

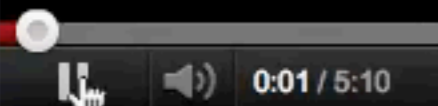
# FISIOLOGIA RESPIRATÓRIA DOS MAMÍFEROS

FISIOLOGIA VETERINÁRIA - UFF

Prof. Fabio Otero Ascoli

# *A CIÊNCIA DA RESPIRAÇÃO*

UM INFORMATIVO SOBRE O SUDARSHAN KRIYA



# INTRODUÇÃO

## FUNÇÕES:

- ✓ Suprir o organismo com oxigênio ( $O_2$ ) e remover o produto gasoso do metabolismo celular, o dióxido de carbono ( $CO_2$ )
- ✓ Participam do equilíbrio térmico
- ✓ Auxiliam na manutenção do pH plasmático, regulando a eliminação de ácido carbônico
- ✓ A circulação pulmonar desempenha papel importante de filtrar eventuais embolos trazidos pela circulação venosa
- ✓ O endotélio da circulação pulmonar contém enzimas que produzem, metabolizam ou modificam substâncias vasoativas
- ✓ Outras: Defesa contra agentes agressores e a fonação

# INTRODUÇÃO

## FUNÇÃO PRINCIPAL:

- ✓ Prover oxigênio aos tecidos e remover dióxido de carbono

## Como?

- ✓ Ventilação Pulmonar
- ✓ Difusão de oxigênio e dióxido de carbono entre alvéolos e sangue
- ✓ Transporte de oxigênio e dióxido de carbono pelo sangue e líquidos corporais e suas trocas com as células
- ✓ Regulação da ventilação

# ANATOMIA

Composição do sistema respiratório:

✓ Narinas

✓ Cavidades Nasais

✓ Faringe

✓ Laringe

✓ Traquéia

✓ Brônquios

✓ Bronquíolos

✓ Bronquíolos terminais

✓ Bronquíolos respiratórios

✓ Ducto alveolar

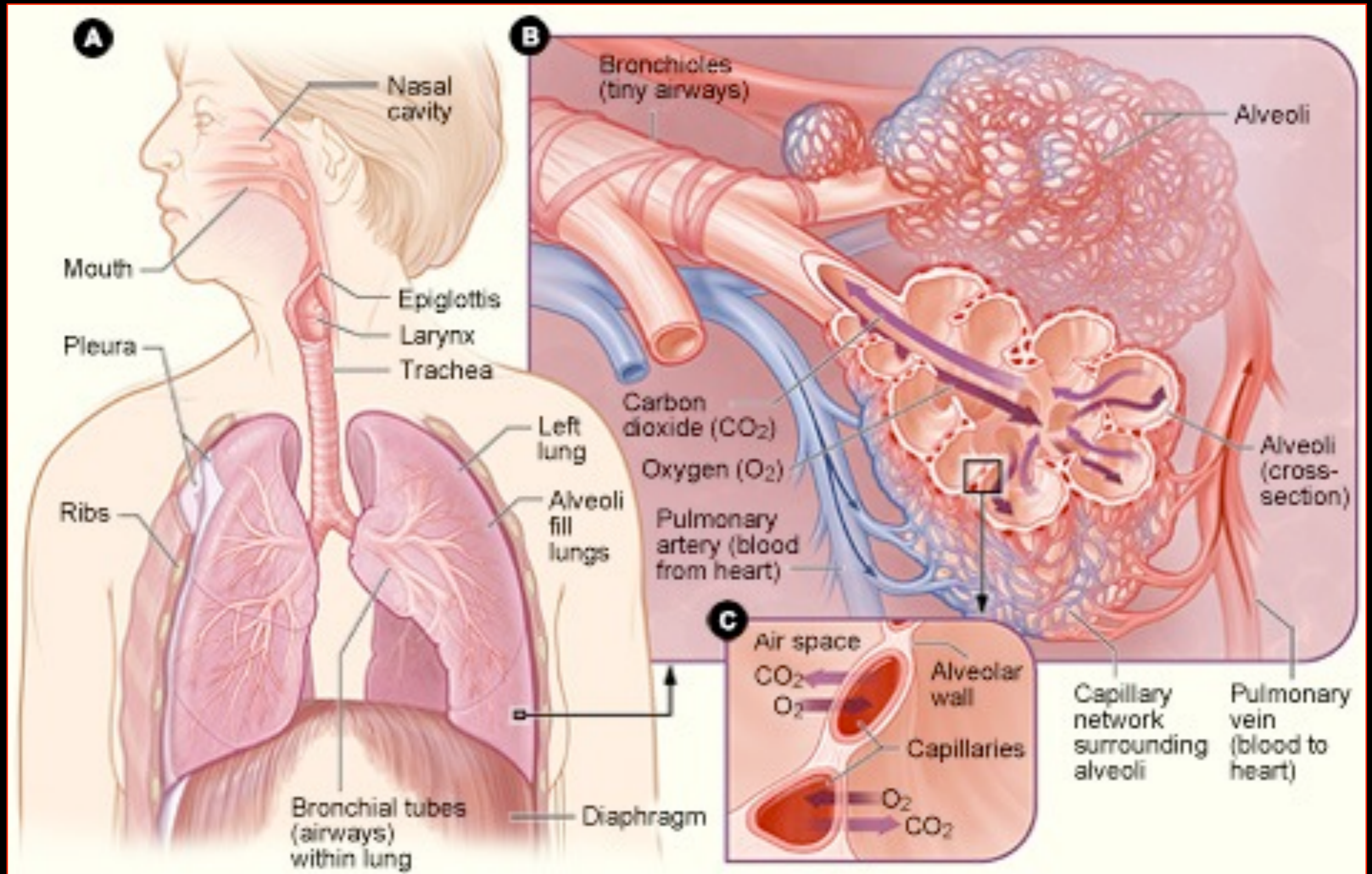
✓ Saco alveolar

✓ Alvéolos

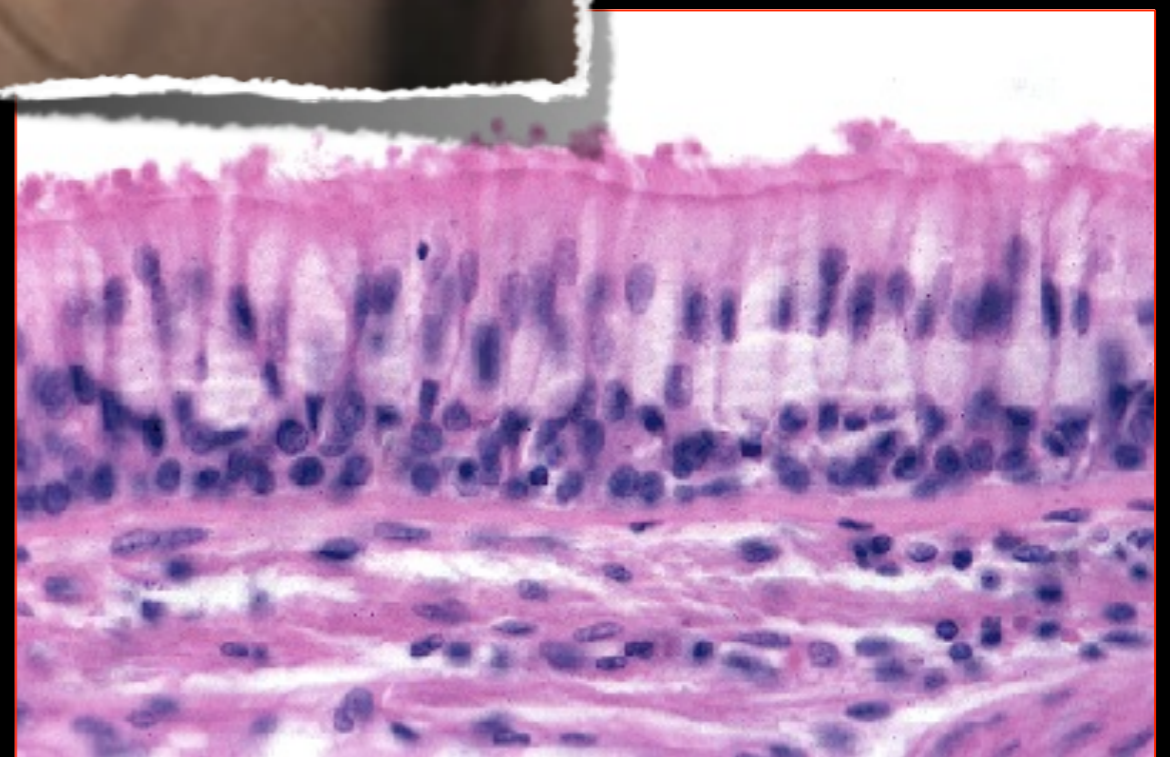
Trato Respiratório Superior

Trato Respiratório Inferior

# ANATOMIA



# ANATOMIA

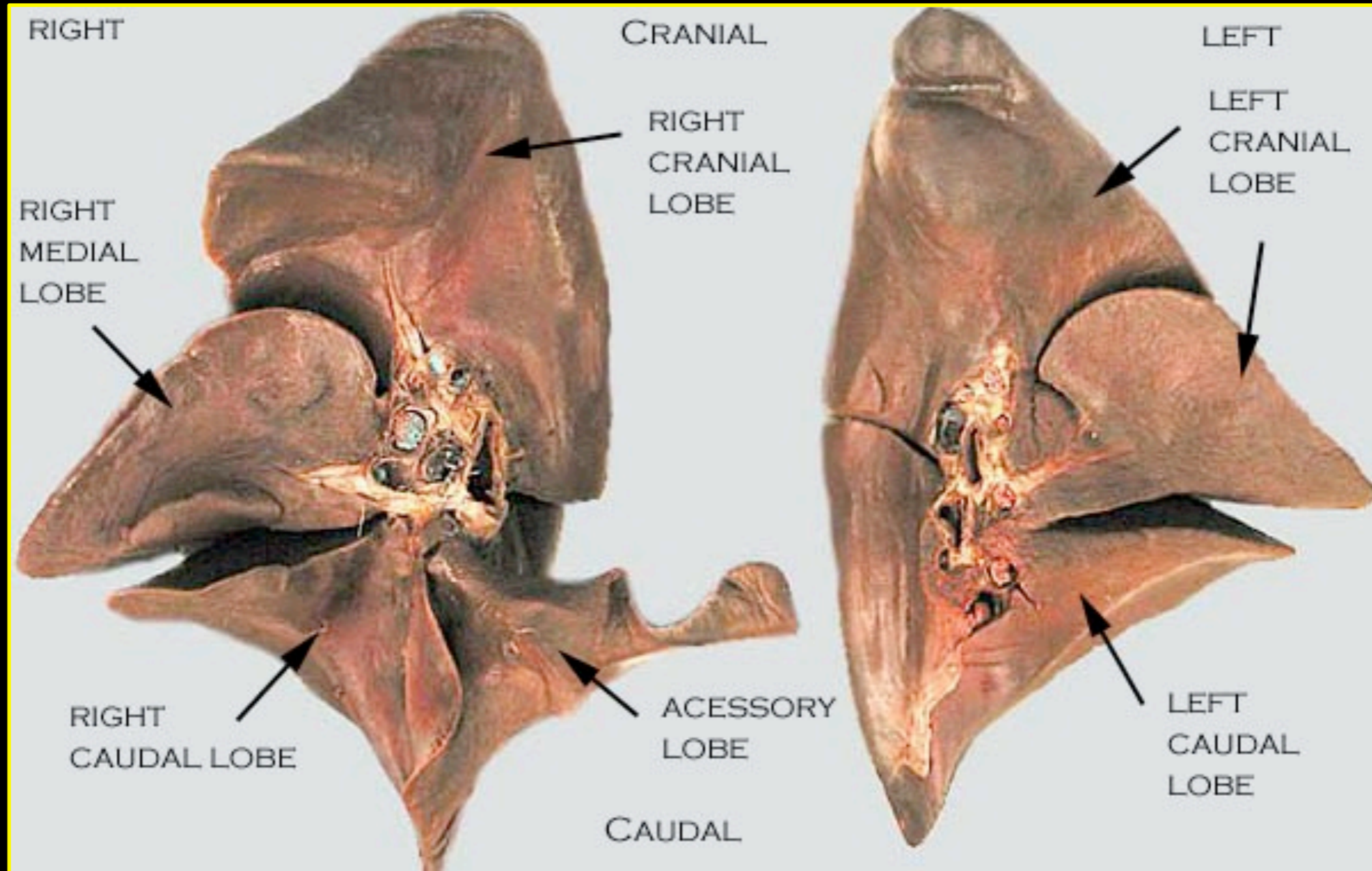


# Pulmão





# ANATOMIA



# PLEURA

- ✓ Cada pulmão é envolvido por duas paredes de membrana serosa conhecidas como pleura (visceral e parietal)
- ✓ Pleura visceral é uma fina membrana de tecido conjuntivo-elástico que envolve os pulmões
- ✓ Pleura parietal reveste toda a cavidade torácica em sua face interna
- ✓ Líquido pleural é um ultrafiltrado do plasma que permite a movimentação dos pulmões sem qualquer atrito no interior do tórax

**Obs: Inervação sensitiva só ocorre na pleura**

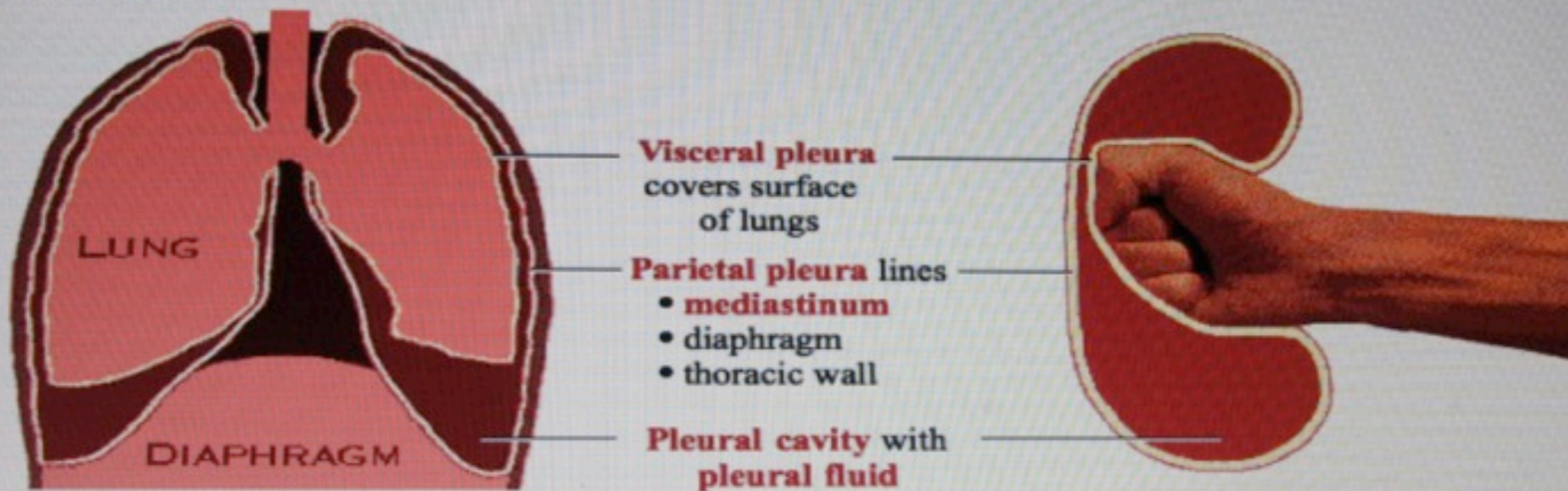
# PLEURA

## DEMONSTRATION OF PLEURAE AND THE LUNGS

Each lung is surrounded by two layers of **serous membrane** known as the **pleurae**.

The visceral and parietal pleurae are actually a continuation of the same membrane.

The relationship between the pleurae and the lungs can be demonstrated by pushing a fist into a water-filled balloon.



Click a lung to see these structures as they appear in the body.

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

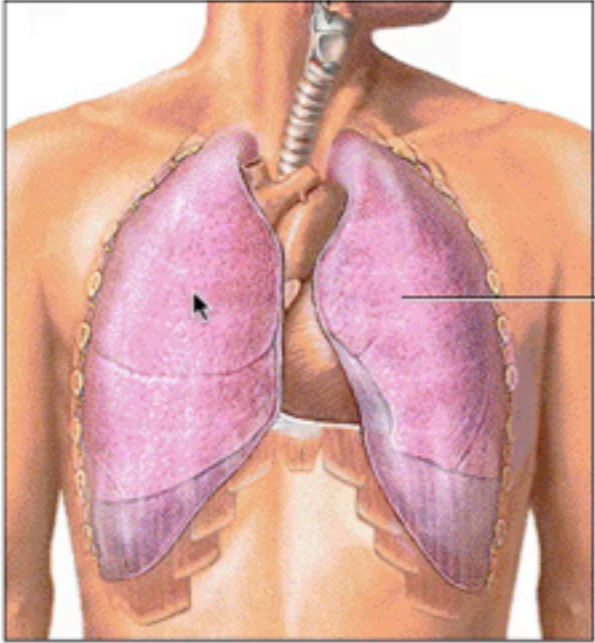
# PLEURA

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Interactive Physiology    Interactive Physiology    A Ciência da Respiração – Sudars...

**IP web**    **ANATOMY REVIEW: RESPIRATORY STRUCTURES**  
5. Visceral and Parietal Pleurae (Page 5 of 14)

### VISCERAL AND PARIETAL PLEURAE



The **visceral pleura** and **parietal pleura** enclose each lung in a separate sac.

Parietal pleura

Click a lung to remove the anterior part of the parietal pleura.

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS    NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON    OFF

IPWEB HOME

# ORGANIZAÇÃO MORFOFUNCIONAL

O sistema respiratório dos mamíferos é compreendido pela:

## 1. Zona de transporte gasoso:

Formado pelas vias aéreas superiores e árvore traqueobrônquica, encarregadas de acondicionar e conduzir o ar até a intimidade dos pulmões (filtra, umidifica e aquece)

## 2. Zona respiratória

Local onde efetivamente se realizam as trocas gasosas

## 3. Zona de transição

Interposta entre as duas primeiras, onde começa ocorrer trocas gasosas, porém a níveis não-significantes (Bronquíolos respiratórios)

# ÁRVORE TRAQUEOBRÔNQUICA

1. Os pulmões possuem muitas ramificações conhecidas como árvore traqueobrônquica
2. A traquéia e os brônquios possuem cartilagem para manter as vias aéreas abertas
3. A parede bronquiolar contém mais músculo que outras estruturas, característica utilizada na regulação do fluxo de ar

Obs: Com exceção da traquéia e da parte cranial do brônquio principal, as vias aéreas são intrapulmonares.

# ÁRVORE TRAQUEOBRÔNQUICA

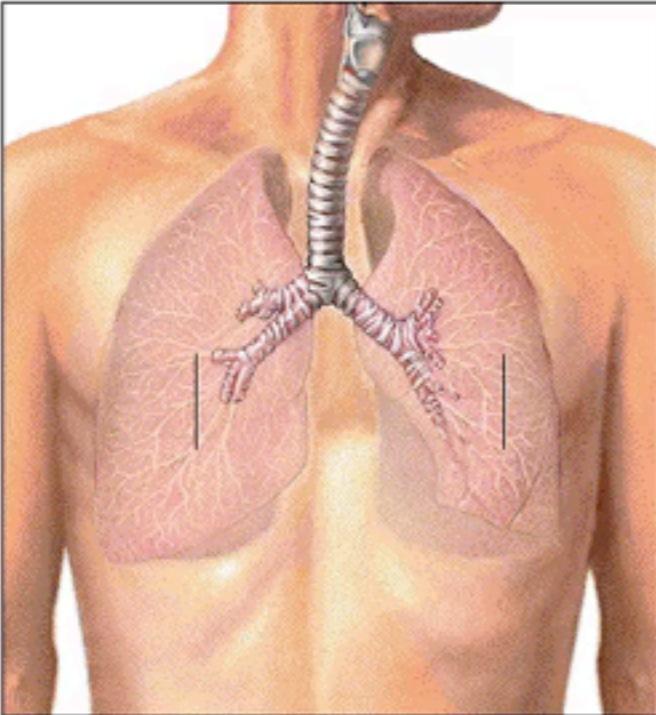
file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Interactive Physiol... Interactive Physiol... OsiriX (Mac) down... (276 não lidos) - f... Broncoscopia - Dr... O corpo humano -...

**IP web** ANATOMY REVIEW: RESPIRATORY STRUCTURES

7. Respiratory Zone (Page 7 of 14)

## BRONCHIAL TREE



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

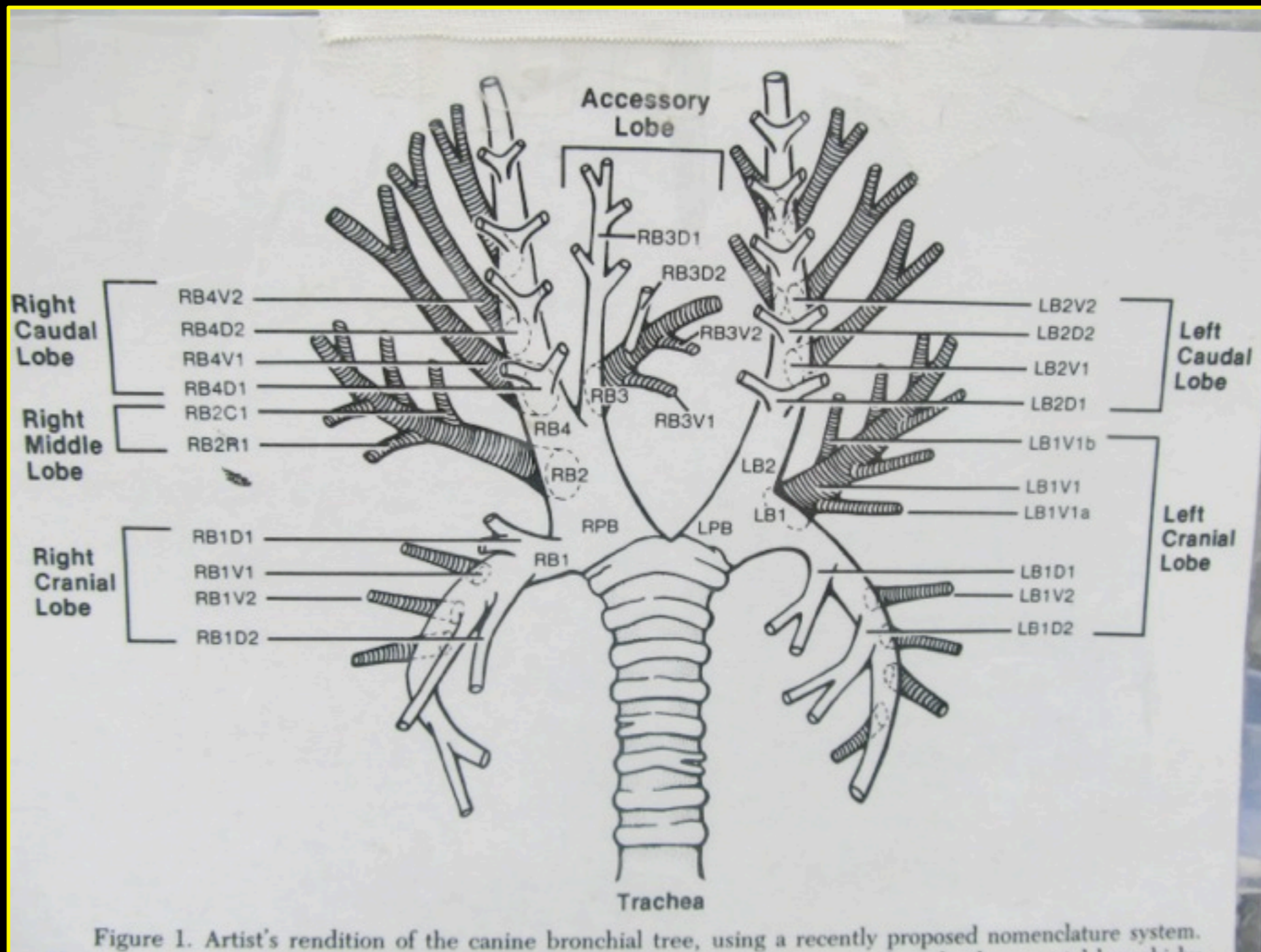
HELP

NARRATION

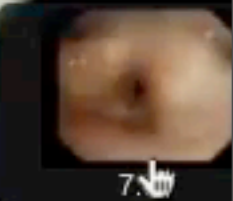
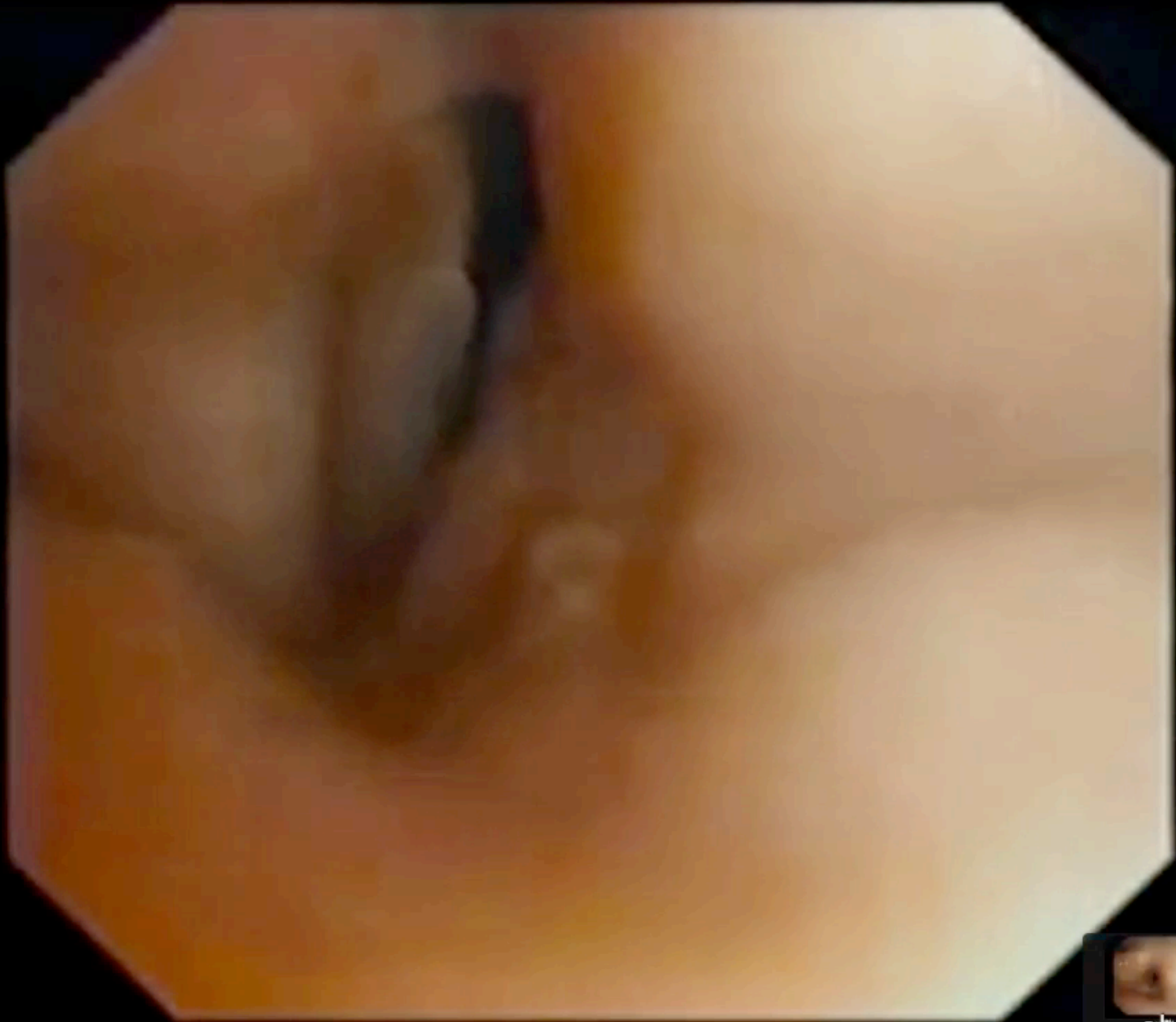
ON OFF

IPWEB HOME

# ÁRVORE TRAQUEOBRÔNQUICA CANINA







7.

SINGH, SAMSON



# FLUXO DE AR NAS VIAS AÉREAS

1. Cada divisão de um brônquio, os diâmetros das vias aéreas posteriores não são iguais (mais estreitas) – 80% do atrito
2. Nos bronquíolos, os diâmetros dos bronquíolos originais e dos bronquíolos filhos são sempre semelhantes – 20% do atrito.
3. A área transversa total aumenta em direção a periferia e a velocidade do fluxo de ar diminui progressivamente

# ESQUEMA SIMPLIFICADO DAS SUBDIVISÕES DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

Conduction zone	Generation		Diameter (cm)	Length (cm)	Number	Total cross sectional area (cm <sup>2</sup> )
	trachea	0	1.80	12.0	1	2.54
bronchi	1	1.22	48	2	2.33	
	2	0.83	1.9	4	2.13	
	3	0.56	0.8	8	2.00	
	4	0.45	1.3	16	2.48	
	5	0.35	1.07	32	3.11	
bronchioles	↓	↓	↓	↓	↓	
terminal bronchioles	16	0.06	0.17	$6 \times 10^4$	180.0	
Transitional and respiratory zones	17	↓	↓	↓	↓	
	respiratory bronchioles	18	↓	↓	↓	↓
		19	0.05	0.10	$5 \times 10^5$	$10^3$
	alveolar ducts	20	↓	↓	↓	↓
		21	↓	↓	↓	↓
		22	↓	↓	↓	↓
	alveolar sacs	23	0.04	0.05	$8 \times 10^6$	$10^4$

# RESISTÊNCIA NAS VIAS AÉREAS



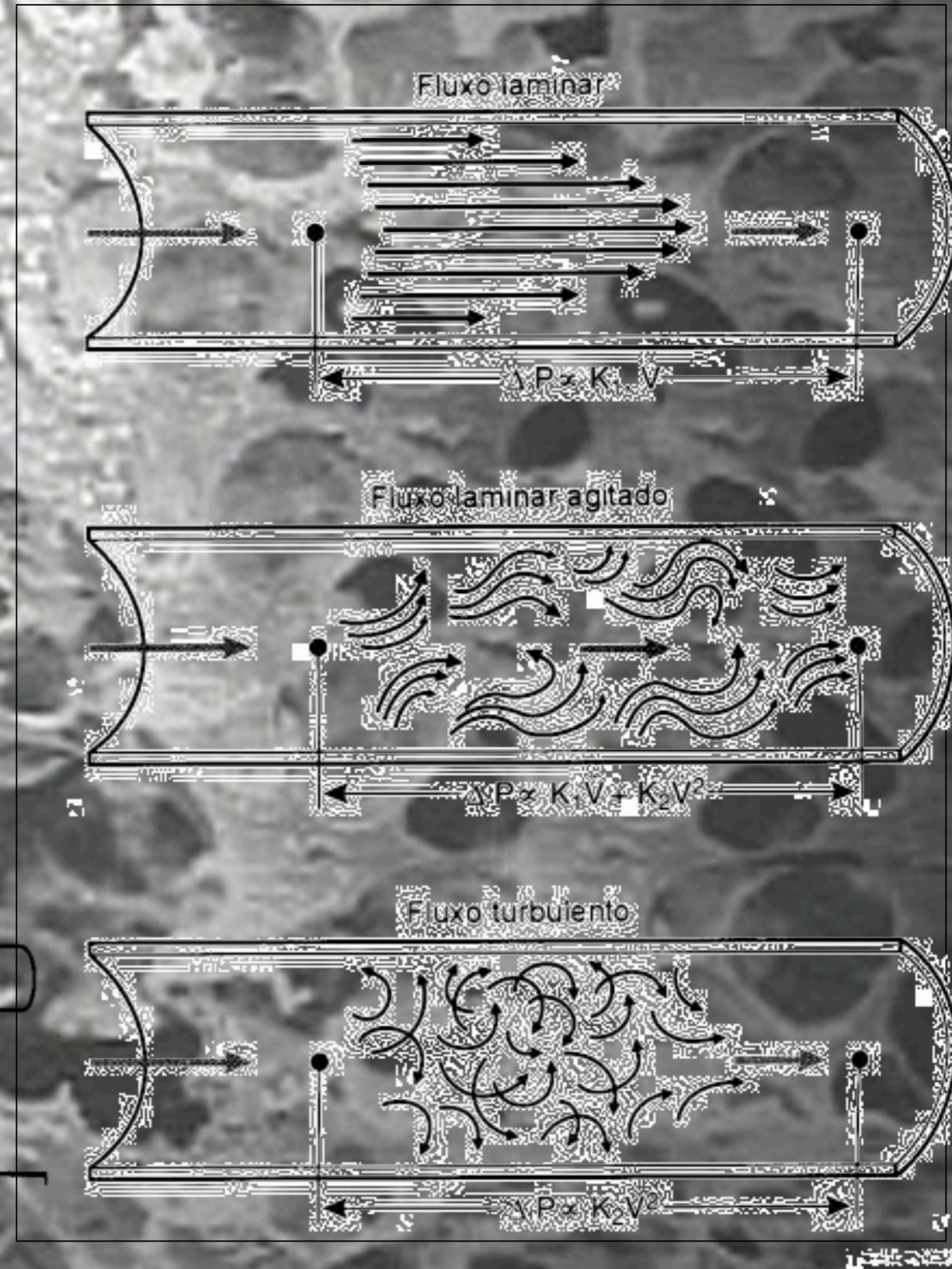
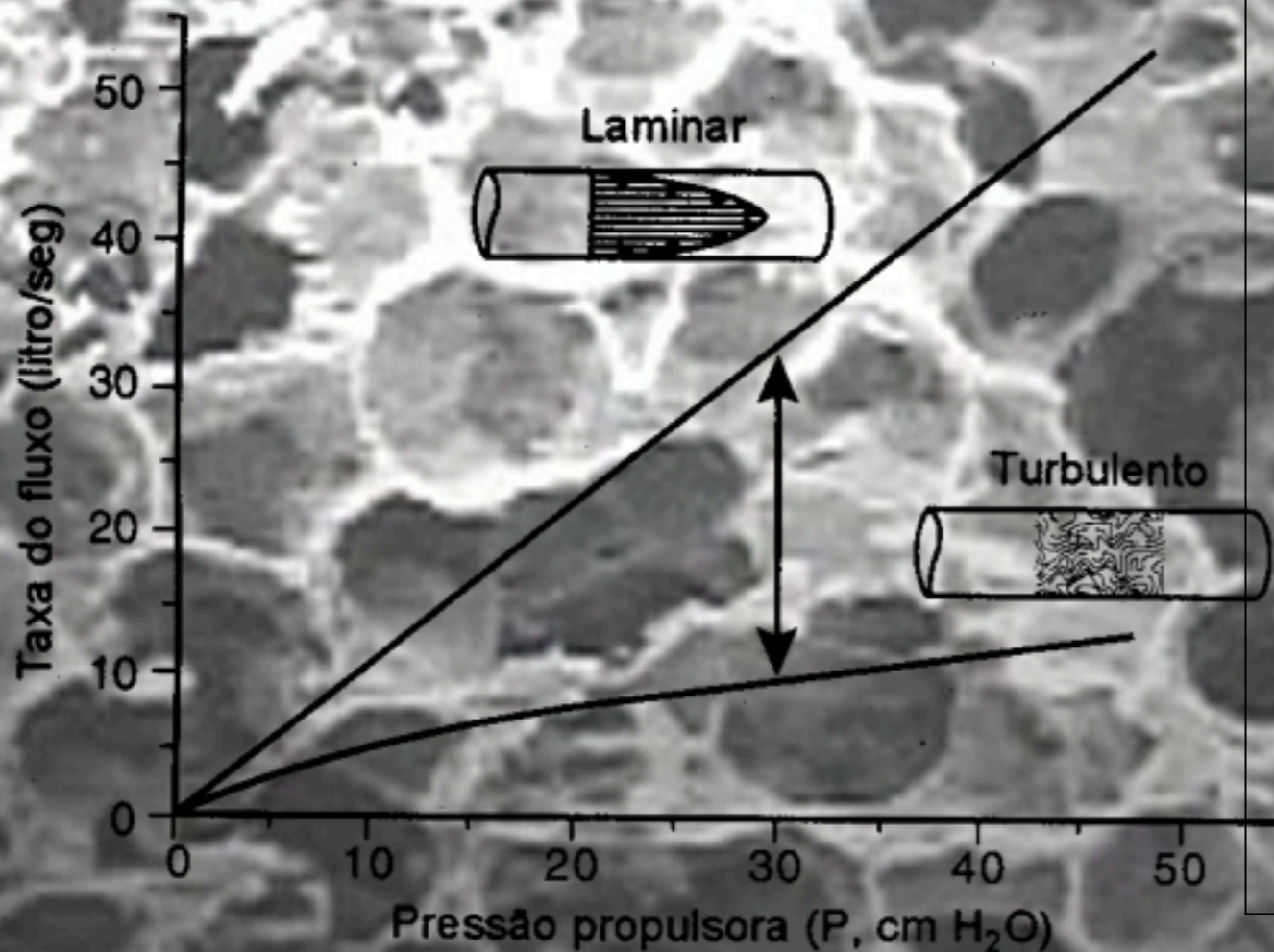


# Mecânica Ventilatória: Dinâmica

- Mecânica dos Fluidos

- Tipos de Fluxos

- Laminar
- Turbulento





# Número de Reynolds

- Predição do tipo de Fluxo

$$Re = \frac{(D \cdot u \cdot \tilde{\eta})}{\zeta}$$

- $Re > 2000$  - Turbulento
- $Re < 2000$  - Laminar

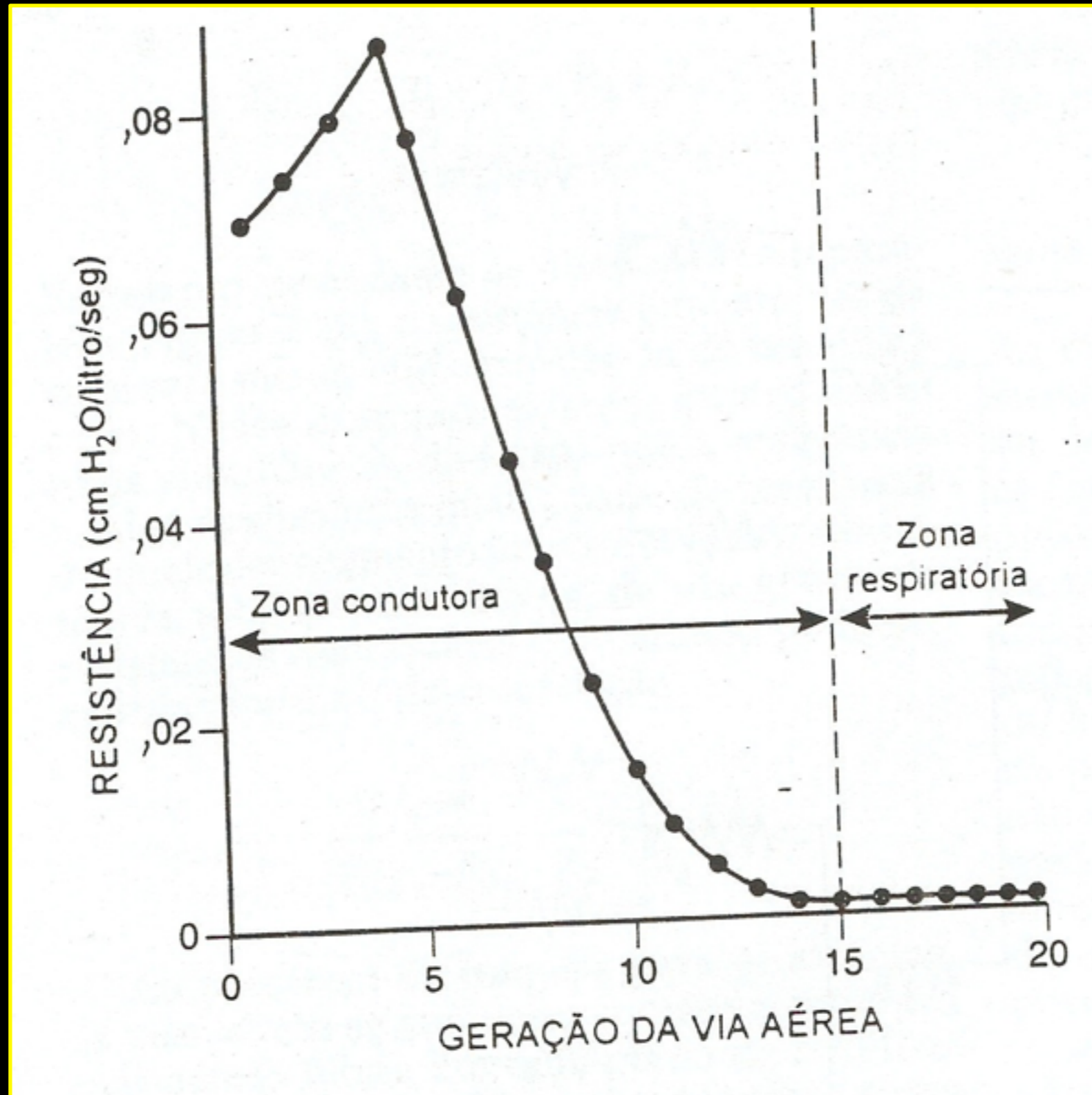
Onde  $\rho$  = densidade do fluido (g/ml)

