



LZT5701 – Fisiologia Animal



Função renal e respiratória - equilíbrio ácido-base

Lucas Oliveira e Silva

Patrícia Rodrigues Cavalcanti

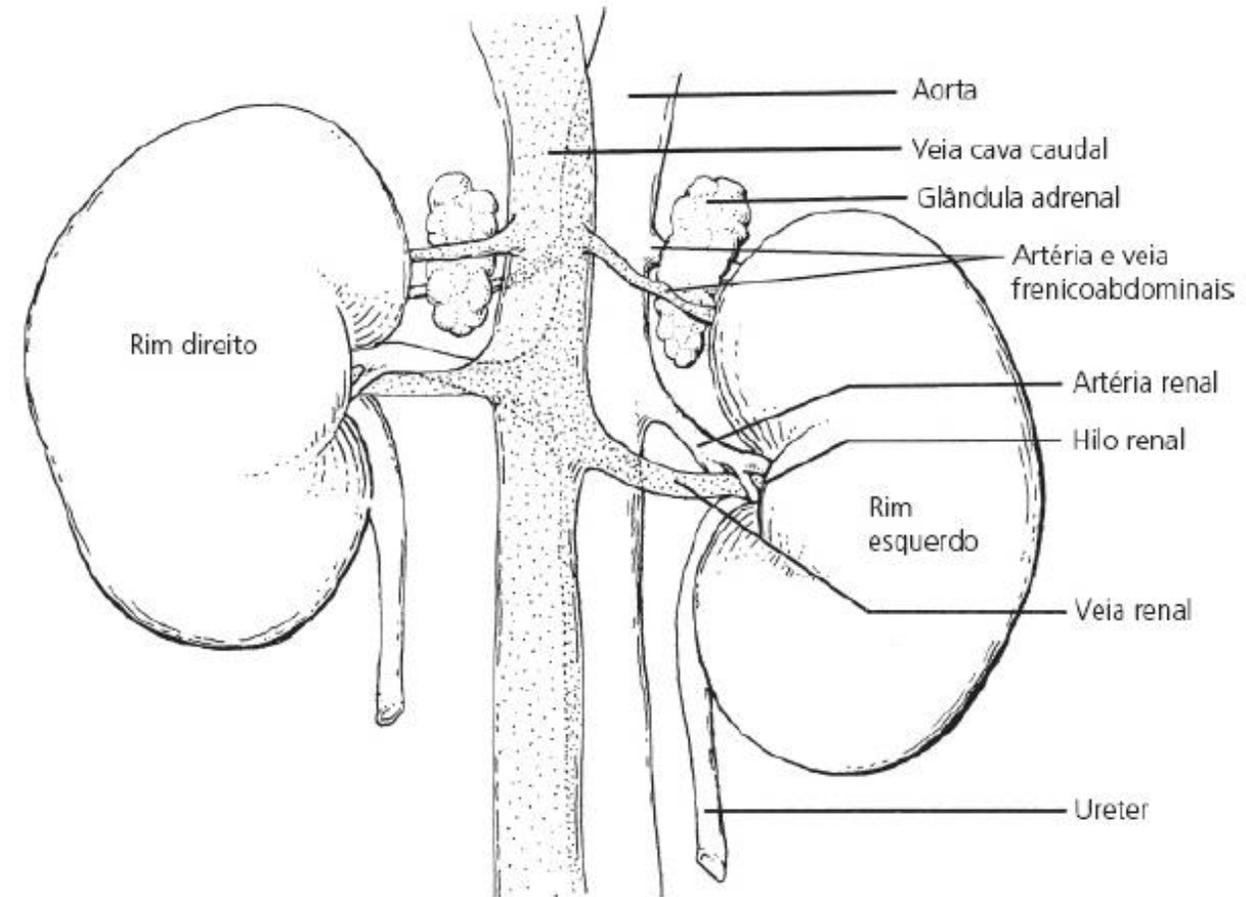
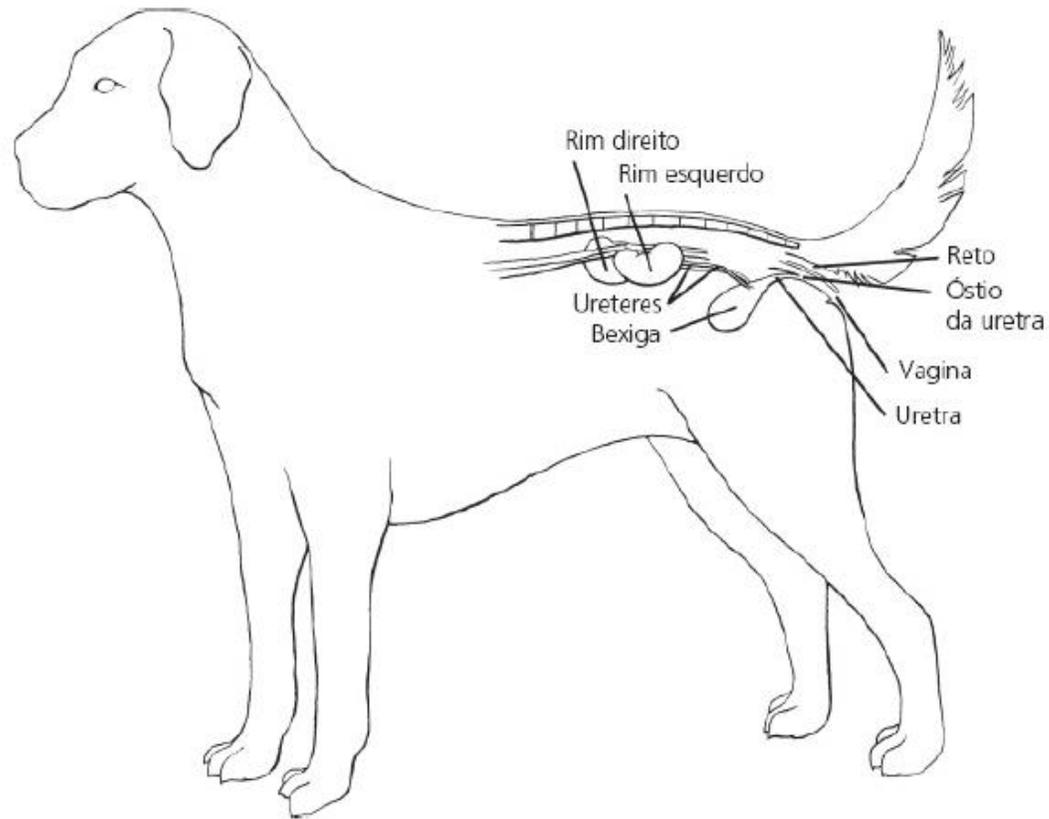
Thatiane Mendes Mitsunaga

