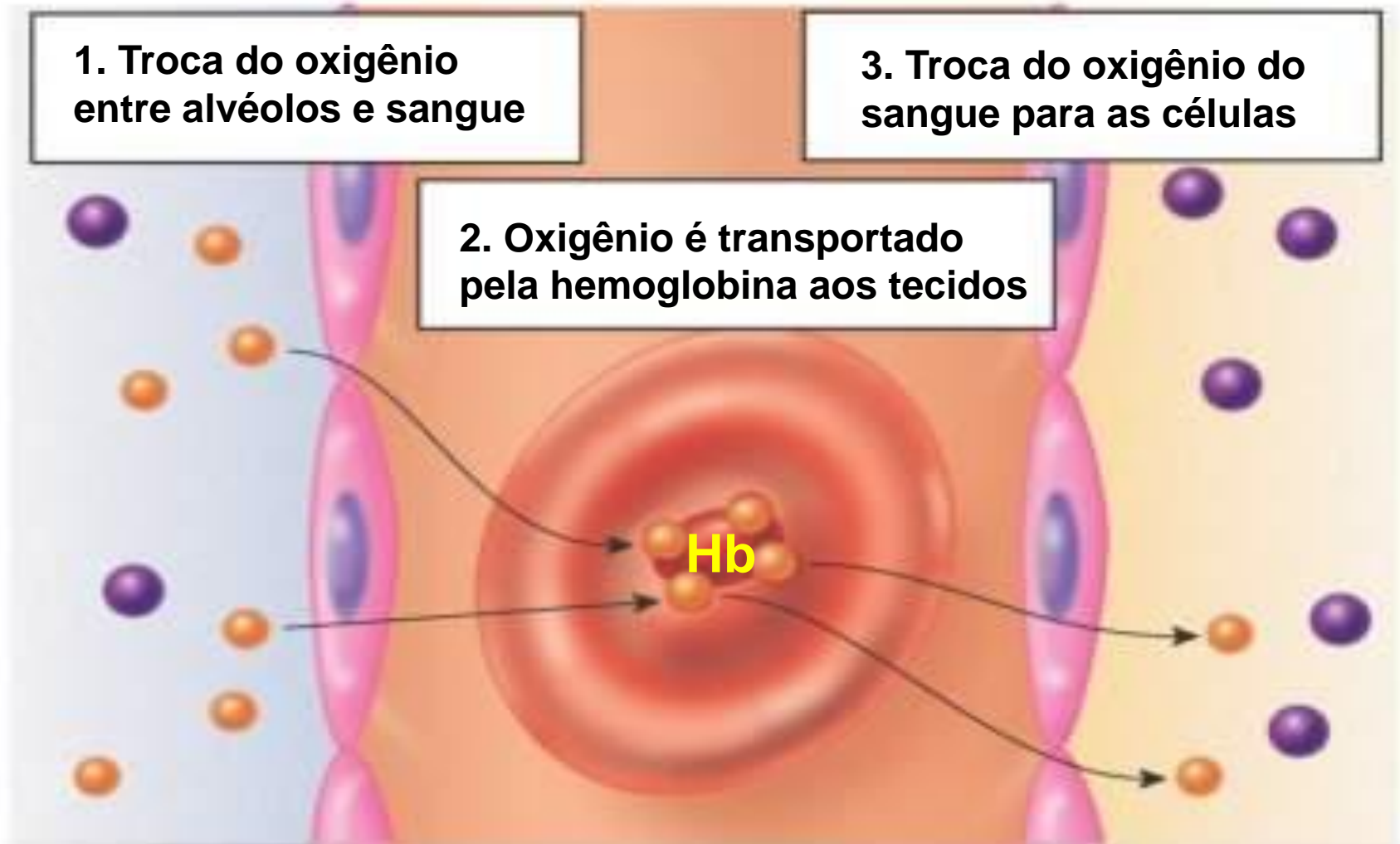
2. Oxigênio é transportado pela hemoglobina aos tecidos