D = diâmetro do tubo (cm)

u = velocidade média (ml/seg)

$\eta$  = viscosidade do fluido (g/[seg.cm])

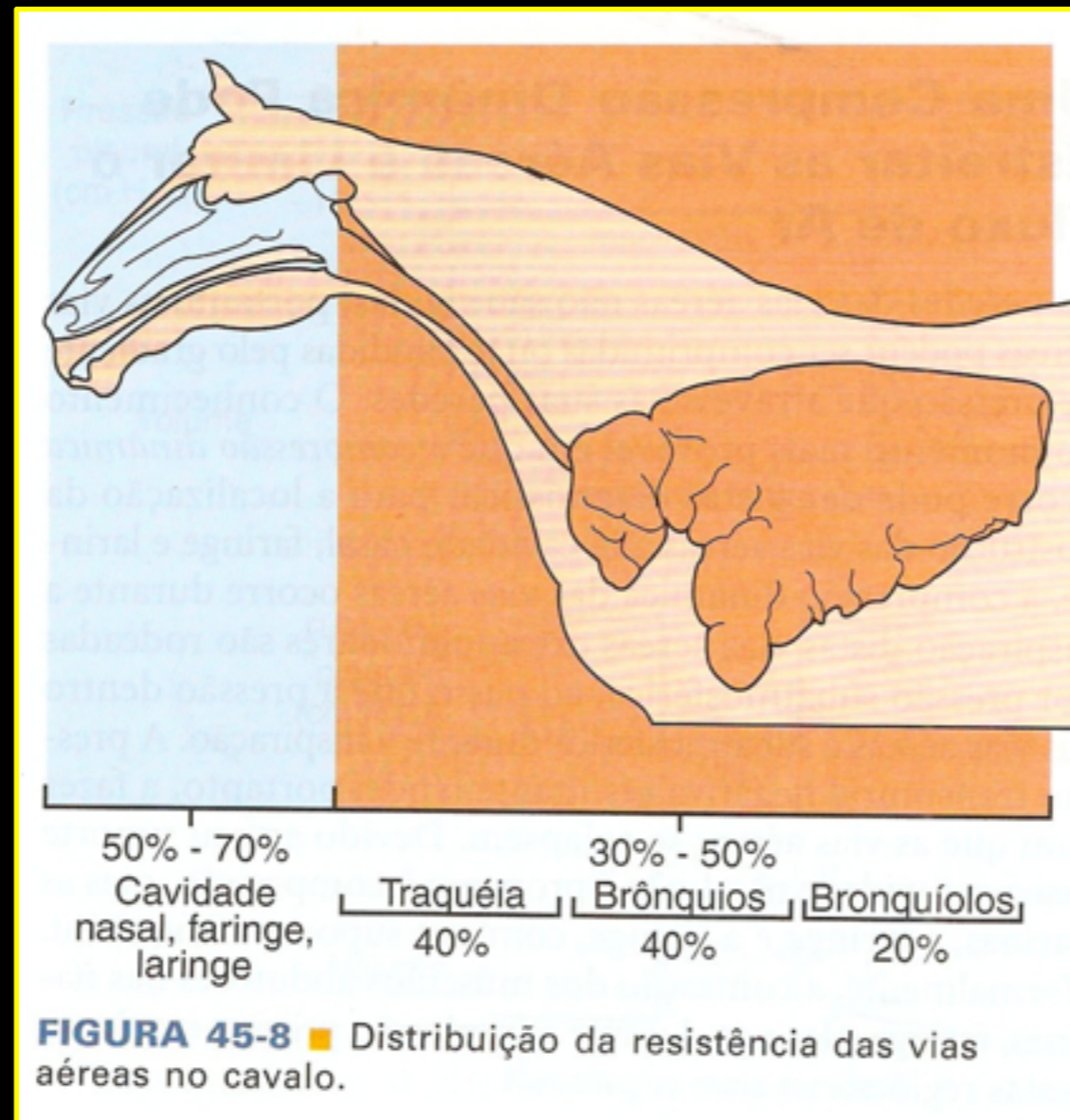
# RESISTÊNCIA NAS VIAS AÉREAS





# RESISTÊNCIA NAS VIAS AÉREAS

1. A resistência ao fluxo de ar é determinada pelo raio (contração do músculo liso brônquico) e comprimento das vias aéreas.



# RESISTÊNCIA AO FLUXO DE AR

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Interactive Physiology Interactive Physiology normal blood pressure i... Aprenda de Verdade a B... débito cardíaco edward...

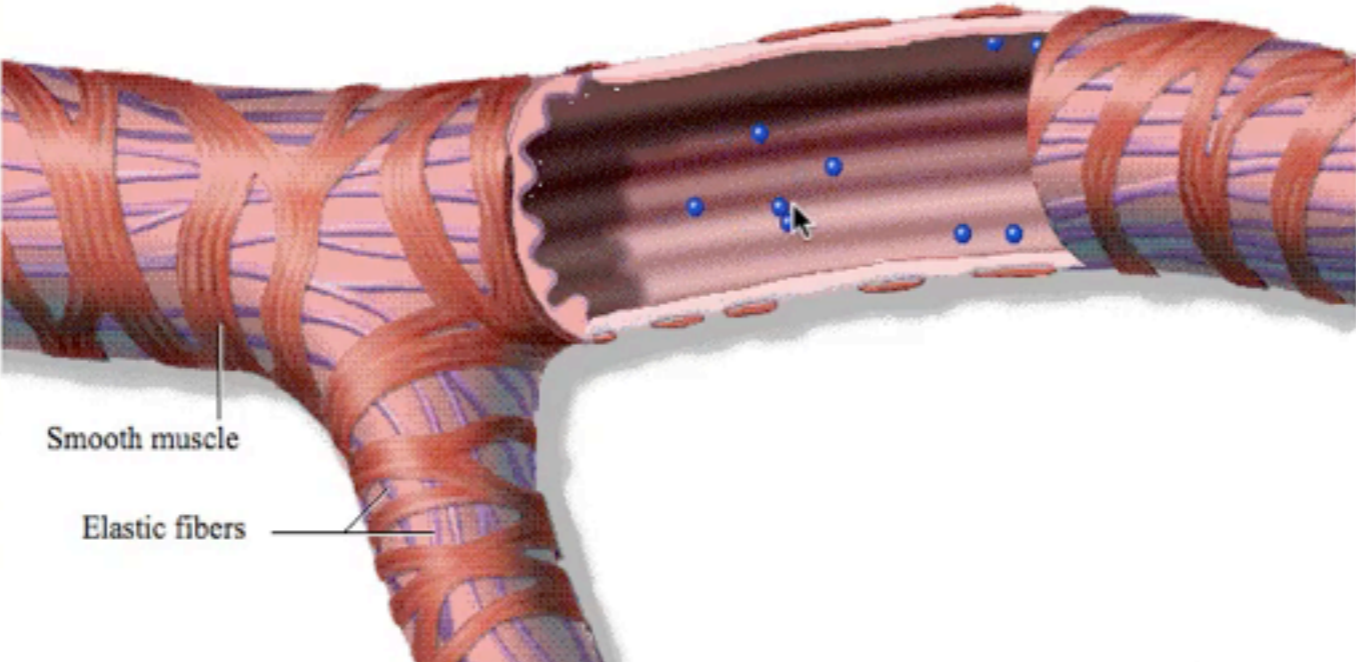
**IP**  
web

**PULMONARY VENTILATION**

14. Other Factors Affecting Ventilation (Page 14 of 20)

**RESISTANCE WITHIN THE AIRWAYS**

As air flows into the lungs, the gas molecules encounter **resistance** when they strike the walls of the airway. Therefore the diameter of the airway affects resistance.



The diagram illustrates a cross-section of an airway. The airway is shown as a tube with a dark interior. The wall of the airway is composed of smooth muscle (orange) and elastic fibers (purple). Blue dots representing gas molecules are shown inside the airway, with a mouse cursor pointing to one of them. Labels 'Smooth muscle' and 'Elastic fibers' are present with lines pointing to their respective structures.

Smooth muscle

Elastic fibers

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON OFF

IPWEB HOME

# ESTRUTURAS DO ALVÉOLO

- ✓ Os alvéolos pulmonares são os principais sítios de difusão gasosa entre o ar e o sangue dos mamíferos
- ✓ Constituídos de dois tipos de células: pneumócitos tipo I (função de revestimento) e pneumócito tipo II (secretam surfactante)
- ✓ Surfactante é uma mistura de fosfolipídeos e lipoproteínas, no qual reduz a tensão superficial do fluido alveolar



## ANATOMY REVIEW: RESPIRATORY STRUCTURES

7. Respiratory Zone (Page 7 of 14)

PREVIOUS NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

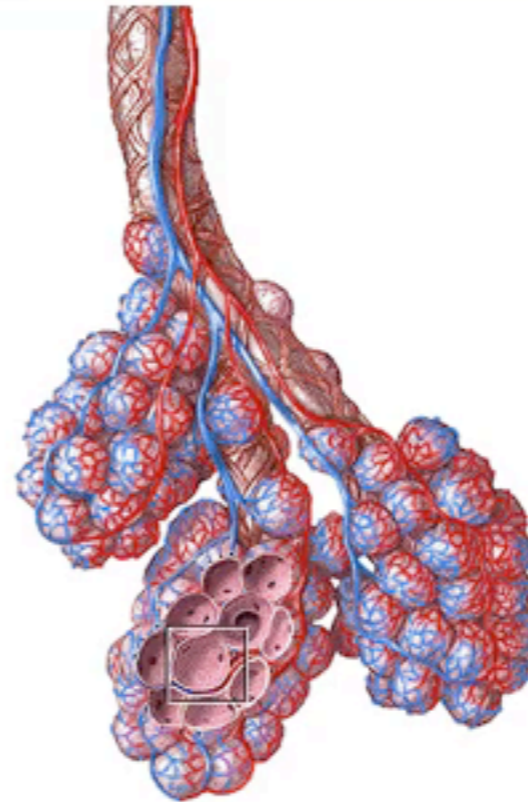
HELP

NARRATION

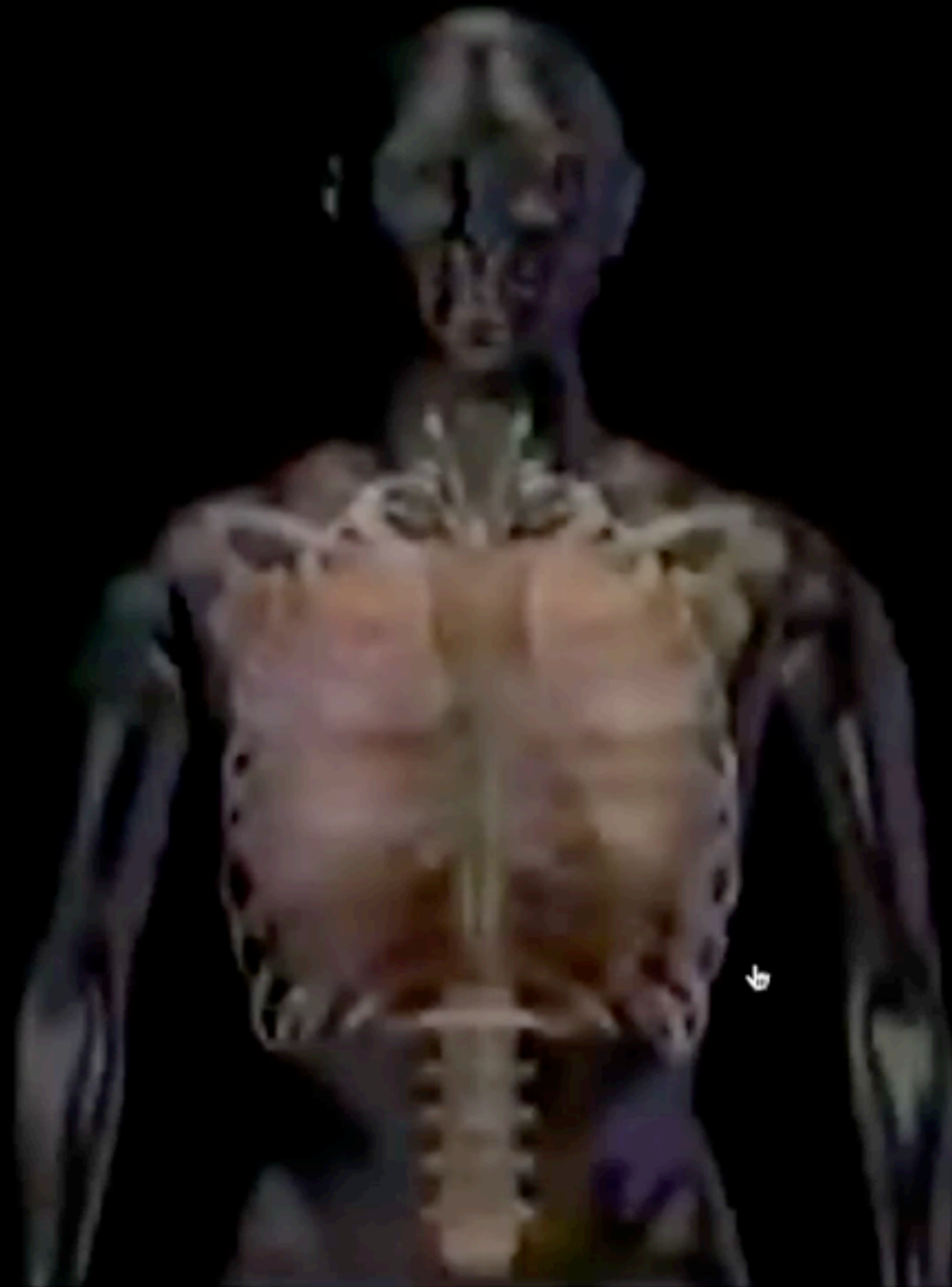
ON OFF

IPWEB HOME

### STRUCTURE OF AN ALVEOLUS



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®



Priorityx Videos

# SURFACTANTE

- Secretado por células epiteliais alveolares tipo II.
- Componentes mais importantes são o fosfolípido dipalmitoilfosfatidilcolina, apoproteínas surfactantes e apoproteínas)
- Reduz a tensão superficial
- $1/12$  a  $1/2$  da tensão superficial de uma superfície de água pura



# ANATOMY REVIEW: RESPIRATORY STRUCTURES

7. Respiratory Zone (Page 7 of 14)

## ROLE OF SURFACTANT

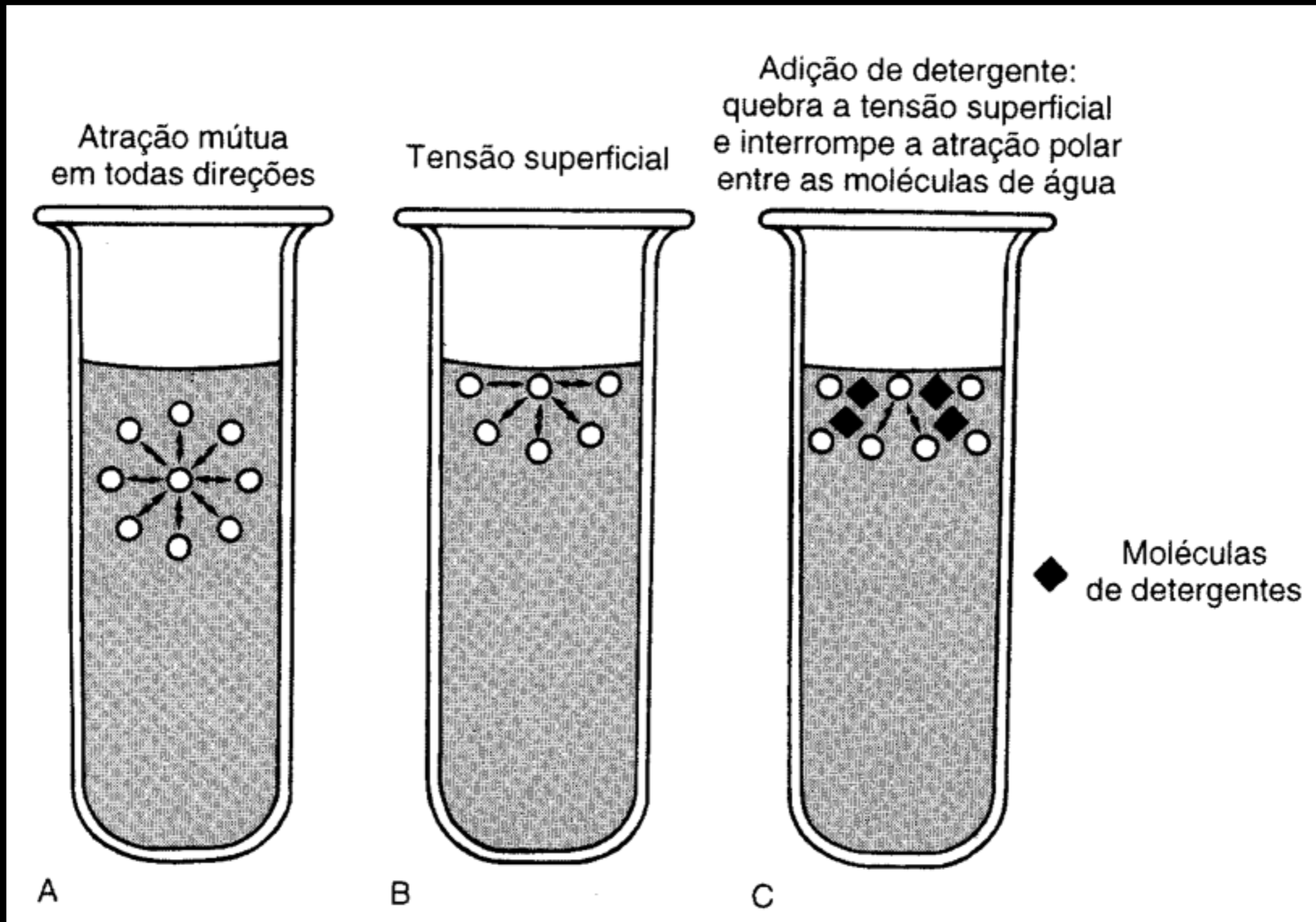
- PREVIOUS
- NEXT
- REPLAY
- RETURN FROM LINK
- QUIZ
- TOPIC MENU
- GLOSSARY
- HELP
- NARRATION
  - ON
  - OFF
- IPWEB HOME



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# Tensão Superficial dos Líquidos

## Surfactante Pulmonar





# Tensão Superficial dos Líquidos

## Surfactante Pulmonar



# CONSIDERAÇÕES CLÍNICAS

## SÍNDROME UIVANTE

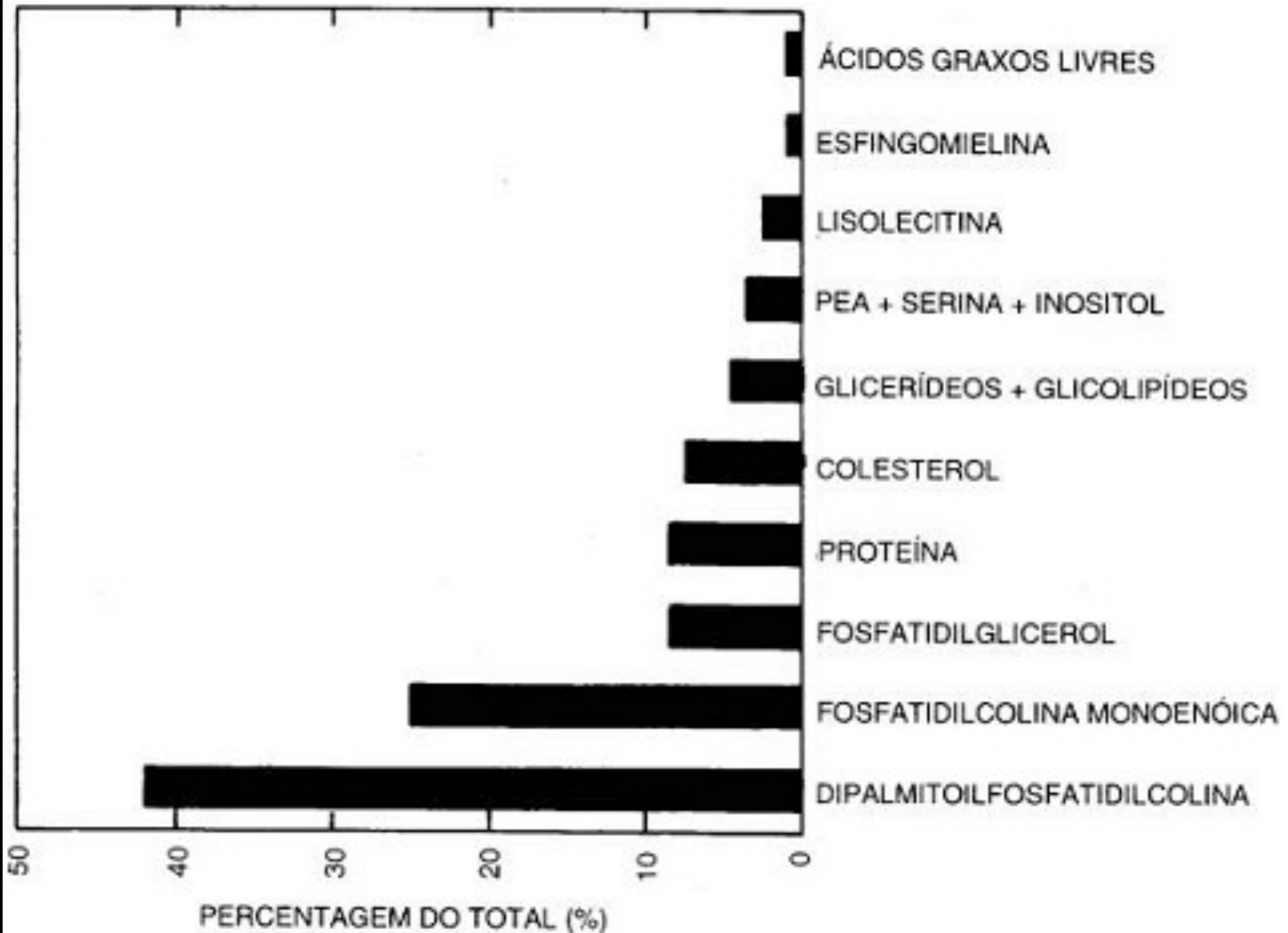
=> baixa produção de surfactantes, que ocorre em eqüinos e suínos jovens.

Sintomas: Gemido expiratório, dispnéia e cianose.

## PNEUMOTÓRAX

=> É a condição patológica em que ocorre entrada de ar no espaço pleural e impede a expansão dos pulmões e leva a asfixia

## COMPOSIÇÃO DO SURFACTANTE PULMONAR



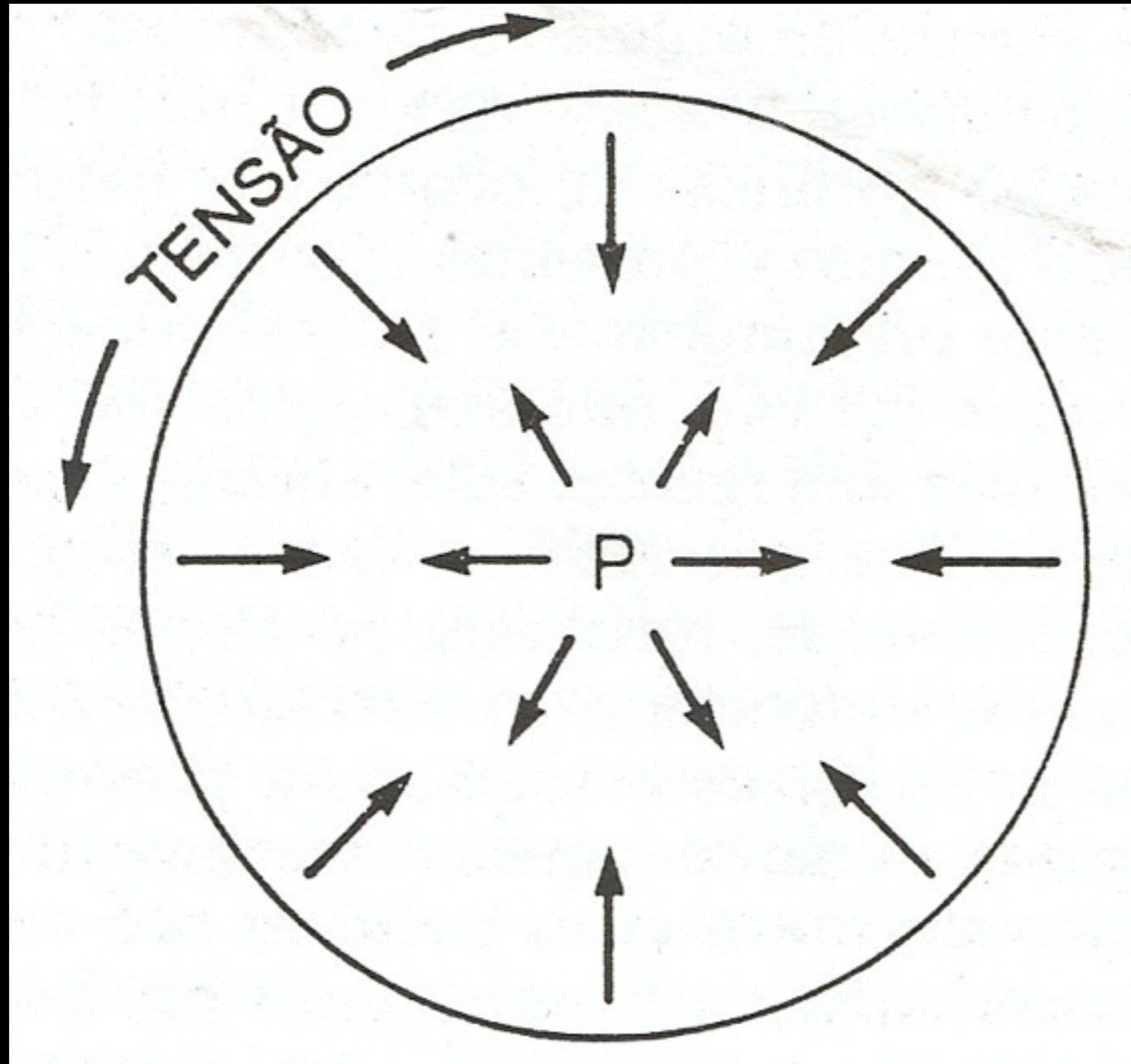
# TENSÃO SUPERFICIAL

- Força de estiramento das fibras elásticas pela insuflação do pulmão.
- Tensão superficial do revestimento líquido dos alvéolos.(Atração de moléculas iguais existentes na superfície do alvéolo)
- Lei de Laplace  $\Rightarrow P = 2T/r$  , onde  $P =$  pressão,  $T =$  Tensão superficial e  $r =$  raio.

## EFEITO MINIMIZADOR!!!

Substância Surfactante – lipoproteína (proteína complexa sendo 30% ptn e 70% lipídio – dipalmitoil-lectina) que tem pouca atração entre as moléculas de água e suas próprias moléculas diminuindo com isso a tensão superficial

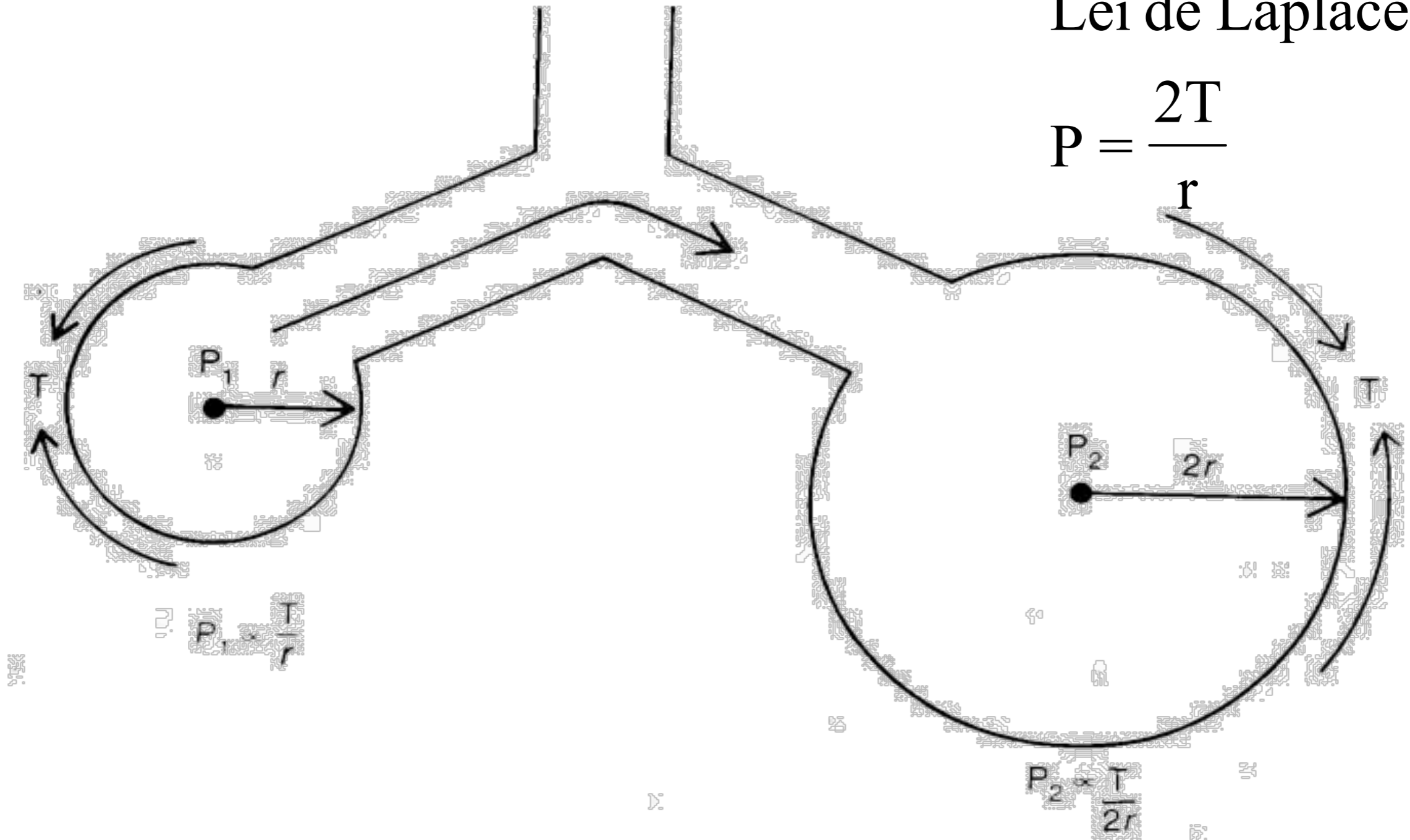
# TENSÃO SUPERFICIAL



# ESTABILIDADE DAS UNIDADES PULMONARES

Lei de Laplace

$$P = \frac{2T}{r}$$



## TENSÃO SUPERFICIAL 2

Like compartilhar Mais informações



# MECÂNICA DA VENTILAÇÃO PULMONAR

LEI DE BOYLE => “O volume do gás varia inversamente com a pressão”

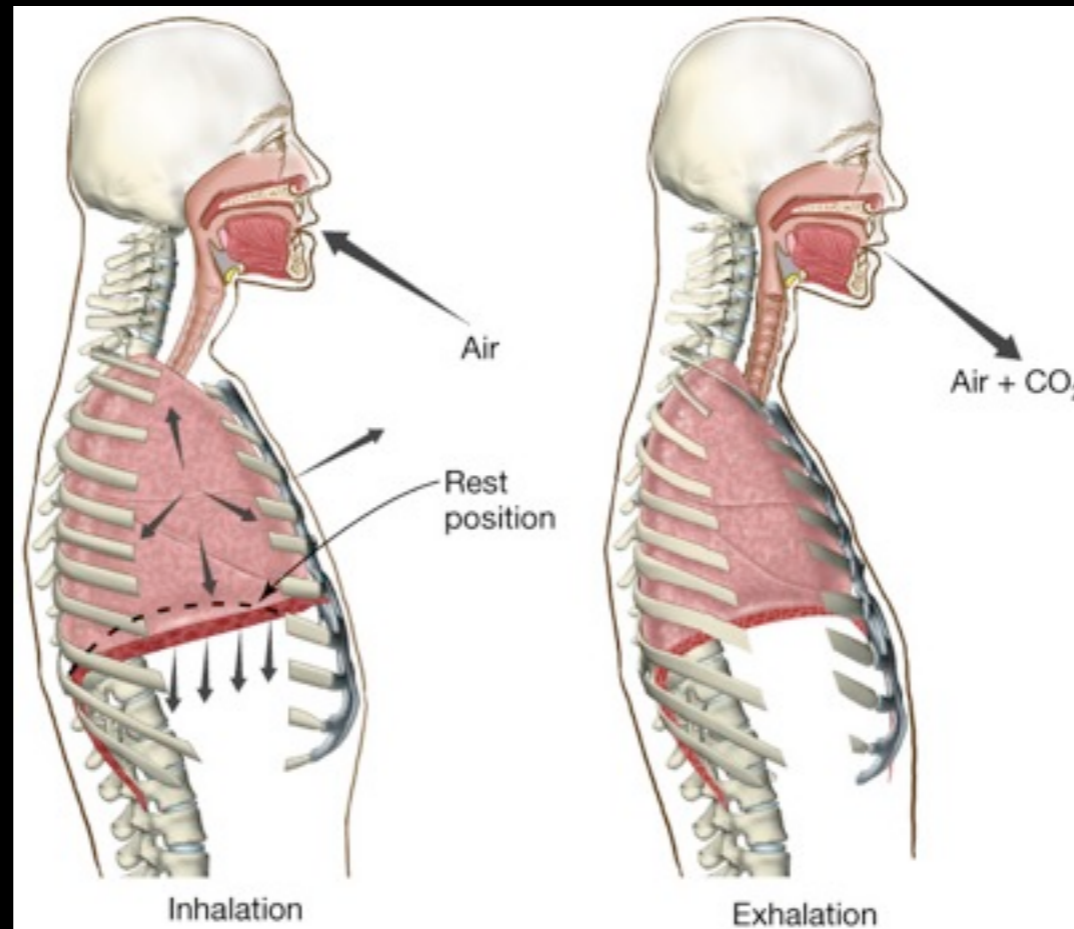
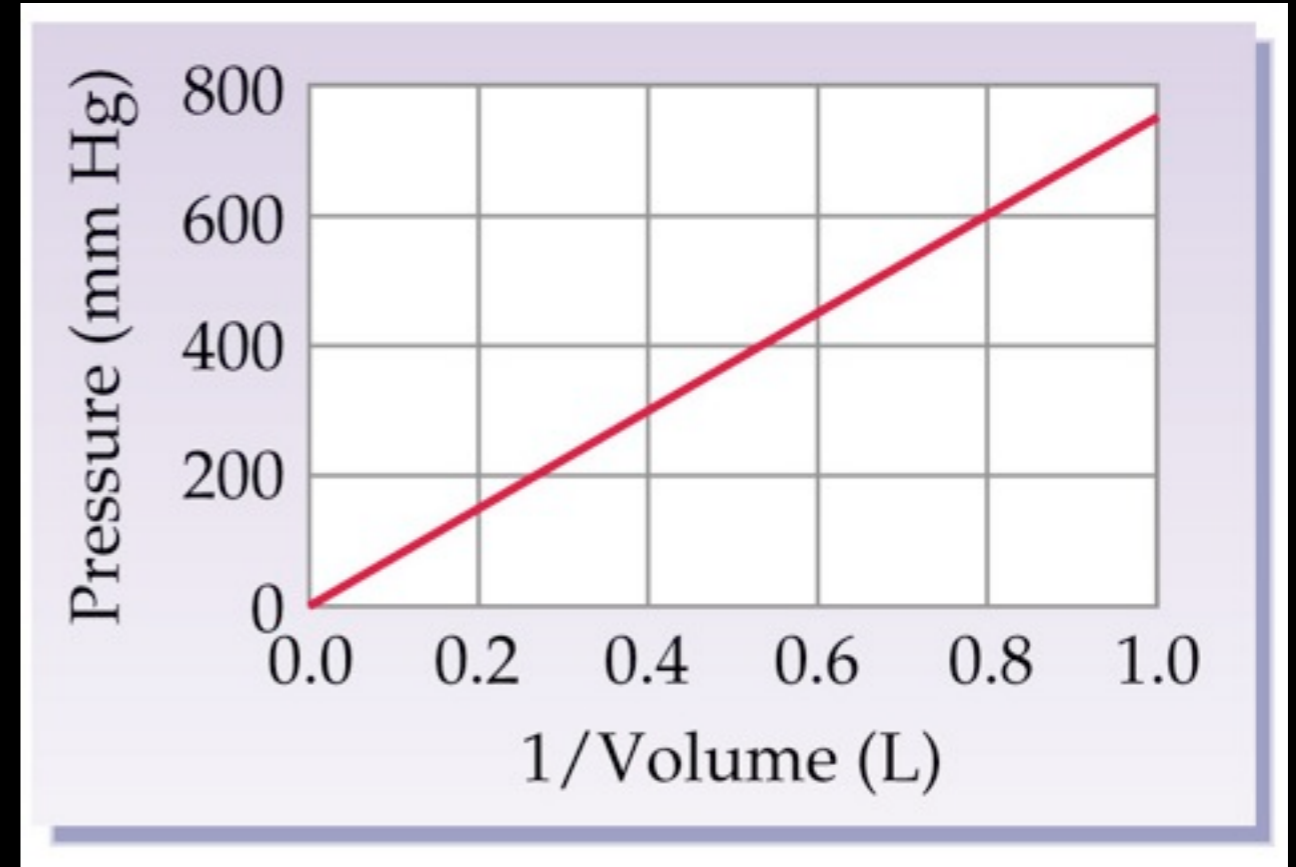
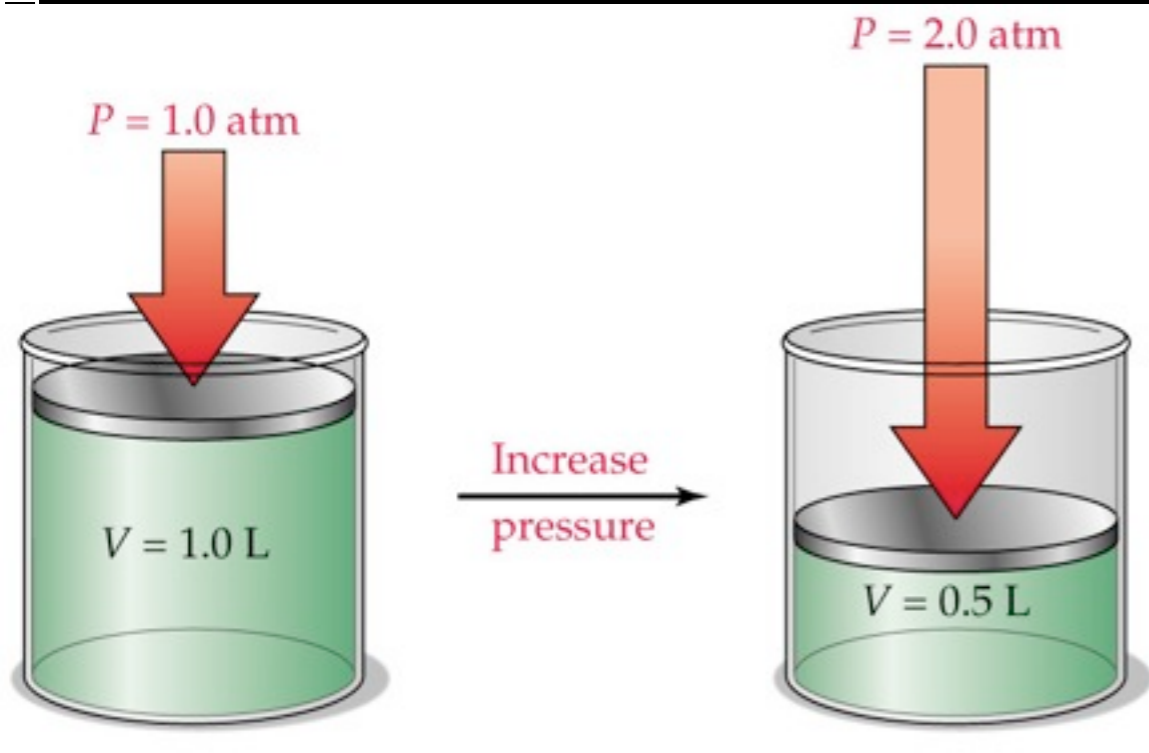


## Abreviaturas Comumente Utilizadas na Troca Gasosa

Abreviatura	Definição
$DTA_{ao_2}$	Diferença de tensão alvéolo-arterial de oxigênio
$F_{I_{O_2}}$	Fração de oxigênio no ar inspirado
$F_{O_2}$	Fração de oxigênio na mistura gasosa
$P_{aco_2}$	Tensão arterial de dióxido de carbono
$P_{Aco_2}$	Tensão alveolar de dióxido de carbono
$P_{ao_2}$	Tensão arterial de oxigênio
$P_{AO_2}$	Tensão alveolar de oxigênio
PA	Pressão atmosférica
$P_{capco_2}$	Tensão capilar de dióxido de carbono
$P_{capo_2}$	Tensão capilar de oxigênio
$P_{CO_2}$	Tensão de dióxido de carbono

$P_{H_2O}$	Pressão parcial do vapor d'água
$P_{I_{O_2}}$	Tensão de oxigênio inspirado
$P_{O_2}$	Tensão de oxigênio
$P_{\bar{V}CO_2}$	Tensão de dióxido de carbono no sangue venoso
$P_{\bar{V}O_2}$	Tensão de oxigênio no sangue venoso
$\dot{Q}$	Perfusão
R	Relação de troca respiratória
$\dot{V}$	Ventilação
$\dot{V}_A$	Quantidade de ventilação alveolar
$\dot{V}_{CO_2}$	Taxa de produção de dióxido de carbono
$\dot{V}_{O_2}$	Taxa do movimento de oxigênio entre o alvéolo e o sangue
$\dot{V}/\dot{Q}$	Relação entre a ventilação alveolar e o fluxo sangüíneo capilar

# LEI DE BOYLE - "O volume do gás varia inversamente com a pressão"





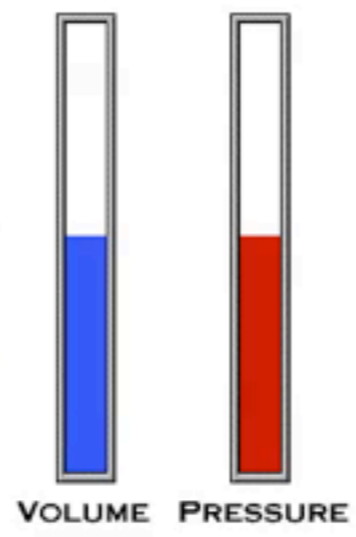
## PULMONARY VENTILATION

3. Boyle's Law: Relationship between Pressure and Volume (Page 3 of 20)

- PREVIOUS
- NEXT
- REPLAY
- RETURN FROM LINK
- QUIZ
- TOPIC MENU
- GLOSSARY
- HELP
- NARRATION
- ON
- OFF
- IPWEB HOME

### BOYLE'S LAW: RELATIONSHIP BETWEEN PRESSURE AND VOLUME

Pressure is caused by gas molecules striking the walls of a container. The pressure is related to the volume of the container.