Junho/2021

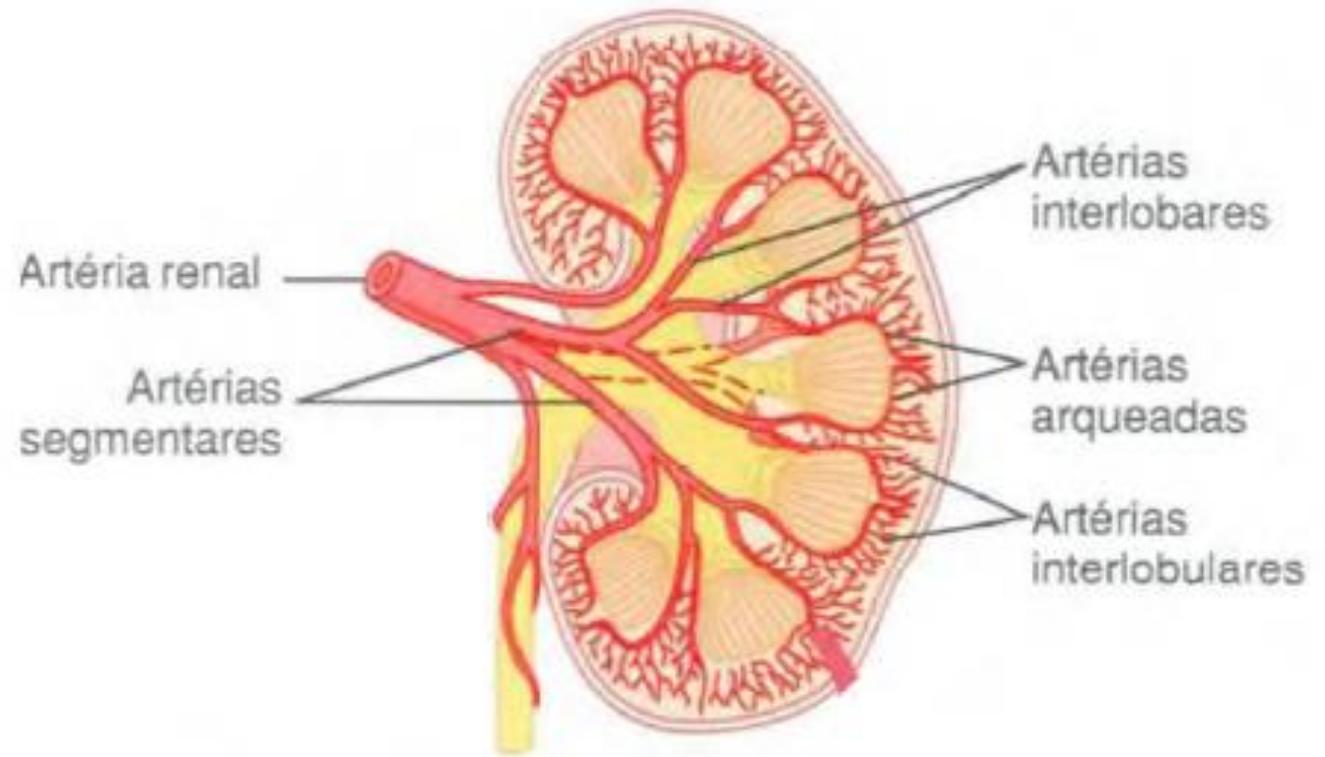
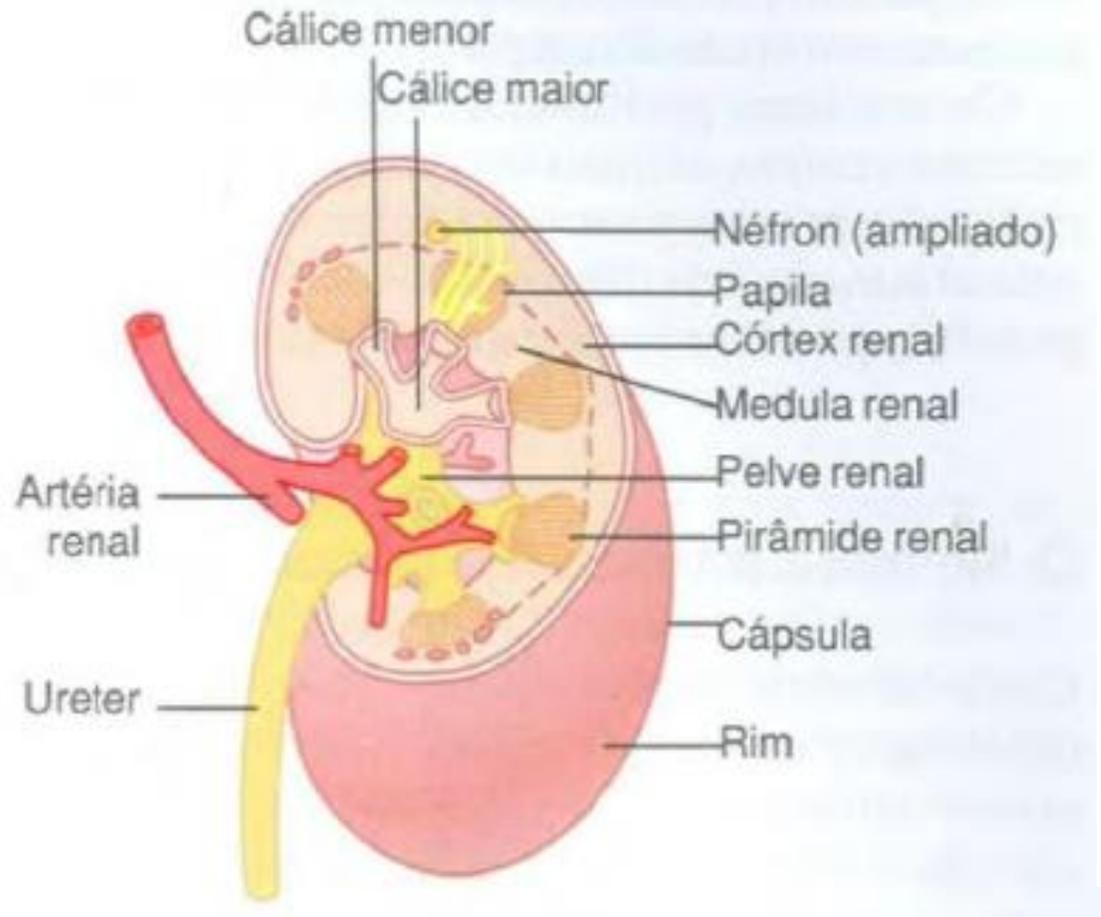
Funções do sistema renal

- Excreção de produtos indesejáveis do metabolismo e de substâncias químicas estranhas;
- Regulação do equilíbrio de água e eletrólitos;
- Regulação da osmolaridade dos líquidos corporais e da concentração de eletrólitos;
- Regulação da pressão arterial;
- Regulação do equilíbrio ácido-base;
- Secreção, metabolismo e excreção de hormônios;
- Gliconeogênese.