Hb

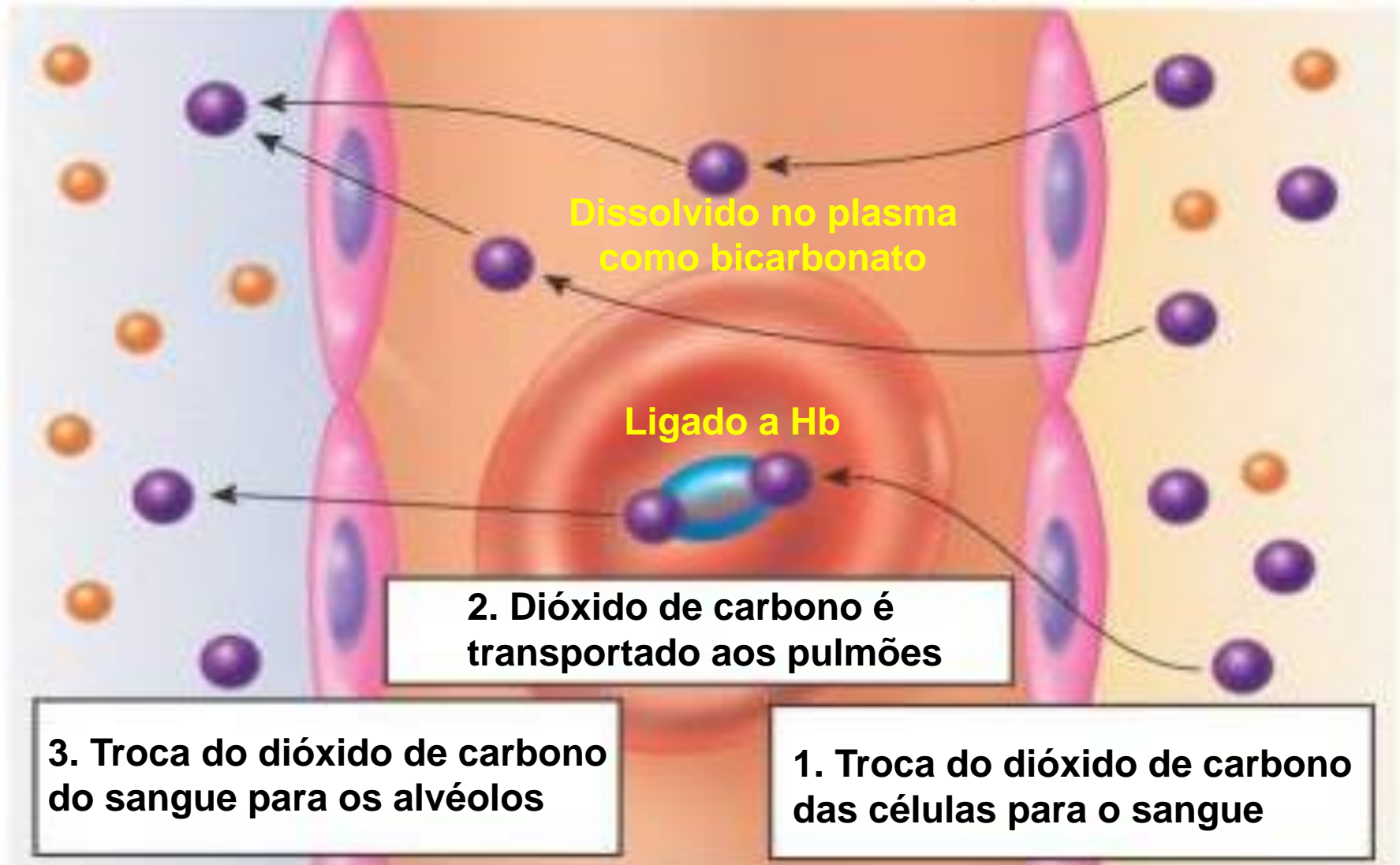
Alvéolo

Sangue

Células



Transporte de CO₂



3. Troca do dióxido de carbono do sangue para os alvéolos

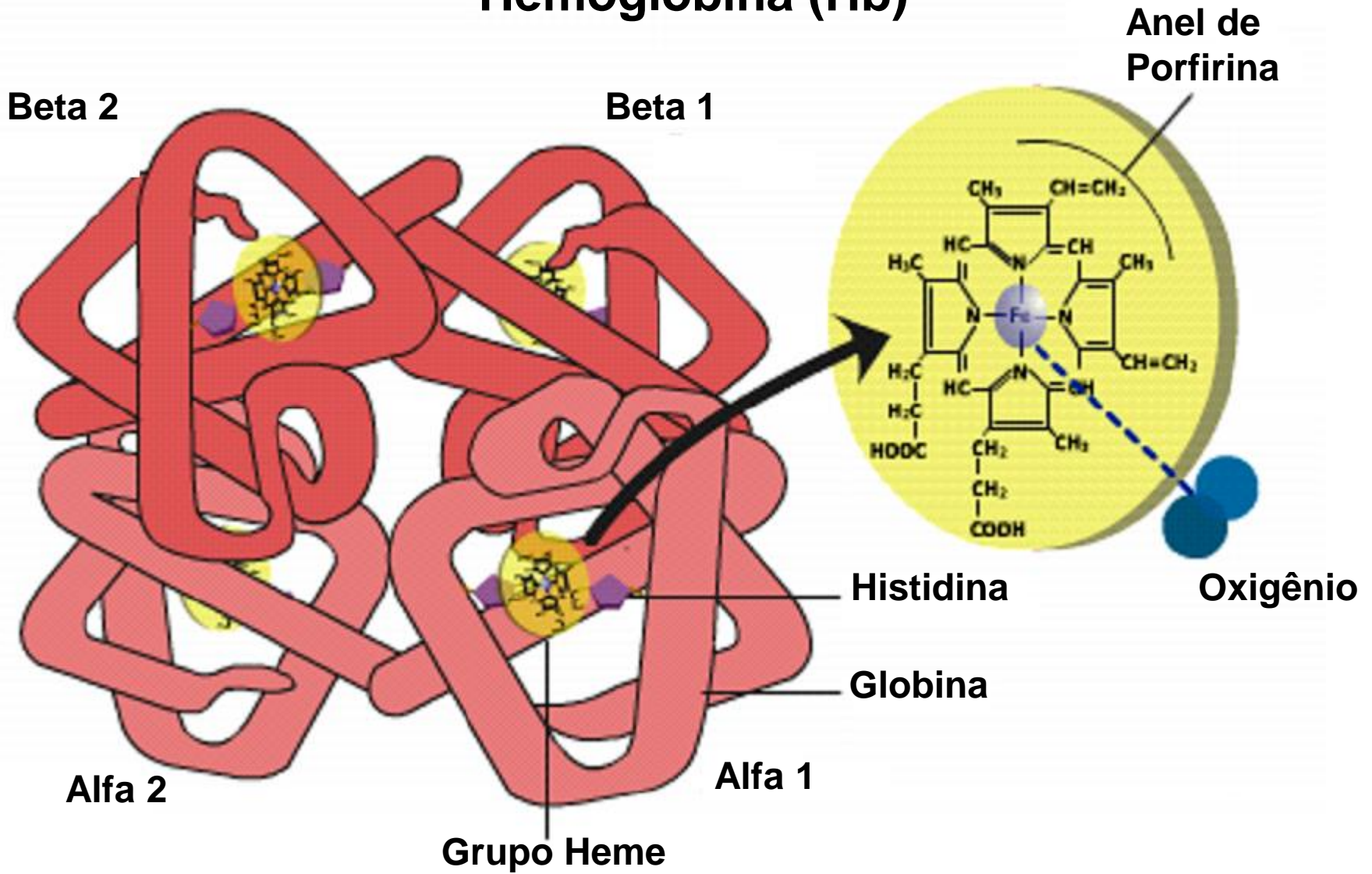
1. Troca do dióxido de carbono das células para o sangue