Click the sphere to see how volume affects pressure.

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# MECÂNICA DA RESPIRAÇÃO

- ✓ Durante a inspiração, o diafragma e os músculos intercostais externos contraem
- ✓ Durante a inspiração, aumenta o volume e diminui a pressão dentro da cavidade torácica e dos pulmões (gera pressão subatmosférica)
- ✓ A expiração é um processo passivo (repouso), pois o diafragma e os músculos intercostais relaxam (energia elástica)
- ✓ Durante a expiração, diminui o volume e, conseqüentemente, aumenta a pressão dentro da cavidade torácica e dos pulmões

**Obs: A expiração normalmente tem uma duração correspondente a 1,3 a 1,4 vez a inspiração**

# DEMONSTRAÇÃO DA MECÂNICA



# MÚSCULO RESPIRATÓRIOS

- ✓ São músculos estriados esqueléticos
  
- ✓ Quando comparados com músculos esqueléticos da periferia, apresentam as seguintes características:
  1. Maior resistência à fadiga
  2. Fluxo sanguíneo elevado
  3. Maior capacidade oxidativa
  4. Maior densidade capilar
  
- ✓ O mais importante músculo da inspiração é o diafragma

# TIPOS DE RESPIRAÇÃO

ABDOMINAL – Predomina durante a respiração normal, silenciosa. Caracteriza por movimentos visíveis do abdômen causados pela compressão visceral, quando o diafragma se contrai

COSTAL – Caracterizada por pronunciada movimentação das costelas e ocorre por respiração dificultada e afecções abdominais dolorosas, gestação e gases



# RESPIRAÇÃO ABDOMINAL EM CÃES



# FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA

É o número de ciclos respiratórios registrados em um minuto e corresponde a um excelente indicador da saúde animal

Ocorrem variações em função da

- ✓ Espécie animal
- ✓ Tamanho corporal
- ✓ Idade
- ✓ Exercício físico
- ✓ Excitação
- ✓ Temperatura ambiente
- ✓ Gestação
- ✓ Estado de saúde (hipotermia e hipertermia)
- ✓ Grau de enchimento do trato digestivo

Obs: Um boi deitado terá aumento de frequência pois há compressão do diafragma pelo rúmen.

**Table 5.1.** Breathing frequency ( $f$ ), tidal volume ( $V_T$ ), and minute ventilation ( $APV_E$ ) of various species.

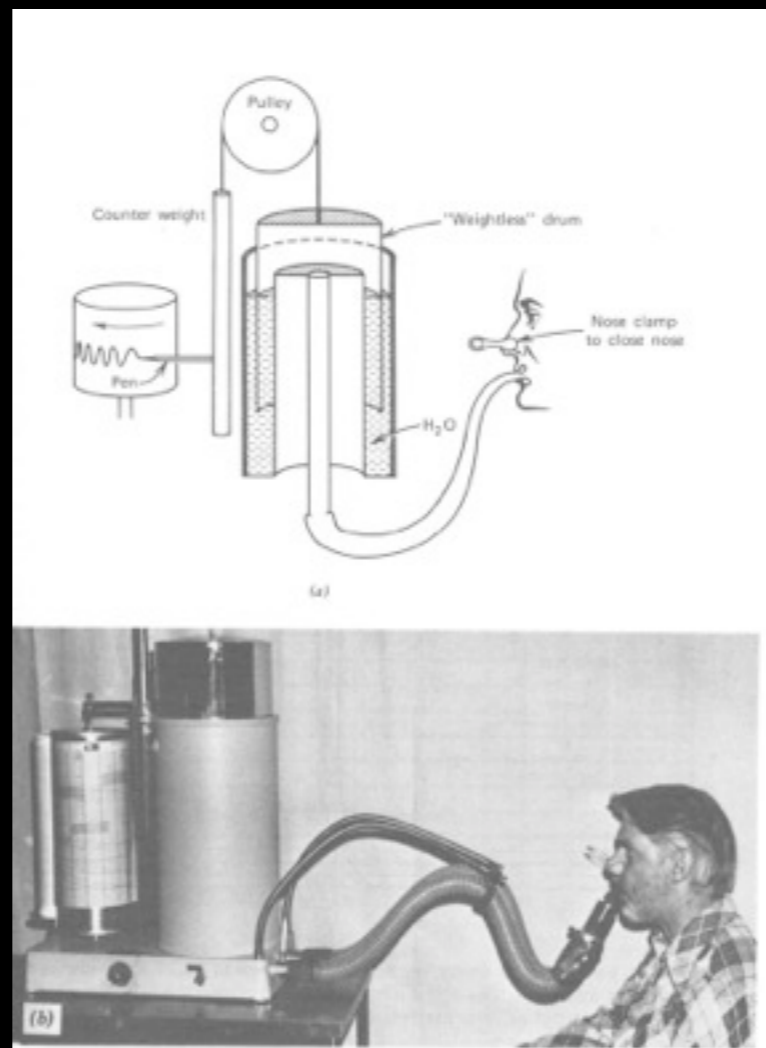
Species	Mean Body Wt (kg)	$n$	Conditions <sup>b</sup>	$f$ (breaths/min)	$V_T$		$APV_E$		Refs
					mL	mL/kg	mL/min	mL/kg/min	
Mice	0.02	NS <sup>a</sup>	Awake, prone	163.4	0.15	7.78	24.5	1239	10
Rats	0.032	NS	Anesthetized	109	0.18	5.63	21.0	720	10
	0.113	NS	Awake, prone	85.5	0.87	7.67	72.9	646	10
Cats	0.305	NS	Awake, pleth	103	2.08	6.83	213	701	10
	3.8	4	Unanesthetized, pleth	22	30	7.9	664	174	11
Dogs	3.7	NS	Anesthetized	30	34	9.2	960	310	10
	18.6	6	Awake, prone, chronic trach, intubated	13	309	16.6	3818	205	12
	18.8	8	Awake, standing, chronic trach, intubated	16.5	314	16.9	4963	264	8
Sheep	32-37	4	Awake, standing, mask	38	289	8.3	10,400	297	13
Goats	36.3	3	Awake, standing mask	13.6	470	12.9	6313	174	14
	46.4	6	Awake, standing mask	26	483	10.4	11,900	256	15
Pigs	47.6	6	Awake, standing mask	17.6	602	12.6	10,540	221	16
	12.9	4	Awake, standing	13.1	209	15.9	2731	208	17
Cows	517 Holstein	7	Awake, standing mask	23.7	3676	7.1	85,977	166	9
	405 Jersey	11	Awake, standing mask	28.6	3360	8.3	94,870	234	18
Calves	43-73 Hereford	8	4-6 weeks old, standing, sling	26.7	403	15.1	10,290	385	19
Horses	402	6	Awake, standing mask	11.8	4253	10.6	49,466	123	9
	483	6	Awake, standing mask	15.5	4860	10.1	74,600	154	20
	486	15	Awake, standing, mask (some sedated) (mask $V_D$ not removed)	10	7300	15.0	79,000	163	21
Ponies	147	19	Awake, standing, mask	19.0	1370	9.3	26,380	180	22

Not specified.

Pleth, whole body plethysmograph; trach, tracheostomy.

# MECÂNICA PULMONAR: ESTÁTICA

- ✓ Ventilação pulmonar e o influxo e o efluxo de ar entre atmosfera e os alvéolos pulmonares
- ✓ O método simples de estudar a ventilação pulmonar e registrar o movimento do volume de ar para dentro e para fora dos pulmões, um processo chamado de espirometria



# VOLUMES PULMONARES E CAPACIDADES PULMONARES

✓ Para facilitar a descrição dos eventos da ventilação pulmonar, o ar nos pulmões foi subdividido em quatro volumes e quatro capacidades

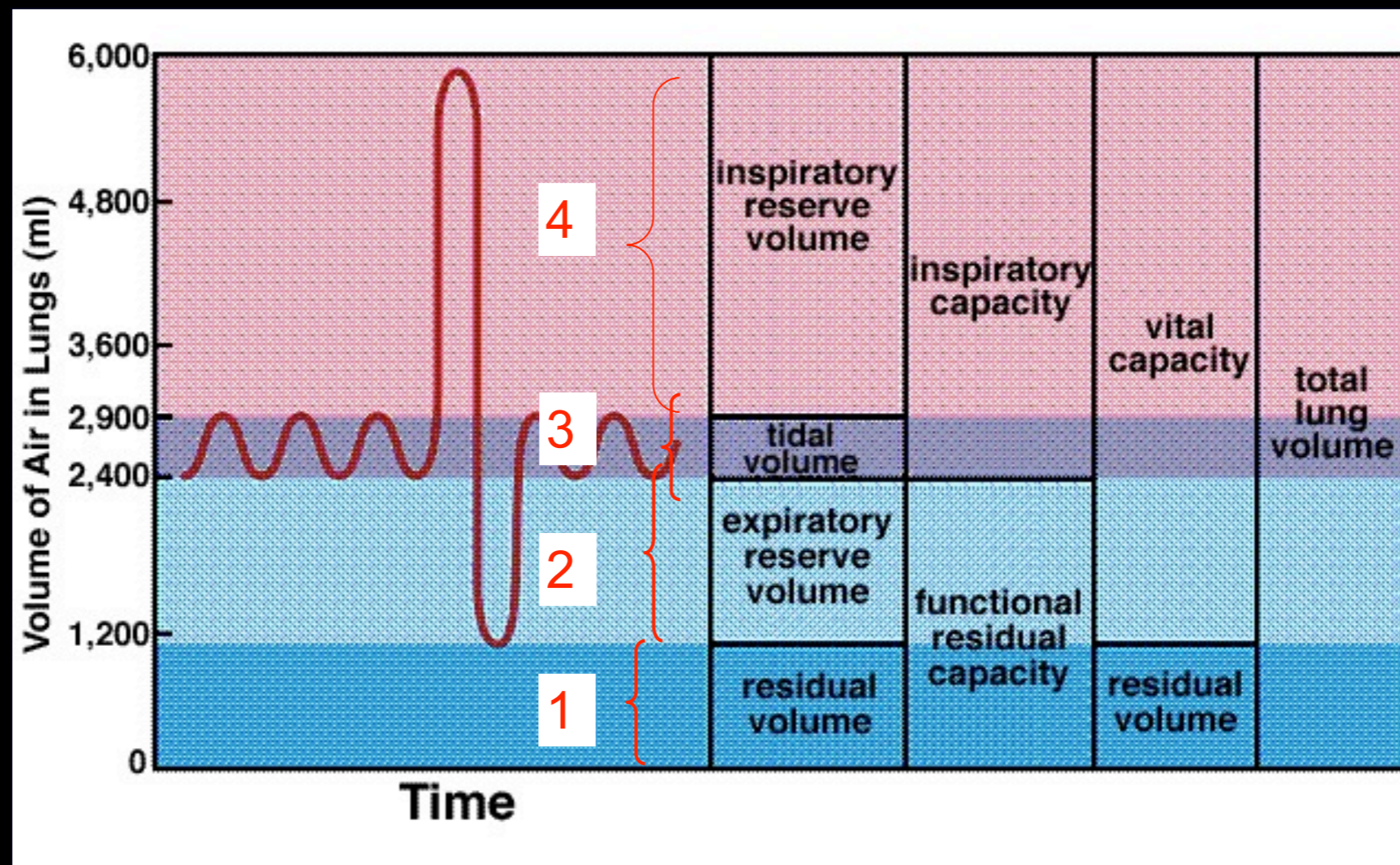
1. VOLUME RESIDUAL OU DE RESERVA
2. VOLUME DE RESERVA INSPIRATÓRIO
3. VOLUME DE RESERVA EXPIRATÓRIO
4. VOLUME RESPIRATÓRIO OU CORRENTE
5. CAPACIDADE PULMONAR TOTAL
6. CAPACIDADE VITAL
7. CAPACIDADE INSPIRATÓRIA
8. CAPACIDADE RESIDUAL FUNCIONAL

# VOLUMES PULMONARES

1. VOLUME RESIDUAL OU DE RESERVA => volume de ar que permanece nos pulmões mesmo após expiração forçada
2. VOLUME DE RESERVA EXPIRATÓRIO => volume de ar que pode ser exalado após a expiração
3. VOLUME DE RESERVA INSPIRATÓRIO => volume de ar que pode ser inalado após a inspiração
4. VOLUME RESPIRATÓRIO OU CORRENTE=> volume de ar que entra e sai dos pulmões durante o ciclo respiratório

# MECÂNICA VENTILATÓRIA: ESTÁTICA

## VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES



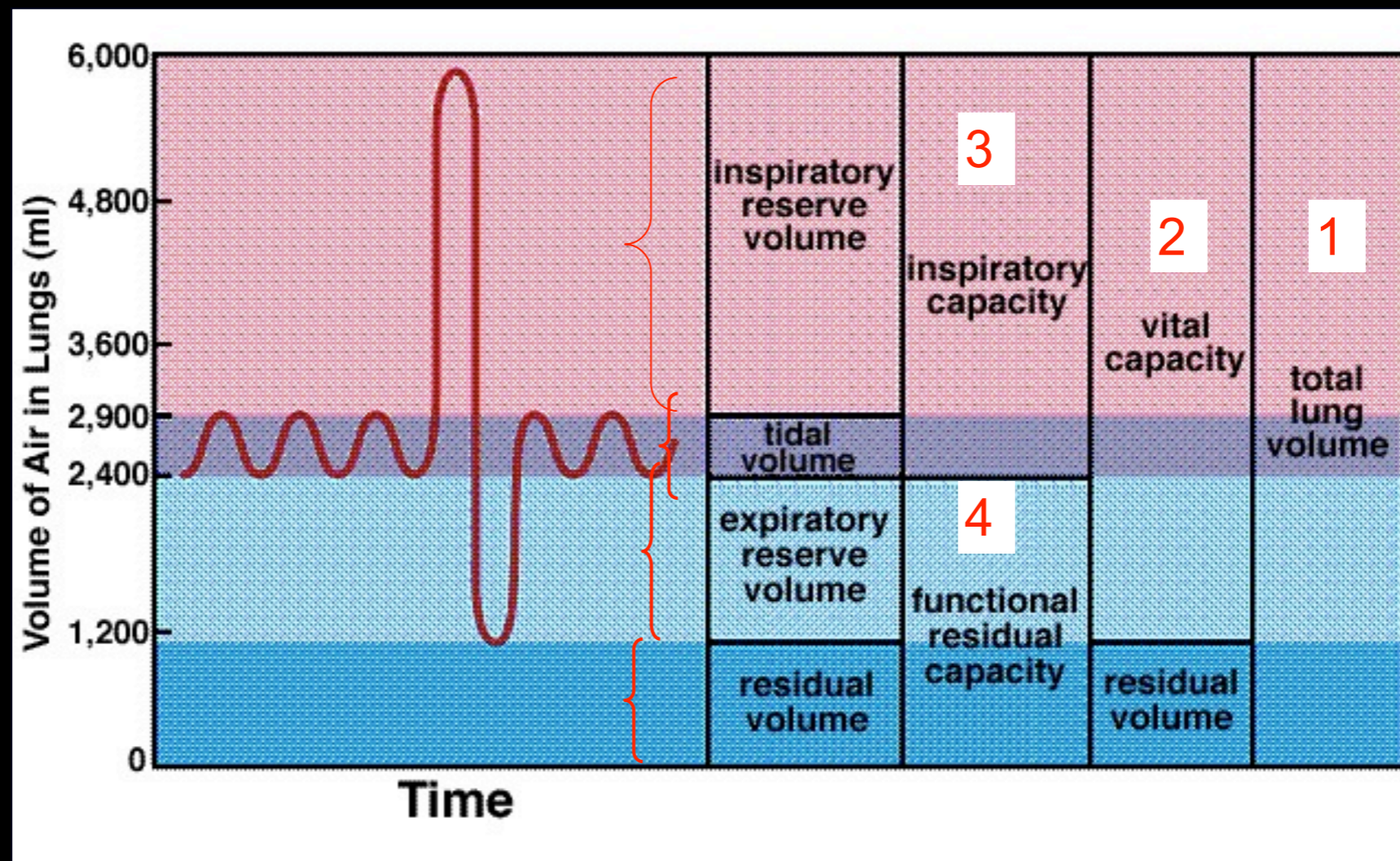
# CAPACIDADES PULMONARES

1. CAPACIDADE PULMONAR TOTAL => é a soma de todos os volume
2. CAPACIDADE VITAL => soma de todos os volumes com exceção do volume residual. É a quantidade de ar que pode ser trocada entre os pulmões e o exterior através de uma inspiração forçada seguida de uma expiração forçada
3. CAPACIDADE INSPIRATÓRIA => É a quantidade de ar que pode ser inspirada após a expiração
4. CAPACIDADE RESIDUAL FUNCIONAL => é quantidade ar remanescente no pulmão após a expiração, corresponde ao volume residual mais o volume de reserva expiratório. Ou ainda, cerca de 40% da Capacidade Pulmonar



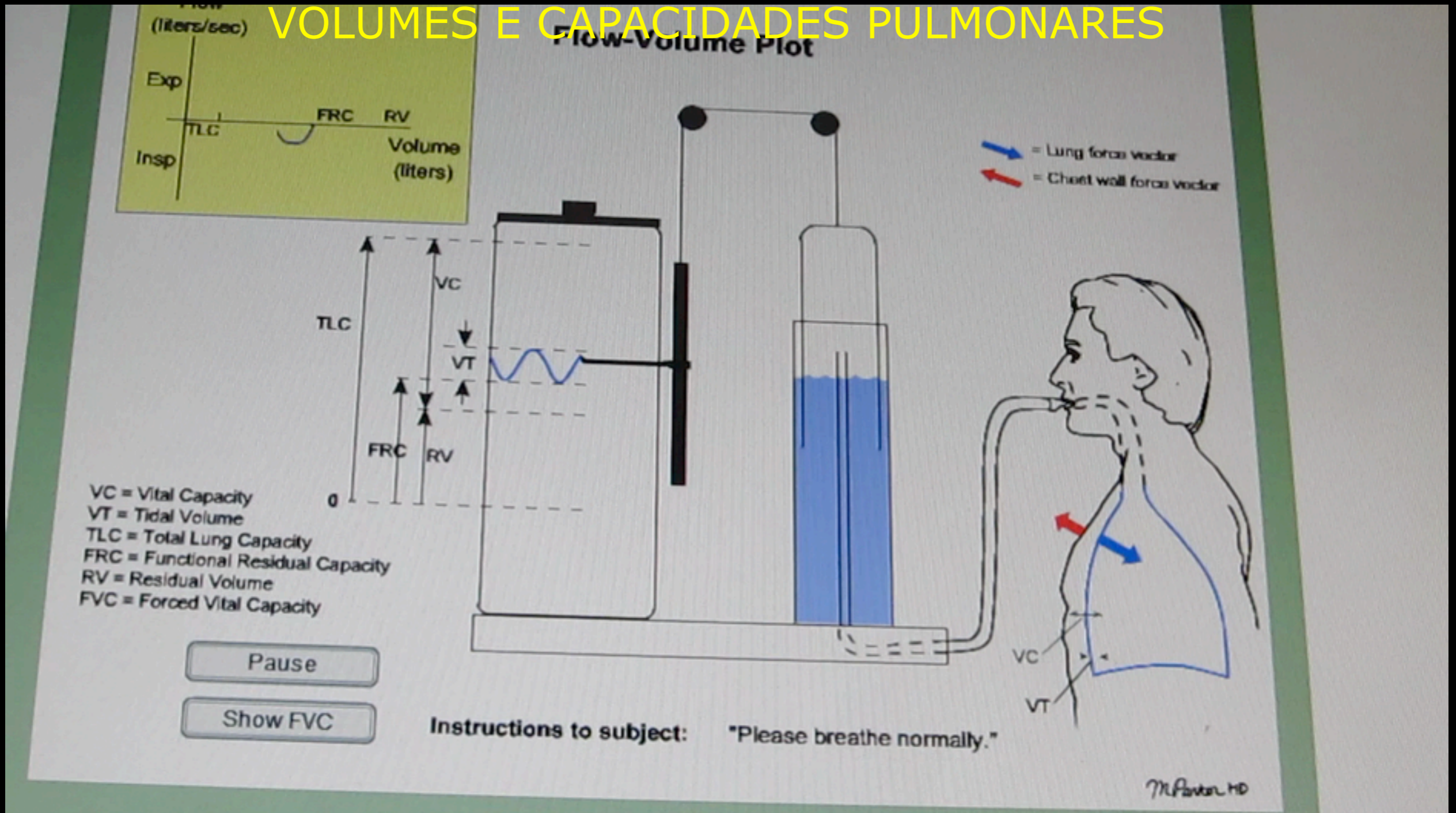
# MECÂNICA VENTILATÓRIA: ESTÁTICA

## VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES



# MECÂNICA VENTILATÓRIA: ESTÁTICA

## VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES



# PRESSÕES RESPIRATÓRIAS

## PRESSÃO INTRAPULMONAR ou PRESSÃO ALVEOLAR

É a pressão existente nos pulmões e vias aéreas.

- NA INSPIRAÇÃO – torna-se ligeiramente negativa ( -1mmHg) pois a dilatação torácica é mais rápida que o afluxo de ar.
- NA EXPIRAÇÃO – torna-se ligeiramente positiva (+1mmHg) pois o tórax diminui de tamanho e comprime o ar dentro dos alvéolos.

**Obs: A pressão intrapulmonar iguala-se rapidamente a pressão atmosférica após o volume torácico estabilizar-se**

# PRESSÕES RESPIRATÓRIAS

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Interactive Physiology    Interactive Physiology    normal blood pressure i...    Aprenda de Verdade a B...    débito cardíaco edward...

**IP web**    **PULMONARY VENTILATION**

4. Quiet Inspiration: Muscle Contraction (Page 4 of 20)

## INTRAPULMONARY PRESSURE CHANGES

**Intrapulmonary (intra-alveolar) pressure** is the pressure within the alveoli. Between breaths, it equals atmospheric pressure (760 mm Hg.).

The diagram illustrates the thoracic cavity with the lungs. Labels include: Thoracic wall, Parietal pleura, Pleural cavity with pleural fluid, and Visceral pleura. A gauge labeled 'INTRAPULMONARY PRESSURE' shows a reading of 0 mm Hg. Below the diagram is a graph titled 'INTRAPULMONARY PRESSURE (mm Hg)'. The y-axis ranges from -1 to +1 mm Hg. A horizontal dashed line represents 'ATMOSPHERIC PRESSURE' at 760 mm Hg. The x-axis is divided into 'INSPIRATION' and 'EXPIRATION'. During inspiration, the intrapulmonary pressure drops slightly below atmospheric pressure. During expiration, it rises slightly above atmospheric pressure.

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# PRESSÕES RESPIRATÓRIAS

## PRESSÃO INTRAPLEURAL

- É a Pressão existente no tórax e fora dos pulmões, ou seja, no espaço intrapleural e mediastino
- É sempre negativa, pois a cavidade é fechada e a pressão no interior do organismo é sempre menor que a atmosférica

NA INSPIRAÇÃO – O ar no espaço pleural é comprimido e atinge  $-10\text{mmHg}$

NA EXPIRAÇÃO – A pressão do ar diminui e a pressão atinge  $-5\text{mmHg}$



# PRESSÕES INTRAPLEURAL

file:///Users/fabloascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

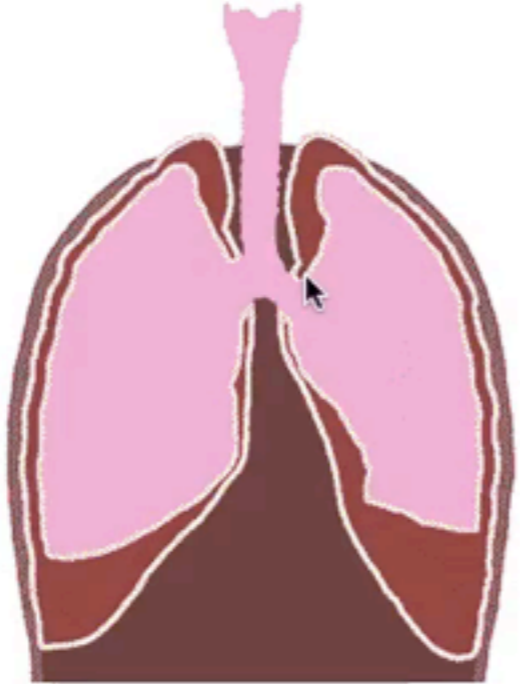
Interactive Physiology   Interactive Physiology   normal blood pressure i...   Aprenda de Verdade a B...   débito cardíaco edward...

**IP web**   **PULMONARY VENTILATION**

4. Quiet Inspiration: Muscle Contraction (Page 4 of 20)

## INTRAPLEURAL PRESSURE

**Intrapleural pressure** is the pressure within the pleural cavity. Intrapleural pressure is always negative, which acts like a suction to keep the lungs inflated.



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS   NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON   OFF

IPWEB HOME

# PRESSÕES INTRAPLEURAL

file:///Users/fabloascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

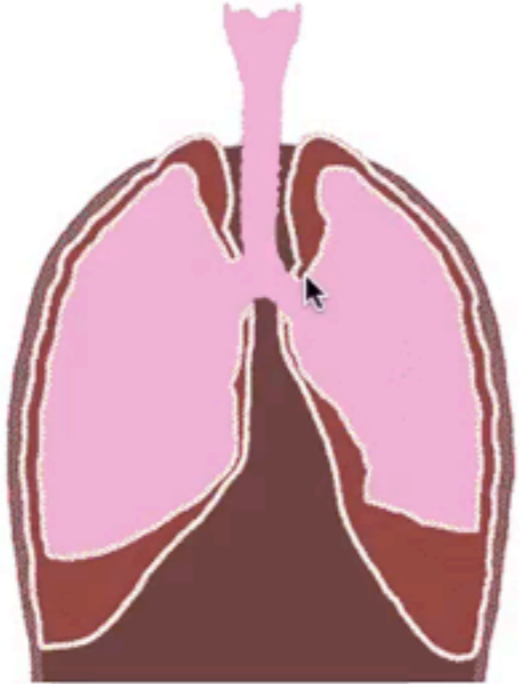
Interactive Physiology   Interactive Physiology   normal blood pressure i...   Aprenda de Verdade a B...   débito cardíaco edward...

**IP web**   **PULMONARY VENTILATION**

4. Quiet Inspiration: Muscle Contraction (Page 4 of 20)

## INTRAPLEURAL PRESSURE

**Intrapleural pressure** is the pressure within the pleural cavity. Intrapleural pressure is always negative, which acts like a suction to keep the lungs inflated.



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS   NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON   OFF

IPWEB HOME



# MUDANÇAS NA PRESSÕES INTRAPLEURAS

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Interactive Physiology    Interactive Physiology    normal blood pressure i...    Aprenda de Verdade a B...    débito cardíaco edward...

**IP web**    **PULMONARY VENTILATION**  
4. Quiet Inspiration: Muscle Contraction (Page 4 of 20)

### INTRAPLEURAL PRESSURE CHANGES

The diagram illustrates the changes in intrapleural pressure during the respiratory cycle. On the left, a small anatomical diagram shows the lungs and chest wall. The main diagram is a cross-section of the chest wall and lung, showing the pleural cavity. A gauge connected to the pleural cavity shows a reading of -4 mm Hg. To the right, a graph plots intrapleural pressure in mm Hg against time, divided into inspiration and expiration. A dashed blue line at 0 mm Hg represents atmospheric pressure. During inspiration, the intrapleural pressure drops to approximately -4 mm Hg. During expiration, it rises back towards 0 mm Hg.

Phase	Intrapleural Pressure (mm Hg)	Atmospheric Pressure (mm Hg)
End of Expiration	-4	760
Start of Inspiration	-4	760
Mid Inspiration	-4	760
End of Inspiration	-4	760
Start of Expiration	-4	760
Mid Expiration	-4	760
End of Expiration	-4	760

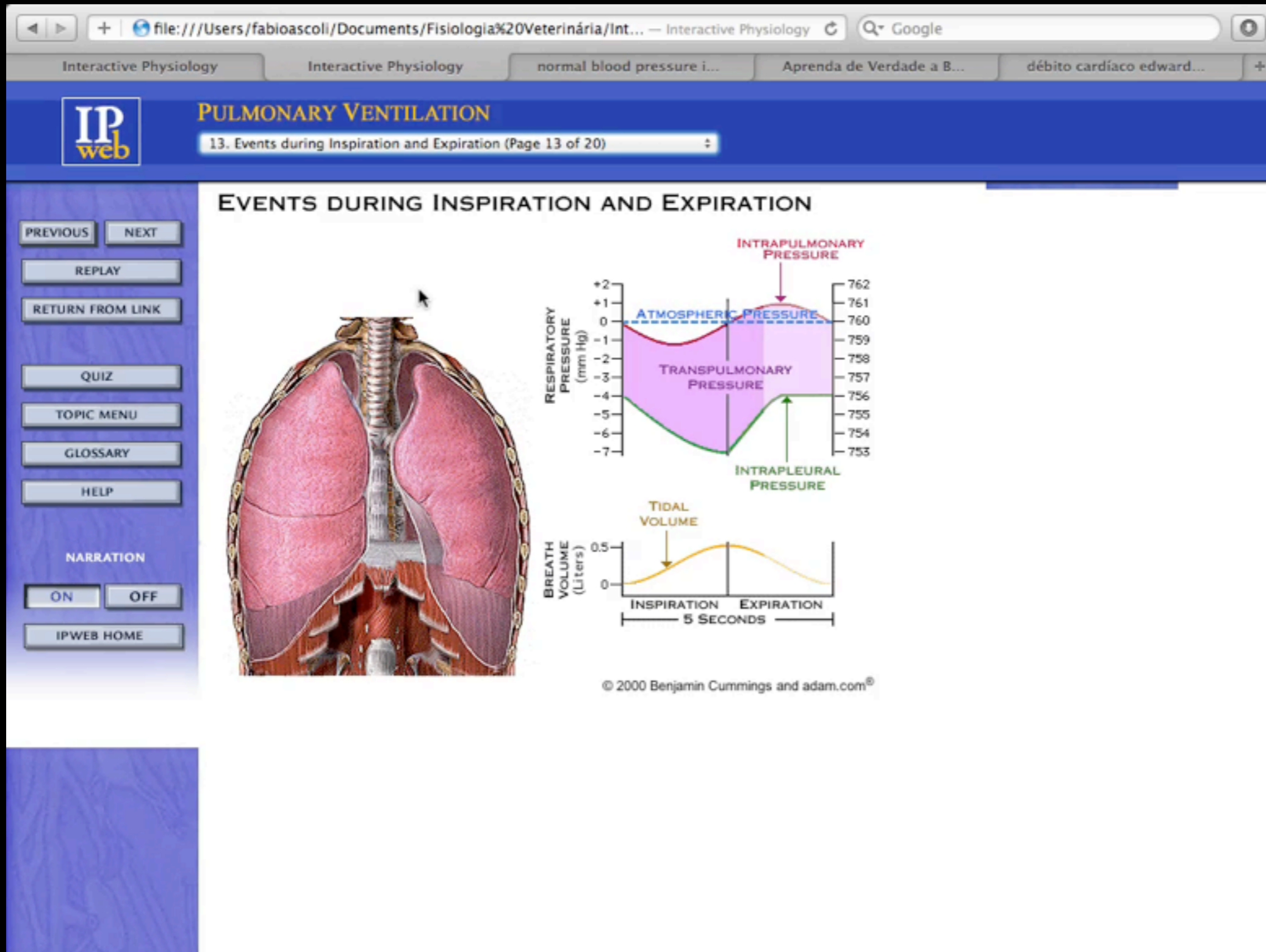
© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# PRESSÕES RESPIRATÓRIAS

PRESSÃO TRANSPULMONAR (Pressão alveolar – pressão pleural)

- ✓ É a diferença de pressão alveolar e as superfícies externas dos pulmões
- ✓ Medida de forças elásticas nos pulmões que tendem a colapsá-los a cada instante (Pressão de recuo)

# PRESSÃO TRANSPULMONAR



# IMPORTÂNCIA DA PRESSÃO

- ✓ No espaço mediastino estão a cava e o ducto torácico
- ✓ O aumento da pressão negativa durante a inspiração auxilia o fluxo venoso e linfático para o coração



# IMPORTÂNCIA DA PRESSÃO

✓ Na regurgitação dos ruminantes. Inspirando com a glote fechada favorece a entrada de massa ruminal para o esôfago pois aumenta a pressão negativa no mediastino





# PNEUMOTÓRAX

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

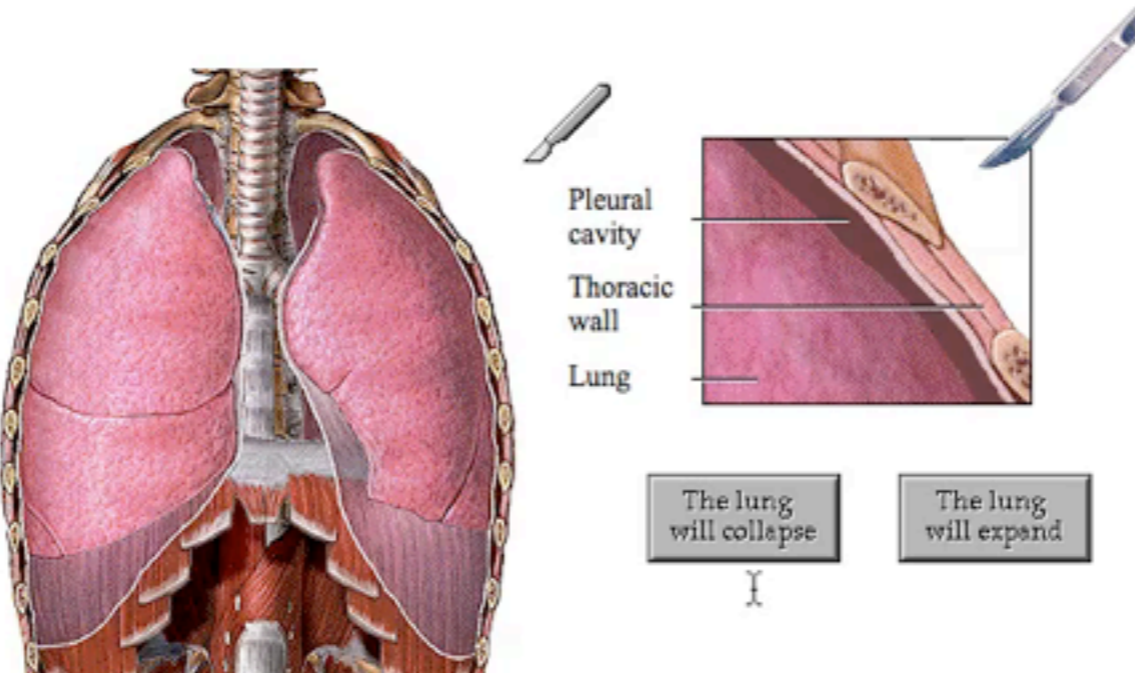
Interactive Physiology    Interactive Physiology    normal blood pressure i...    Aprenda de Verdade a B...    débito cardíaco edward...