Anatomia macroscópica dos rins e sistema excretor

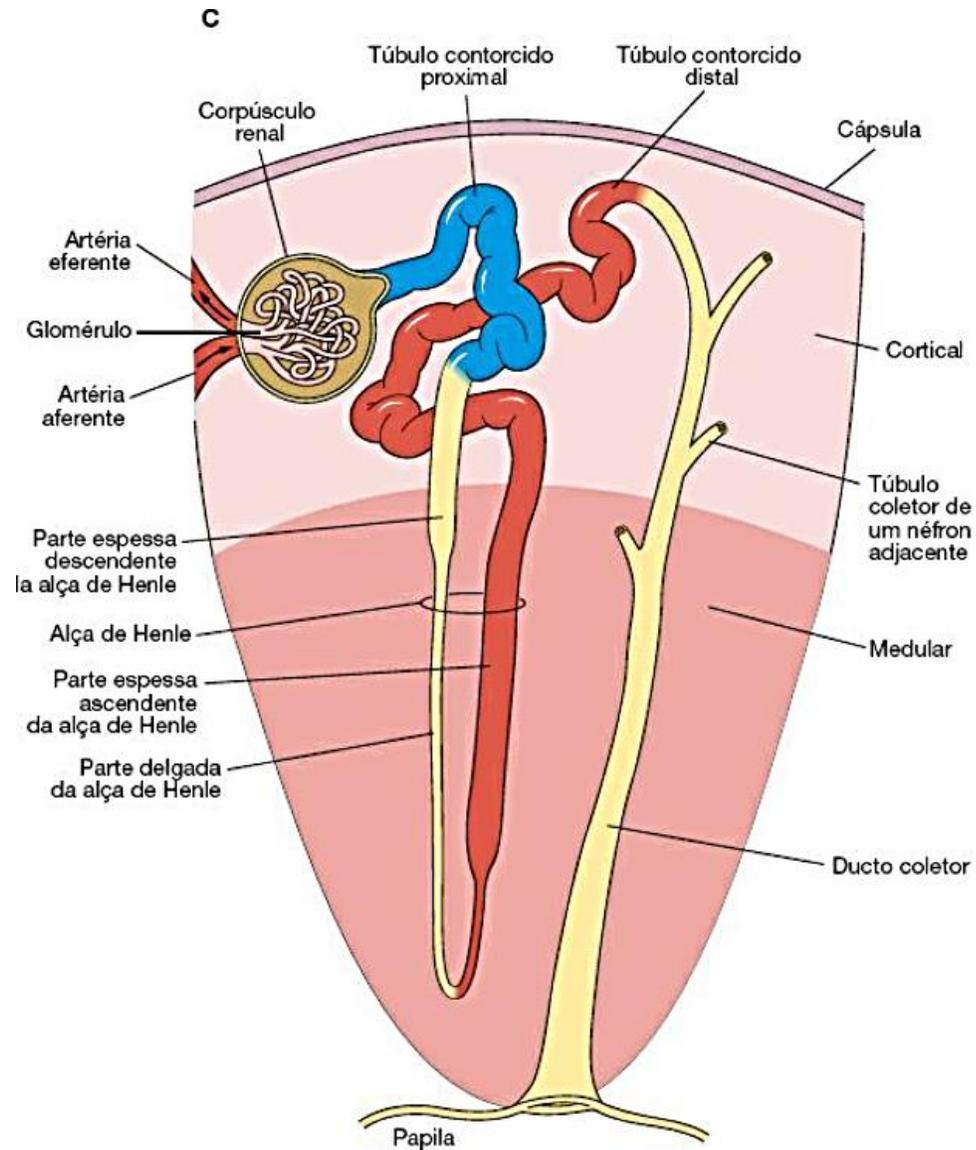


Anatomia macroscópica dos rins e sistema excretor

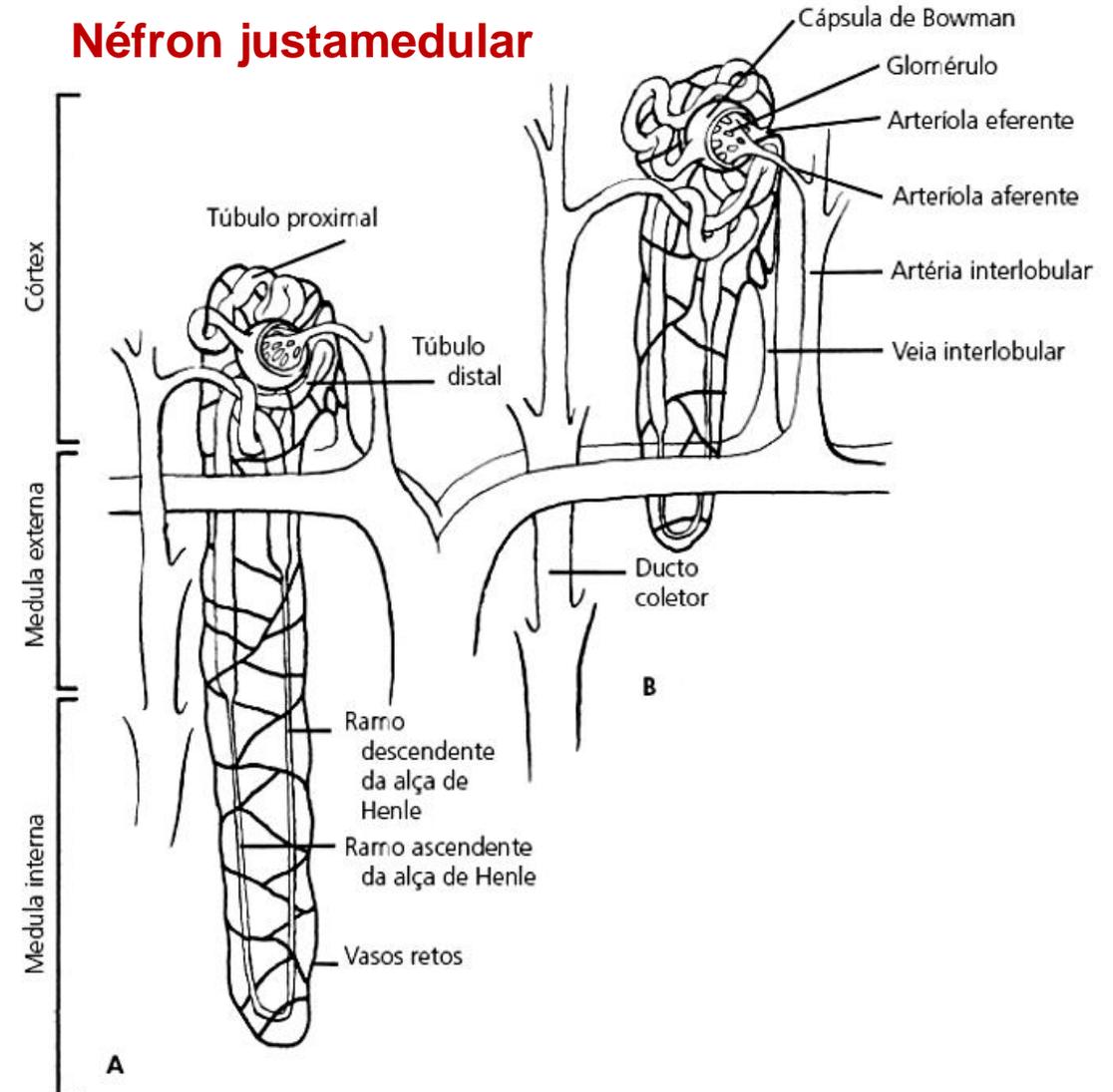


Néfron – unidade funcional do rim

Néfron cortical



Néfron justamedular



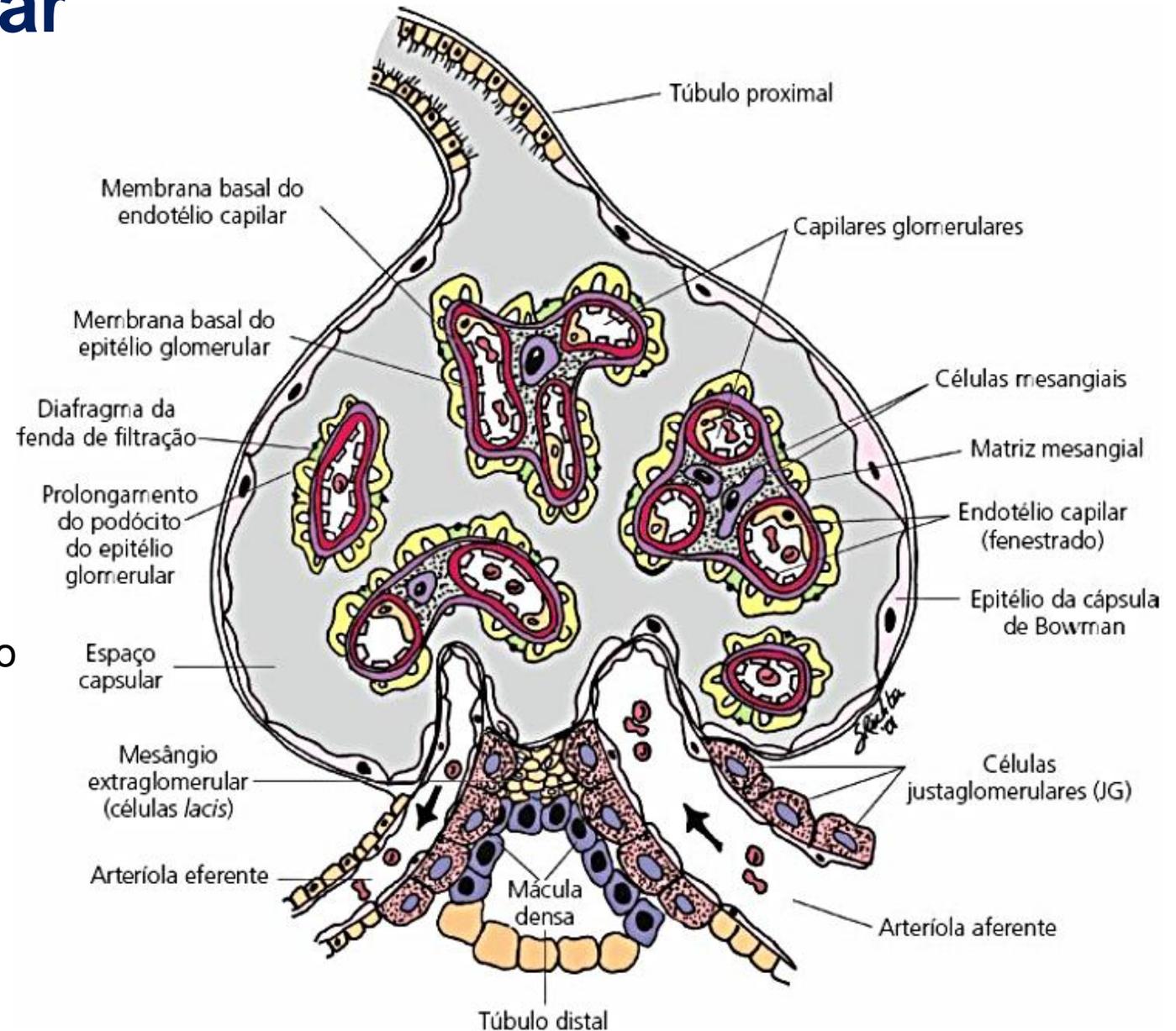
Aparelho justaglomerular

- Células granulares justaglomerulares

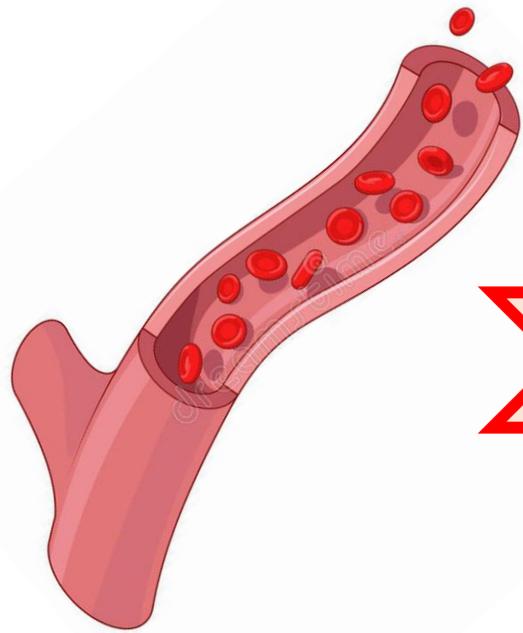


Renina

- Células mesangiais:
 - função estrutural, fagocítica e secretora
 - atividade contrátil → controle do fluxo sanguíneo
- Células *lacis*