Alvéolo

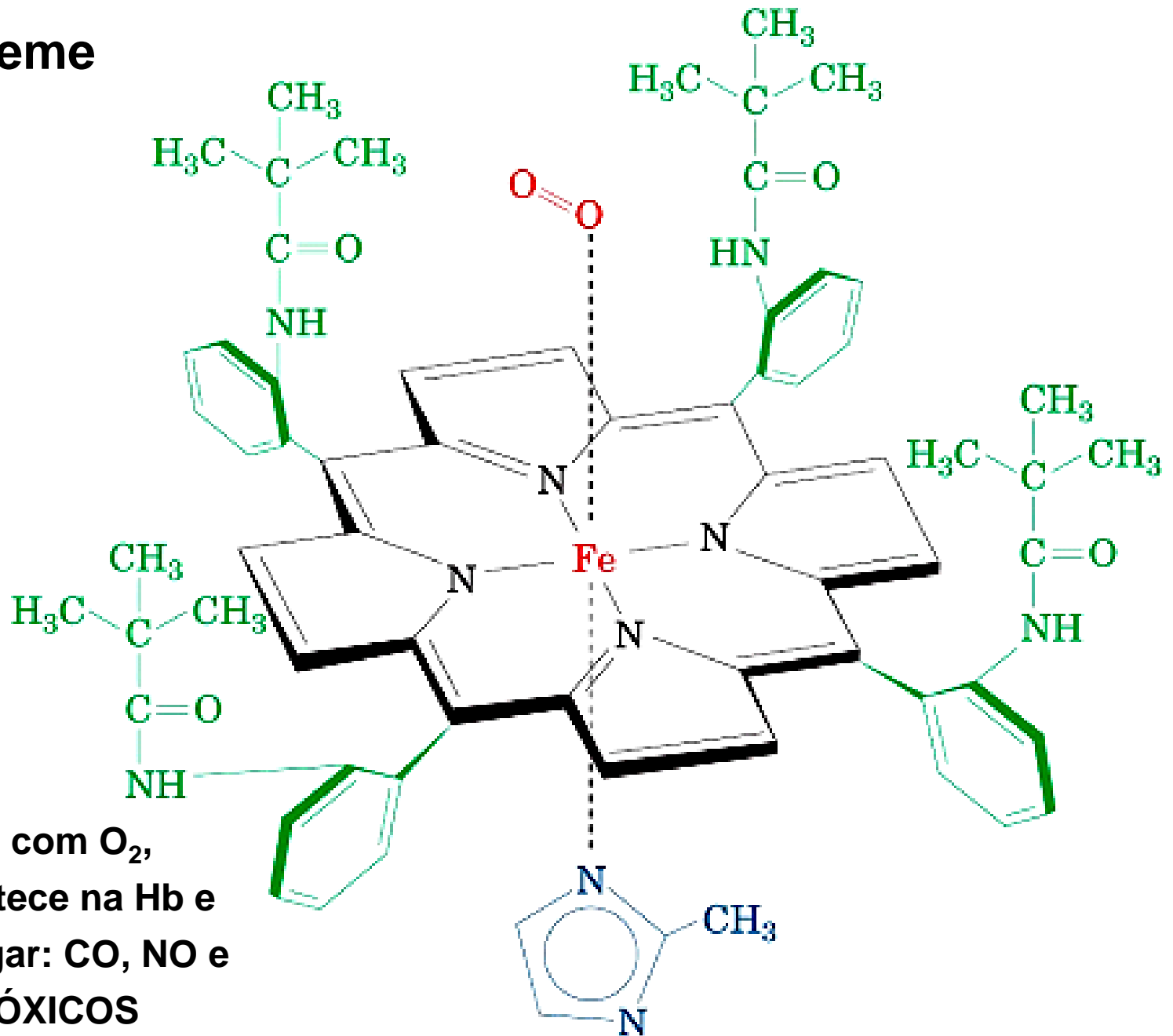
Sangue

Células

Hemoglobina (Hb)