**IP web**    **PULMONARY VENTILATION**

4. Quiet Inspiration: Muscle Contraction (Page 4 of 20)

## EFFECT OF PNEUMOTHORAX

What do you think will happen to a lung if you cut through the thoracic wall?



The lung will collapse    The lung will expand

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS    NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON    OFF

IPWEB HOME

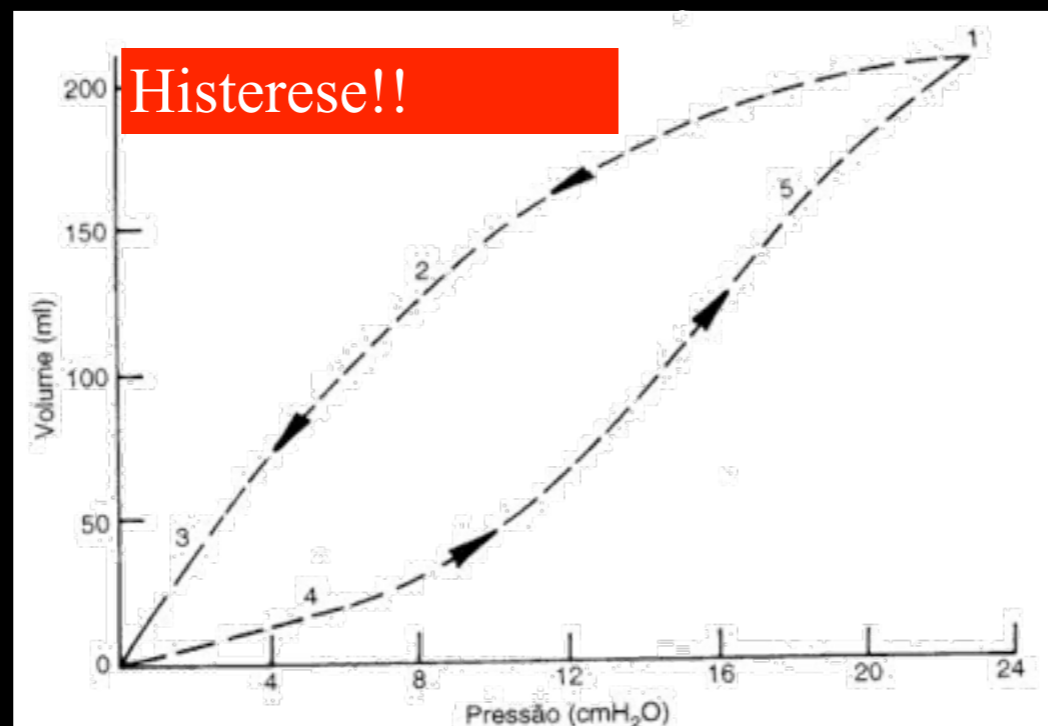
# OUTROS FATORES QUE AFETAM A VENTILAÇÃO

- ✓ COMPLACÊNCIA PULMONAR
- ✓ CONSUMO METABÓLICO DA RESPIRAÇÃO
- ✓ RESISTÊNCIA AO FLUXO DE AR



# COMPLACÊNCIA

- ✓ É a medida de distensibilidade dos pulmões e tórax
- ✓ É determinada pela medição do volume pulmonar para cada unidade de alteração de pressão
- ✓ A unidade-padrão é em mililitros por centímetro quadrado
- ✓ A inflação do pulmão (inspiração) segue uma curva durante a deflação, como faz durante a inflação, é denominada histerese



$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

# COMPLACÊNCIA

✓ Em pulmões distensíveis, a complacência é grande (pequena pressão é capaz de gerar inflação do pulmão)

✓ Em pulmões rígidos, a complacência é pequena (grande pressão é capaz necessária para inflação do pulmão)

Ex: Fibrose, edema etc

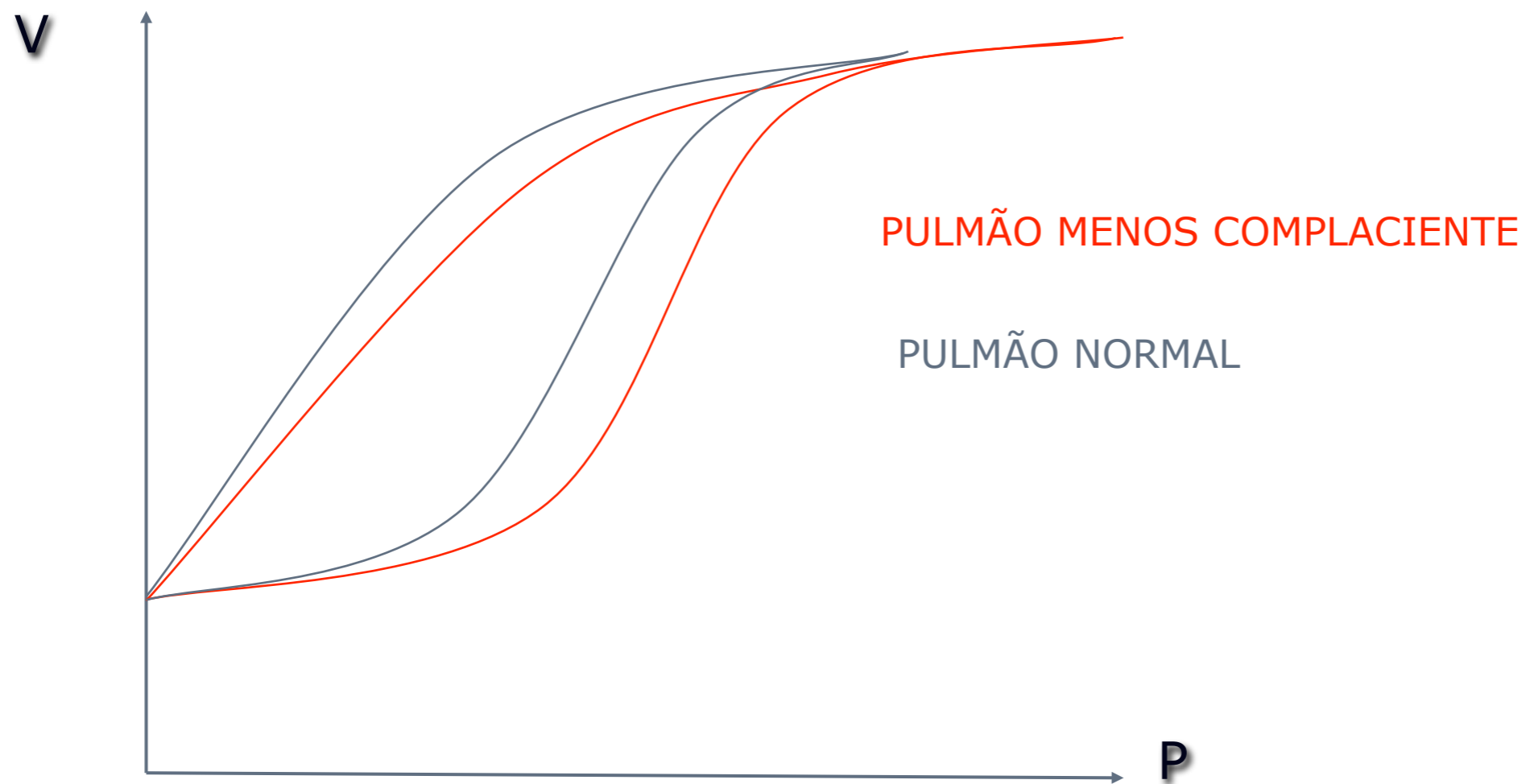
✓ A complacência é determinada pelas forças elásticas dos pulmões (tecido pulmonar e tensão superficial do líquido que reveste a parede interna dos alvéolos)

✓ As forças elásticas do tecido pulmonar são determinadas principalmente pelas fibras de elastina e colágeno entrelaçada no parênquima pulmonar

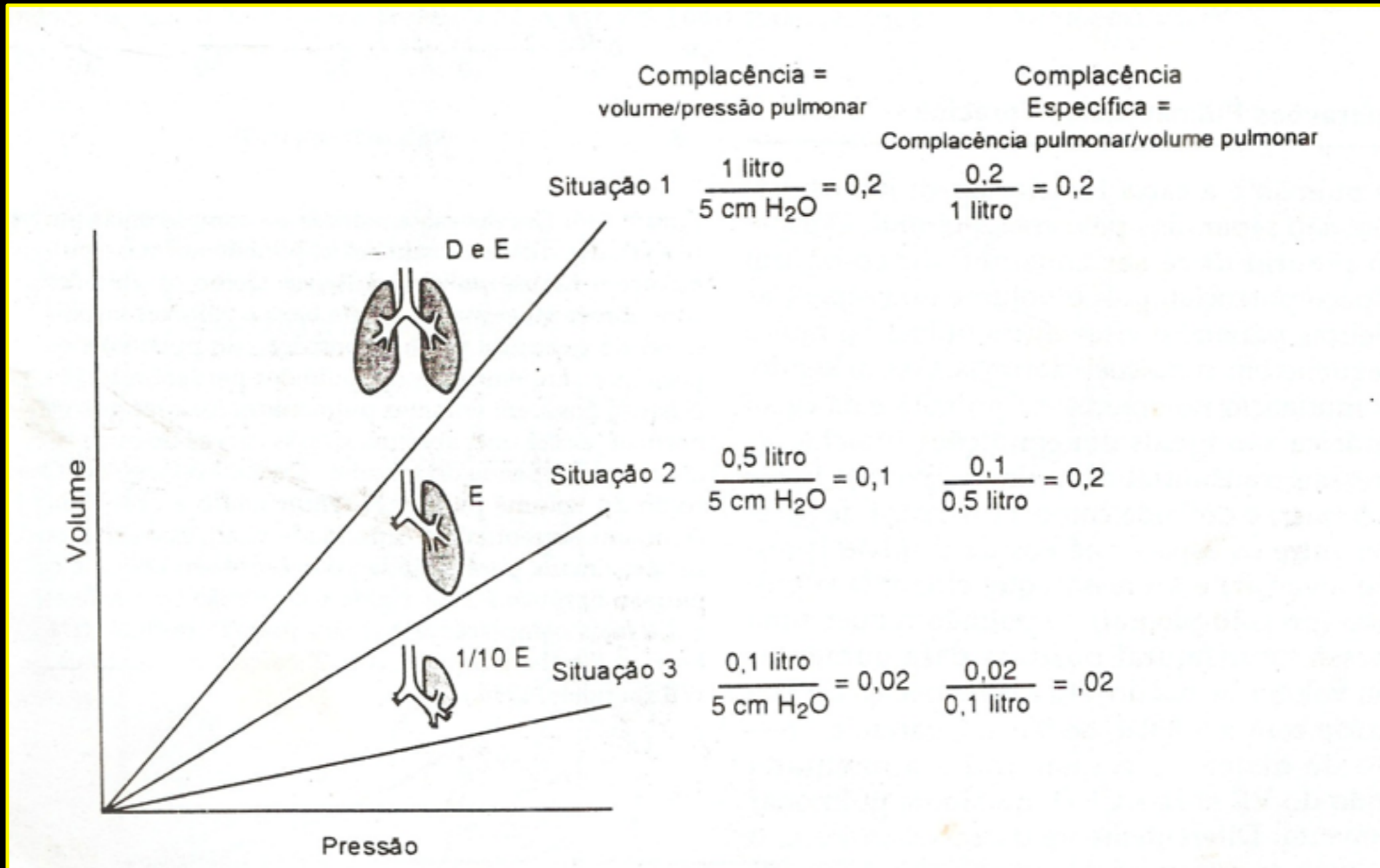
$$C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

# CURVA P X V

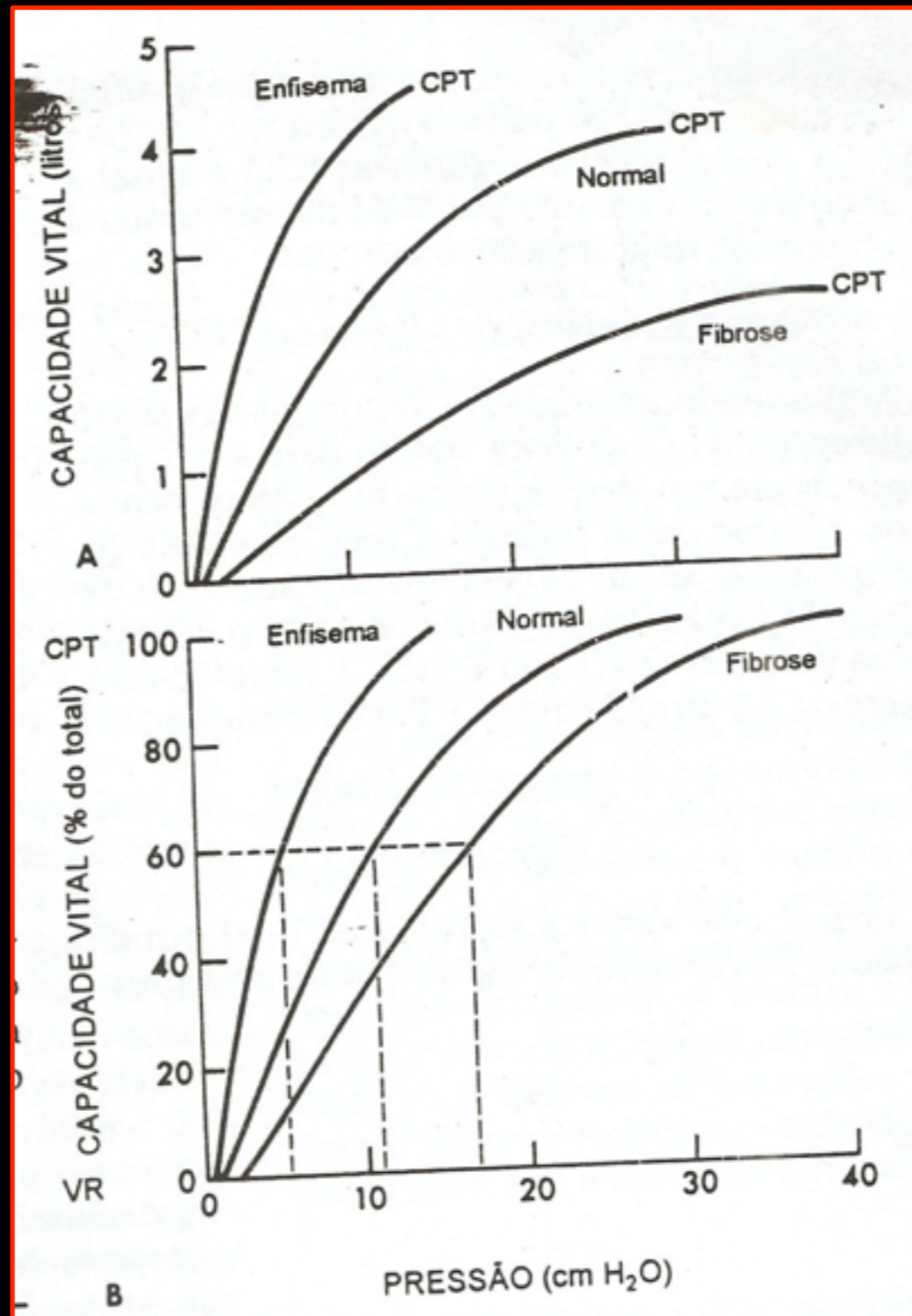
**SERVE PARA AVALIAR AS PROPRIEDADES ELÁSTICAS DO SISTEMA RESPIRATÓRIO**



# COMPLACÊNCIA

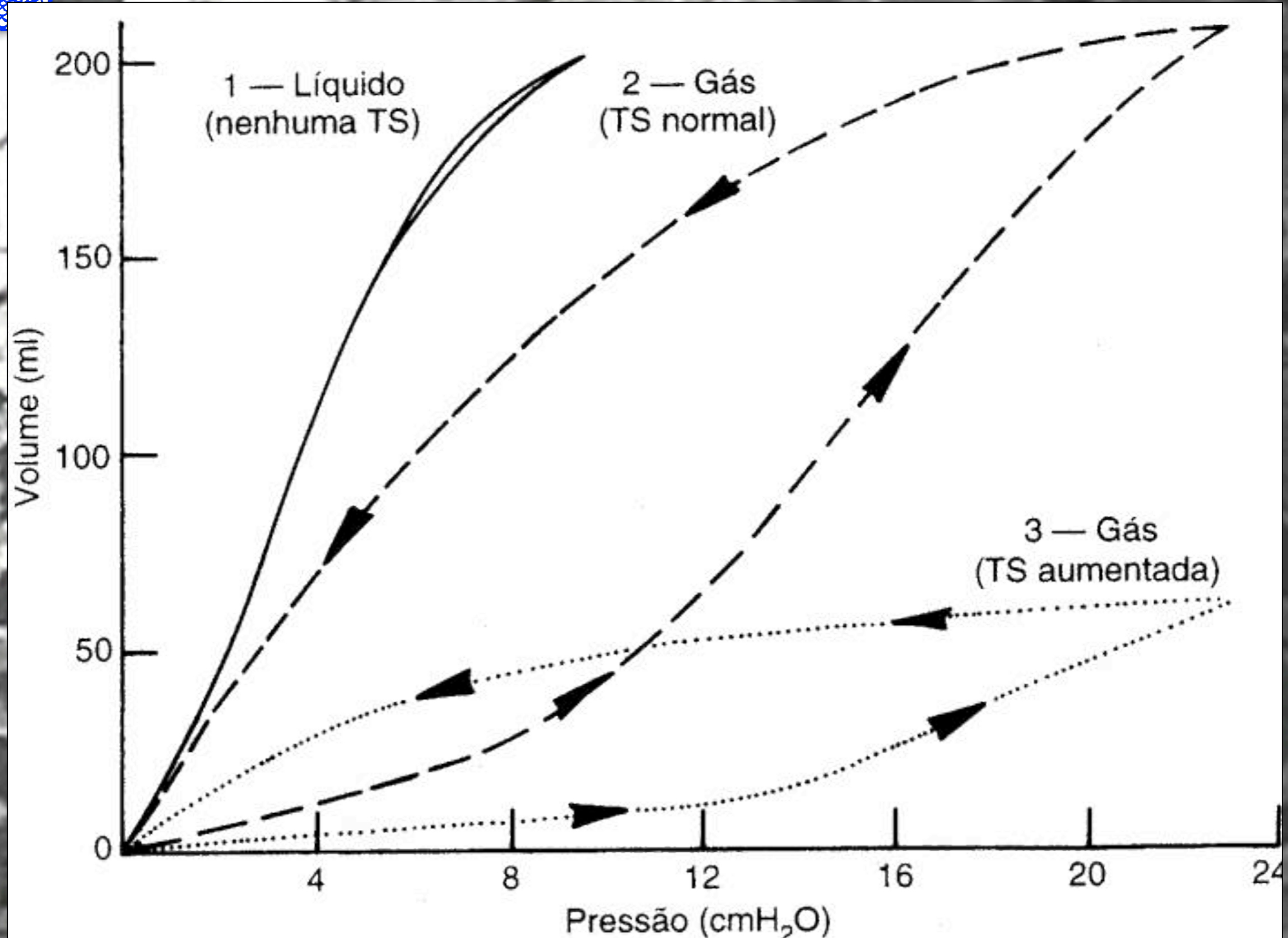


# COMPLACÊNCIA





# Histerese Pulmonar



# COMPLACÊNCIA

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

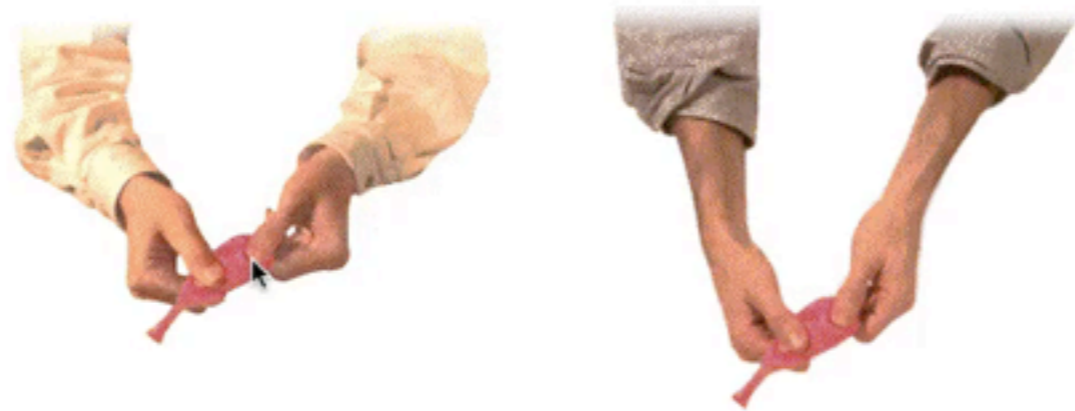
Interactive Physiology   Interactive Physiology   normal blood pressure i...   Aprenda de Verdade a B...   débito cardíaco edward...

**IP web**   **PULMONARY VENTILATION**

14. Other Factors Affecting Ventilation (Page 14 of 20)

## LUNG COMPLIANCE: ELASTIC FIBERS

This balloon, which is made of thin, elastic rubber, inflates easily with a minimum of pressure; thus, the balloon has high compliance. Healthy lungs have high compliance because of their abundant elastic connective tissue.



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS   NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON   OFF

IPWEB HOME

# FATORES QUE AFETAM A COMPLACÊNCIA

- **IDADE DO PACIENTE**
- **ALTERAÇÕES NA PAREDE TORÁCICA**
- **EDEMA PULMONAR**
- **REAÇÕES INFLAMATÓRIAS**
- **DEFICIÊNCIA DE SURFACTANTE**
- **FIBROSE PULMONAR**





# CONSUMO METABÓLICO DA RESPIRAÇÃO

✓ É o gasto de energia necessário à respiração para superar:

1. As forças de tensão superficial e elástica

2. As forças não elásticas (re-organização dos tecidos)

3. Resistência das vias aéreas e garantir a expansão pulmonar

**Ex: Fibrose ou falhas do surfactante afetam os dois primeiros itens**

✓ As doenças respiratórias aumentam o consumo de energia

# RESISTÊNCIA AO FLUXO DE AR (MECÂNICA PULMONAR DINÂMICA)

- ✓ É um dos fatores associados ao trabalho de respiração.
- ✓ A resistência é maior durante a expiração pois durante a inspiração a expansão dos pulmões ajuda na maior abertura das vias aéreas
- ✓ Lei de Poiseuille:

n = coeficiente de viscosidade

l = comprimento do tubo

r = raio do tubo

$$\text{Resistência} = \frac{8 \, n \, l}{\pi r^4}$$

Ex1: Se o comprimento for aumentado quatro vezes, a pressão deverá ser aumentada quatro vezes, para manter o fluxo aéreo constante

Ex2: Se o raio do tubo for reduzido a metade, a pressão deverá ser aumentada 16 vezes, para manter o fluxo constante

# VENTILAÇÃO

# COMPOSIÇÃO DOS GASES AMBIENTAIS INSPIRADO E EXPIRADOS

- ✓ A composição de uma mistura de gases pode ser descrita como pressões parciais (ou tensões) ou frações do gases.

**Pressões Parciais dos Gases no Ar Ambiente, no Ar Inspirado e no Gás Alveolar**

Gás	Ar Ambiente Seco		Ar Inspirado*	Gás Alveolar*
	Fração	Tensão Gasosa	Tensão Gasosa	Tensão Gasosa
Nitrogênio	0,7809	593,5	556,8	566
Oxigênio	0,2093	159,1	149,2	100
Dióxido de carbono	0,0003	0,23	0,21	40
Argônio e outros gases inertes	0,0095	7,2	6,8	6,9
Água	0	0	47	47
Total	1,00	760	760	760

Ex: Oxigênio:  $760 \times 0,2093 = 159 \text{ mmHg}$

# Pressão Parcial dos Gases

- Lei de DALTON

- “Numa mistura de gases a pressão total é igual à soma das pressões parciais dos componentes da mistura.”

- $P_{\text{PARCIAL}} = \text{Fração} \times P_{\text{barométrica}}$

$$P_{\text{ATM}} = P_{\text{N}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{CO}_2} + P_{\text{AR}} + P_{\text{H}_2\text{O}}$$

# Pressão Parcial dos Gases

Ex1: Calcular a tensão do O<sub>2</sub> atmosférico no cume de uma montanha cuja pressão atmosférica é 450 mmHg

$$PO_2 = P_B \times FO_2 \rightarrow PO_2 = 450 \times 0,2093 = 94,2 \text{ mmHg}$$

Ex2: Calcular a pressão parcial do nitrogênio no ar ambiente e inspirado por um animal que está viajando em um avião onde a cabina é pressurizada para 550 mmHg. (Pode-se admitir que ar ambiente é extremamente seco)

# Pressão Parcial dos Gases

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Não foi possível abrir a página

Interactive Physiology

Interactive Physiology

**IP web** **GAS EXCHANGE**

4. Effects of High Altitudes (Page 4 of 18)

### DALTON'S LAW OF PARTIAL PRESSURES

Gas	Percentage	Atmospheric pressure (mm Hg)	Partial pressure (mm Hg)
O <sub>2</sub>	20.9%	760	P <sub>O<sub>2</sub></sub>
CO <sub>2</sub>	0.04%	760	P <sub>CO<sub>2</sub></sub>
N <sub>2</sub>	78.6%	760	P <sub>N<sub>2</sub></sub>
H <sub>2</sub> O	0.46%	760	P <sub>H<sub>2</sub>O</sub>

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON OFF

IPWEB HOME



# ESPAÇO MORTO RESPIRATÓRIO

- ✓ É o espaço existente nas vias aéreas onde não há difusão de gases (sem epitélio respiratório)
- ✓ Funções: Conduzir o ar, aquecer, umedecer, filtrar, produzir som (Laringe) e captar substâncias odoríferas
- ✓ Espaço morto fisiológico = espaço morto anatômico + espaço morto alveolar

# VENTILAÇÃO

✓ Ventilação é o movimento de gás para dentro e para fora

✓ Ventilação minuto ( $V_E$ ) – volume total de ar inspirado por minuto

$$V_E = \text{Volume corrente (VC)} \times \text{frequência (f)}$$

✓ Ventilação minuto ( $V_E$ ) é a soma da ventilação alveolar e da ventilação do espaço morto

$$(V_E = V_A + V_D)$$

# VENTILAÇÃO

✓ Relação espaço morto/volume corrente (33% em cães e 50 a 75% em bovinos e cavalos)

Obs: Traqueotubos longos ou máscaras muito largas

Exemplos:

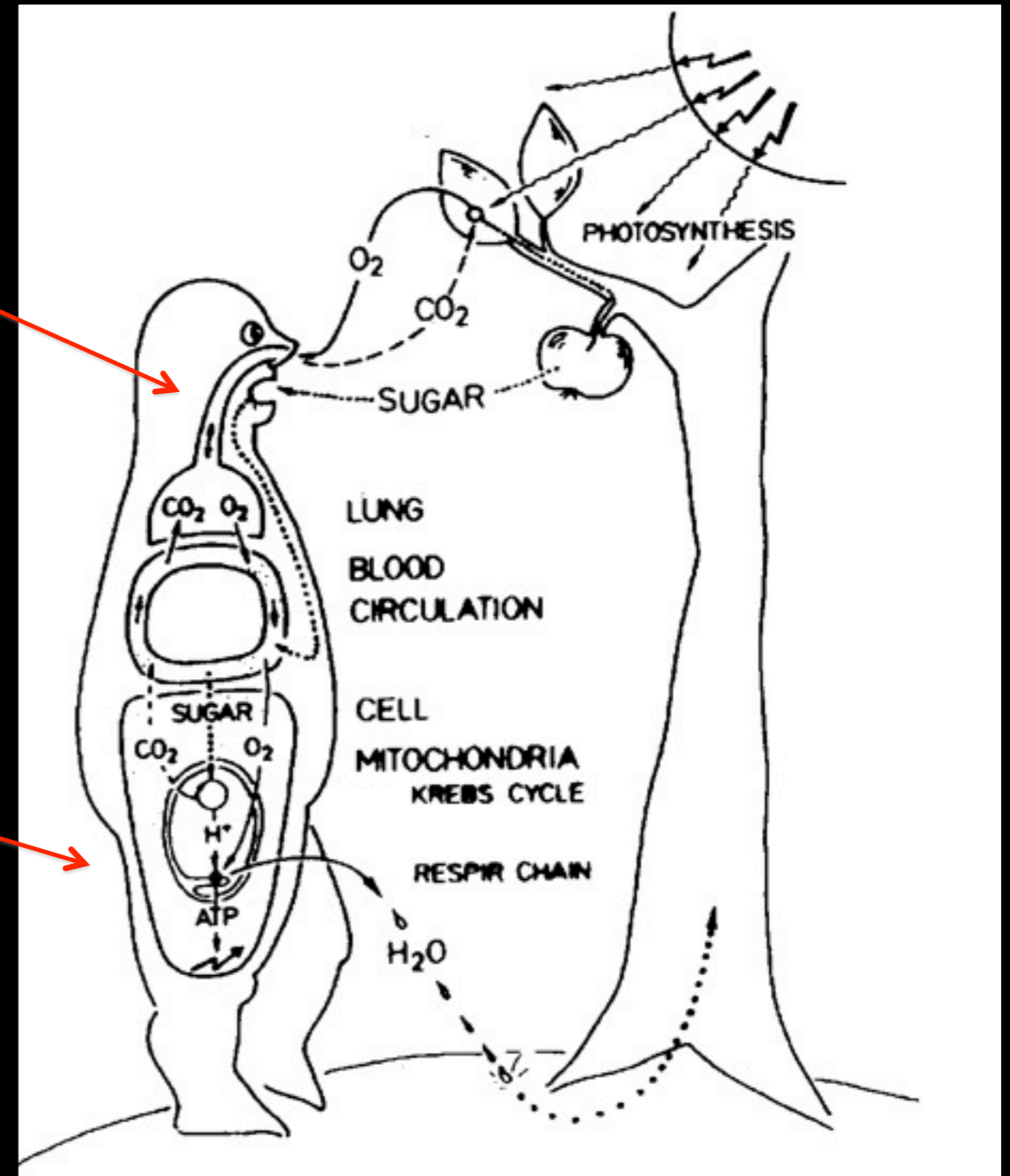
Animal submetido ao estresse do calor – polipnéia ou ofego

Animal submetido a exercício, a ventilação alveolar aumenta

# SISTEMA RESPIRATÓRIO: ESTRUTURA E FUNÇÃO

VENTILAÇÃO

RESPIRAÇÃO



# RESPIRAÇÃO CONSISTE EM QUATRO PARTES

1. Ventilação pulmonar - movimento do ar para dentro e para fora do organismo
2. Respiração externa – transporte do  $O_2$  e do  $CO_2$  entre os pulmões e o sangue
3. Respiração interna – transporte do  $O_2$  e do  $CO_2$  para tecidos e células
4. Respiração celular – utilização do oxigênio para produzir energia, no qual produz também dióxido de carbono



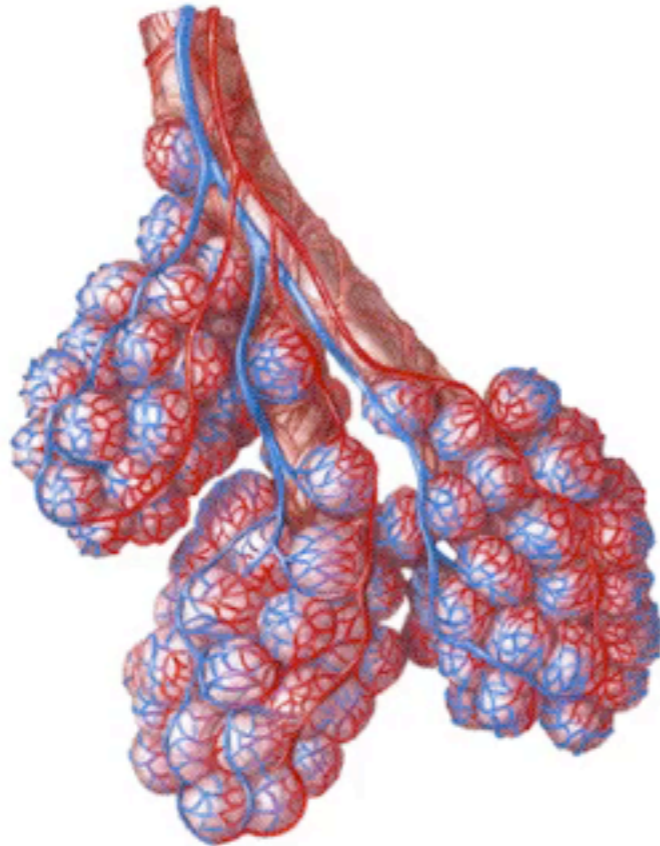


# GAS EXCHANGE

7. Factors Influencing External Respiration (Page 7 of 18)

- PREVIOUS
- NEXT
- REPLAY
- RETURN FROM LINK
- QUIZ
- TOPIC MENU
- GLOSSARY
- HELP
- NARRATION
- ON
- OFF
- IPWEB HOME

## EXTERNAL RESPIRATION: PARTIAL PRESSURES



Partial pressure exchange betw pulmonary cap

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

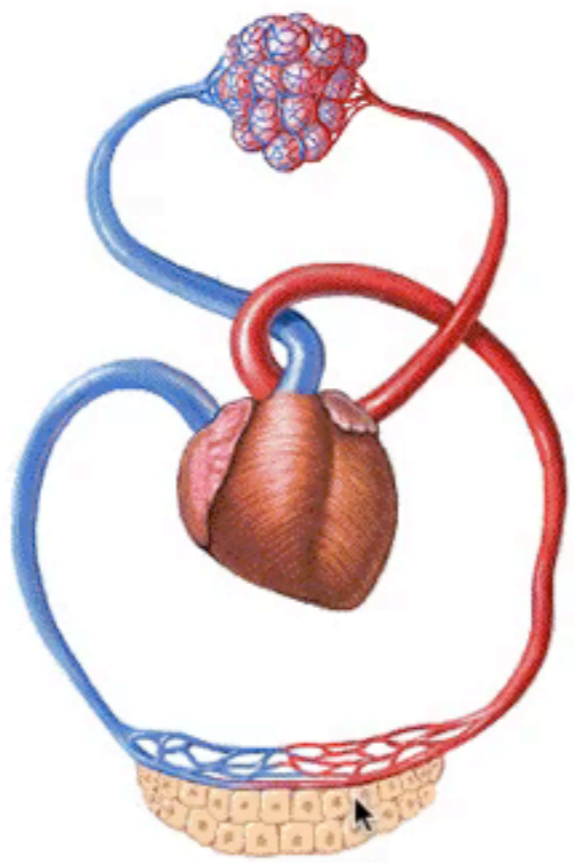


# GAS EXCHANGE

7. Factors Influencing External Respiration (Page 7 of 18)

- PREVIOUS
- NEXT
- REPLAY
- RETURN FROM LINK
- QUIZ
- TOPIC MENU
- GLOSSARY
- HELP
- NARRATION
- ON
- OFF
- IPWEB HOME

## INTERNAL RESPIRATION



**Internal respiration:**

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# TIPOS DE VENTILAÇÃO

**VENTILAÇÃO** - É o processo pelo qual gás fresco é trazido para o sistema respiratório, a fim de substituir parte do gás nele contido.

**VENTILAÇÃO PULMONAR** - É o processo de trocas gasosas nas vias aéreas e alvéolos com gases vindos do ambiente

**VENTILAÇÃO ALVEOLAR** - É o volume de ar que entra e sai dos alvéolos num dado período de tempo

**VENTILAÇÃO DO ESPAÇO MORTO** - É o volume de ar que entra e sai sem tomar parte nas trocas gasosas, num dado período de tempo.