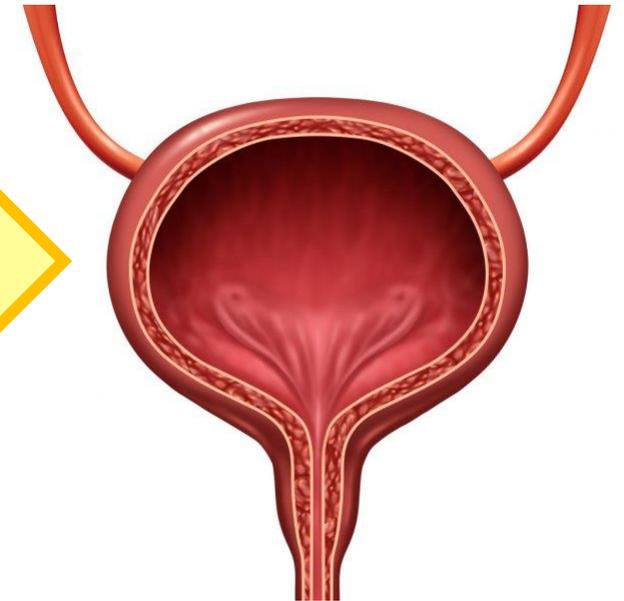
A formação da urina



**Filtração
glomerular**

**Reabsorção
tubular**

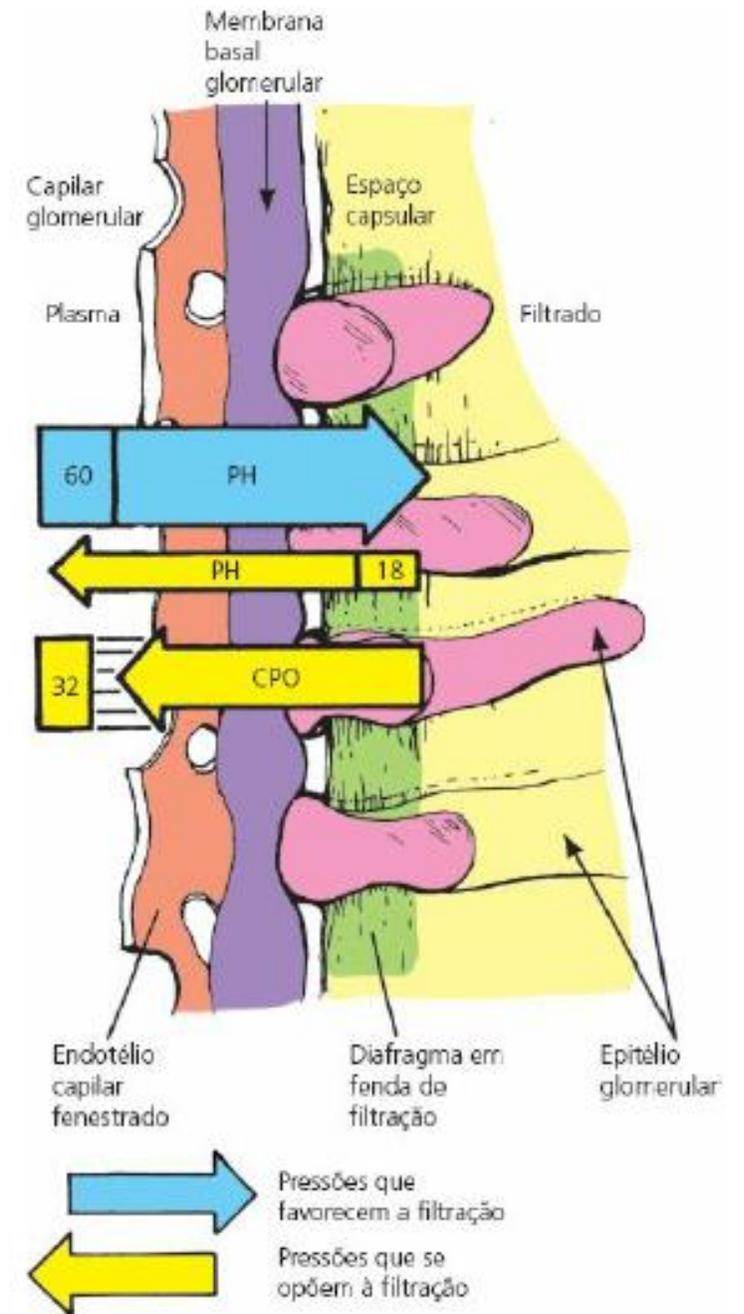
**Secreção
tubular**



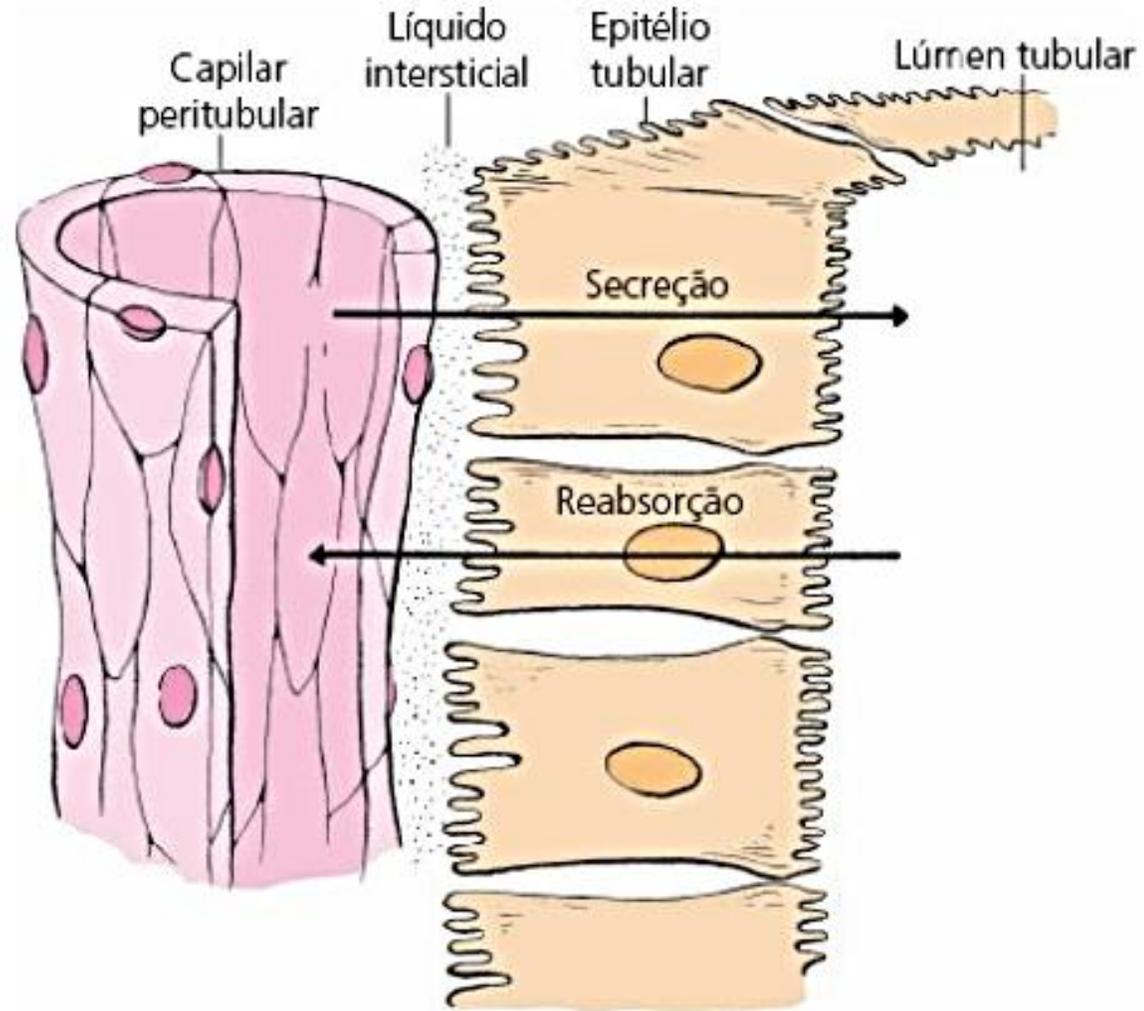
Filtração glomerular

- Glomérulos → sistema de alta pressão
- Favorece a filtração
- Pressão Hidrostática (PH) dos capilares = 60 mmHg
- Pressão coloidsmótica dos capilares (PCO) = 32 mmHg
- PH do espaço capsular = 18 mmHg