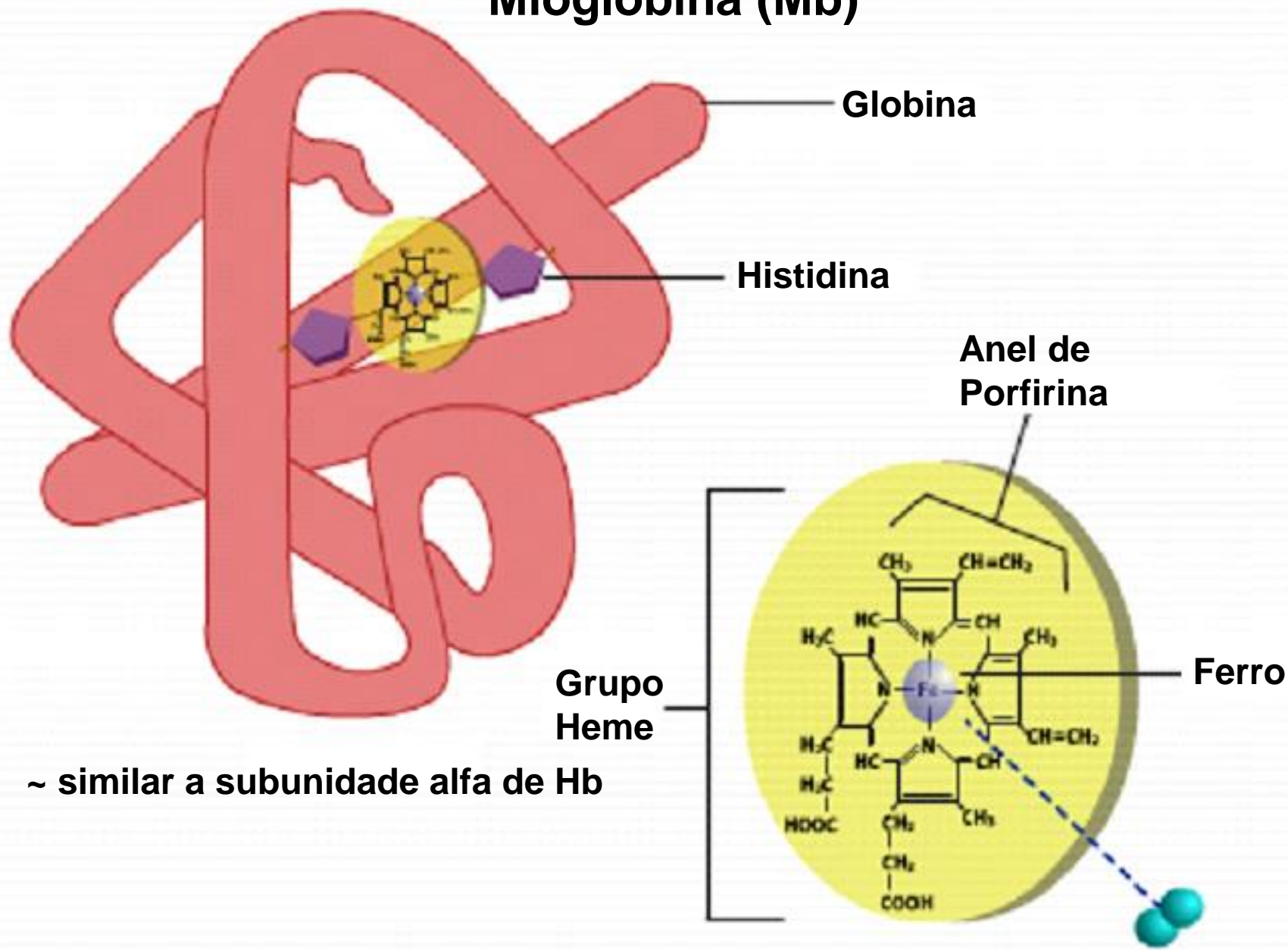


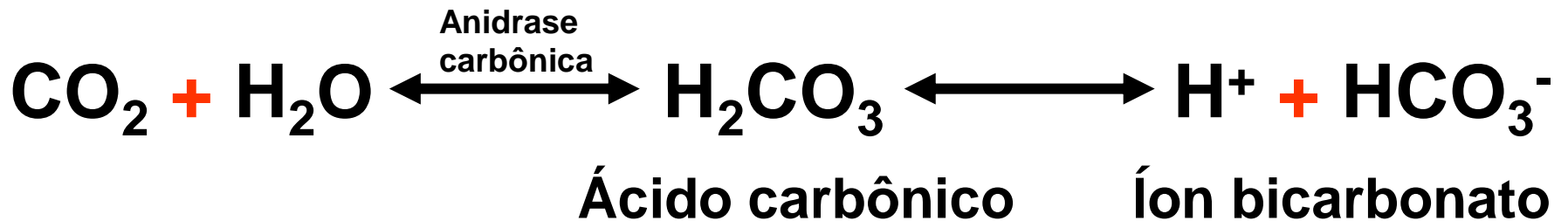
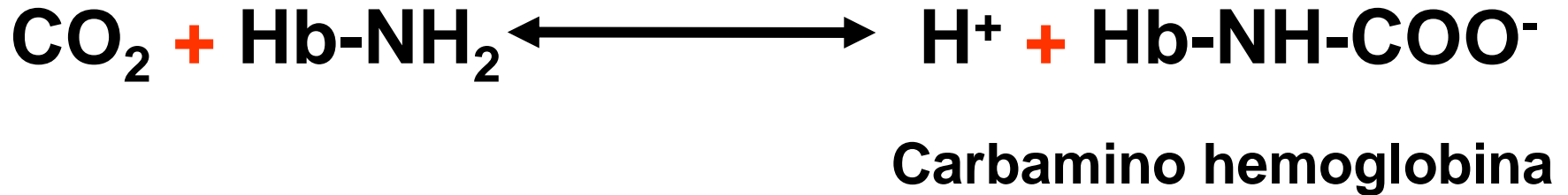
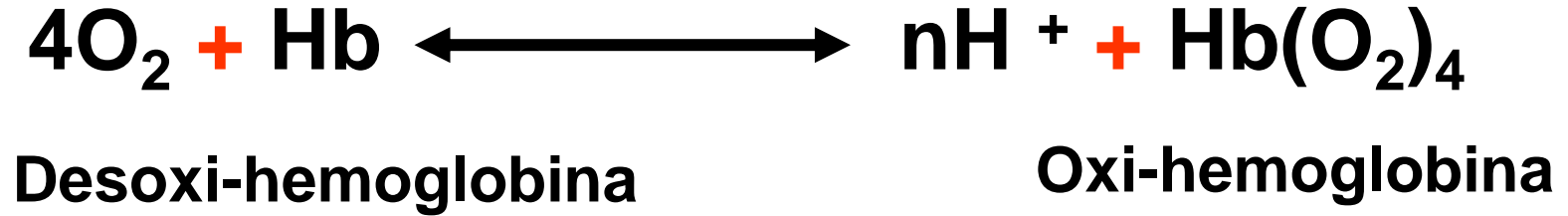