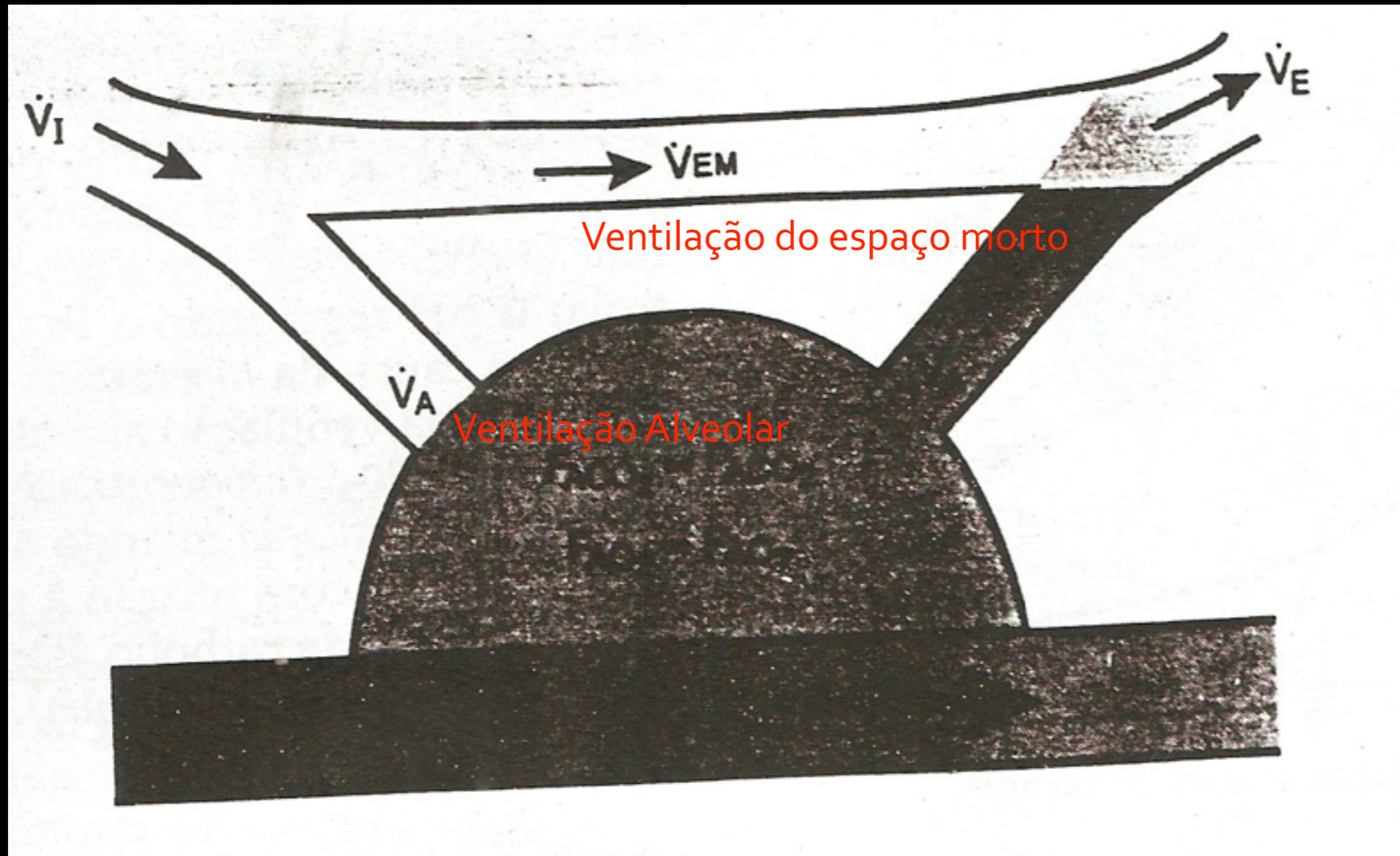
# VENTILAÇÃO

Ex: Se o volume das vias aéreas condutoras de um animal for 200 mL, o  $V_c$  de 500 mL e a frequência respiratória de 15 incursões por minuto, calcular a ventilação alveolar e a ventilação do espaço morto anatômico

Ventilação alveolar:  $15 (500 - 200) = 4.500 \text{ mL/min}$

Ventilação do espaço morto anatômico:  $15 \times 200 = 3.000 \text{ mL/min}$

# VENTILAÇÃO MINUTA CONTÍNUA ( $\dot{V}_E$ )



# VENTILAÇÃO ALVEOLAR E ELIMINAÇÃO DE CO<sub>2</sub>

$$\dot{V}_{CO_2} = \dot{V}_A \cdot F_{ACO_2}$$

$\dot{V}_{CO_2}$  = volume de CO<sub>2</sub> produzido pelas células do corpo a cada minuto (mL/min)

$\dot{V}_A$  = ventilação alveolar

$F_{ACO_2}$  = fração de gás seco de CO<sub>2</sub> no gás alveolar

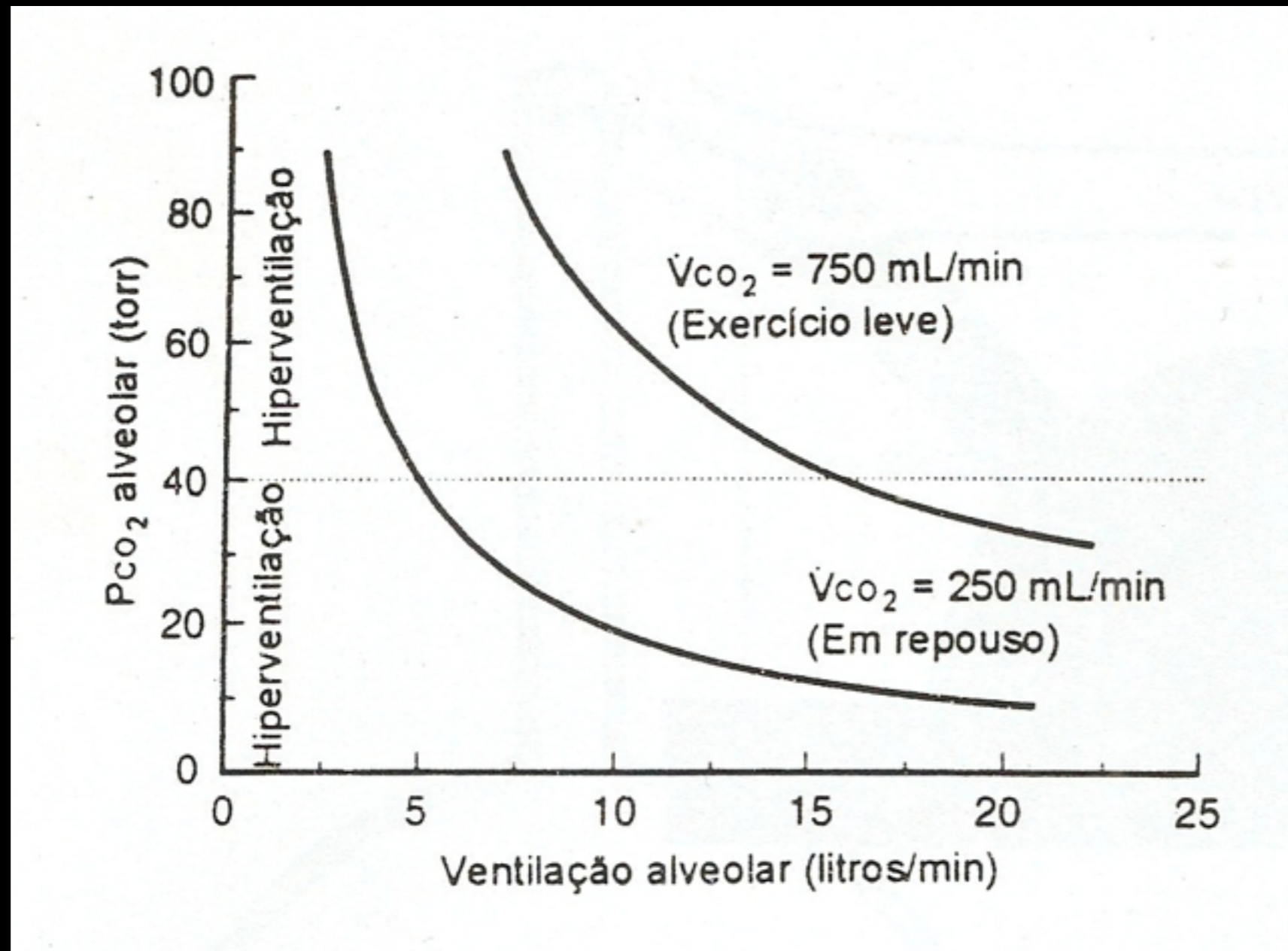
$$P_{ACO_2} = F_{ACO_2} \cdot (P_B - P_{H_2O})$$

Assim sendo,

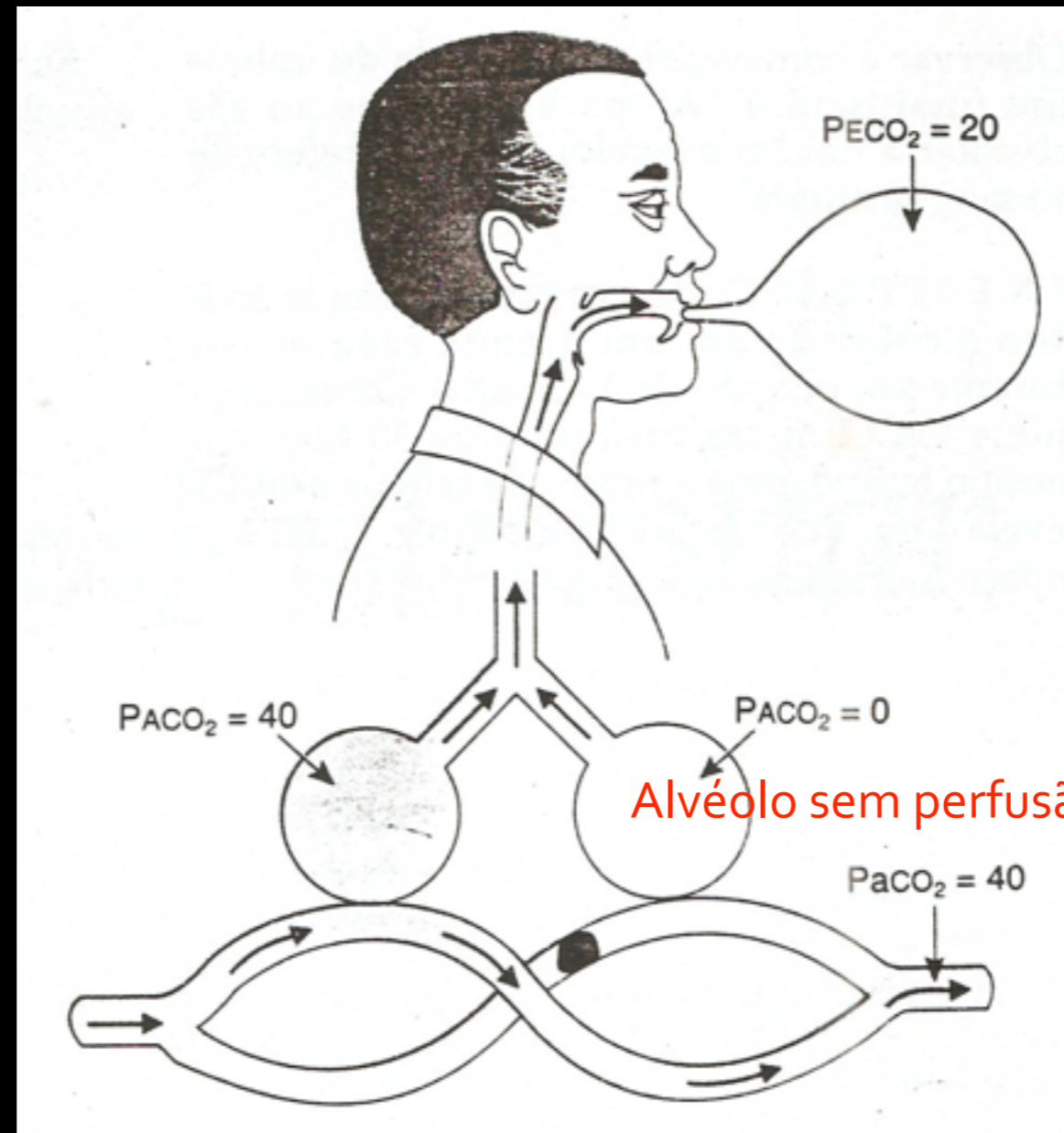
$$P_{ACO_2} = \frac{\dot{V}_{CO_2} (P_B - P_{H_2O})}{\dot{V}_A}$$

Obs: P<sub>CO<sub>2</sub></sub> alveolar é determinada pela relação entre a produção de CO<sub>2</sub> e a ventilação alveolar

# $P_A\text{CO}_2$ x VENTILAÇÃO ALVEOLAR



# VENTILAÇÃO DO ESPAÇO MORTO FISIOLÓGICO



Obs: Neste caso o espaço morto é de 50%.

# CÁLCULO DO ESPAÇO MORTO FISIOLÓGICO

$$\dot{V}_{EM} = \frac{V_{EM}}{V_C} \cdot \dot{V}_E$$

$V_E$  = Ventilação minuto

$V_{EM}$  = Ventilação do espaço morto

$V_C$  = Volume corrente

$$\frac{\dot{V}_{EM}}{\dot{V}_C} = 1 - \frac{P_{ECO_2}}{P_{ACO_2}}$$

$P_{ECO_2}$  =  $PCO_2$  expirada mista

$P_{ACO_2}$  =  $PCO_2$  nos alvéolos perfundidos

$$\frac{\dot{V}_{EM}}{\dot{V}_C} = 1 - \frac{P_{ECO_2}}{P_aCO_2}$$

$P_aCO_2$  =  $PCO_2$  no sangue arterial

# VENTILAÇÃO DO ESPAÇO MORTO FISIOLÓGICO

Ex: O gás expirado de um animal é coletado em um grande saco macio durante um período de 3 minutos. Constata-se que a  $P_{E}CO_2$  nessa mistura é de 30 mmHg. Ao mesmo tempo, uma amostra de sangue arterial revela um  $PaCO_2$  de 40 mmHg.

Qual é o espaço morto fisiológico?

Espaço morto fisiológico:  $1 - 30/40 = 1 - 0,75 = 0,25$

Resposta: O espaço morto fisiológico é 25% da ventilação-minuto

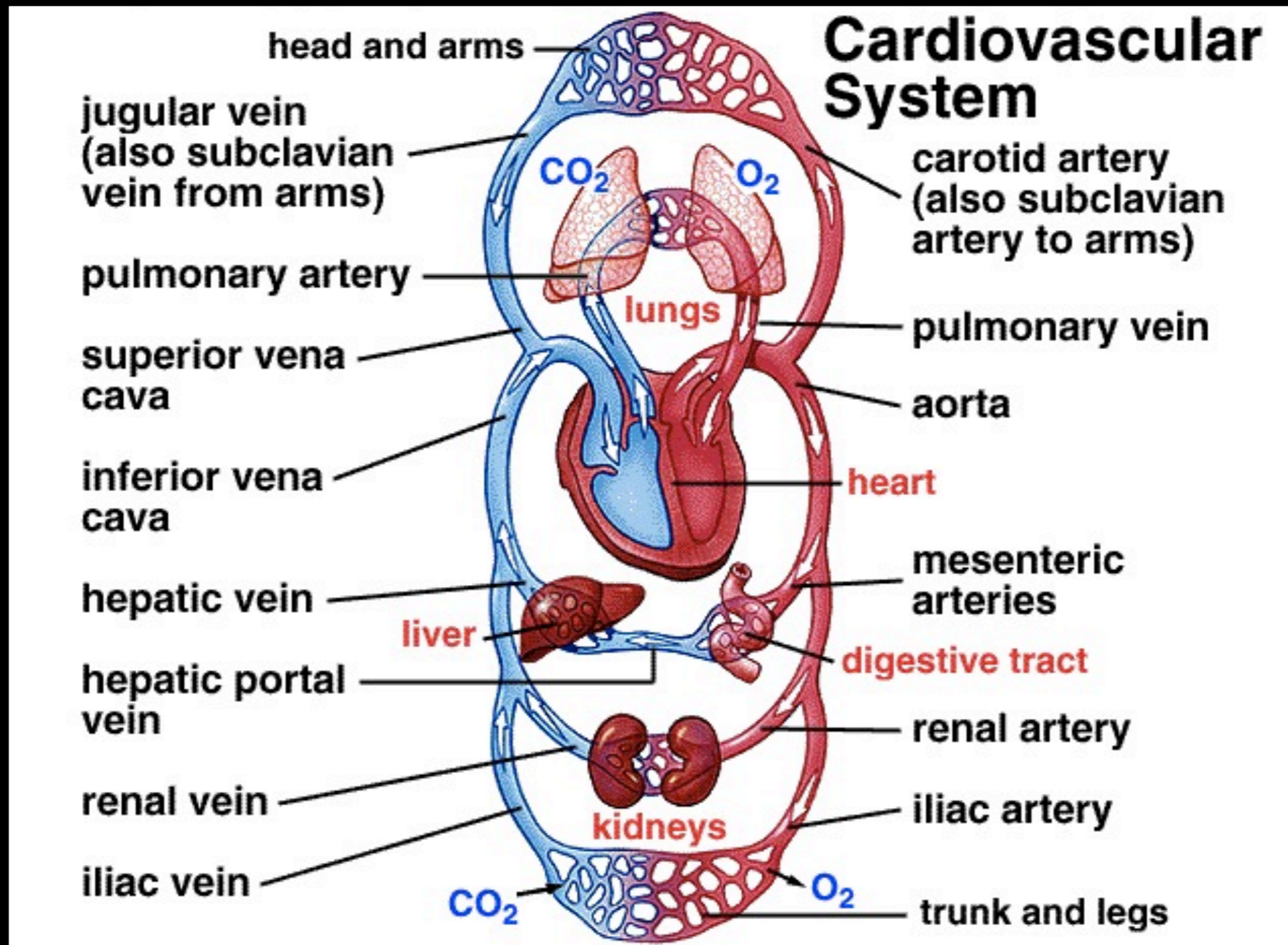
# COLETA DE AMOSTRAS EM MACACO PREGO



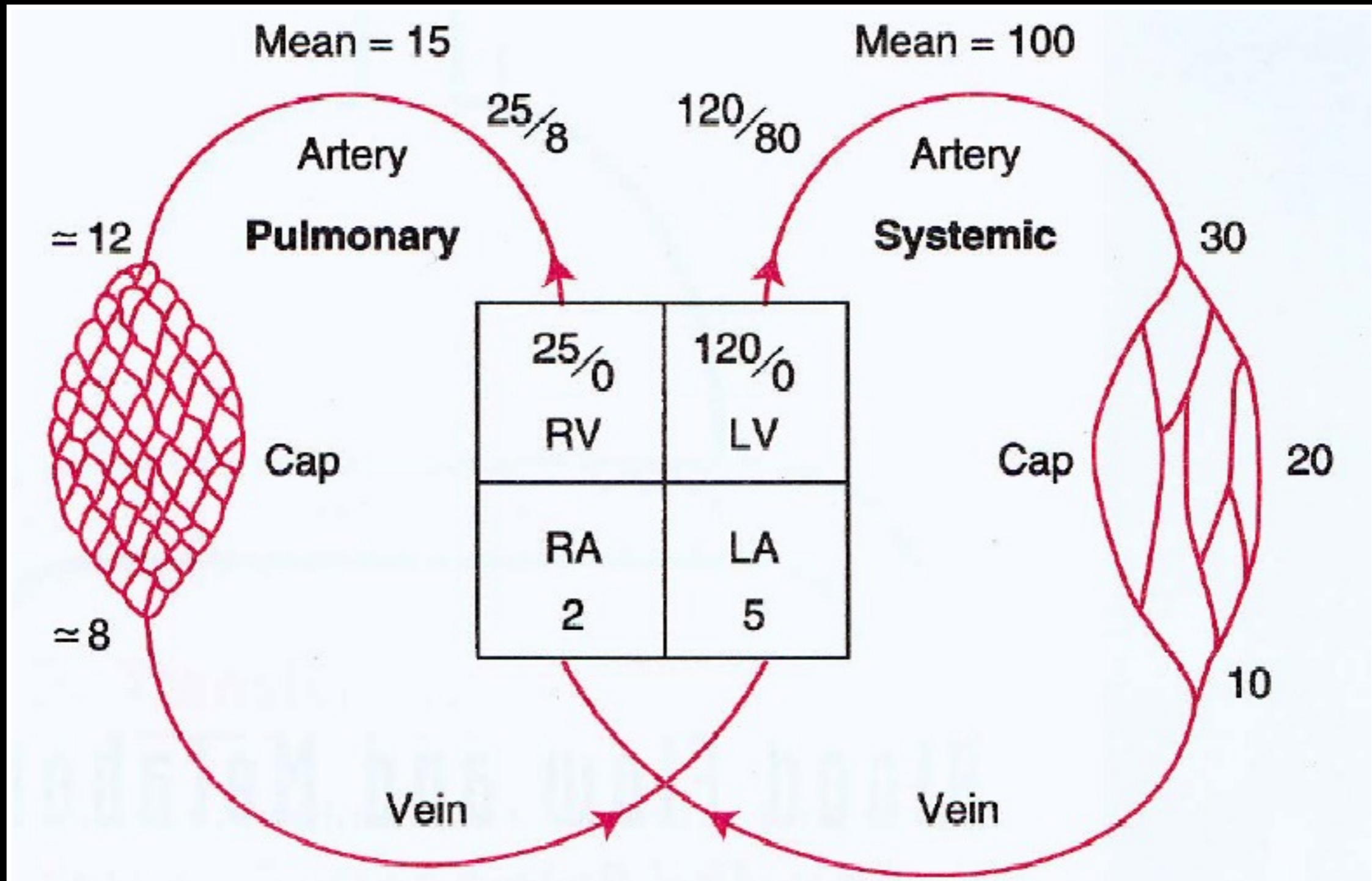
# COLETA DE AMOSTRAS EM MACACO PREGO



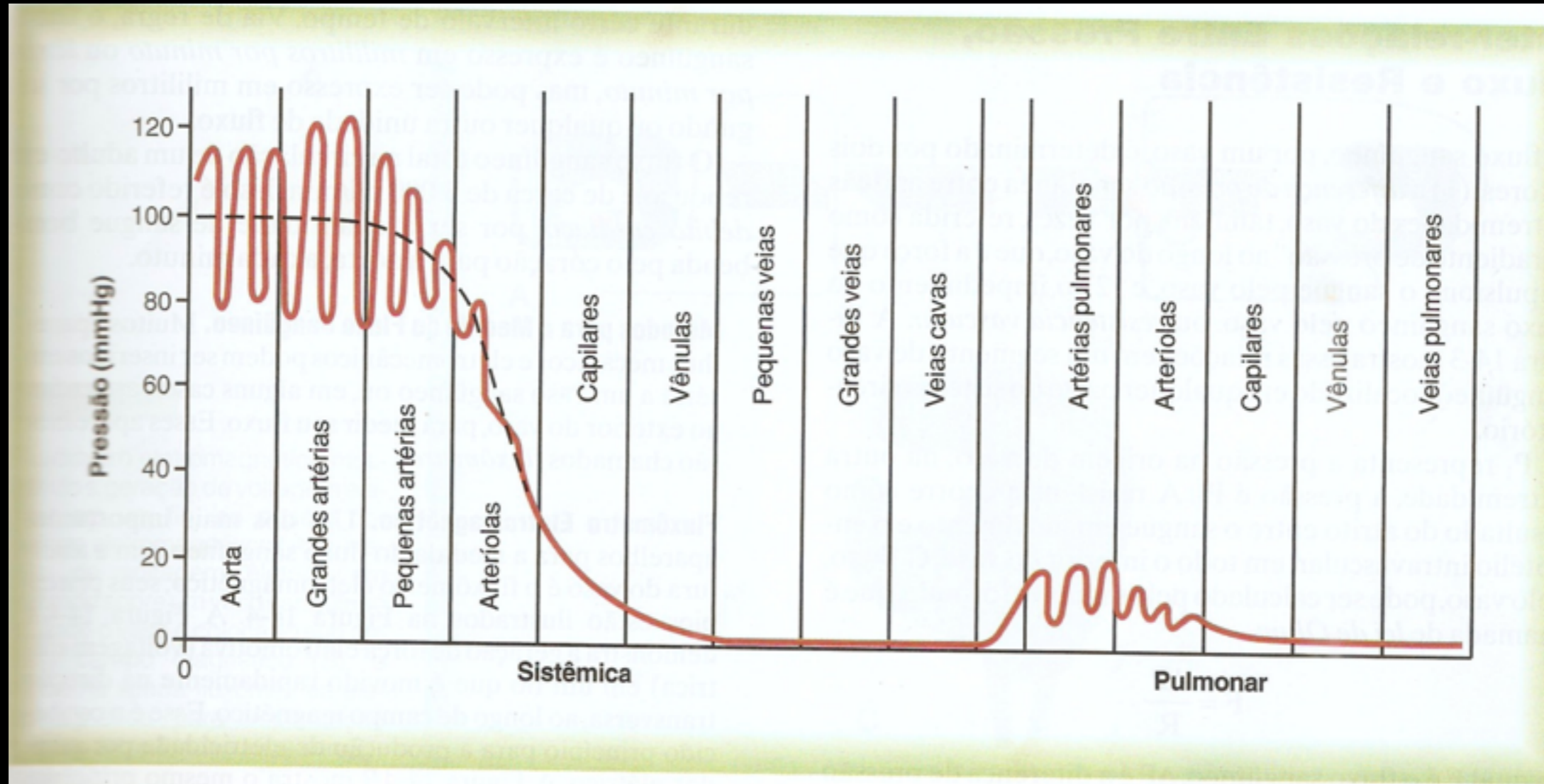
# CIRCULAÇÃO PULMONAR



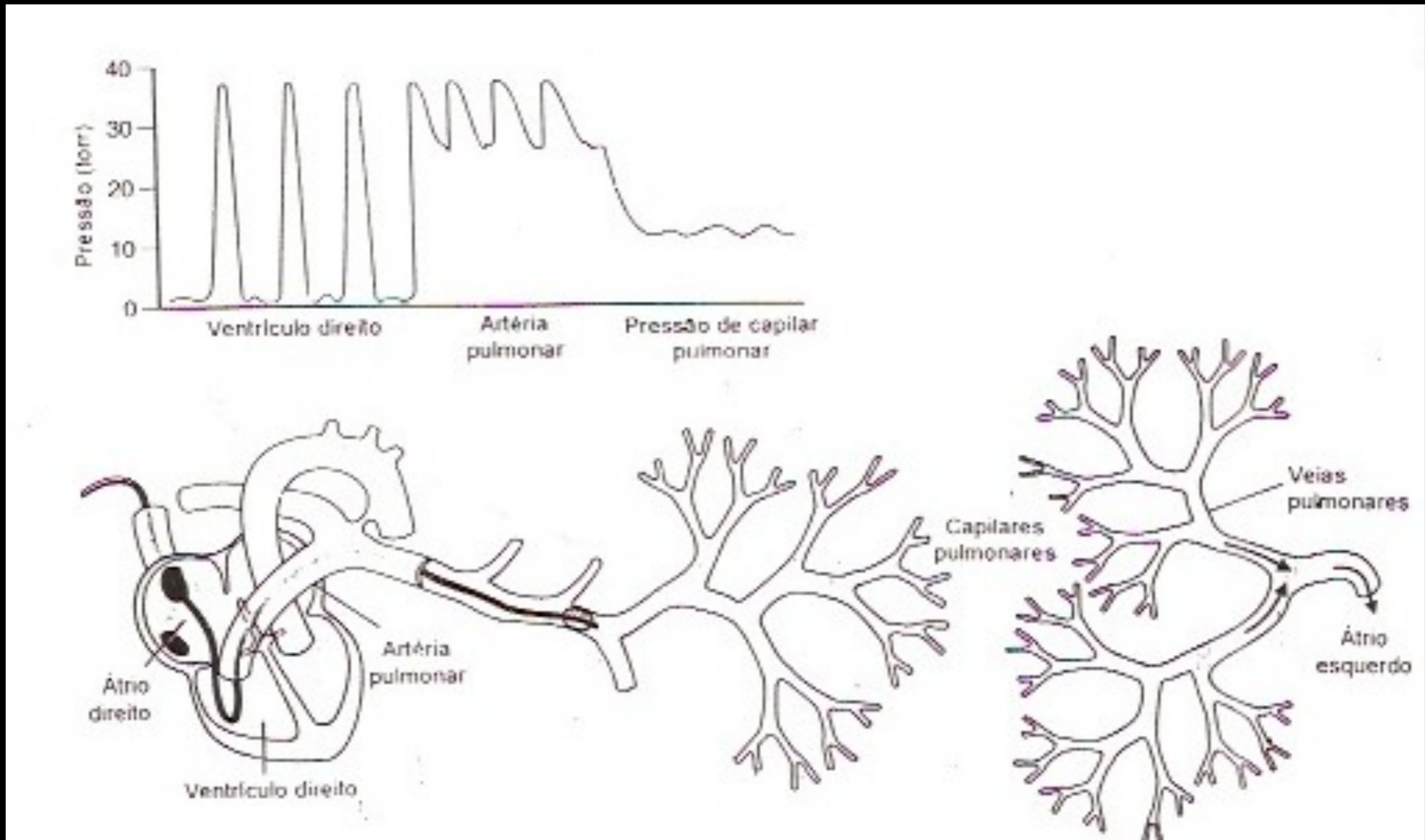
# CIRCULAÇÃO PULMONAR



# CIRCULAÇÃO PULMONAR



# Incluir video Swan Ganz – tese Douglas

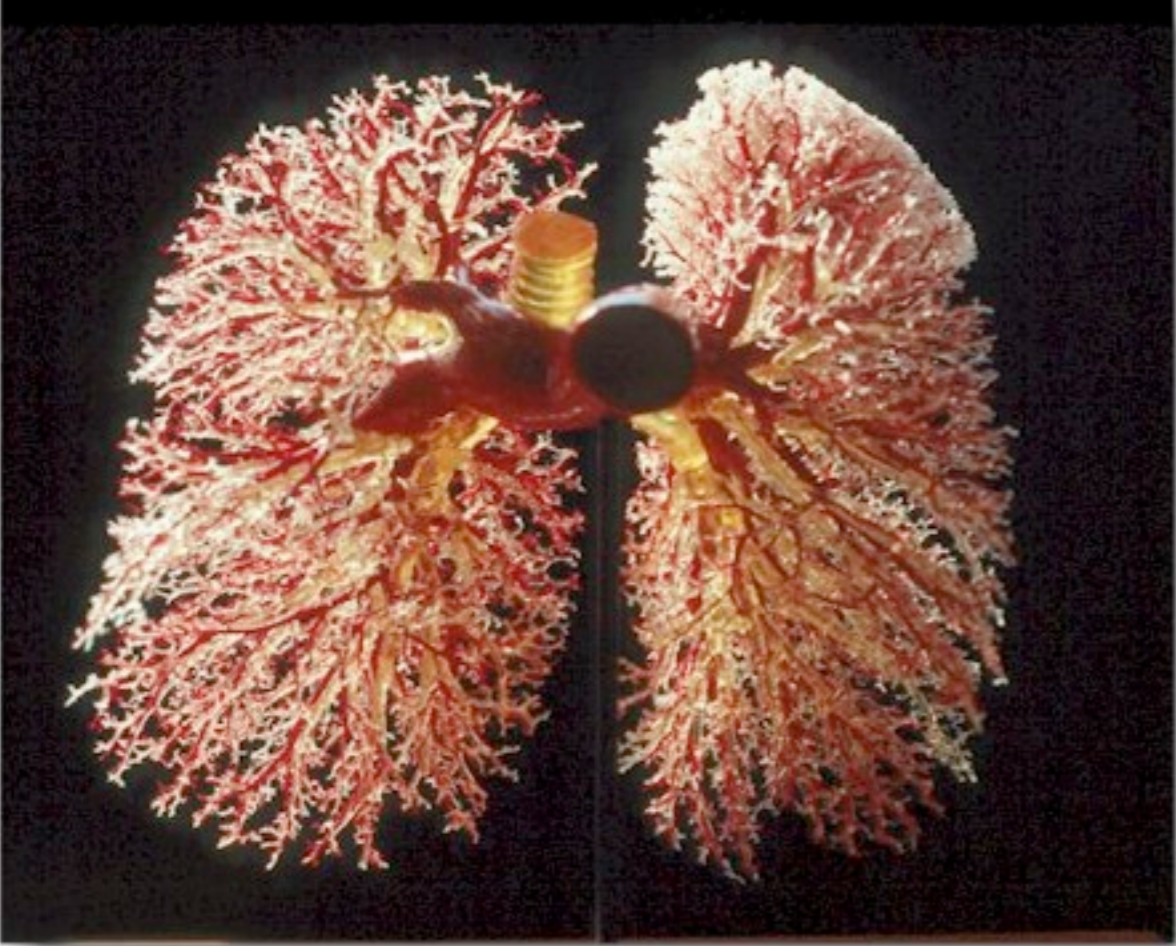


# Cateter de Swang-Gans

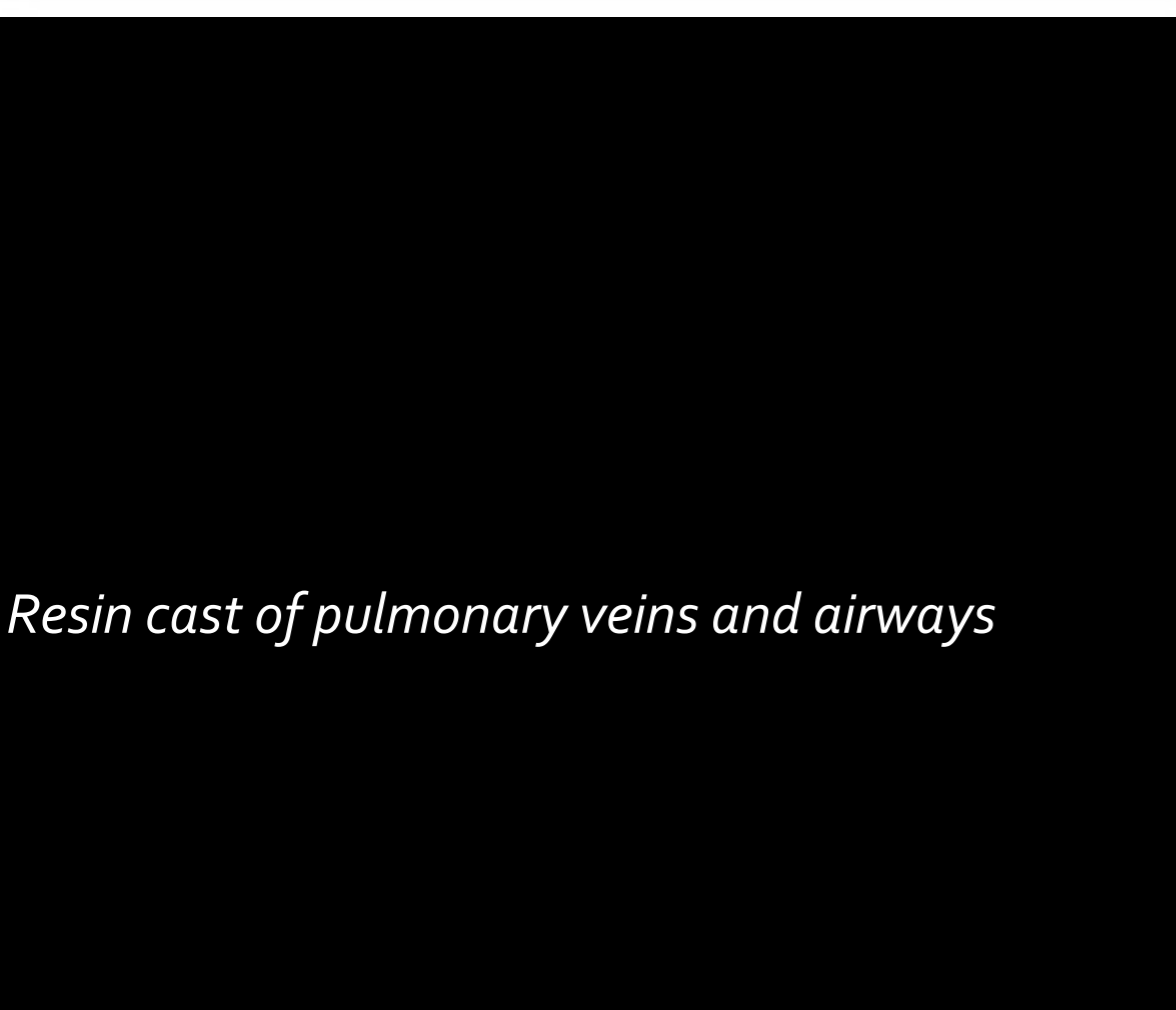


# CIRCULAÇÃO PULMONAR

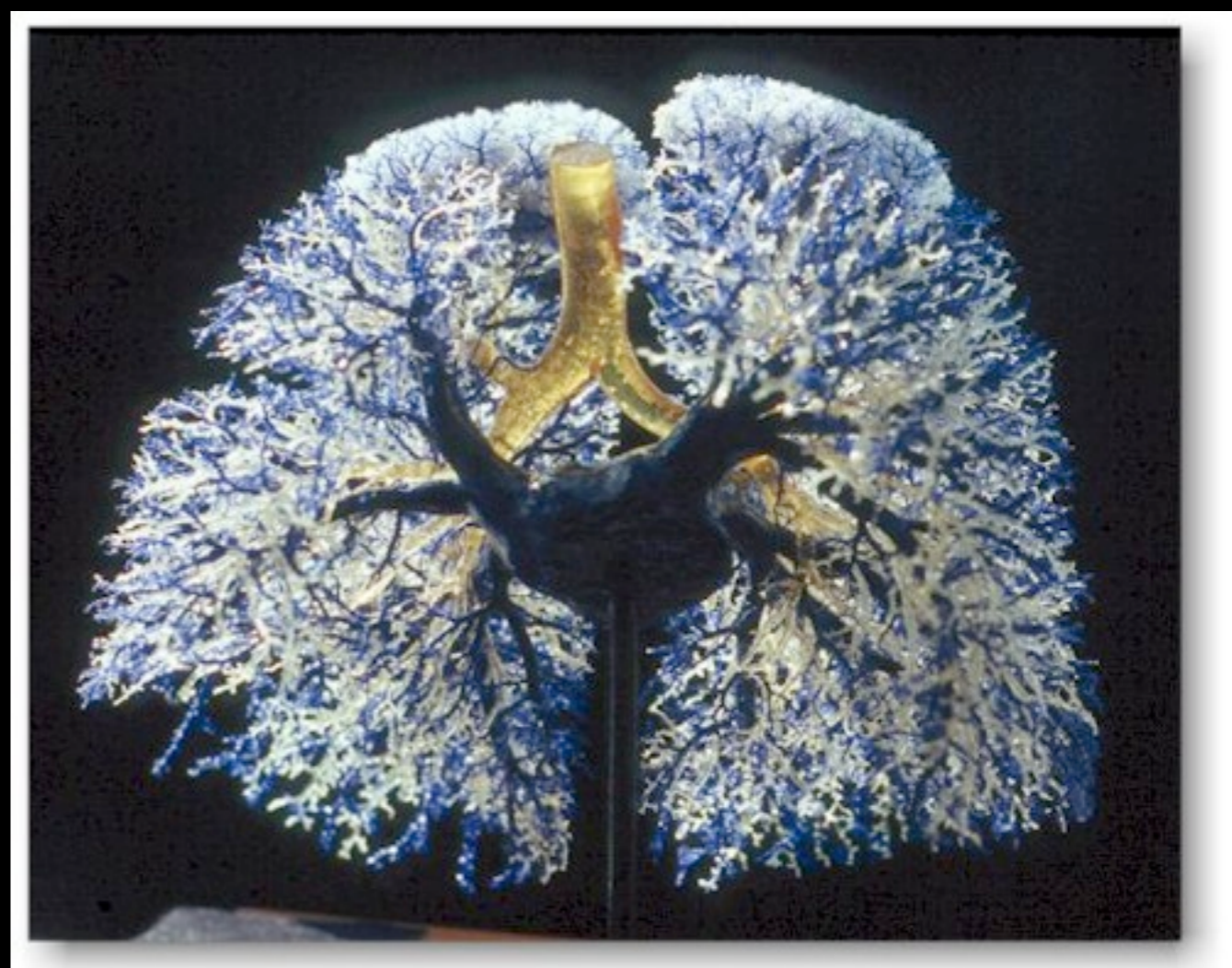
- ✓ Refere-se ao sistema vascular que conduz o sangue do lado direito do coração através dos pulmões.
- ✓ Características:
  1. Artérias pulmonares principais são elásticas e as artérias menores são musculares (suíno e bovino > equino > ovelha e cão)
  2. Vasos alveolares são capilares de paredes finas que perfundem o septo alveolar (expostos a pressão alveolar)
  3. Vasos extra-alveolares englobam artérias, veias, arteríolas e vênulas pulmonares (presentes em uma bainha de tecido conjuntivo)
  4. Volume de sangue nos pulmões é igual a 9% do volume total de sangue do sistema circulatório (humano)



*Resin cast of pulmonary arteries and airways*



*Resin cast of pulmonary veins and airways*



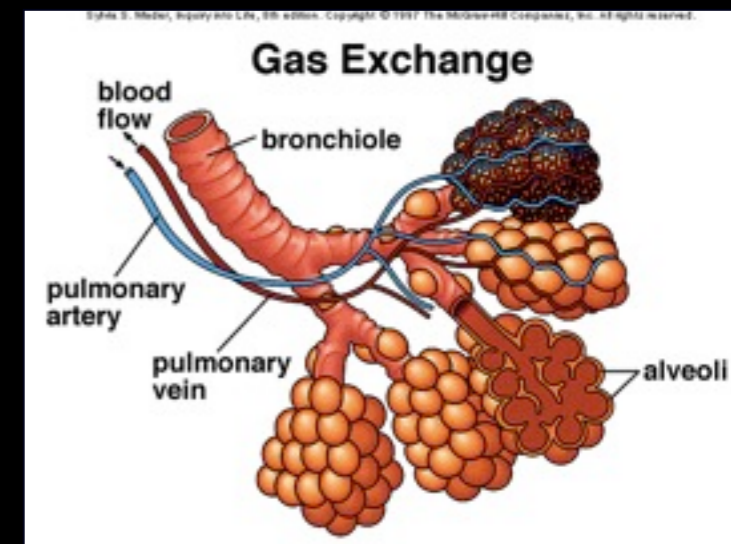


# VASOS BRÔNQUICOS

- ✓ Supre de sangue oxigenado os tecidos de suporte dos pulmões incluindo tecido conjuntivo, septos e grandes e pequenos brônquios.
- ✓ Características:
  1. Originam da circulação sistêmica e recebem de 1 a 2% do débito cardíaco
  2. É drenado para as veias pulmonares e entra no átrio esquerdo. (fluxo para o átrio esquerdo e o débito esquerdo são cerca de 1 a 2% maiores do que o débito do ventrículo direito)

# ALVÉOLOS E CAPILARES PULMONARES

- ✓ As artérias pulmonares transportam sangue pobre em oxigênio do coração para os pulmões
- ✓ Capilares oriundos das artérias pulmonares envolvem completamente os alvéolos
- ✓ O oxigênio e o dióxido de carbono são trocados entre o ar do alvéolo e o sangue dos capilares pulmonares
- ✓ O sangue que sai dos capilares via veias pulmonares é rico em oxigênio e volta para o coração esquerdo



# ALVÉOLOS E CAPILARES PULMONARES

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Interactive Physiol... Interactive Physiol... OsiriX (Mac) down... (276 não lidos) - f... Broncoscopia - Dr... O corpo humano -...