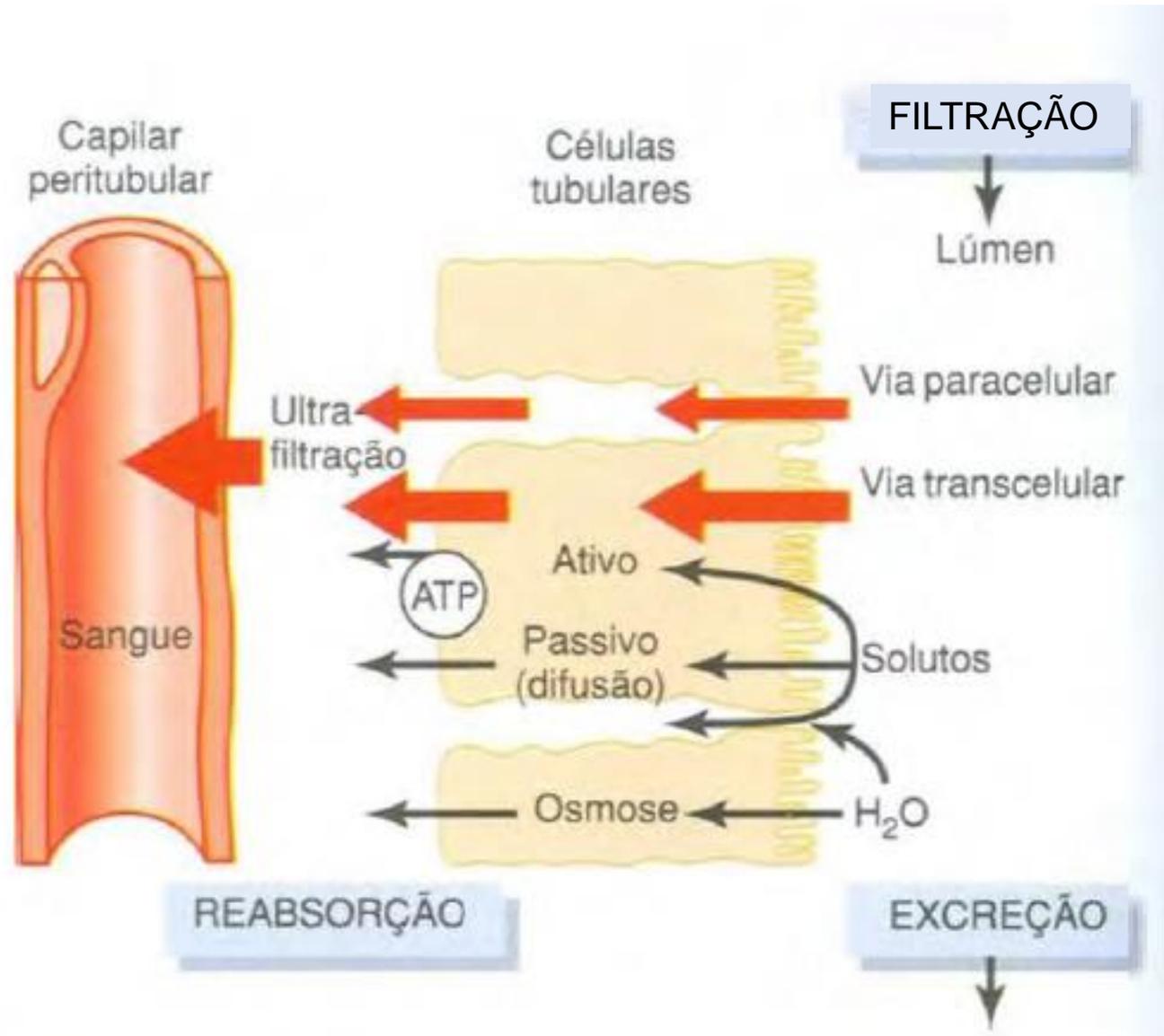
Formação do ultrafiltrado do plasma



Reabsorção e secreção

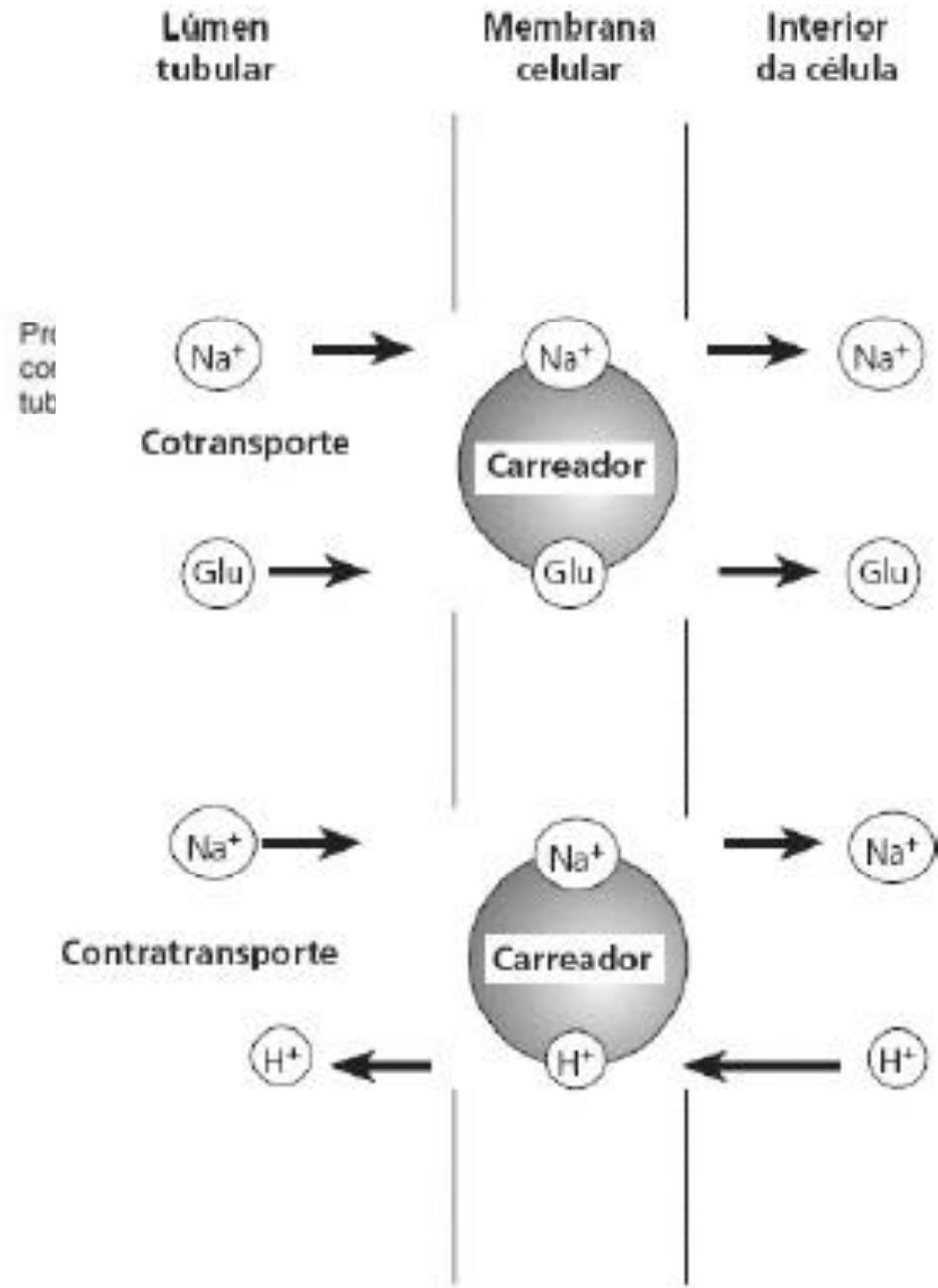


Reabsorção tubular



Reabsorção de sódio (Na^+)

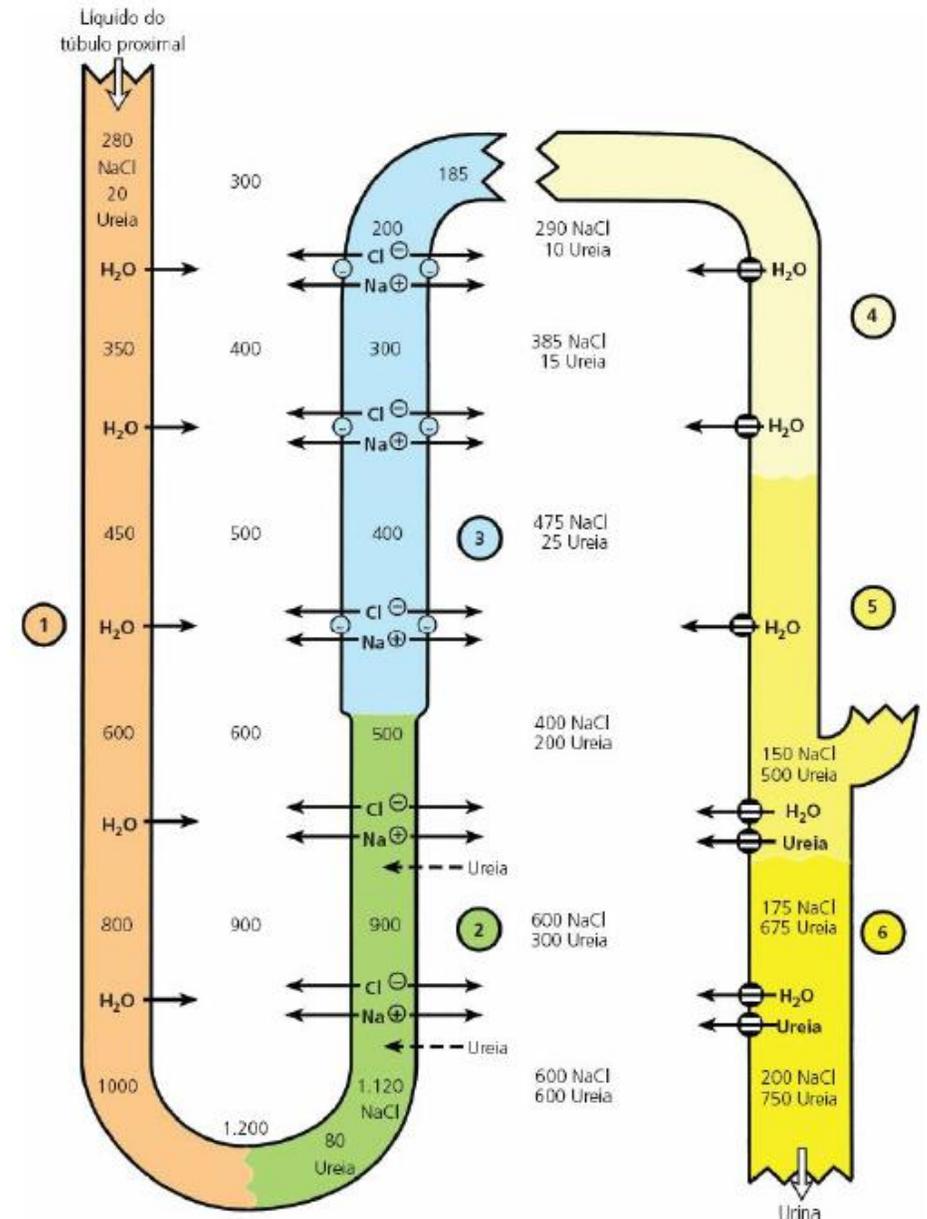
- Transporte de Na^+ gera um gradiente eletroquímico
- Energia proveniente da Na^+/K^+ -ATPase
- **Cotransporte:**
 - proteínas carreadoras de Na^+ acoplado à glicose ou aminoácidos
- **Contratransporte:**
 - secreção de íons H^+ pelas céls. epiteliais dos túbulos.
- Transporte impulsionado por cloreto