Grupo Heme



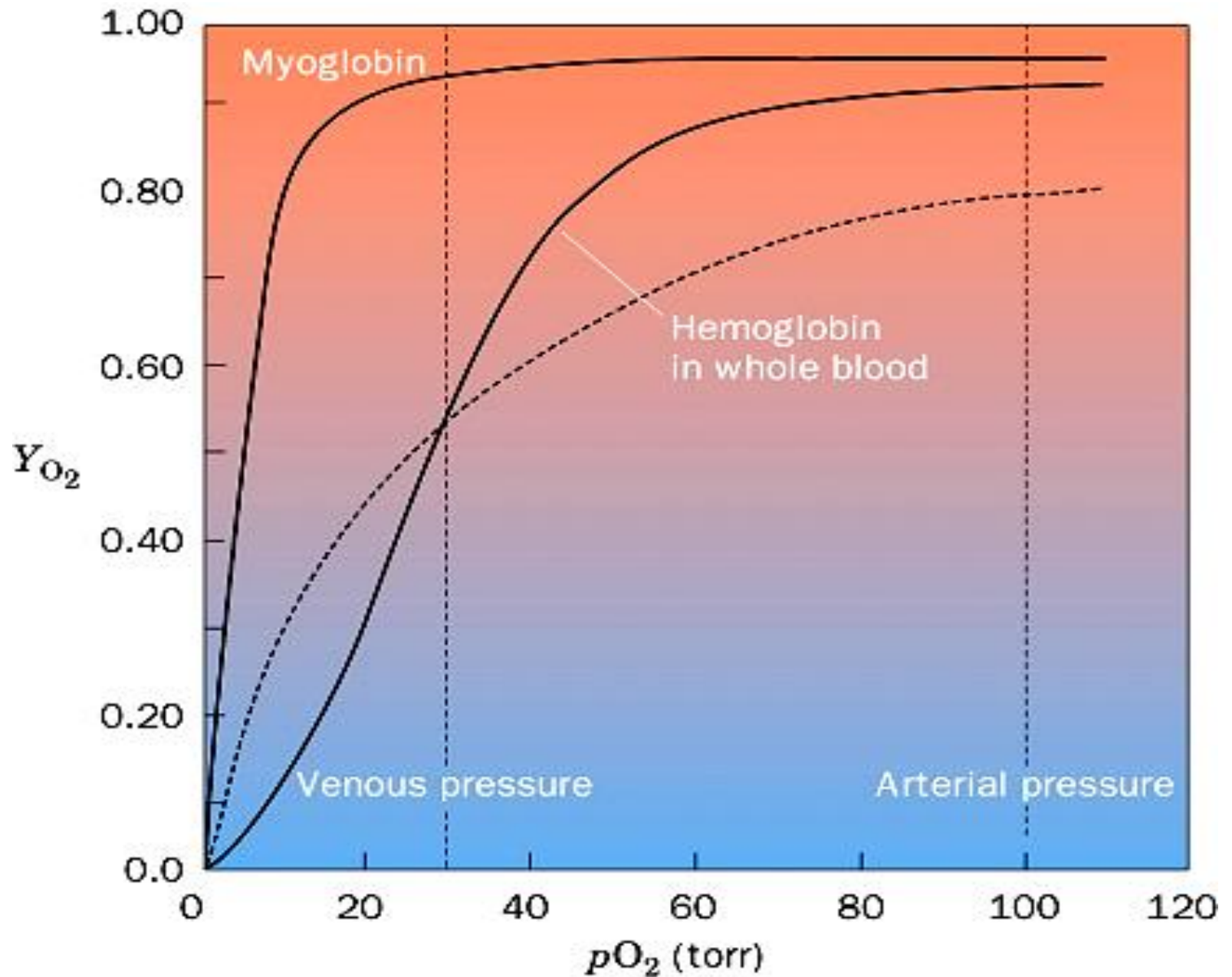
Ligação com O₂,
como acontece na Hb e
Mb. Pode ligar: CO, NO e
H₂S= TÓXICOS