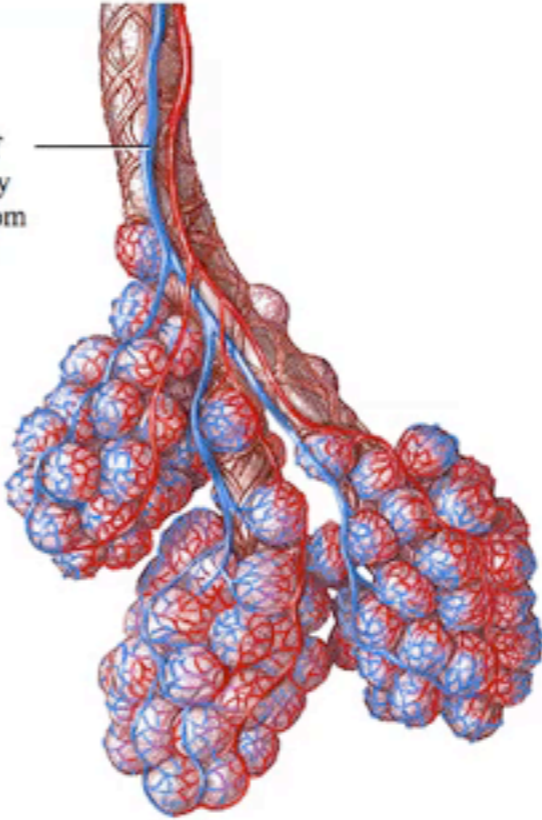
**IP web** ANATOMY REVIEW: RESPIRATORY STRUCTURES

7. Respiratory Zone (Page 7 of 14)

## ALVEOLI AND PULMONARY CAPILLARIES

The pulmonary **arteries** carry blood which is low in oxygen from the heart to the lungs.

Branch of pulmonary artery (from the heart)



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

PREVIOUS NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON OFF

IPWEB HOME

# VASOCONSTRICÇÃO HIPÓXICA

- ✓ Quando a  $PO_2$  do gás alveolar é reduzida, as células musculares lisas nas paredes das pequenas arteríolas contraem-se na região hipóxica
- ✓ Direciona o fluxo de sangue das regiões hipóxicas no pulmão para regiões que apresentam oxigenação adequada
- ✓ Resposta ativada pela  $PO_2$  do gás alveolar, e não pela  $PO_2$  do sangue arterial pulmonar
- ✓ Vasoconstricção pulmonar generalizada causa aumento na pressão arterial pulmonar e aumento do trabalho do ventrículo direito e leva a insuficiência cardíaca congestiva direita

Ex: Animais criados em altas altitudes

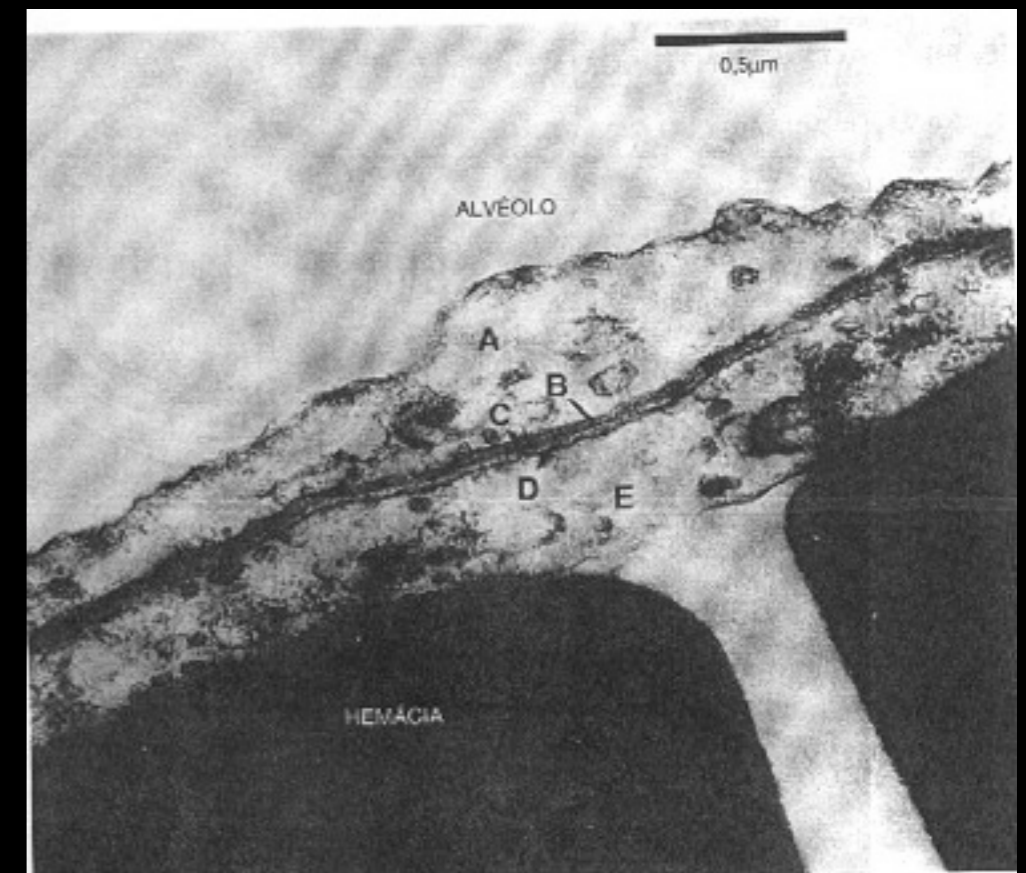
# ESTRUTURAS DA MEMBRANA RESPIRATÓRIA

✓ A parede alveolar e a parede capilar forma a membrana respiratória (espessura de 0,5  $\mu\text{m}$ ) ( $\mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$ )

✓ Composta de:

1. Epitélio alveolar
2. Membrana basal do epitélio alveolar
3. Espaço intersticial
4. Membrana basal do epitélio capilar
5. Endotélio capilar

(Difusão é o mecanismo primário do transporte de gases)



# ESTRUTURAS DA MEMBRANA RESPIRATÓRIA

file:///Users/fabioascoli/Documents/Fisiologia%20Veterinária/Int... — Interactive Physiology

Interactive Physiol... Interactive Physiol... OsiriX (Mac) down... (276 não lidos) - f... Broncoscopia - Dr... O corpo humano -...

**IP web** ANATOMY REVIEW: RESPIRATORY STRUCTURES

7. Respiratory Zone (Page 7 of 14)

## STRUCTURE OF THE RESPIRATORY MEMBRANE

PREVIOUS NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

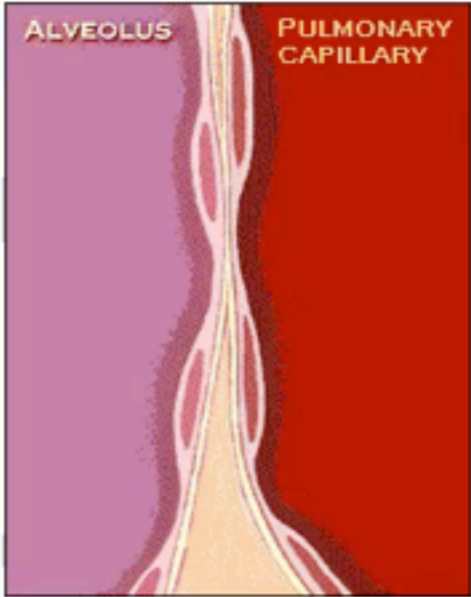
GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON OFF

IPWEB HOME



The diagram illustrates the structure of the respiratory membrane. It shows a cross-section of an alveolus on the left and a pulmonary capillary on the right. The alveolus is labeled 'ALVEOLUS' and the pulmonary capillary is labeled 'PULMONARY CAPILLARY'. The respiratory membrane is the thin barrier between them, composed of the simple squamous epithelium of the alveolus and the simple squamous epithelium of the capillary. A bracket on the left side of the diagram labels this entire barrier as the 'Respiratory membrane'. Labels with arrows point to the 'Simple squamous epithelium of alveolus' and the 'Simple squamous epithelium of capillary'.

ALVEOLUS PULMONARY CAPILLARY

Simple squamous epithelium of alveolus

Respiratory membrane

Simple squamous epithelium of capillary

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# DIFUSÃO DOS GASES

- ✓ Os gases apresentam movimento líquido por difusão simples em resposta aos gradientes de pressão.
- ✓ A difusão líquida ocorre a partir de áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão.
- ✓ A difusão ocorre porque o  $O_2$  é consumido pelos tecidos o que baixa a  $PO_2$ , e o  $CO_2$  produzido aumenta a  $PCO_2$
- ✓ A medida que o ar fresco entra nos pulmões surge um gradiente para prover o sangue de  $O_2$  e remover o  $CO_2$  acumulado

## TROCA DE GASES

# OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg

**HIPERCAPNIA** ⇒ PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg

**FLUXO SANGUÍNEO PULMONAR ADEQUADO**



## TROCA DE GASES

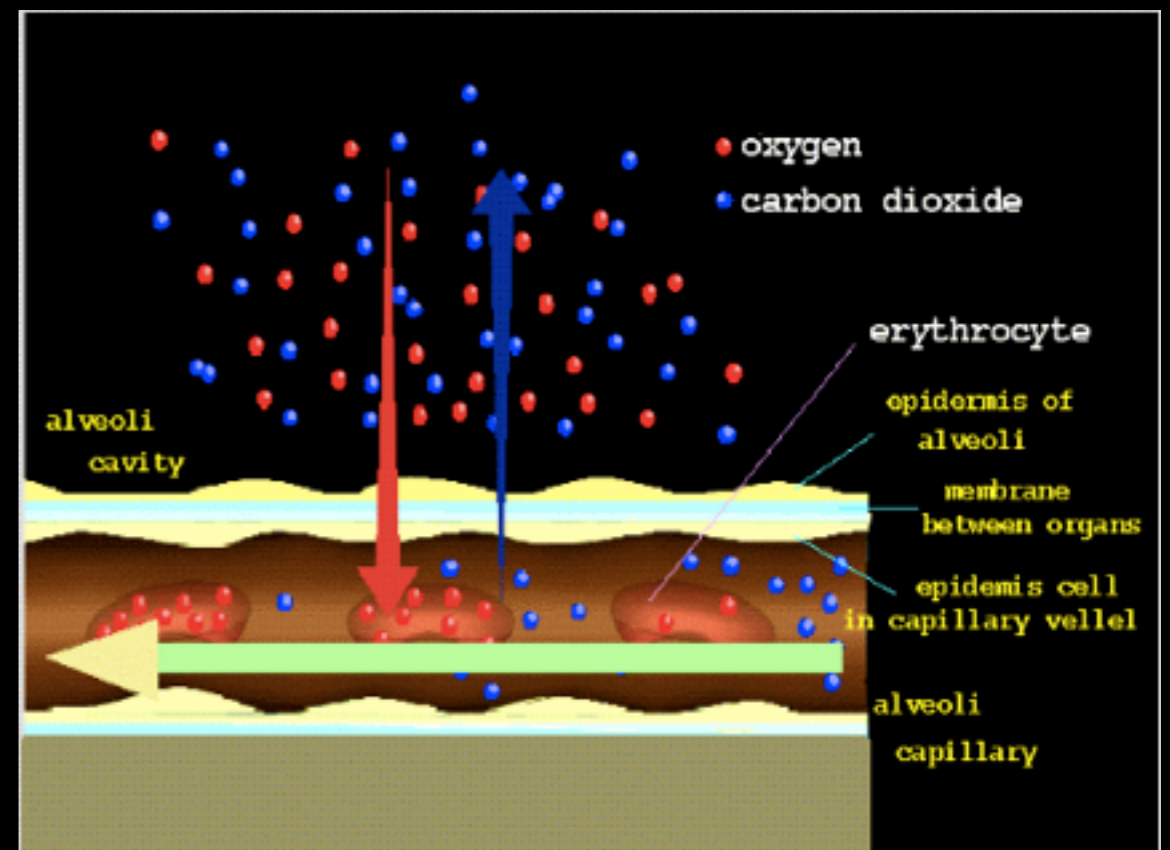
# OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg

**HIPERCAPNIA** ⇒ PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg

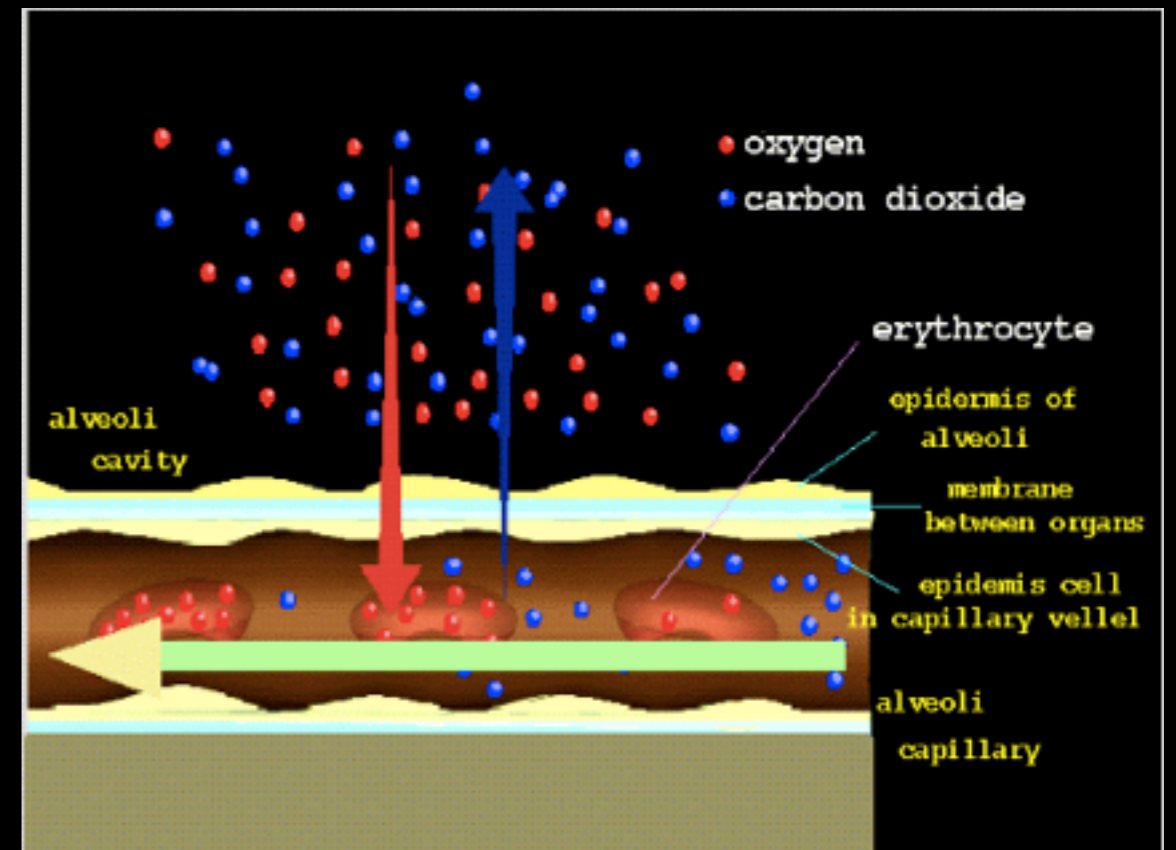


## FLUXO SANGUÍNEO PULMONAR ADEQUADO

# TROCA DE GASES

## OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

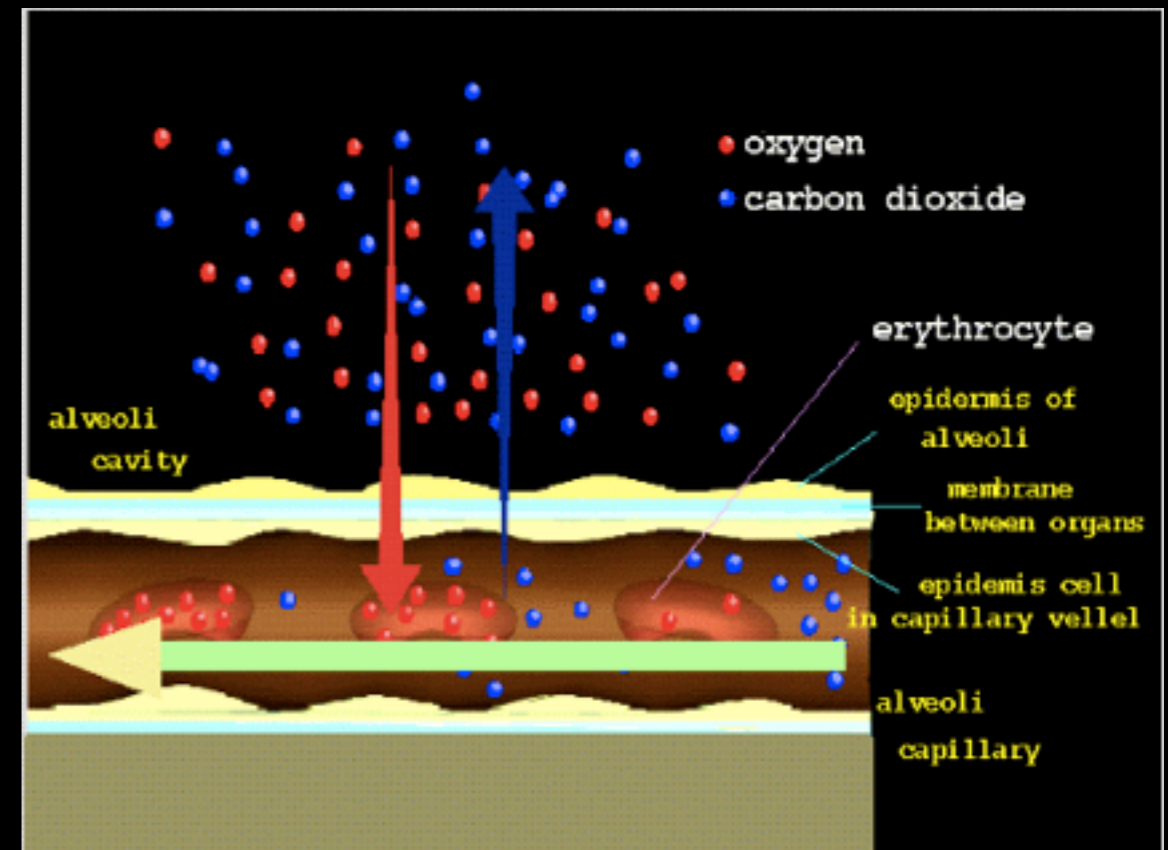


# TROCA DE GASES

## OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

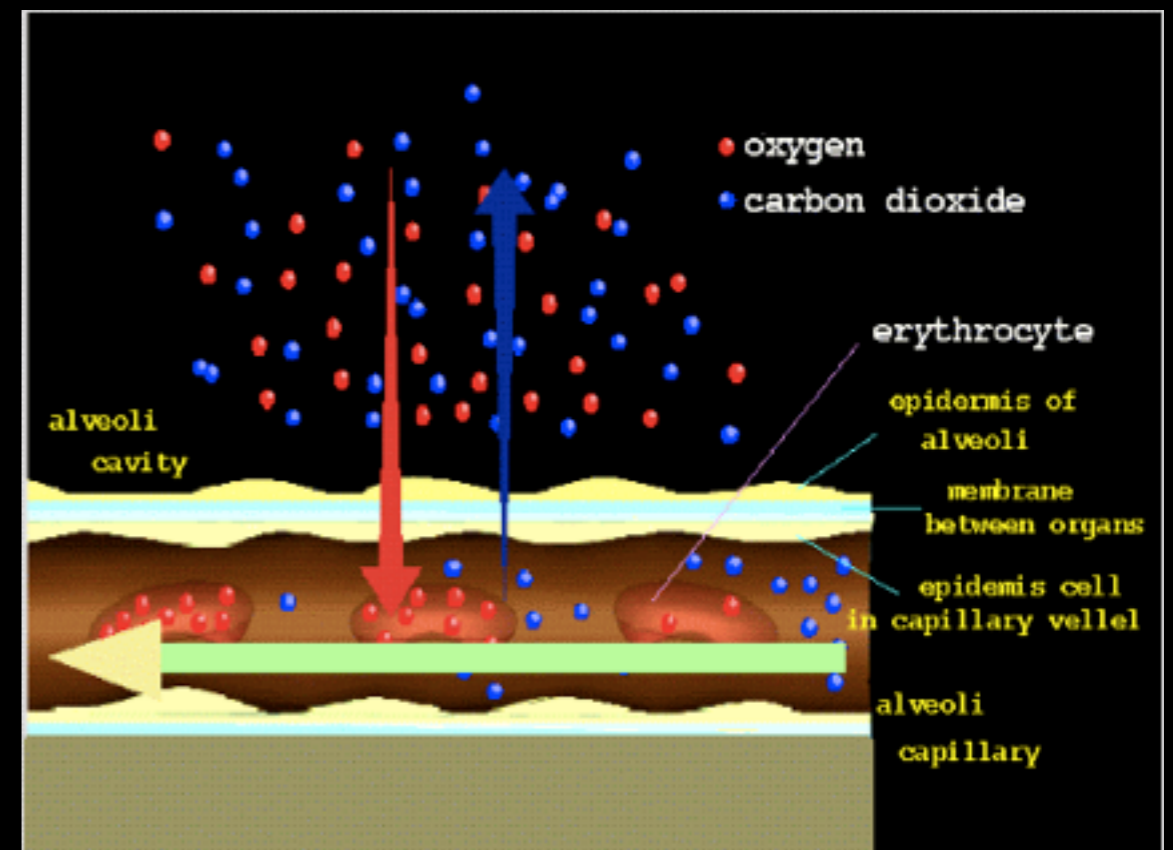


# TROCA DE GASES

## OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>



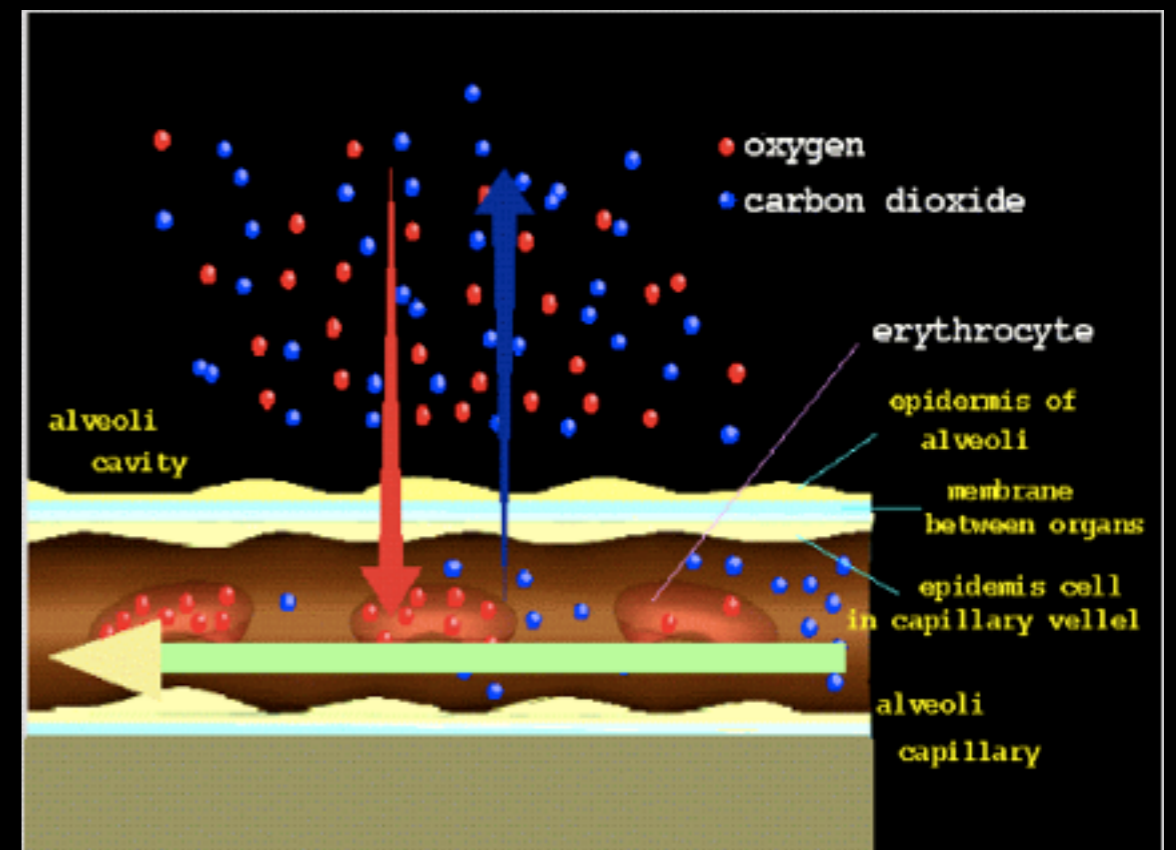
# TROCA DE GASES

## OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg



## TROCA DE GASES

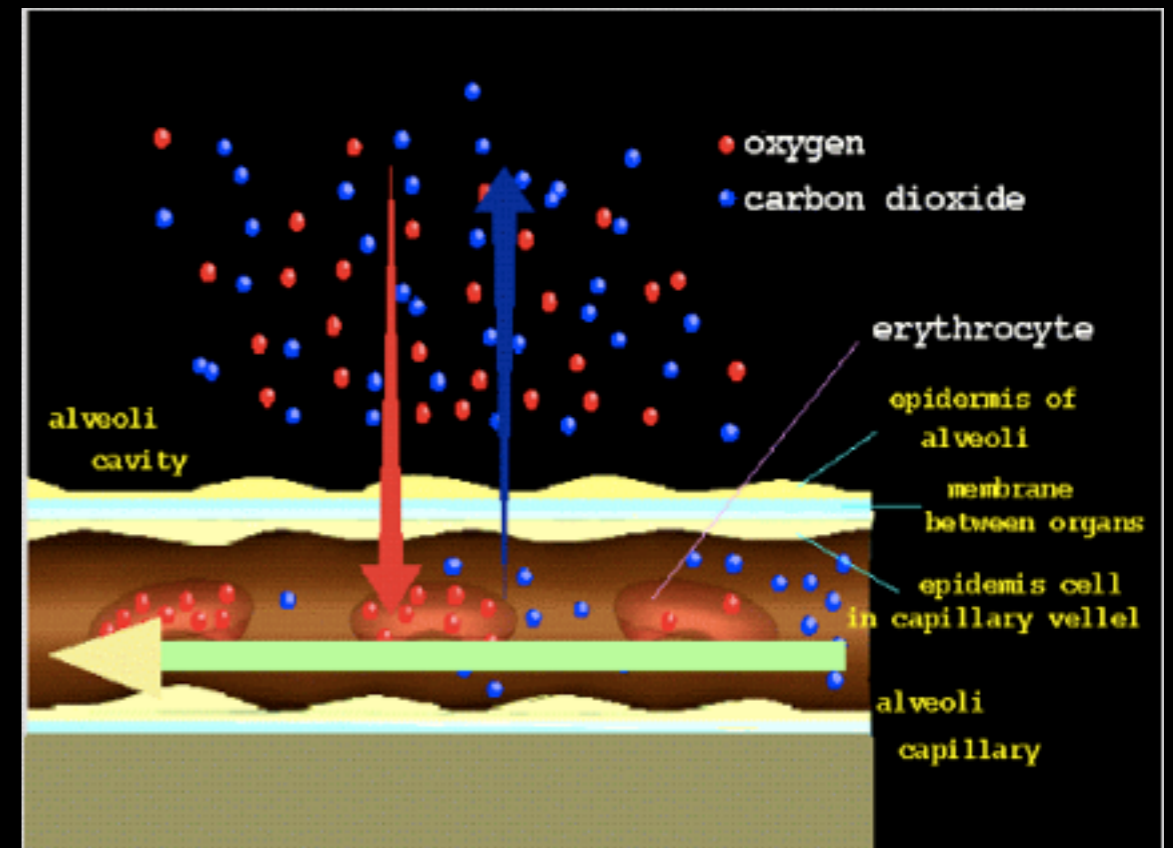
# OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg

**HIPERCAPNIA** ⇒ PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg



## TROCA DE GASES

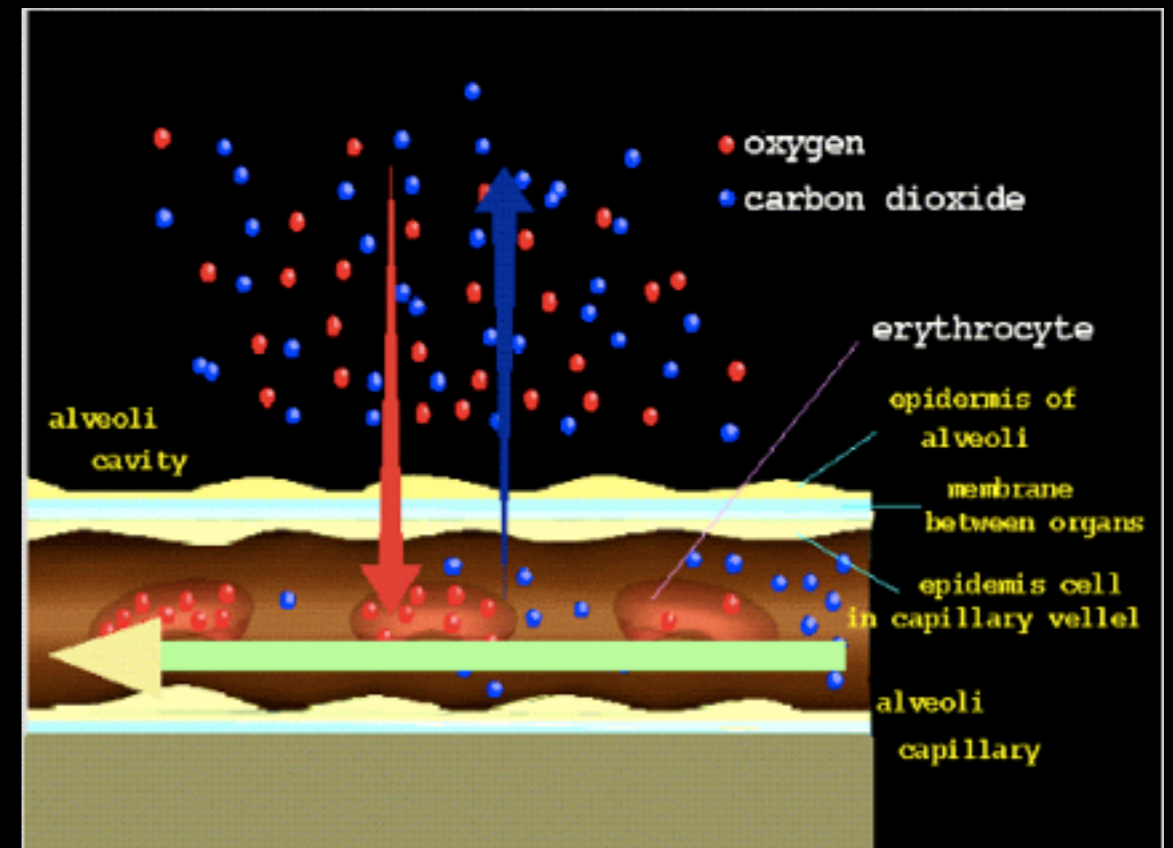
# OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg

**HIPERCAPNIA** ⇒ PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg



## TROCA DE GASES

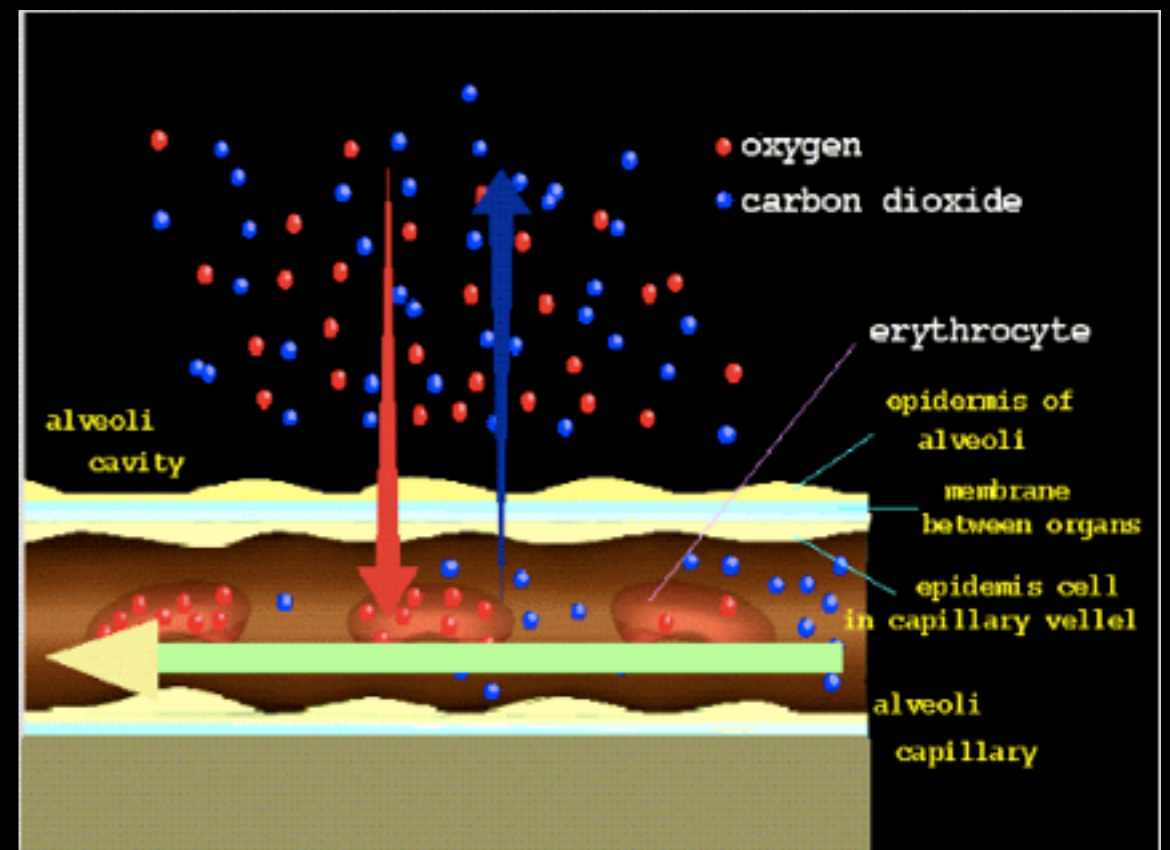
# OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg

**HIPERCAPNIA** ⇒ PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg





## TROCA DE GASES

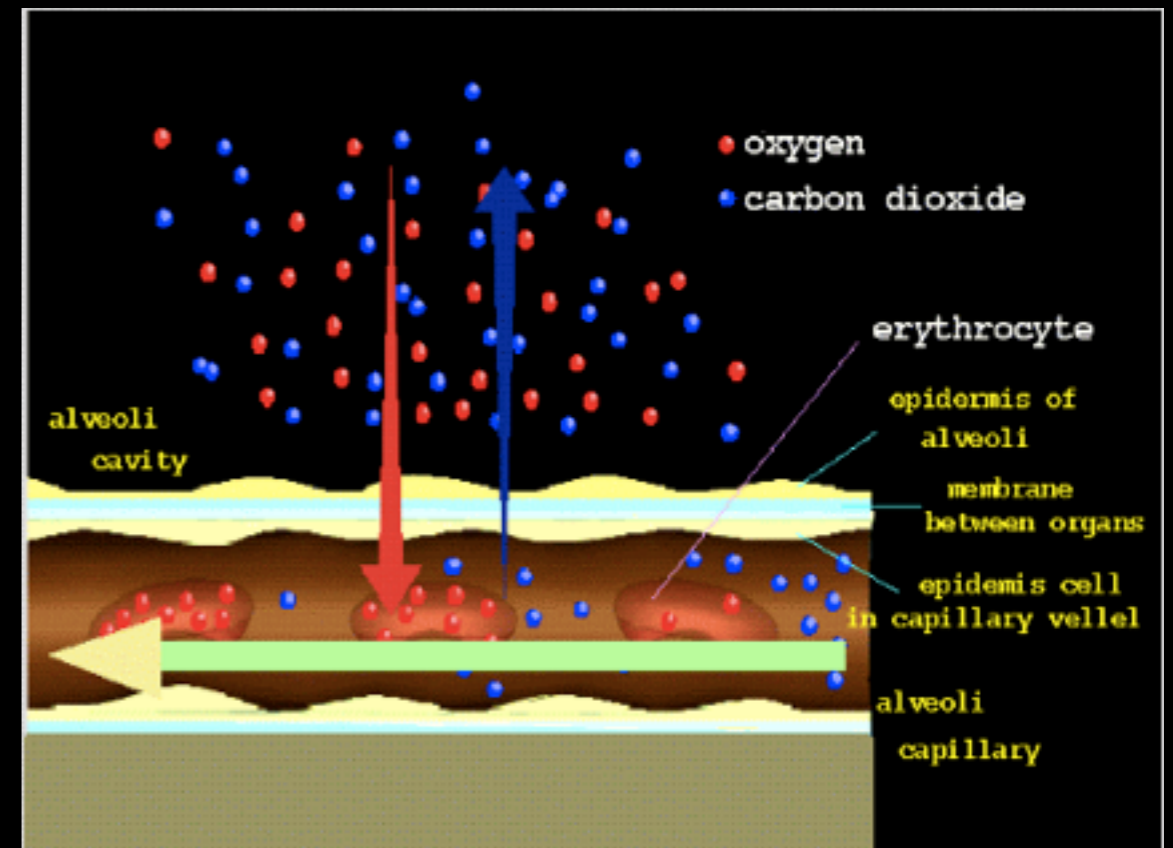
# OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg

**HIPERCAPNIA** ⇒ PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg



## TROCA DE GASES

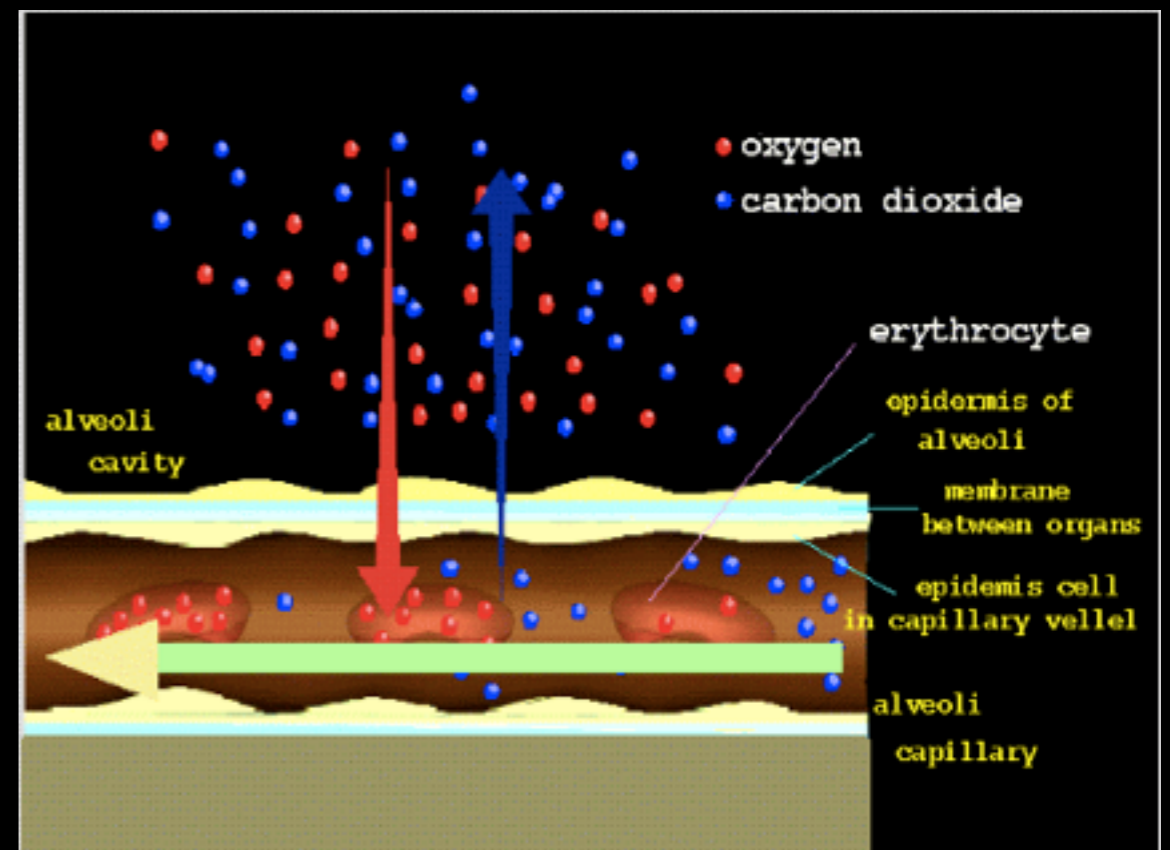
# OXIGÊNIO (O<sub>2</sub>) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

DIFUSÃO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO PARCIAL

CO<sub>2</sub> 20x MAIS SOLÚVEL QUE O<sub>2</sub>

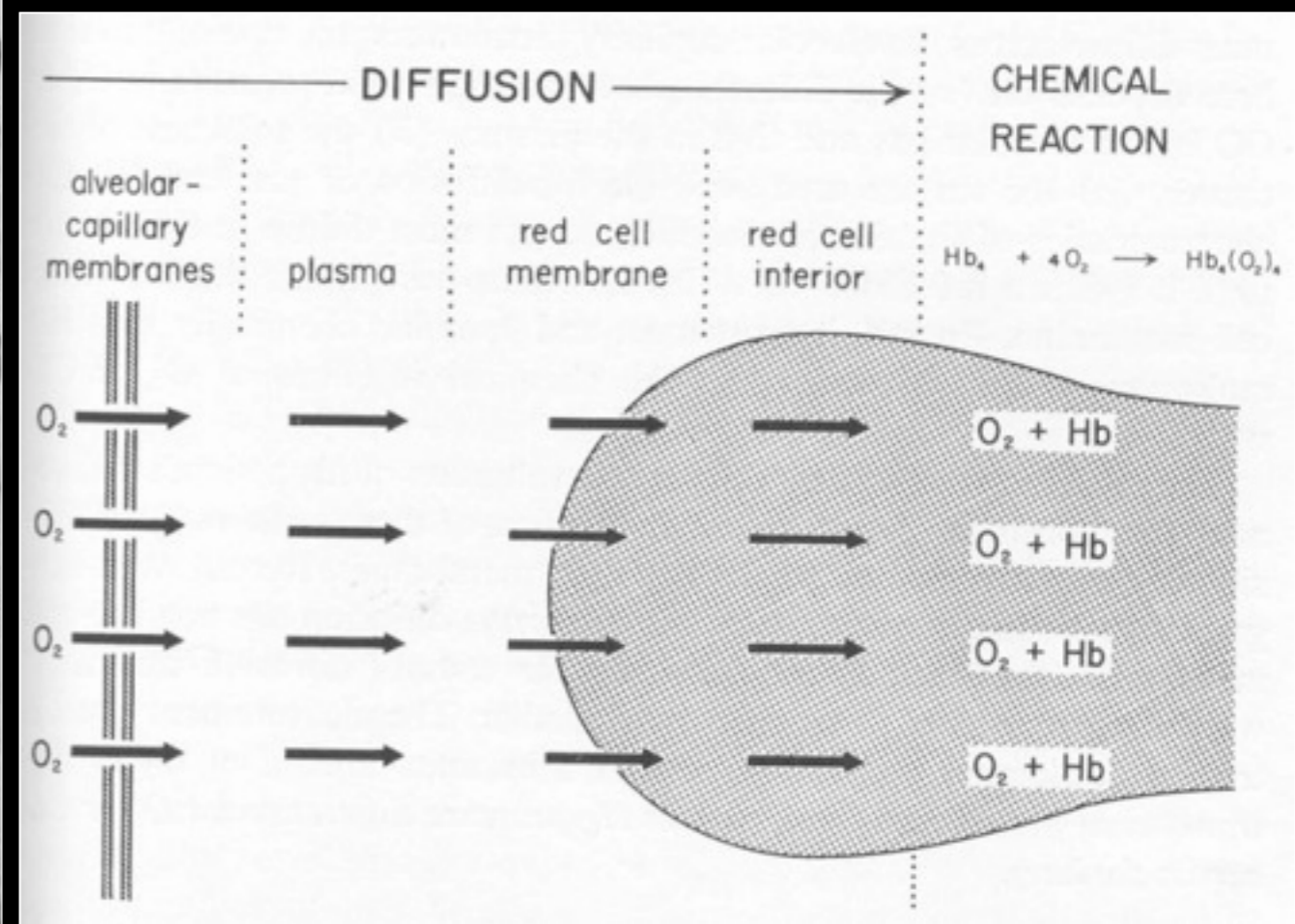
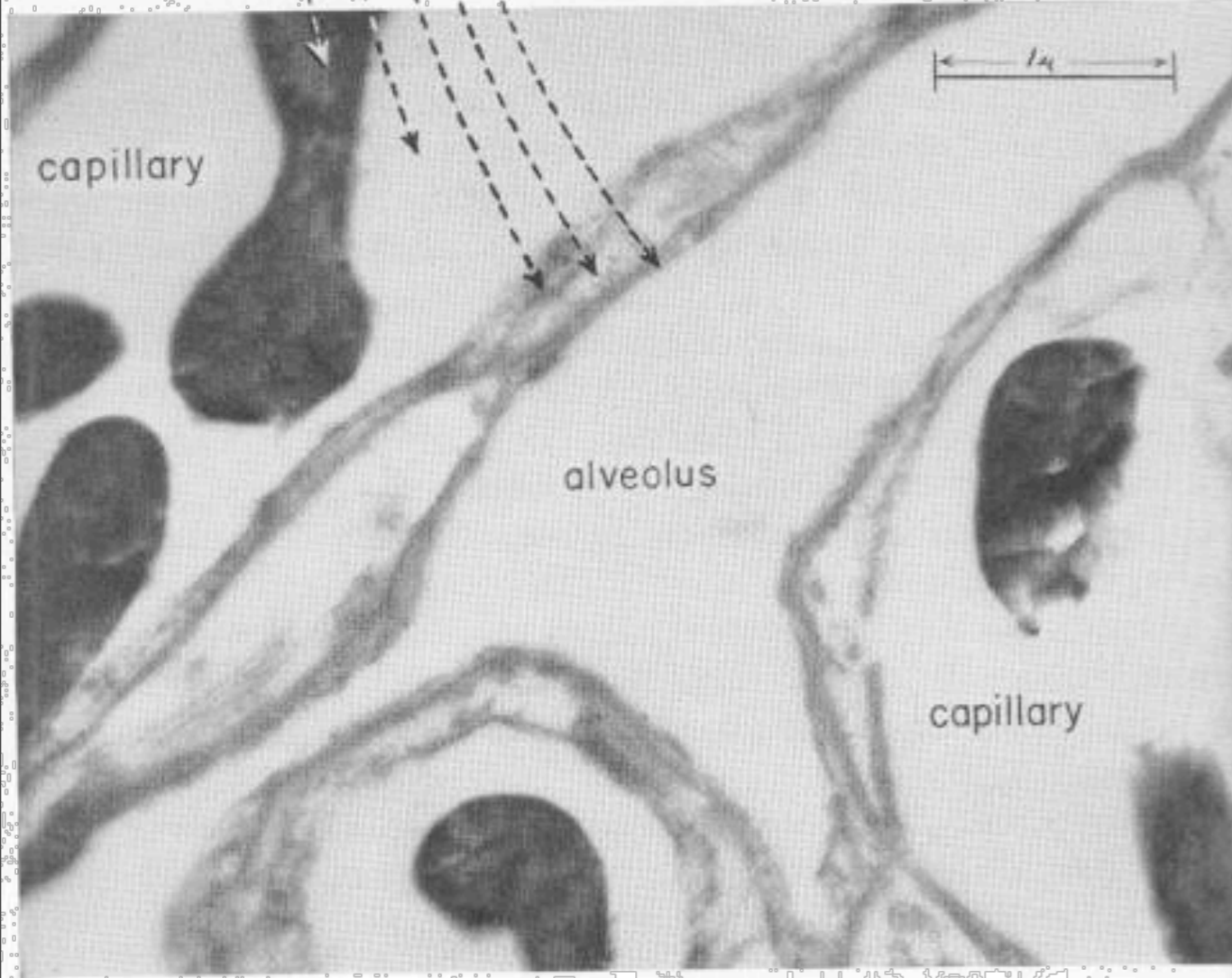
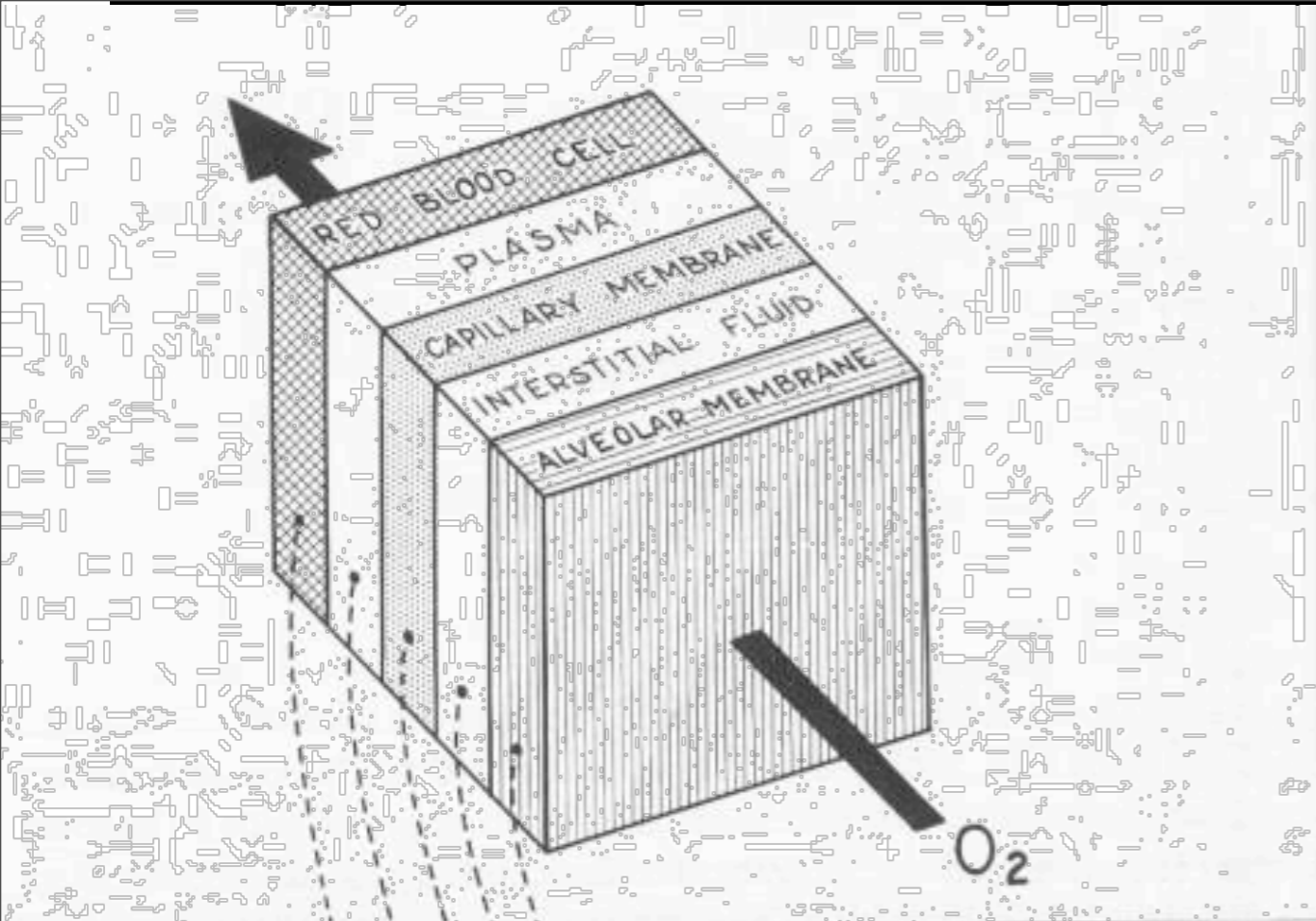
**HIPOXEMIA** ⇒ PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg

**HIPERCAPNIA** ⇒ PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg



## FLUXO SANGUÍNEO PULMONAR ADEQUADO

# Difusão



## ■ Lei de HENRY

- “A pressão parcial do gás que pode ser dissolvida no líquido é proporcional à pressão parcial do gás para o qual o líquido é exposto”

## ■ Lei de GRAHAM

- “O difusibilidade do gás é inversamente proporcional à raiz quadrada de seu peso molecular.”

# Lei de Fick

$$\dot{V} = \frac{A \cdot d}{T} (P_1 - P_2)$$

A = área de superfície disponível

T = espessura da Membrana

d = coeficiente de difusibilidade

( $P_1 - P_2$ ) = diferença de pressão entre a membrana

$$d = \frac{sol}{\sqrt{PM}}$$

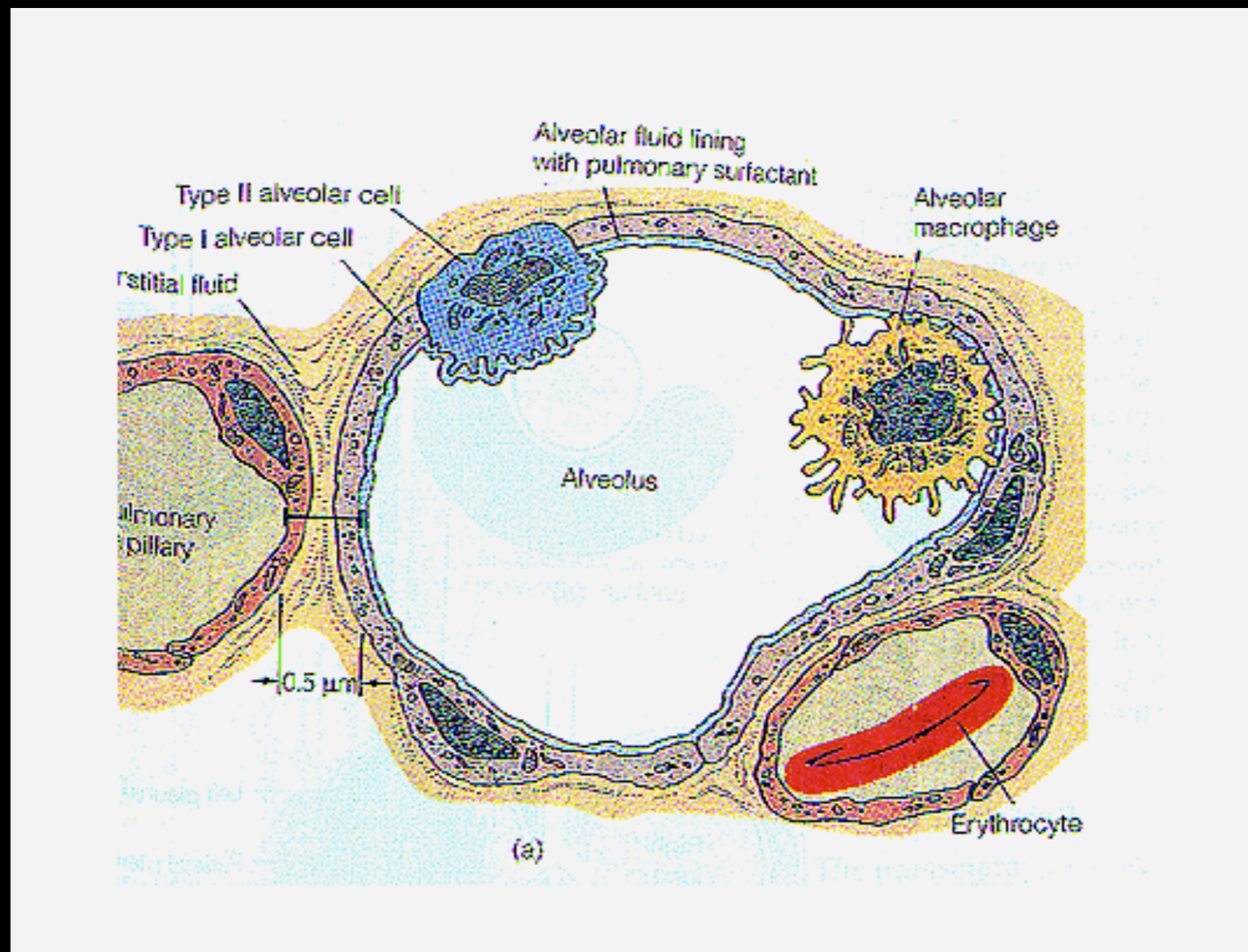
Lei de Henry

Lei de Graham

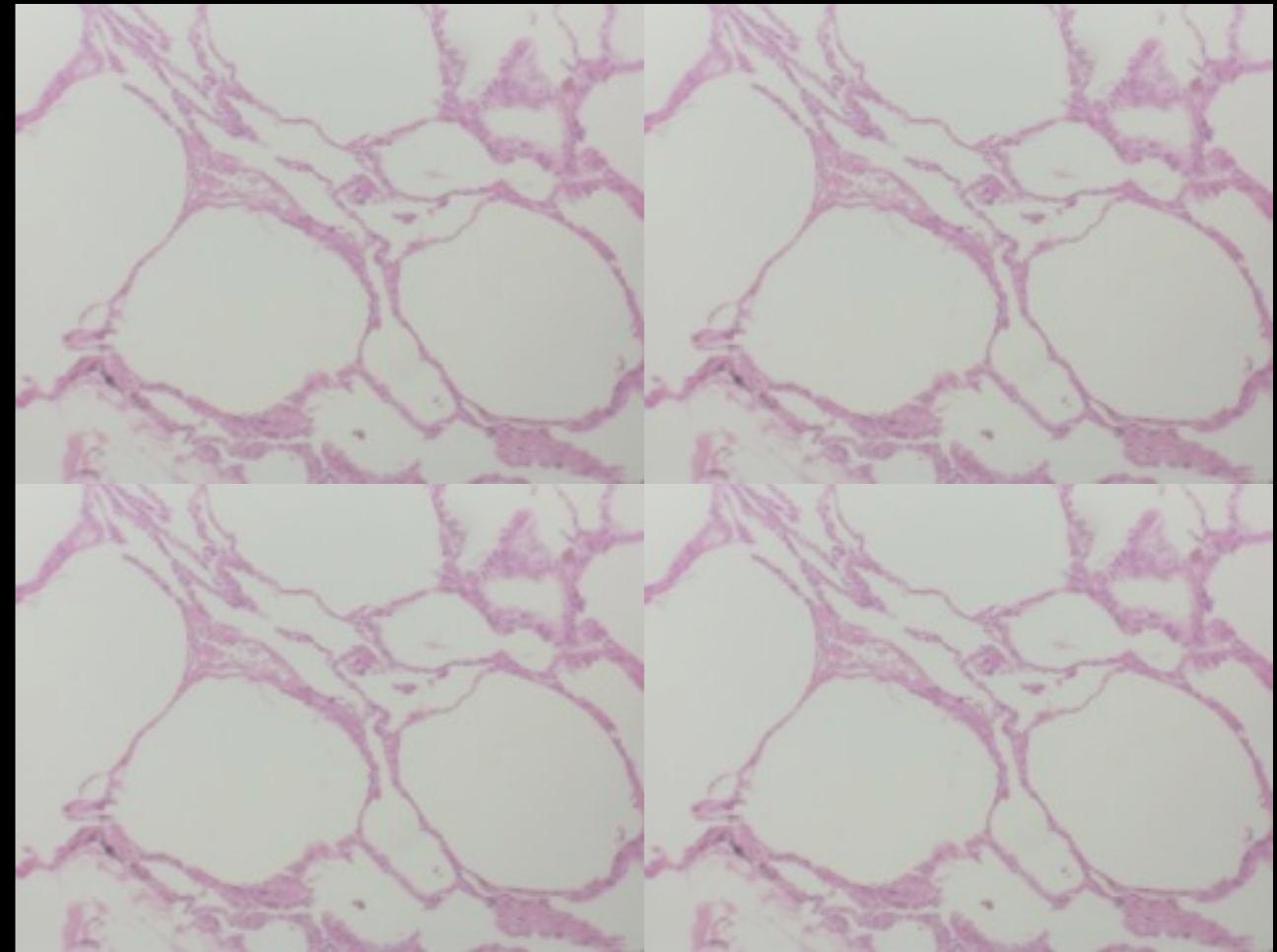
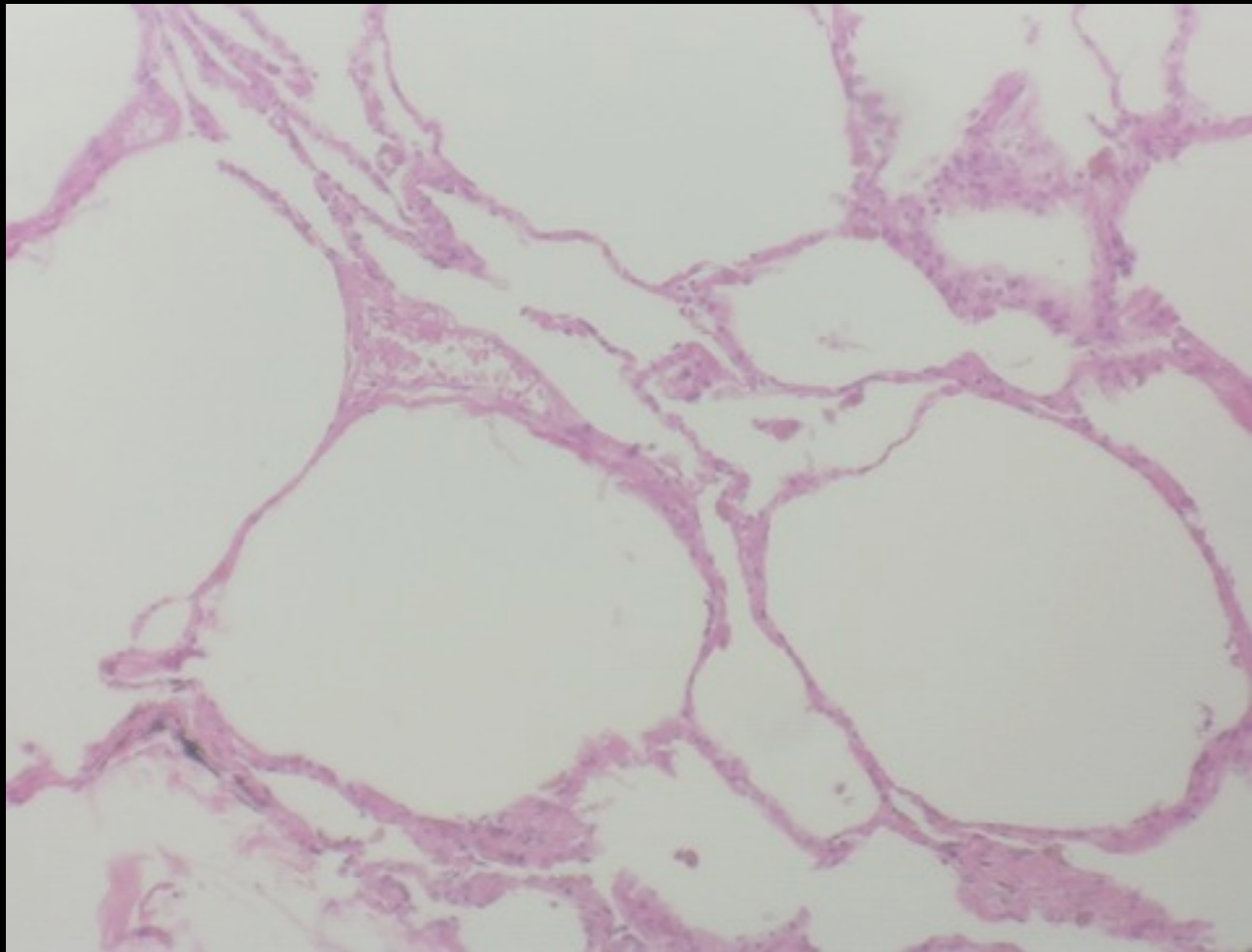
# CONSIDERAÇÕES CLÍNICAS:

EDEMA INTERSTICIAL PULMONAR => aumenta a distância de difusão e diminui a taxa de difusão

ENFIZEMA PULMONAR => ocorre destruição da parede alveolar diminuindo a área de superfície e assim a taxa de difusão.



Os animais em geral apresentam proporcionalidade entre o pulmão e o peso corporal (8% do peso corporal), mas os pequenos animais tem maior eficiência pulmonar pois há um maior número de alvéolos menores, ou seja, tem uma área de difusão aumentada.



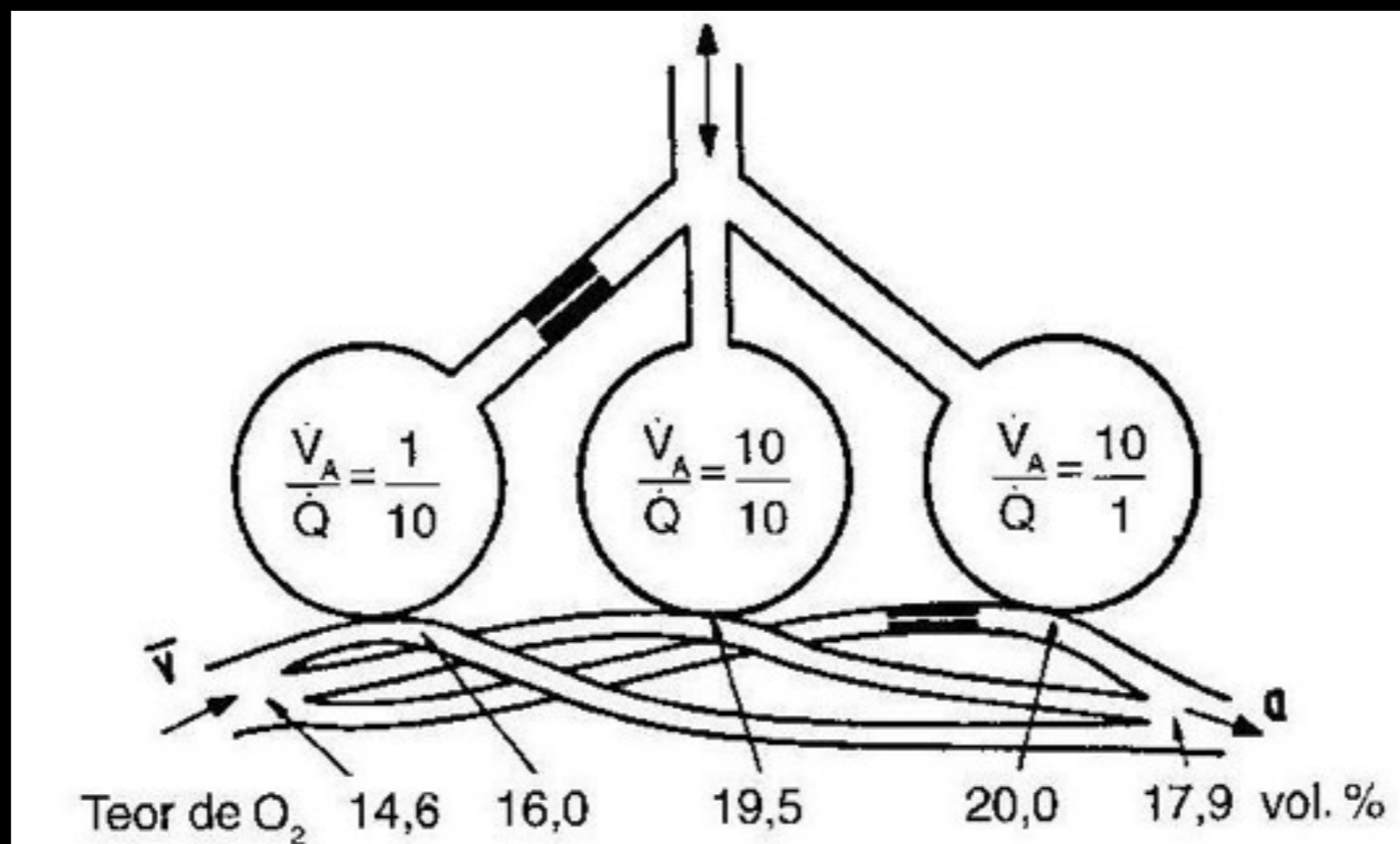
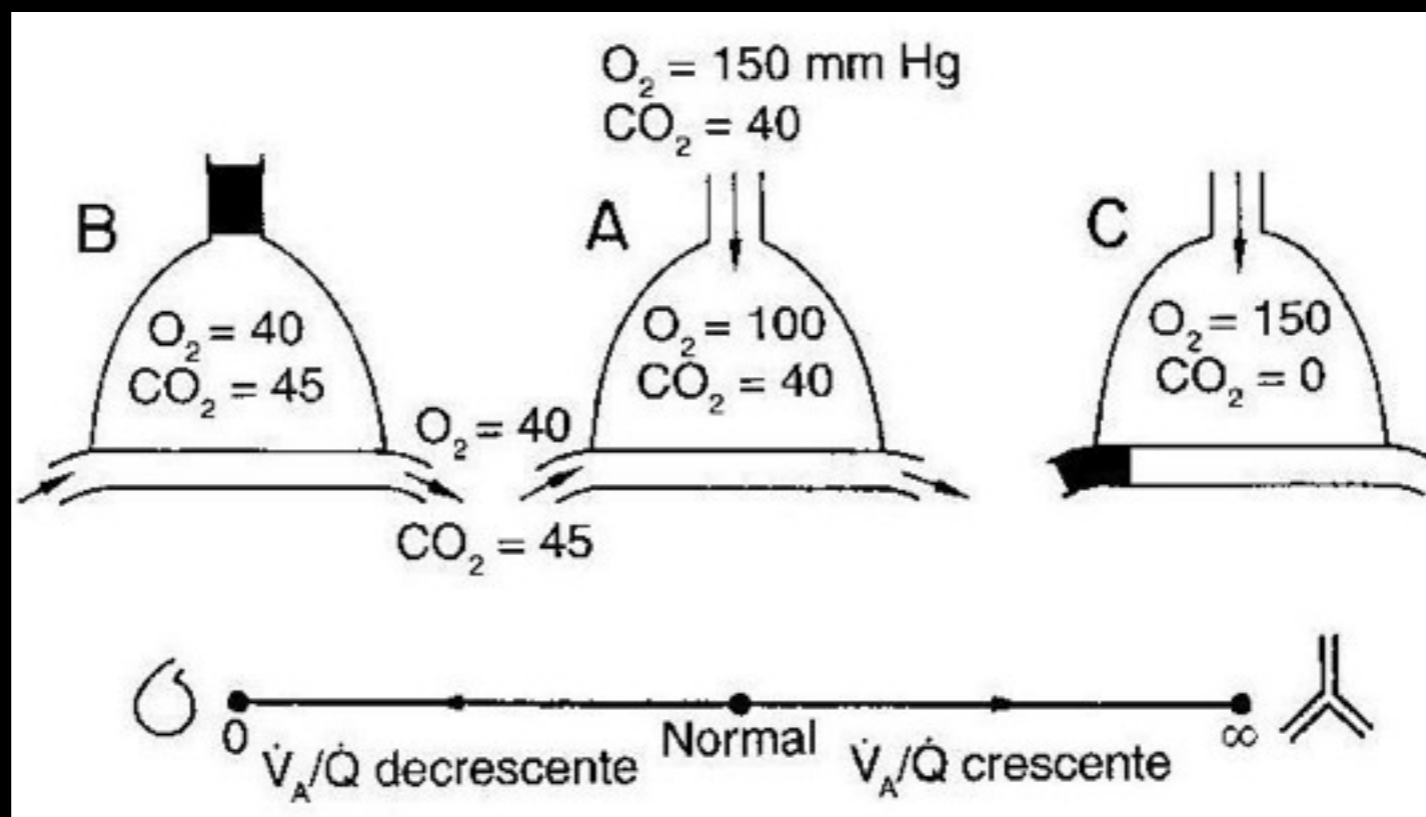
<http://capital2.capital.edu/faculty/kromsted/histology/images/epithelial/lung%20simple%20squamous.JPG>

# RELACÕES ENTRE A VENTILAÇÃO E A PERFUSÃO

- ✓ As pressões parciais do O<sub>2</sub> e do CO<sub>2</sub> no sangue estão relacionadas não apenas à ventilação alveolar como também à quantidade de sangue que perfunde os alvéolos
- ✓ Esta relação é conhecida como relação ventilação/perfusão ( $V_A/Q$ )  
Ex:  $V_A/Q$  baixa = ventilação declinou,  $V_A/Q$  alta = ventilação excedendo a perfusão
- ✓ Nos animais em repouso e na posição em estação, as faces dorsais possuem relação  $V_A/Q$  alta e as faces ventrais possuem relação  $V_A/Q$  baixa

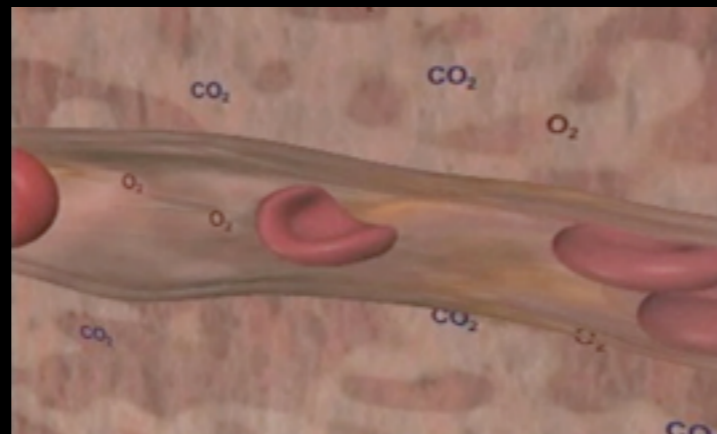


# RELACÕES ENTRE A VENTILAÇÃO E A PERFUSÃO



# TRANSPORTE DE OXIGÊNIO

- ✓ 98% do sangue que entra no átrio esquerdo é proveniente dos pulmões
- ✓ 2% restantes vem da circulação brônquica
- ✓ 97% do oxigênio transportado dos pulmões para os tecidos e transportado ligado a hemoglobina nas hemácias
- ✓ 3% do oxigênio transportado em estado dissolvido na água do plasma
- ✓ Sob condições normais, o oxigênio é transportado para os tecidos quase inteiramente pela hemoglobina



# HEMOGLOBINA



- ✓ É o pigmento vermelho do sangue
- ✓ Consiste em uma proteína e um pigmento denominado heme (contém átomo de ferro)
- ✓ Componente protéico é composto de quatro cadeias polipeptídicas (globina), cada uma contendo um heme (total de 4 heme)
- ✓ Contém quatro átomos de ferro e pode transportar quatro moléculas de oxigênio




file:///Users/fabloascoli/Documents/Fisiologia%20Veterin... — Interactive Physiology

Interactive Physiology   Interactive Physiology   A Ciência da Respiração – Sudars...