Mecanismo de contracorrente

Sistema multiplicador por contracorrente

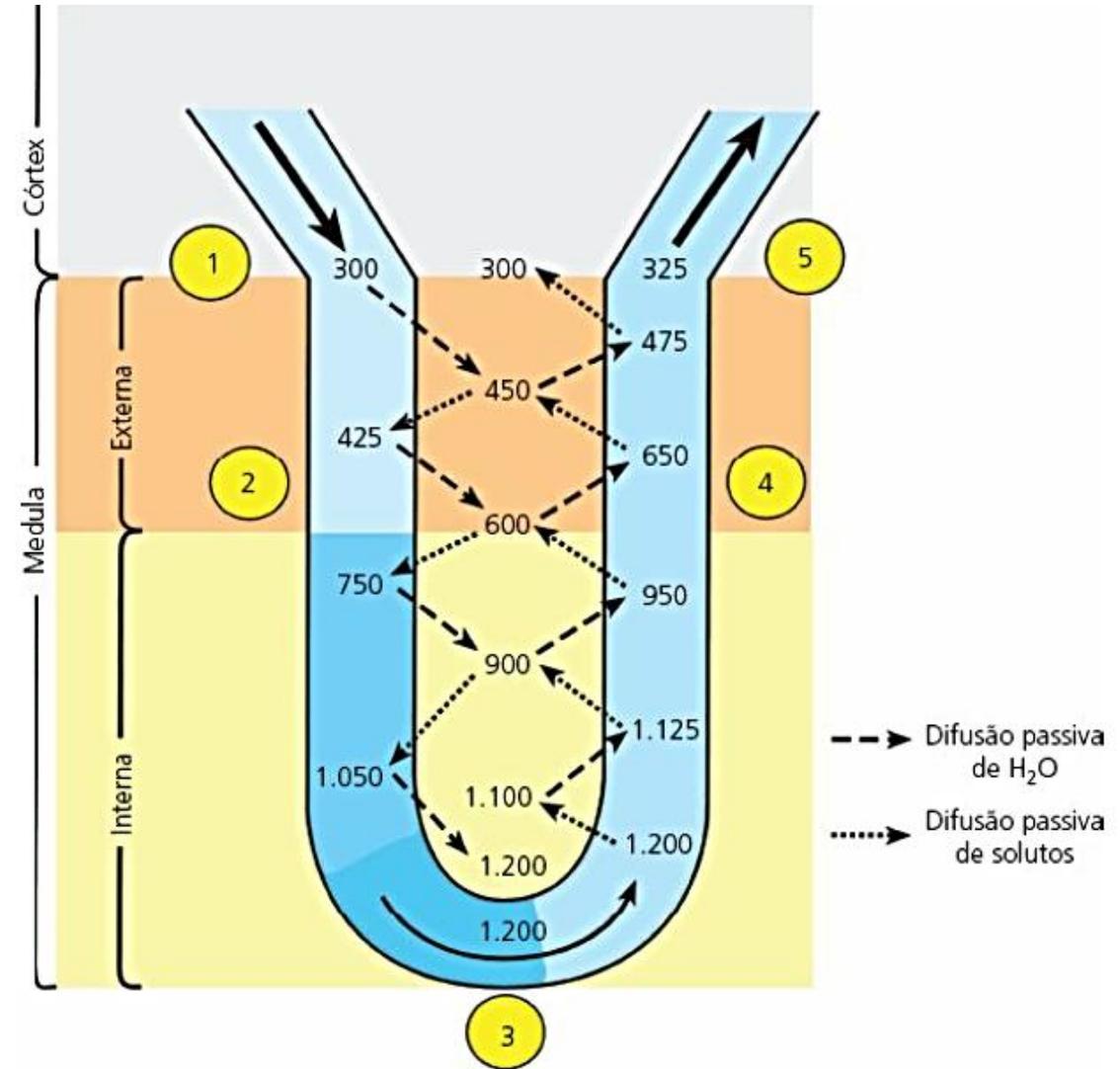
- **Ramo descendente da alça de Henle:**
 - Permeável a água mas impermeável a solutos.
- **Segmento delgado do ramo ascendente:**
 - Permeável ao NaCl e impermeável à água.
- **Segmento espesso do ramo ascendente:**
 - Transporte ativo do NaCl e retenção de água.
- **Ducto coletor medular interno:**
 - Recirculação da ureia → Regulada por ADH



Mecanismo de contracorrente

Sistema de troca por contracorrente

- **Vasos retos:**
 - Permeáveis à água e solutos em toda extensão
 - Nos ramos descendentes há efluxo de água e influxo de solutos por osmose
 - Nos ramos ascendentes há influxo de água e efluxo de solutos por osmose
 - Manutenção do gradiente medular vertical
 - Transporte de solutos ligeiramente maior na saída em relação à entrada.



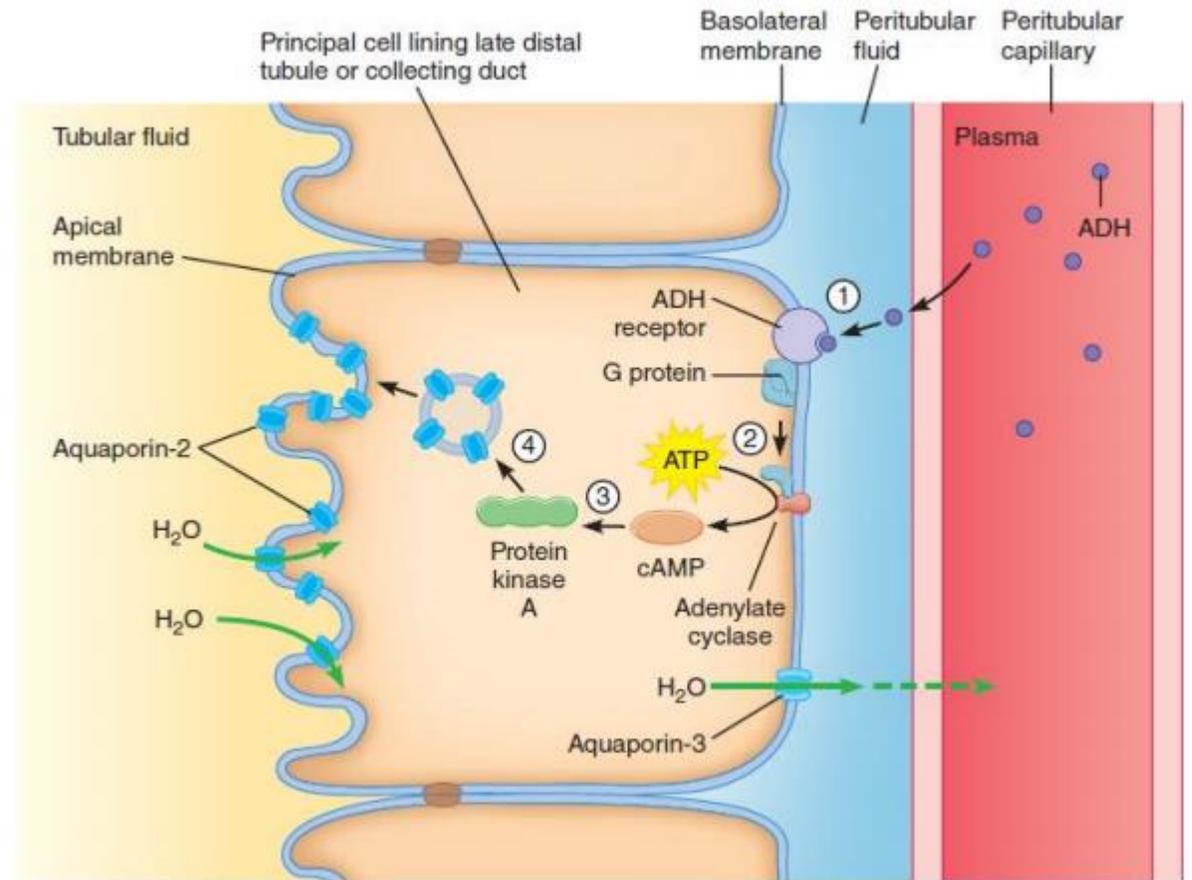
ADH e concentração da urina

- Peptídeo secretado pela neuro-hipófise
- Atua nas céls. epiteliais dos túbulos e ductos aumentando a permeabilidade à água