Mioglobina (Mb)

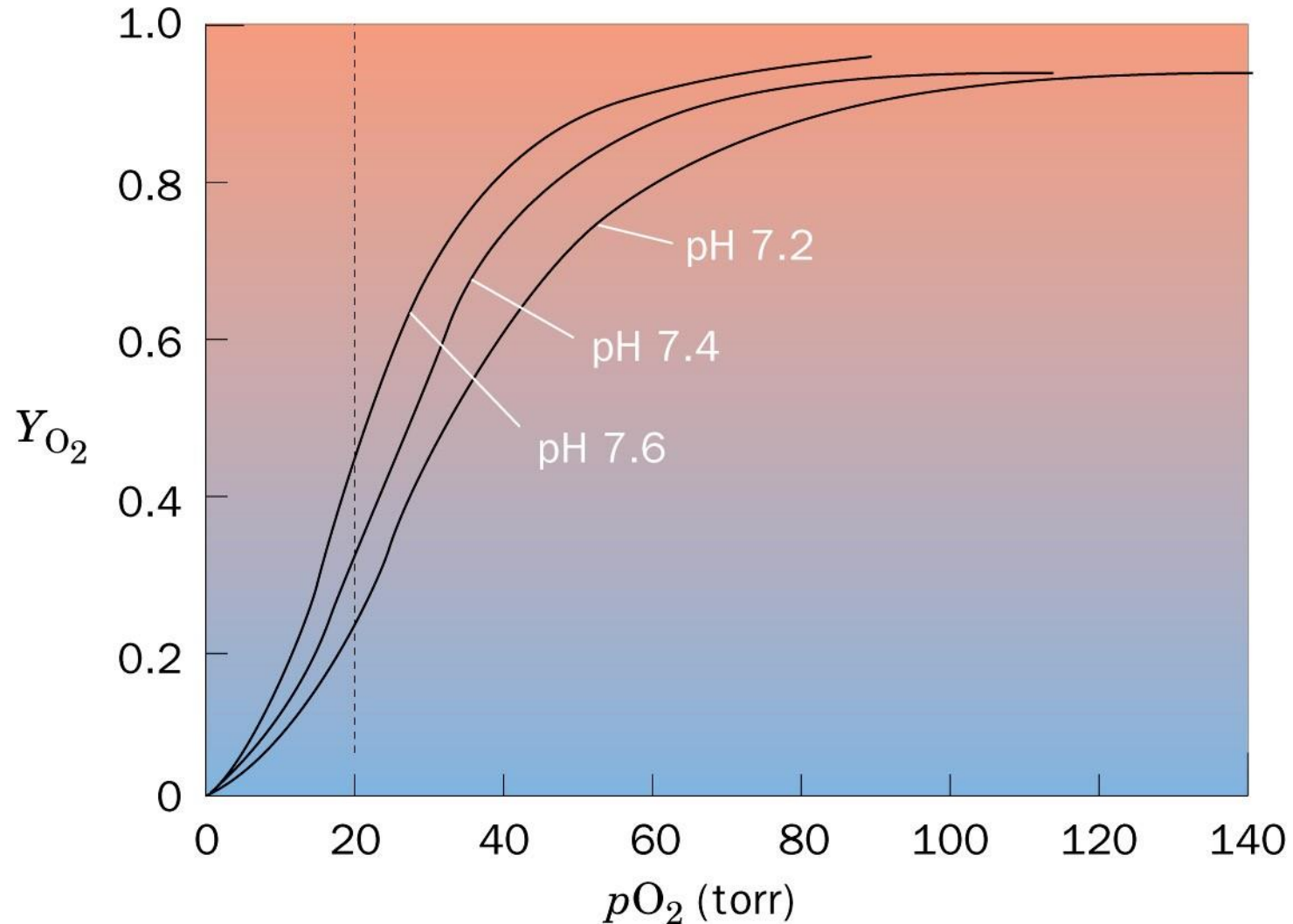




Curvas de dissociação do oxigênio da Mb e da Hb no sangue total



Efeito do pH sobre a curva de dissociação do O₂ da Hb: EFEITO BOHR



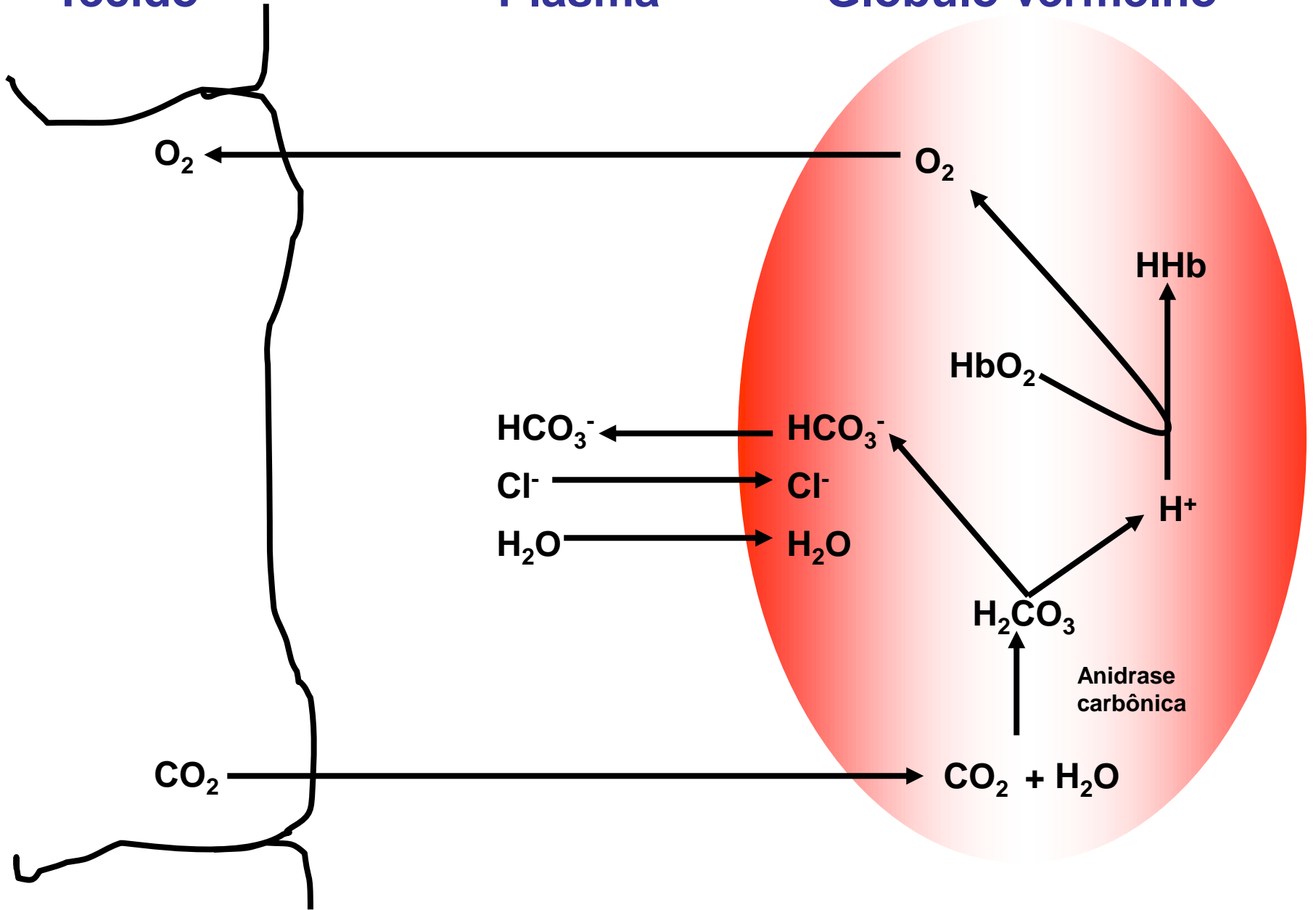
Tecidos <pH ⇒ Capta H⁺ / Hb libera O₂ / Estimula formação de Bicarbonato