**IP web**   **GAS TRANSPORT**

3. O2 Transport (Page 3 of 19)

## HEMOGLOBIN



PREVIOUS   NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

ON   OFF

IPWEB HOME

© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# ESQUEMA GERAL DO TRANSPORTE DE OXIGÊNIO

- ✓ A quantidade de oxigênio em solução está diretamente relacionada a  $P_{aO_2}$  e ao coeficiente de solubilidade do  $O_2$  (lei de Henry)
- ✓ O  $O_2$  é relativamente solúvel em todas membranas, mas é muito menos que o  $CO_2$
- ✓ O  $O_2$  é recebido e fornecido pela hemoglobina conforme influenciado pela  $P_{aO_2}$  circundante (Ex: Quando a  $P_{aO_2}$  é alta (capilares pulmonares), o  $O_2$  se liga a hemoglobina e quando é baixa (capilares teciduais), o  $O_2$  é liberado da hemoglobina)

Obs; O último  $O_2$  a entrar em solução a partir do alvéolo é o primeiro a ser liberado para as células

# ASPECTOS QUANTITATIVOS

✓ Solubilidade do  $O_2 = 0,003$  mL seja dissolvido em cada 100 mL de sangue para cada mmHg

Ex:  $PaO_2$  de 100 mmHg = 0,3 mL de  $O_2$  dissolvido em 100 mL

✓ Em cada grama de hemoglobina, o volume de oxigênio combinado é 1,34 mL

Ex: Paciente normal com 15 g/dL e a hemoglobina estiver 100% saturada.  
Quantidade de  $O_2 = 15 \times 1,34 \times 1 = 20$  mL em 100 mL de sangue

Obs: A hemoglobina absorve o  $O_2$  (remove-o da solução) e fica virtualmente saturada, quando a  $PaO_2$  é de 100 mmHg

Ex: Quando total de oxigênio ( $CaO_2$ ) por 100 mL = 0,3 mL + 20 mL = 20,3 mL



# ASPECTOS QUANTITATIVOS

✓ Quantidade de O<sub>2</sub> no sangue arterial (CaO<sub>2</sub>)

$CaO_2 = PaO_2 \times 0,003$  (oxigênio solubilizado) + 1,34 x saturação x hemoglobina  
(g/dL)



# ASPECTOS QUANTITATIVOS

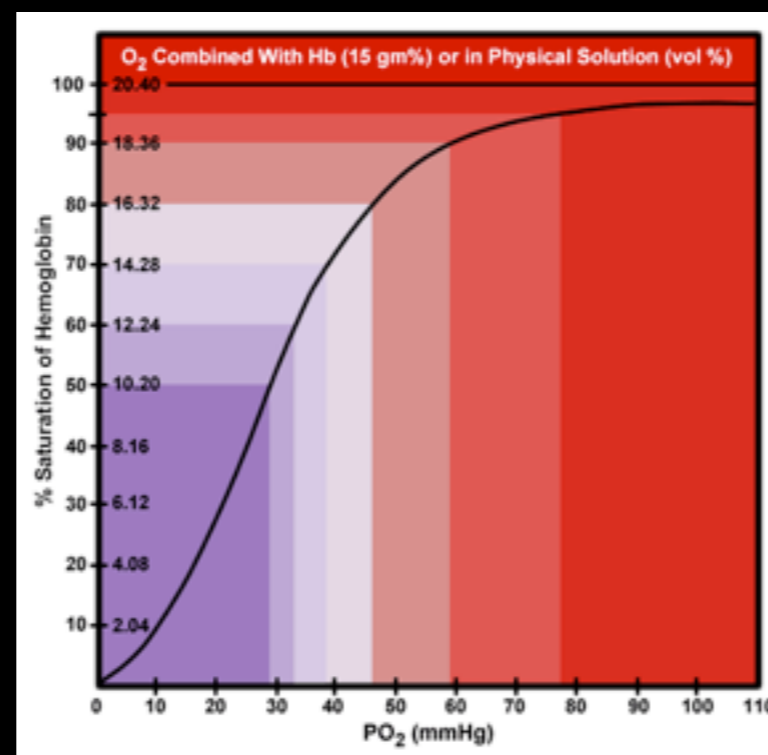
✓ Quantidade de O<sub>2</sub> no sangue arterial (CaO<sub>2</sub>)

$CaO_2 = PaO_2 \times 0,003$  (oxigênio solubilizado) + 1,34 x saturação x hemoglobina  
(g/dL)

Obs: Se a hemoglobina não estivesse presente, usaria 66,3 vezes mais sangue para transportar a mesma quantidade de O<sub>2</sub>

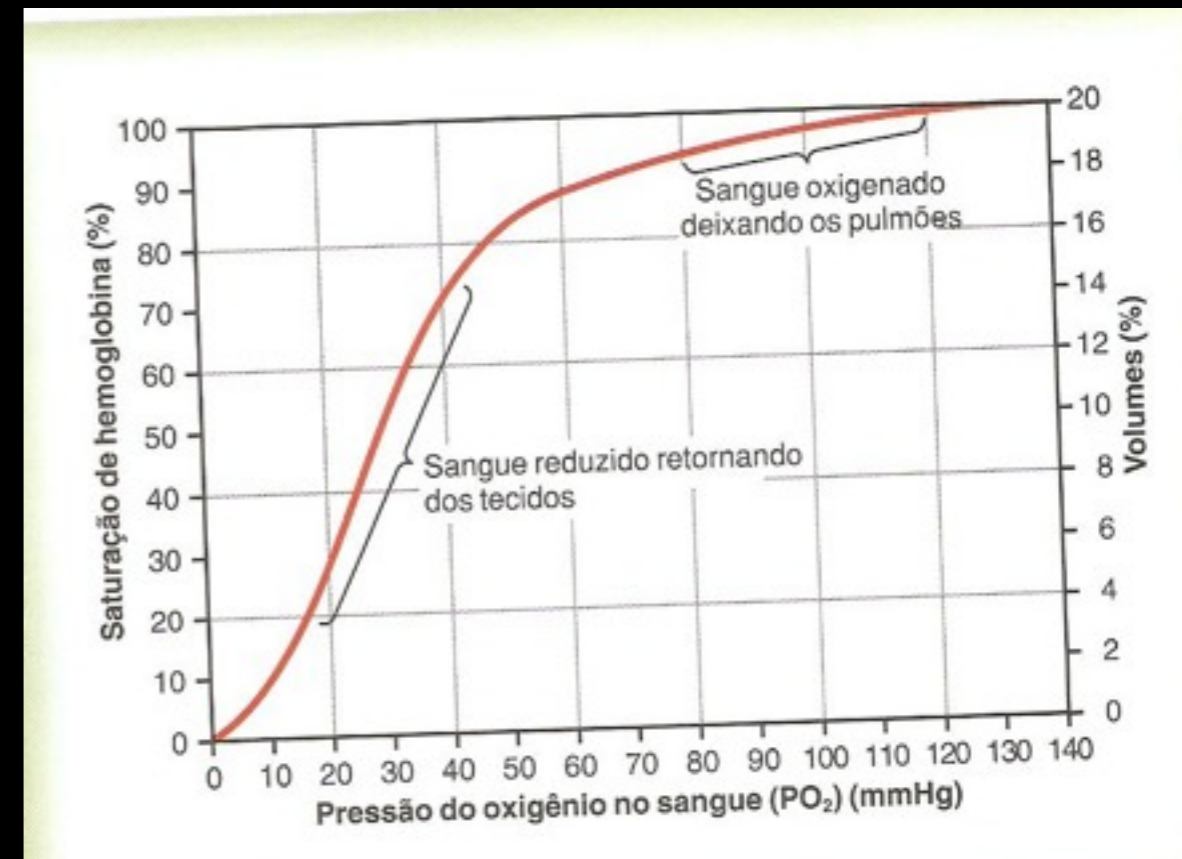
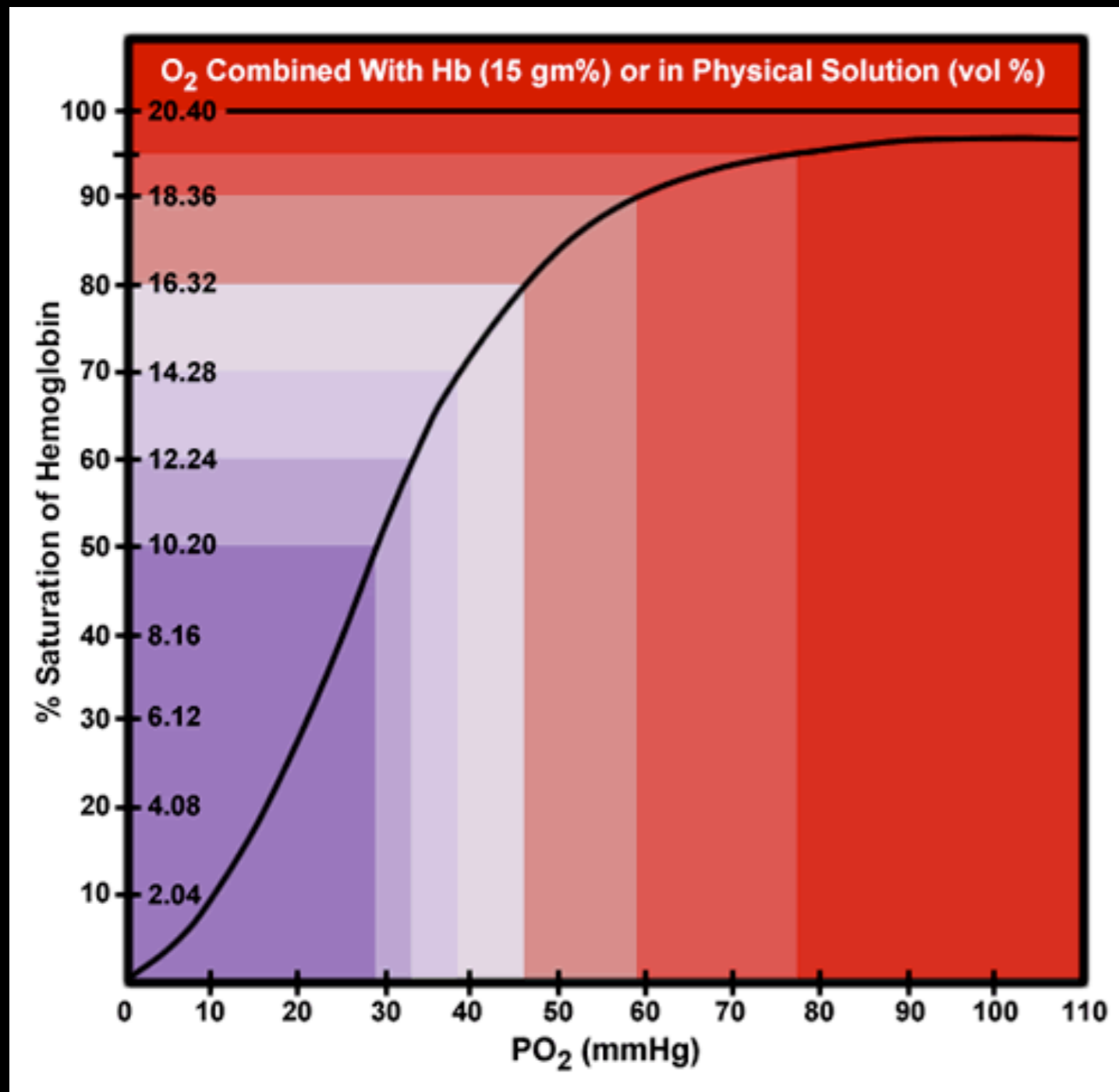
# CURVA DE DISSOCIAÇÃO DA HEMOGLOBINA

- ✓ A captação e a liberação do oxigênio da hemoglobina são descritas melhor pela curva de dissociação oxigênio-hemoglobina
- ✓ Condições diferentes alteram o equilíbrio da reação entre a hemoglobina e o oxigênio, para formar a oxihemoglobina
- ✓ Curva desviada para direita = afinidade decrescente da hemoglobina pelo oxigênio (mais oxigênio é fornecido para cada redução na  $P_{aO_2}$ )
- ✓ Curva desviada para esquerda = afinidade aumentada da hemoglobina pelo oxigênio (menos oxigênio é fornecido para cada redução na  $P_{aO_2}$ )



# CURVA DE DISSOCIAÇÃO DA HEMOGLOBINA

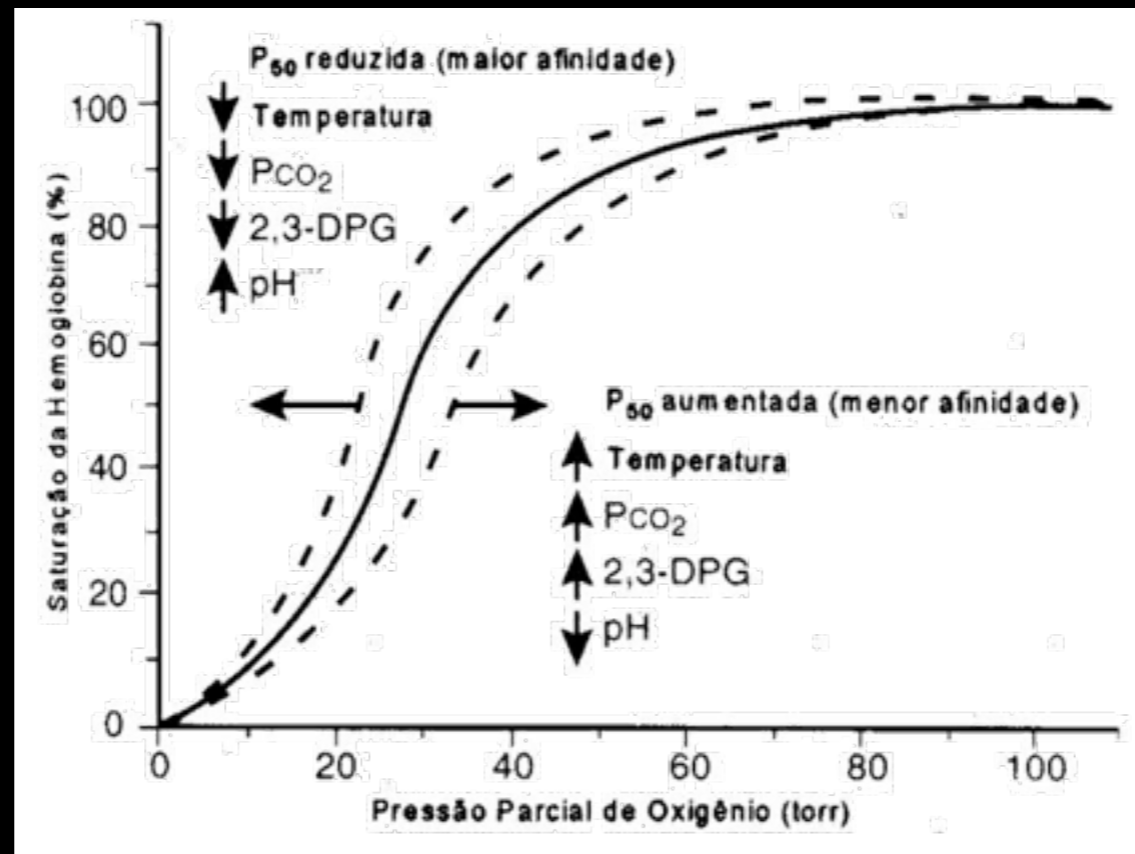
## OXIGÊNIO



# CURVA DE DISSOCIAÇÃO DA HEMOGLOBINA

✓ Fatores que alteram a afinidade da hemoglobina ao oxigênio:

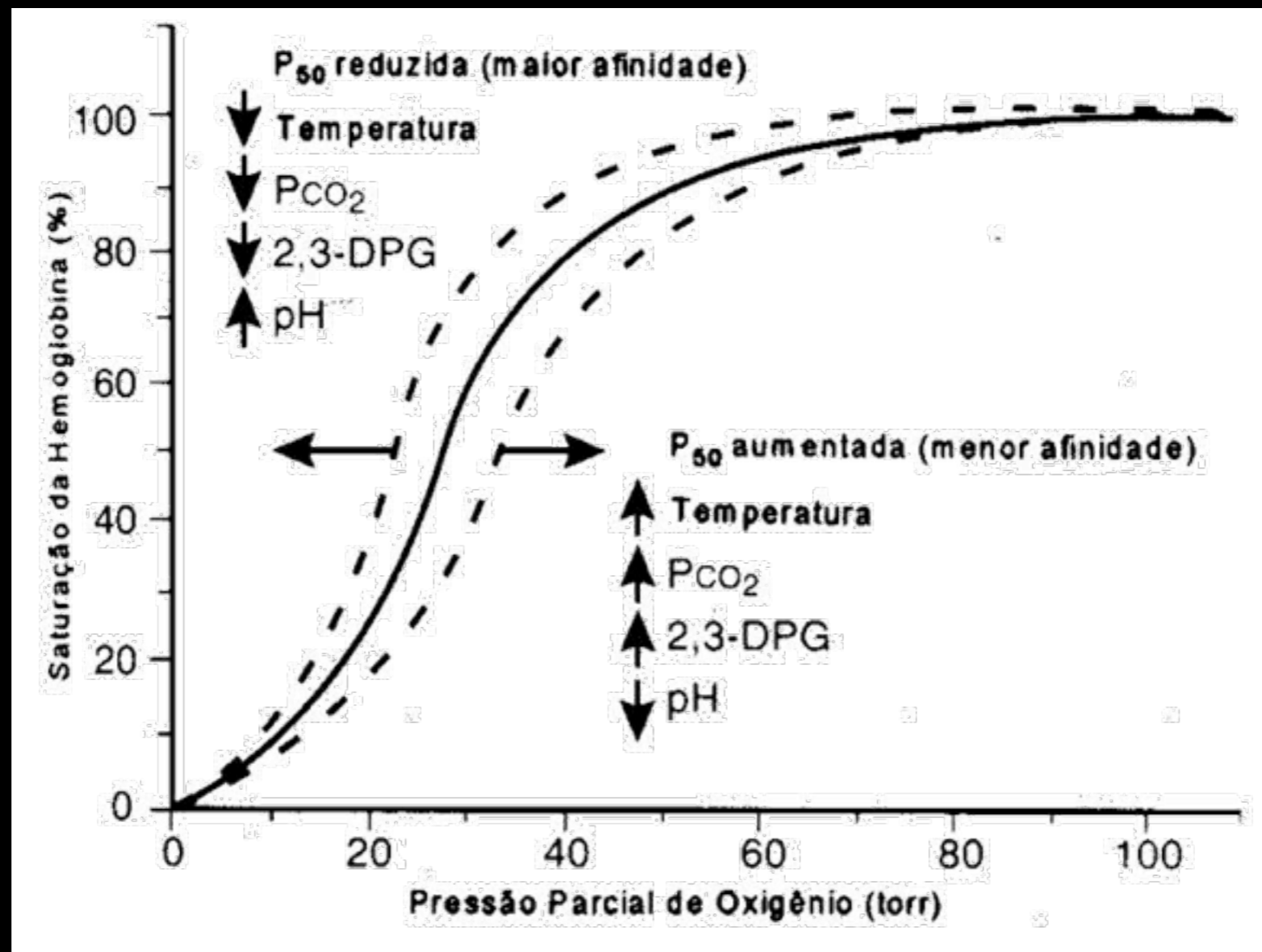
1. pH
2. Temperatura
3. Dióxido de carbono
4. Concentração de 2,3-difosfoglicerato



# TRANSPORTE DOS GASES NO SANGUE

## OXIGÊNIO

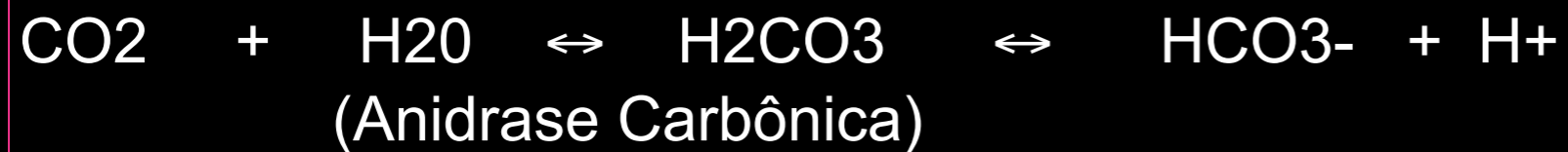
### ➤ CURVA DE DISSOCIAÇÃO DA HEMOGLOBINA



# TRANSPORTE DE DIÓXIDO DE CARBONO

- ✓ Mesmo em condições anormais, o  $\text{CO}_2$  normalmente pode ser transportado em quantidade bem maiores do que o oxigênio (20x mais solúvel)
  - ✓ A quantidade de  $\text{CO}_2$  tem muito a ver com o equilíbrio ácido-base dos líquidos corporais
  - ✓ Ocorre no plasma ( 7 a 10% ) e nas hemácias (90 a 93%)
  - ✓ As formas químicas de transporte no plasma são:
    1. Estado dissolvido
    2. Combinado a grupos amino terminais das proteínas (carbamino)
    3. Hidratado para formar produtos de ionização do ácido carbônico
- OBS\* Existem poucos radicais aminas livres no plasma e pouca anidrase carbônica

# TRASPORTE DE DIÓXIDO DE CARBONO



# TRANSPORTE DE DIÓXIDO DE CARBONO

✓ As formas químicas de transporte nas hemácias são:

1. Combinado a grupos amino terminais das proteínas (carbamino) (23%)
2. Hidratado para formar produtos de ionização do ácido carbônico (70%)

**OBS\*** A hemácia é rica em anidrase carbônica e a hemoglobina é rica em grupos aminas terminais que favorece a formação de carbaminos

- ✓ O ácido carbônico formado ioniza-se, para produzir íons de hidrogênio e bicarbonato
- ✓ Os produtos de ionização são removidos pelo tamponamento dos íons de hidrogênio pela hemoglobina e pela difusão dos íons do bicarbonato, para o plasma (troca com cloro)





## GAS TRANSPORT

11. CO<sub>2</sub> Transport (Page 11 of 19)

PREVIOUS    NEXT

REPLAY

RETURN FROM LINK

QUIZ

TOPIC MENU

GLOSSARY

HELP

NARRATION

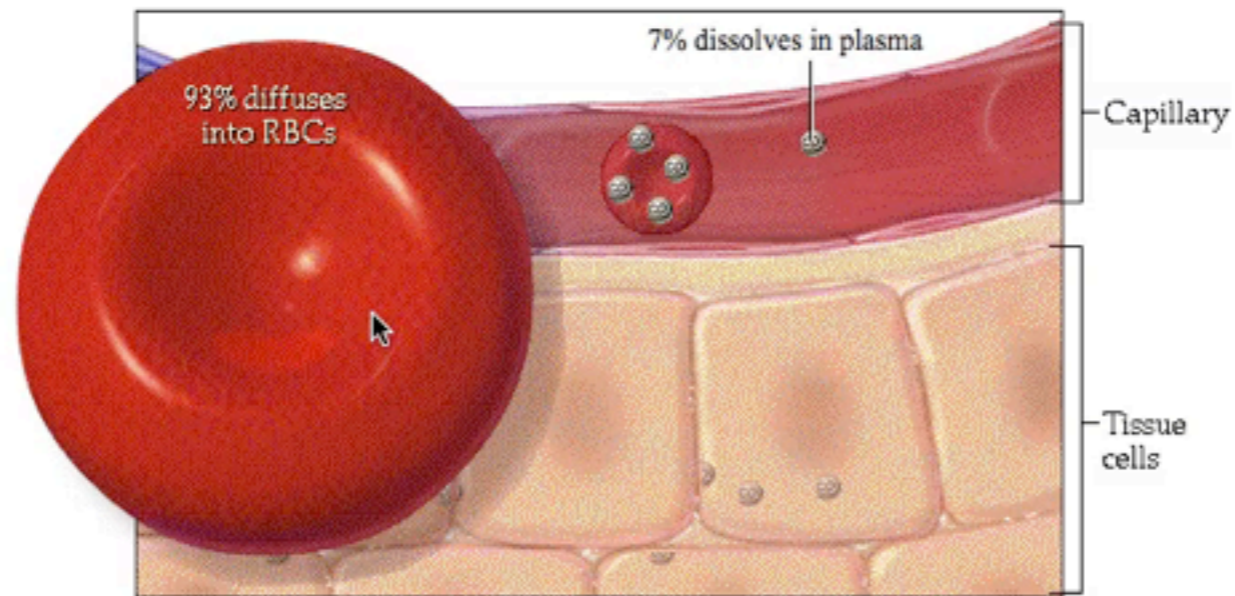
ON

OFF

IPWEB HOME

### CO<sub>2</sub> TRANSPORT

Of the CO<sub>2</sub> that diffuses from the tissue cells:



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# RESUMO DO TRANSPORTE DOS GASES NOS PULMÕES E NOS TECIDOS

- ✓ A hemoglobina oxigenada é mais ácida e, portanto, libera íons de hidrogênio
- ✓ Esses íons de hidrogênio combinam-se com íons de bicarbonato (troca com cloro – sai da célula), para formar o ácido carbônico, desidratado a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$
- ✓ A perda de  $\text{O}_2$  da hemoglobina nos capilares tissulares torna a hemoglobina mais básica, e os íons hidrogênio são recebidos, facilitando a reação de hidratação e liberação de  $\text{O}_2$  para os tecidos

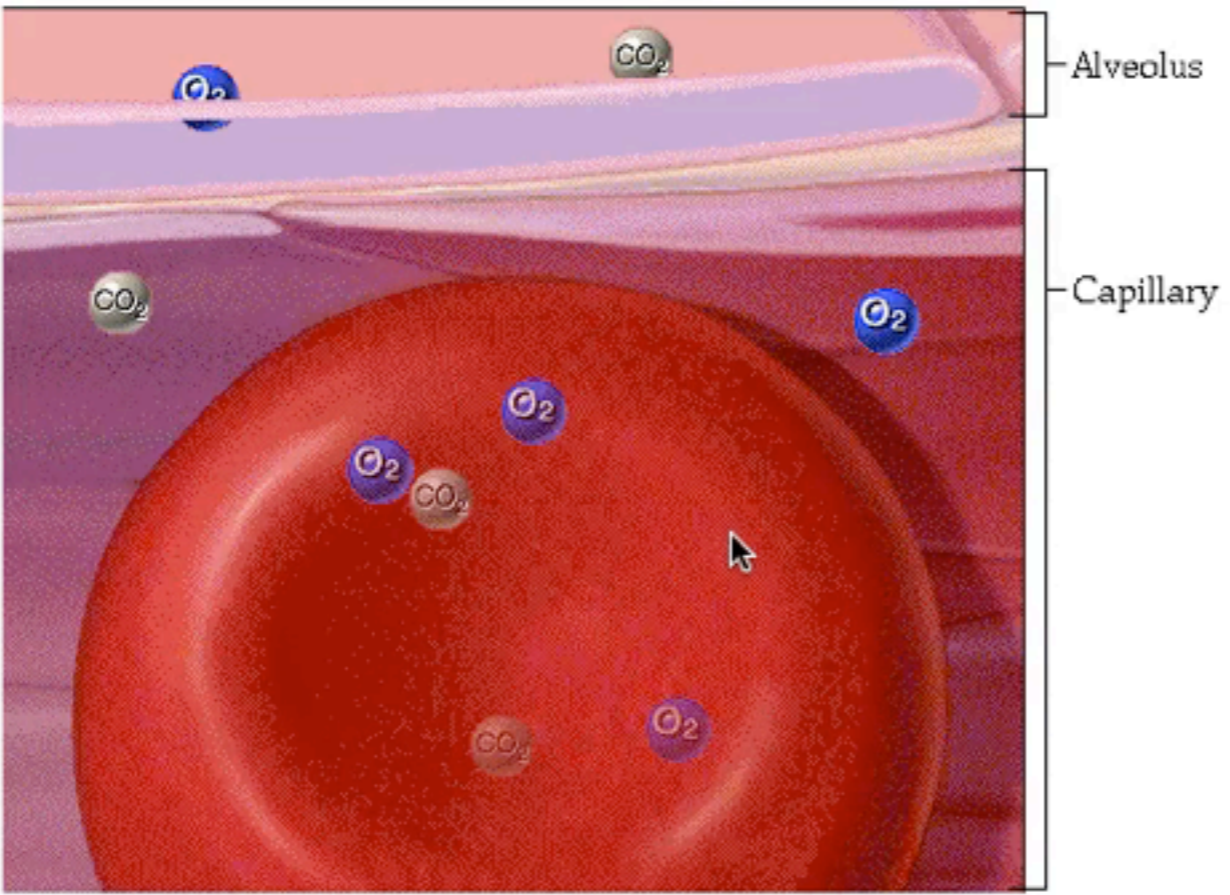


# GAS TRANSPORT

11. CO2 Transport (Page 11 of 19)

- PREVIOUS
- NEXT
- REPLAY
- RETURN FROM LINK
- QUIZ
- TOPIC MENU
- GLOSSARY
- HELP
- NARRATION
- ON
- OFF
- IPWEB HOME

## SUMMARY: O<sub>2</sub> LOADING AND CO<sub>2</sub> UNLOADING (LUNGS)



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

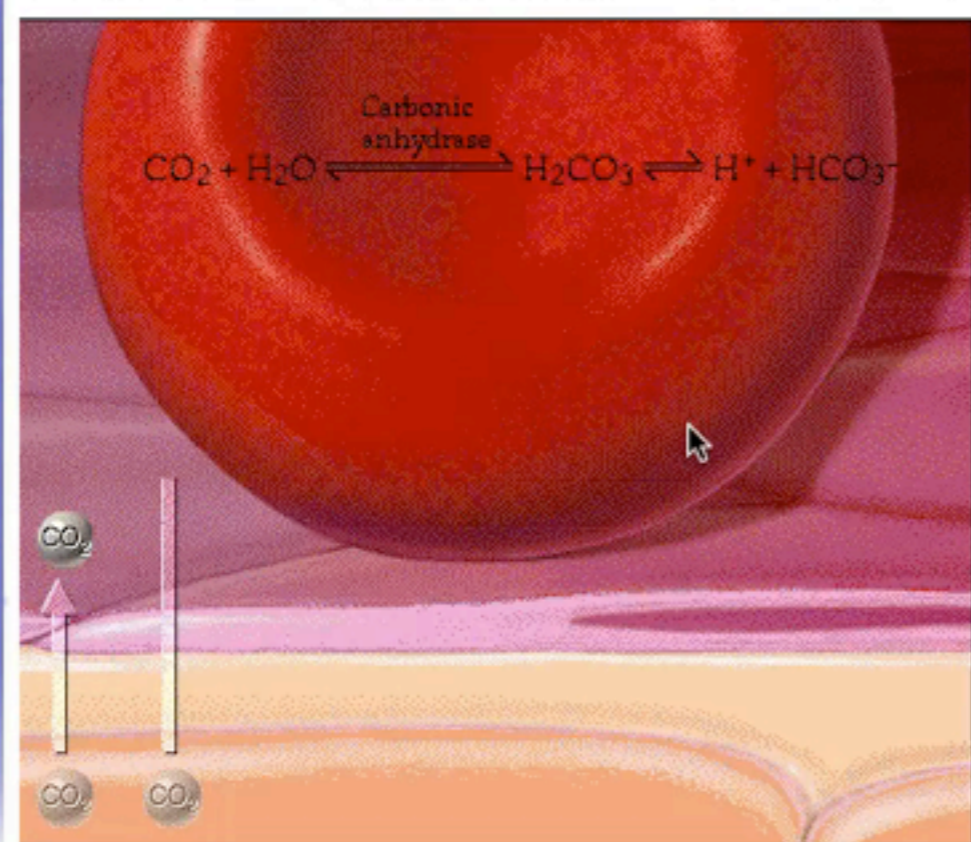


# GAS TRANSPORT

11. CO2 Transport (Page 11 of 19)

- PREVIOUS
- NEXT
- REPLAY
- RETURN FROM LINK
- QUIZ
- TOPIC MENU
- GLOSSARY
- HELP
- NARRATION
- ON
- OFF
- IPWEB HOME

## SUMMARY: O<sub>2</sub> UNLOADING AND CO<sub>2</sub> LOADING (TISSUES)



© 2000 Benjamin Cummings and adam.com®

# CONTROLE DA RESPIRAÇÃO

## 1 – INTRODUÇÃO

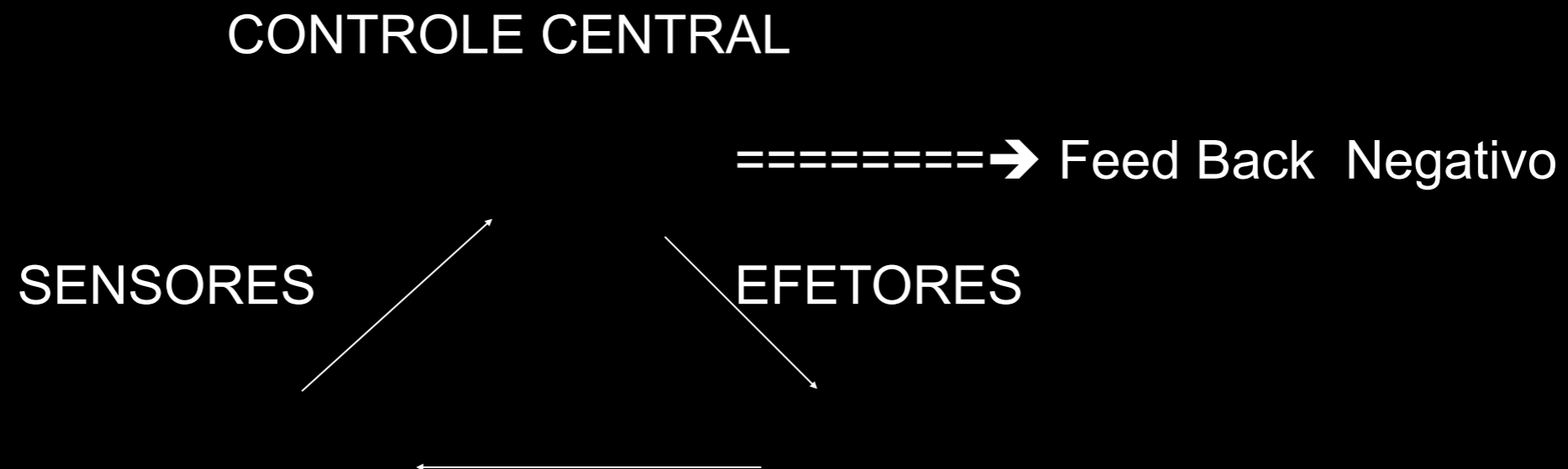
"COMO AS TROCAS GASOSAS SÃO REGULADAS"

Três elementos básicos constituem o sistema de controle Respiratório:

1° - OS SENSORES - coletam as informações de PCO<sub>2</sub> e PO<sub>2</sub>

2° - O CONTROLE CENTRAL - coordena as informações e atuam sobre os efetores

3° - OS EFETORES - executam ações que visam controlar o desequilíbrio das pressões



# CONTROLE CENTRAL

NO TRONCO CEREBRAL - encontram-se 3 centros nervosos controladores da respiração.

CENTRO RESPIRATÓRIO BULBAR - Na formação reticular do bulbo  
Apresenta Área Inspiratória (dorsal) e Área Expiratória (ventral) – expiração forçada

CENTRO PNEUMOTÁXICO - na porção superior da Ponte  
Atua excitando a área expiratória

CENTRO APNÊUSTICO  
Atua "desligando" a inspiração pois inibe a área inspiratória

NO CORTEX CEREBRAL

=> Existem centros que capacitam a "voluntariedade limitada da respiração.

EM OUTRAS PARTES DO S.N.C.

=> Existem no Sistema Límbico e Hipotálamo centros capazes de influir no ritmo respiratório nas emoções de medo e raiva.

# EFETORES

São os músculos respiratórios

=> Diafragma

=> Intercostais

=> Abdominais

=> músculos acessórios como o Esternocleidomastoideo

## SINDROME DA MORTE INFANTIL SÚBITA

Acredita-se que ocorra por descoordenação dos músculos torácicos e abdominais.  
Enquanto um trabalha inspirando o outro trabalha expirando

# SENSORES

**QUIMIORRECEPTORES** – é um receptor sensível a variação da composição química do sangue ou líquido ao seu redor

Divididos em:

**CENTRAIS** - Localizados no Bulbo e sensíveis ao aumento de  $H^+$  (pH associado com níveis de  $CO_2$  no fluido cerebroespinal no quarto ventrículo)

Obs: Fazem sianpse diretamente com os centros respiratórios e o  $CO_2$  é fator mais importante no controle da frequência e profundidade da respiração

**PERIFERICOS** - Localizados nos CORPOS CAROTÍDEOS e ARCO

AÓRTICO

São sensíveis a baixa da  $PO_2$ , principalmente, e também ao aumento da  $PCO_2$  e à baixa do pH





# SENSORES

- ✓ Os quimiorreceptores também monitoram a  $\text{PaO}_2$ , porém é necessário que esta diminua para valores inferior a 60 mmHg

Ex: Altas altitudes

- ✓ Alterações na  $\text{PaO}_2$  ou no pH arterial vão ativar os quimiorreceptores periféricos
- ✓ Alterações na  $\text{PaCO}_2$  vão ativar os quimiorreceptores periféricos e centrais

# OUTROS FATORES QUE INFLUENCIAM A VENTILAÇÃO

- ✓ Dor e emoções
- ✓ Controle voluntário
- ✓ Irritantes das vias aéreas
- ✓ Hiperinflação dos pulmões

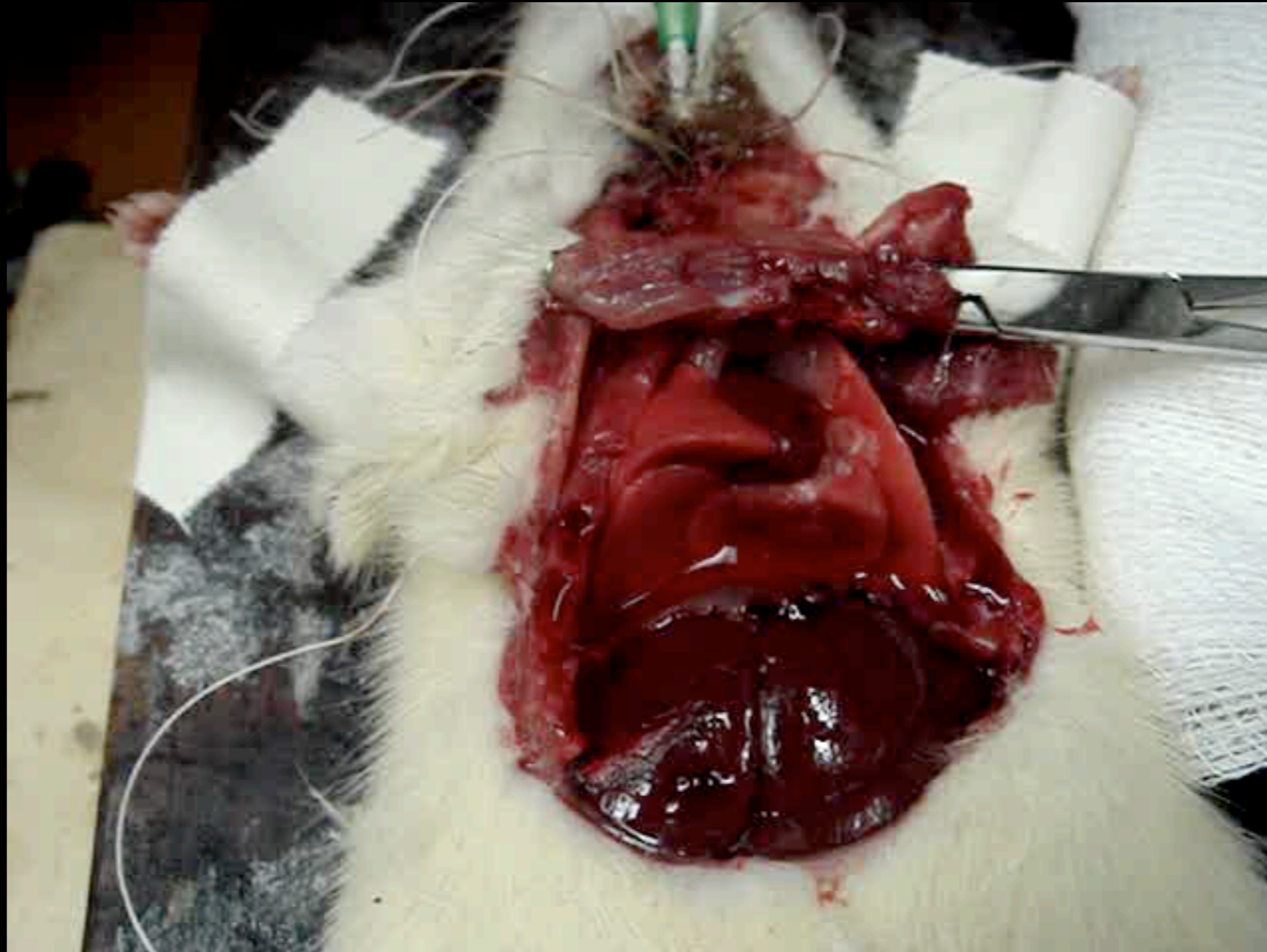
# TERMOS DESCRITIVOS

- ✓ Eupnéia – Respiração comum silenciosa
- ✓ Apnéia – Parada momentânea da respiração
- ✓ Dispnéia – Consiste na respiração difícil ou laboriosa
- ✓ Hiperpnéia – Respiração na qual a frequência, profundidade ou ambas estão aumentadas
- ✓ Taquipnéia – Rapidez excessiva da respiração
- ✓ Bradipnéia – Lentidão anormal da respiração
- ✓ Hipopnéia - Respiração na qual a frequência, profundidade ou ambas estão diminuídas
- ✓ Polipnéia – Respiração rápida, superficial e ofegante

# TERMOS DESCRITIVOS

- ✓ Hipóxia – Redução da PO<sub>2</sub> abaixo do normal
- ✓ Anóxia – Ausência de oxigênio
- ✓ Hipoxemia – Redução da concentração do O<sub>2</sub> no sangue arterial
- ✓ Hiper-capnia - Aumento da concentração do CO<sub>2</sub> no sangue arterial
- ✓ Hipocapnia - Redução da concentração do CO<sub>2</sub> no sangue arterial
- ✓ Cianose – Coloração azulada da pele e das mucosas (desoxigenação da hemoglobina)
- ✓ Asfixia – Condição de hipóxia associada à hiper-capnia
- ✓ Atelectasia – Falha dos alvéolos se abrirem ou permanecerem abertos
- ✓ Pneumonia – Inflamação aguda do pulmão que pode ser causado por diferentes causas

# Exemplos de aplicação (PEEP 11 pulmão da direita)





MUITO OBRIGADO!

([fabioascoli@yahoo.com.br](mailto:fabioascoli@yahoo.com.br), [fabioascoli@id.uff.br](mailto:fabioascoli@id.uff.br))