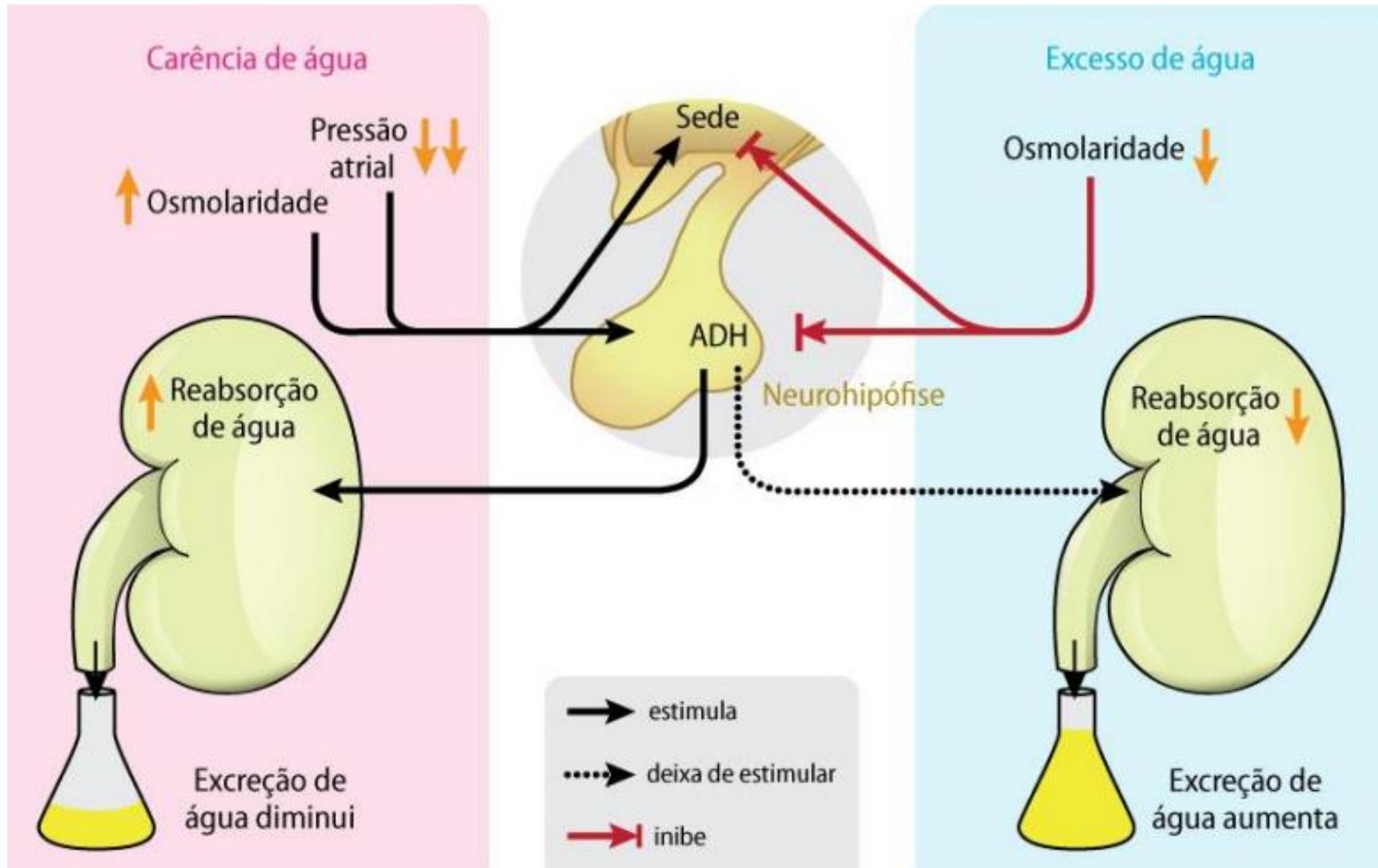
↑ ADH → ↑ Reabsorção de água



Urina mais concentrada



Regulação do balanço hídrico



Regulação da volemia

Sistema renina-angiotensina-aldosterona

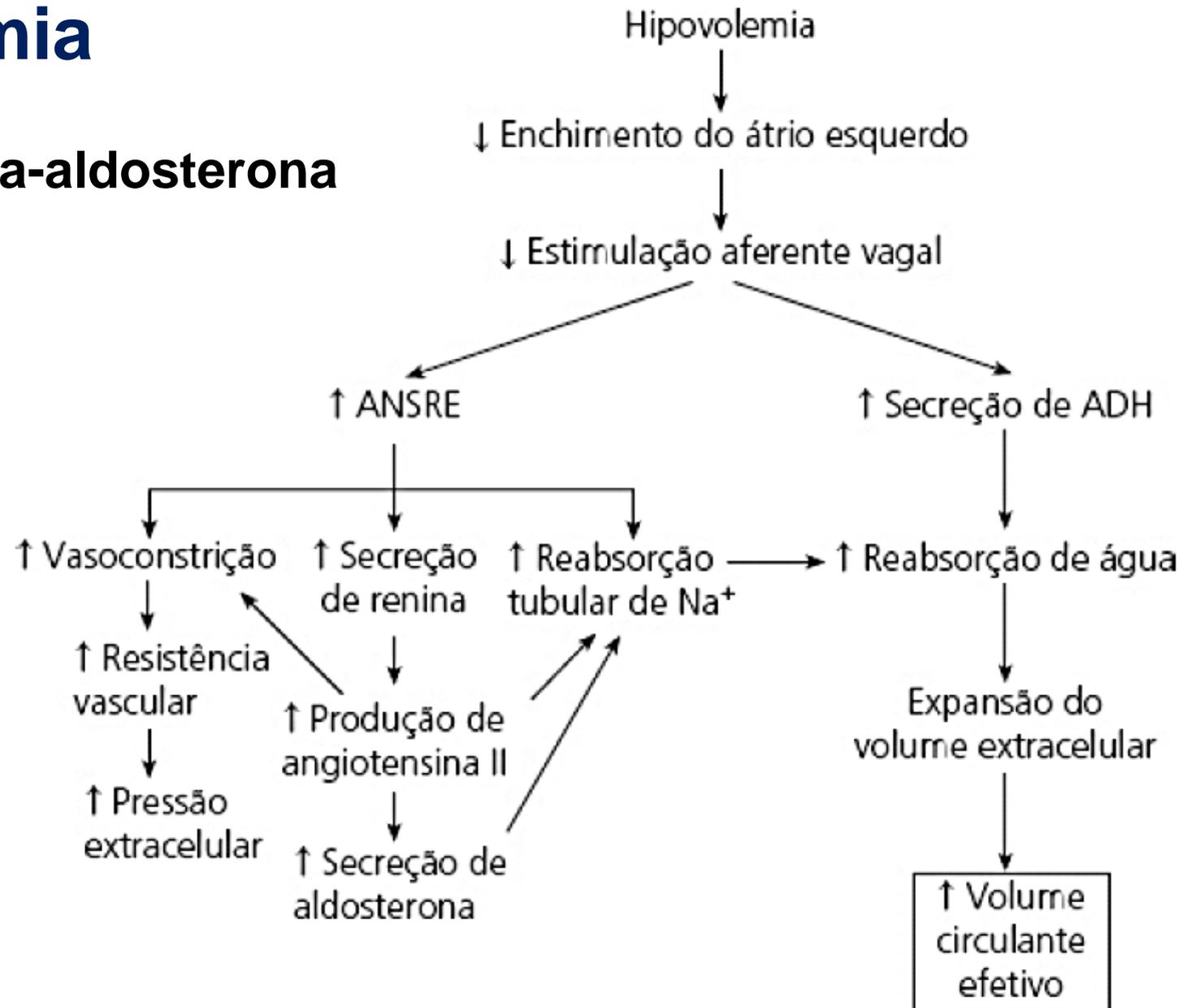
HIPOVOLEMIA



NORMOVOLEMIA

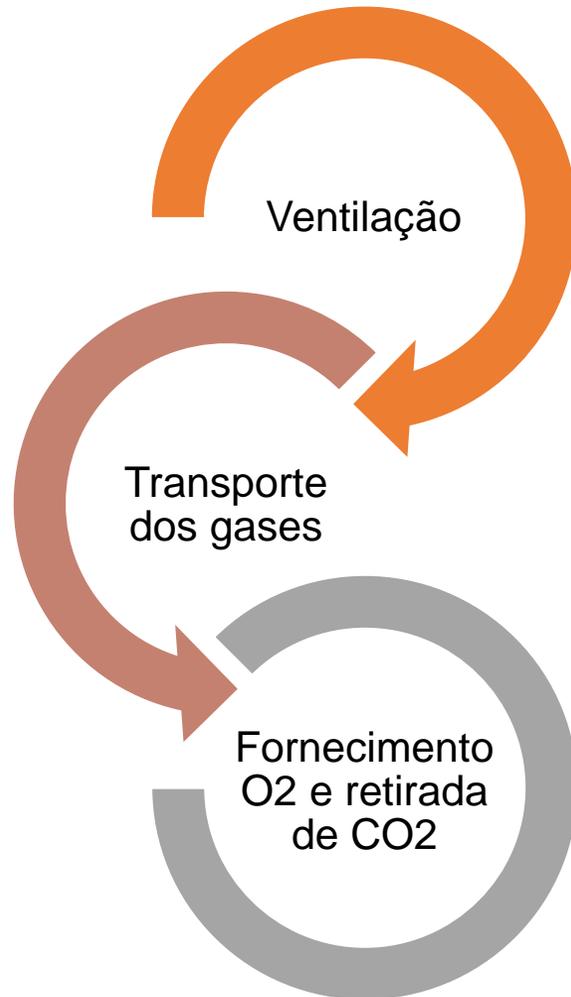


HIPERVOLEMIA



FUNÇÃO RESPIRATÓRIA

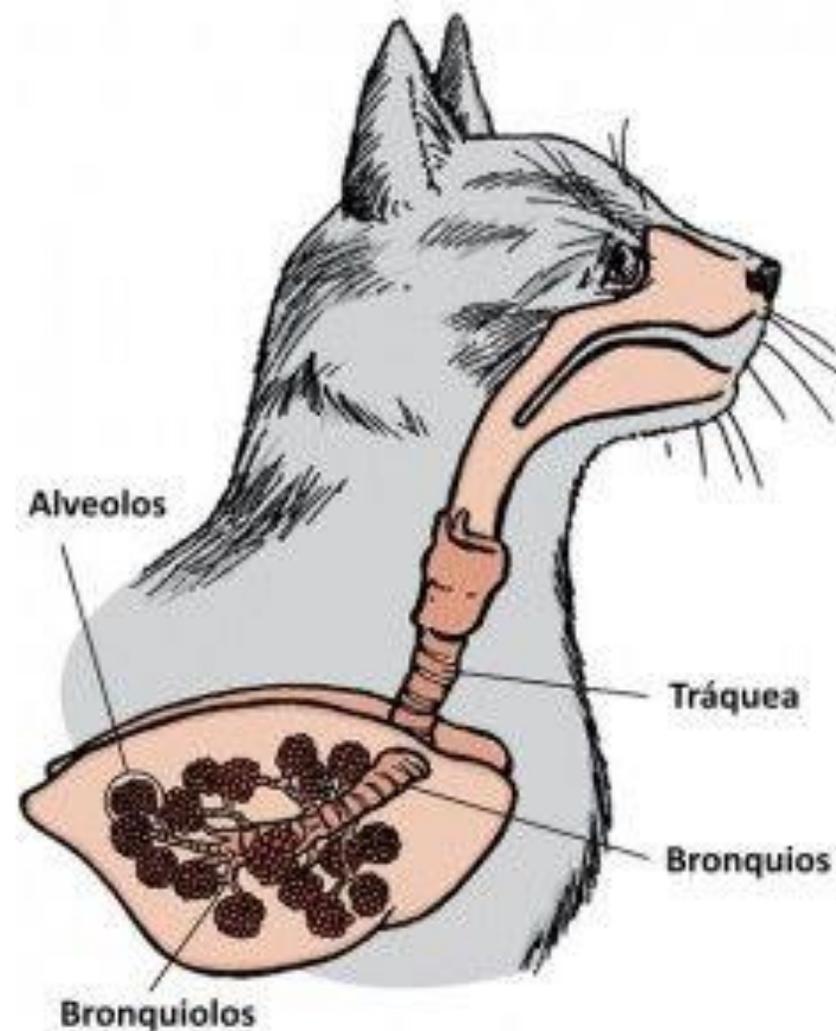
Respiração



Ventilação =
Volume Corrente x Freqüência Respiratória
(VE) = (Vc)x(fR)
mL/min mL ciclos/min