Alvéolos >pH ⇒ Hb Libera H⁺ / capta O₂ / Estimula expulsão de CO₂

Tecido

Plasma

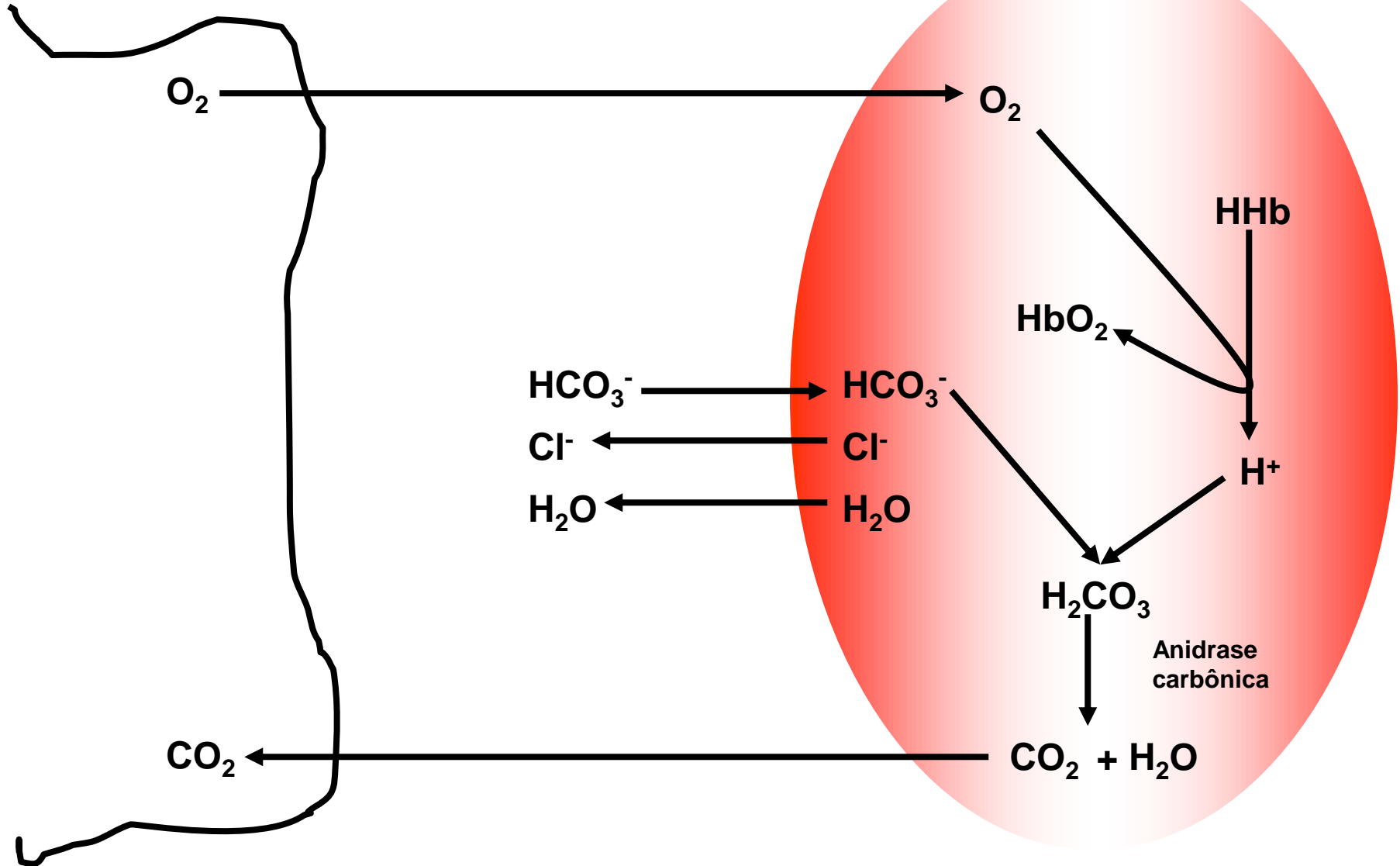
Glóbulo vermelho



Alvéolo

Plasma

Glóbulo vermelho



Equilíbrio Ácido-Básico

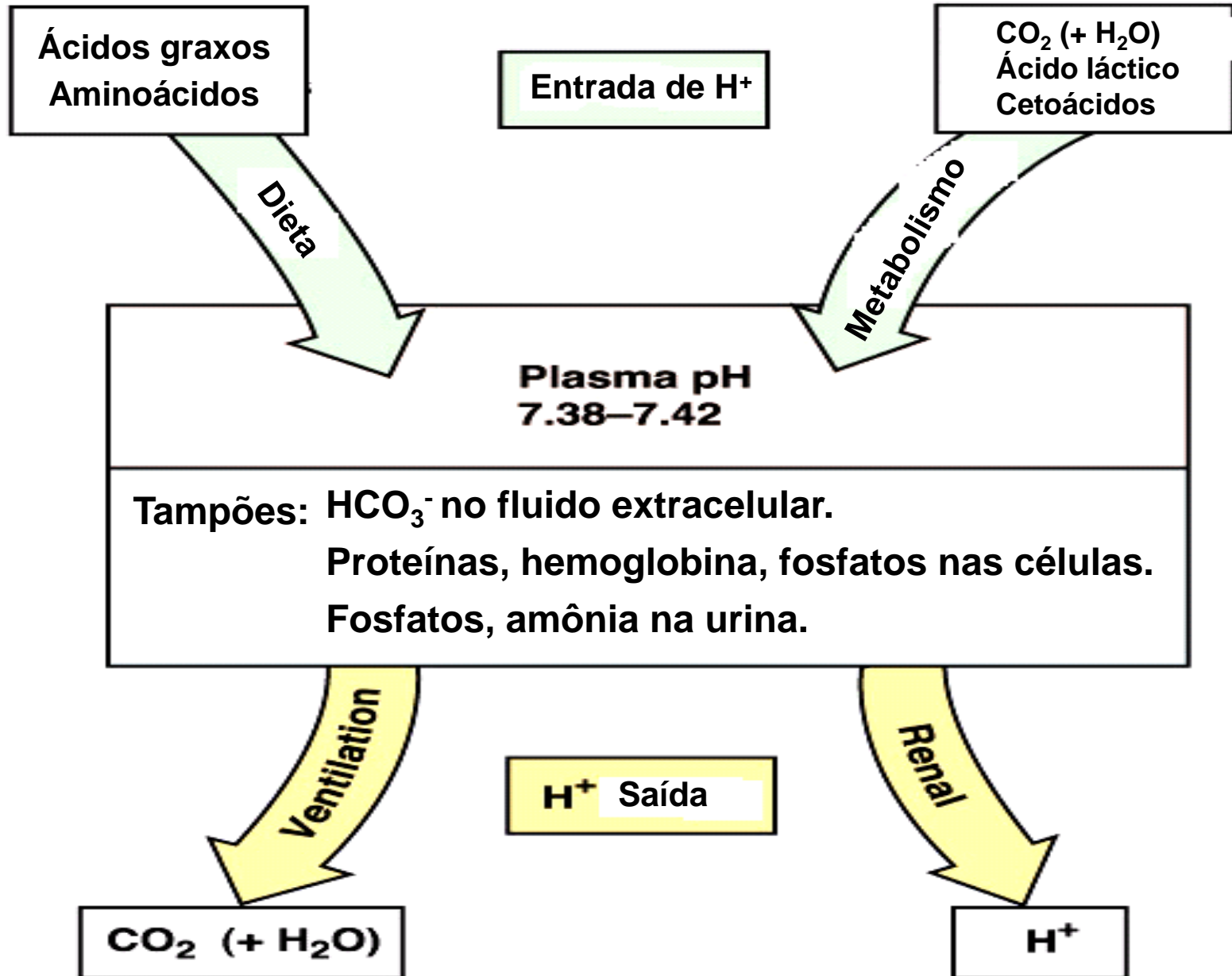
pH = Logaritmo negativo da concentração hidrogeniônica.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Escala de pH : 0 – 14

- <7 = Solução acida
- 7 = Solução alcalina/básica
- = 7 = Solução neutra

Equilíbrio do hidrogênio no corpo

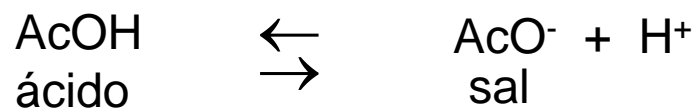


Manutenção do pH dos líquidos biológicos

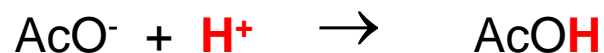
- 1. Mecanismos físico-químicos: Sistemas tampões**
- 2. Mecanismos fisiológicos: Pulmões e rins.**

Sistemas Tampões: Substâncias que impedem grandes variações do pH pela adição de H^+ ou OH^- . Geralmente constituídos por um ácido fraco (pouco dissociado) e um sal deste ácido, cujo anion – uma base forte – tem grande tendência a captar H^+ do meio.

p. exm. Acido acético ($AcOH$) e acetato de sódio (AcO^-Na^+)



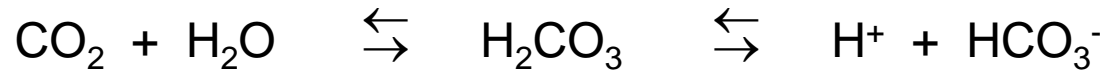
1- Adição de ácido forte: Adição de H^+



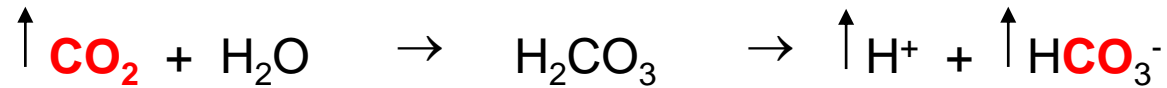
2- Adição de álcali forte: Adição de OH^-



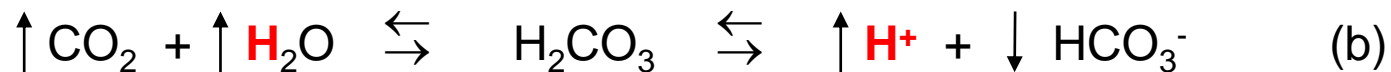
Tampão bicarbonato



1. Aumento de CO_2 : Desvio a direita



2. Aumento de H^+ pelo metabolismo (p.exm. Ácido láctico): Desvio a esquerda



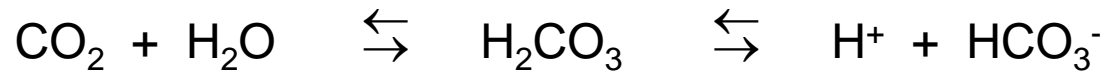
Aumenta VENTILAÇÃO

Pulmões

Manutenção da PCO_2 :

Ventilação: Centro respiratório (bulbo)

Quimiorreceptores (arco aórtico, seio carotidiano)



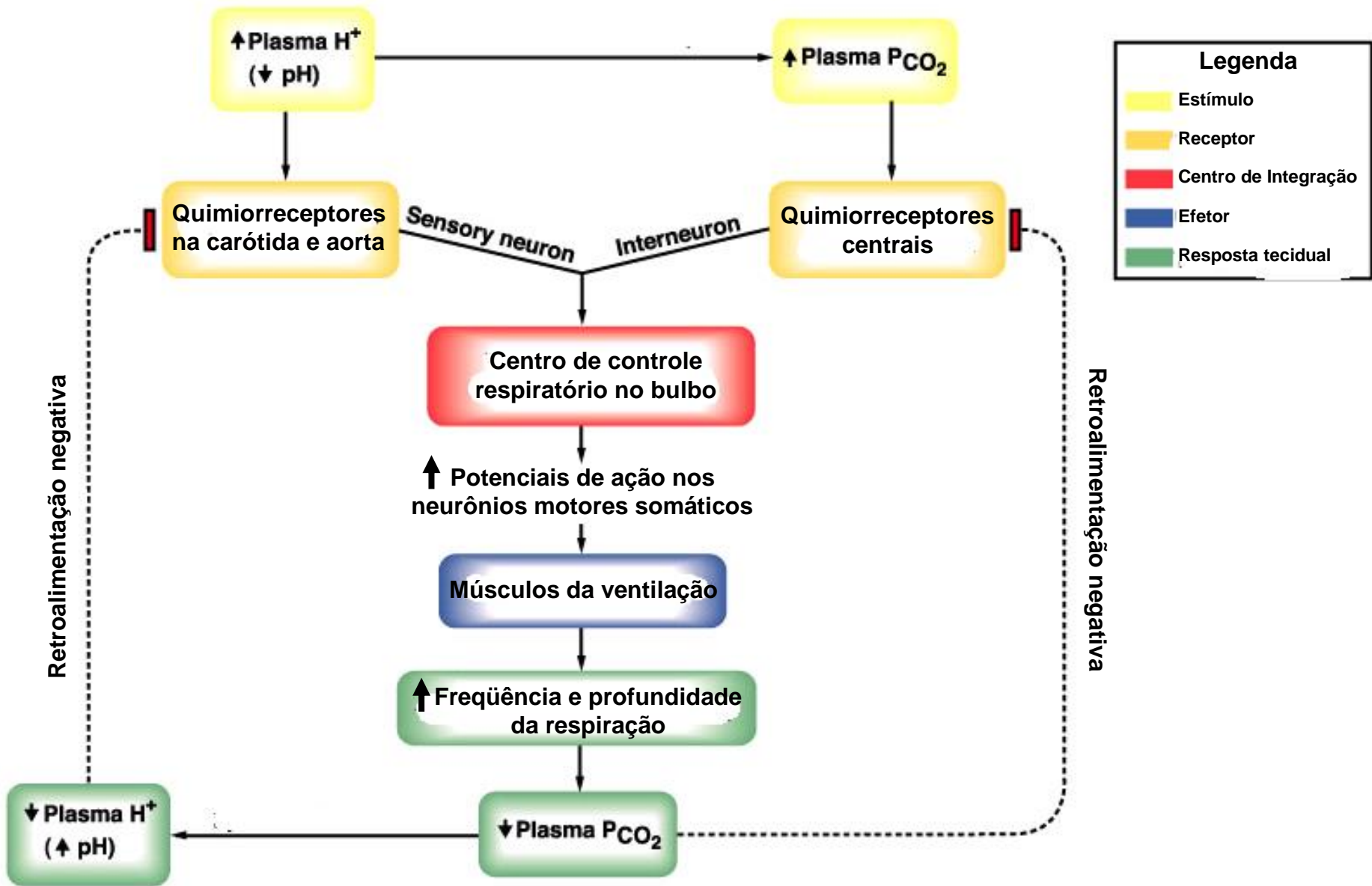
1. Hipoventilação: Desvio a direita : Acidose respiratória
(asma, DPOC, drogas, álcool, pneumonia)



2. Hiperventilação: Desvio a esquerda: Alcalose respiratória
(ansiedade)



Via reflexa da compensação respiratória da acidose metabólica





7ª EDIÇÃO

FISIOLOGIA HUMANA

Uma Abordagem
Integrada



Dee Unglaub
SILVERTHORN



Obrigado

fscha@usp.br

USP – 2º Semestre 2024