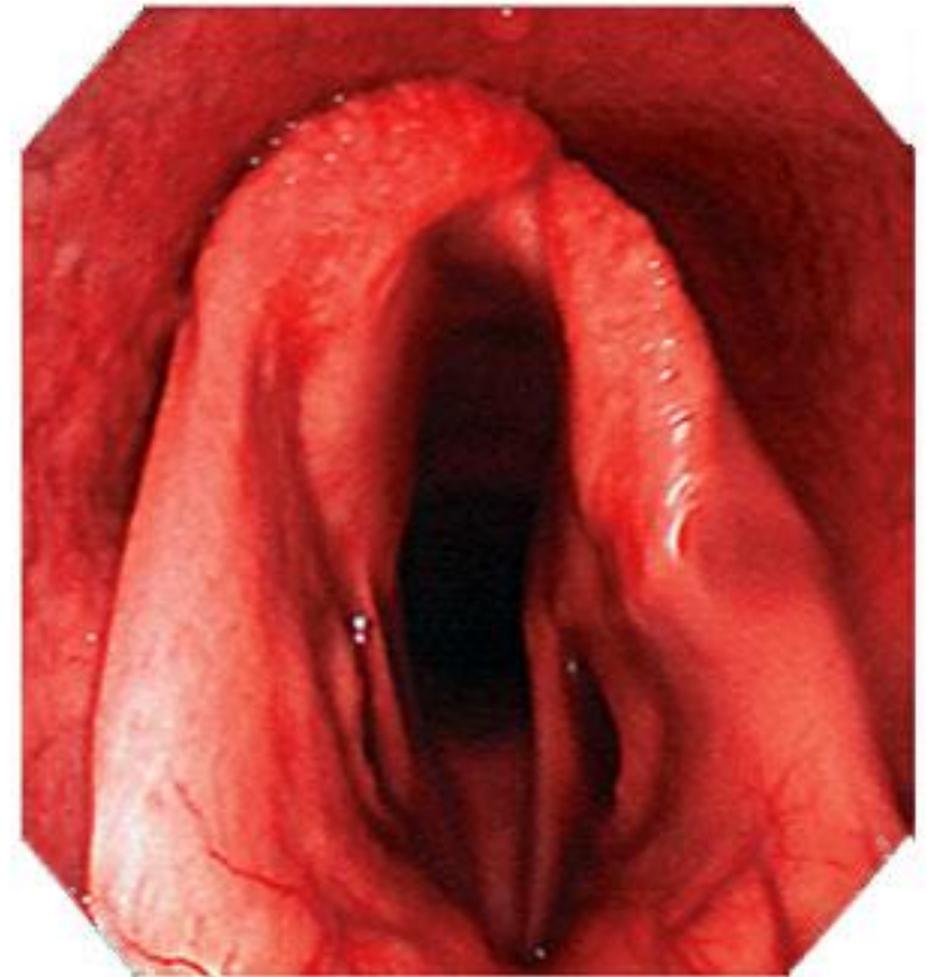
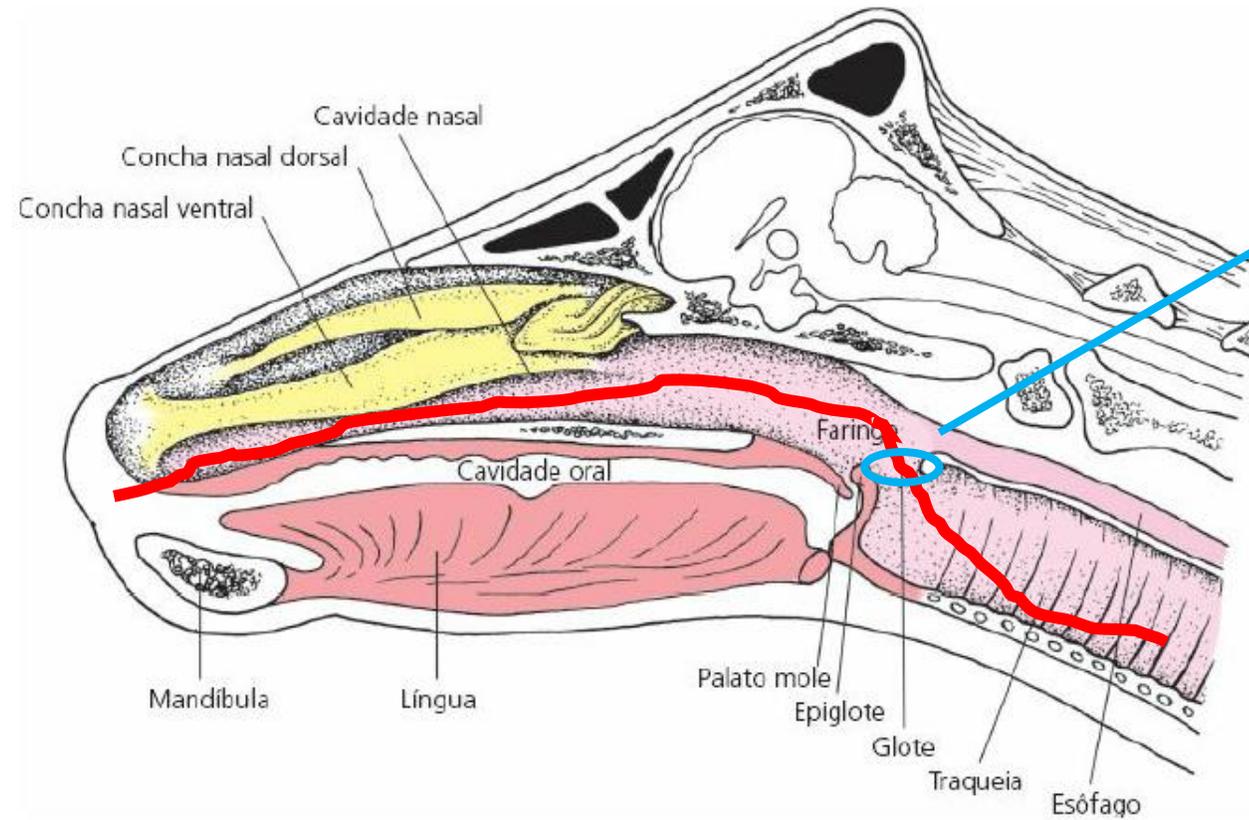
Anatomia

- Zona de condução
- Zona respiratória



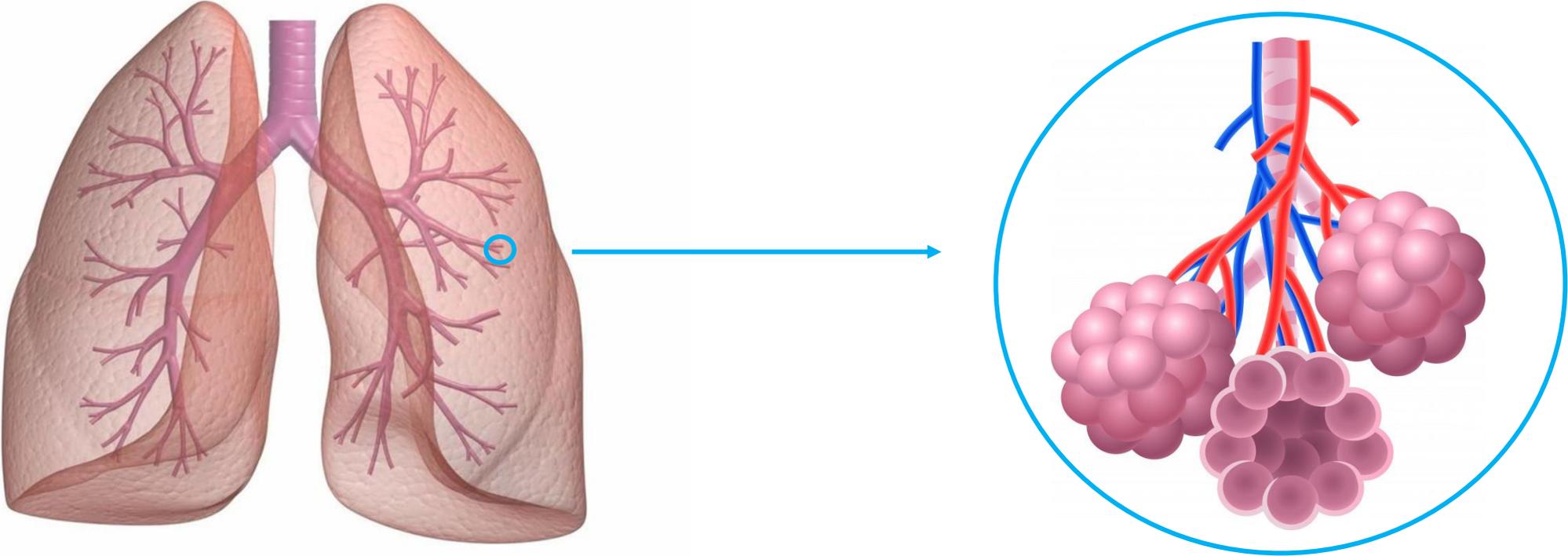
Anatomia

Zona de condução



Anatomia

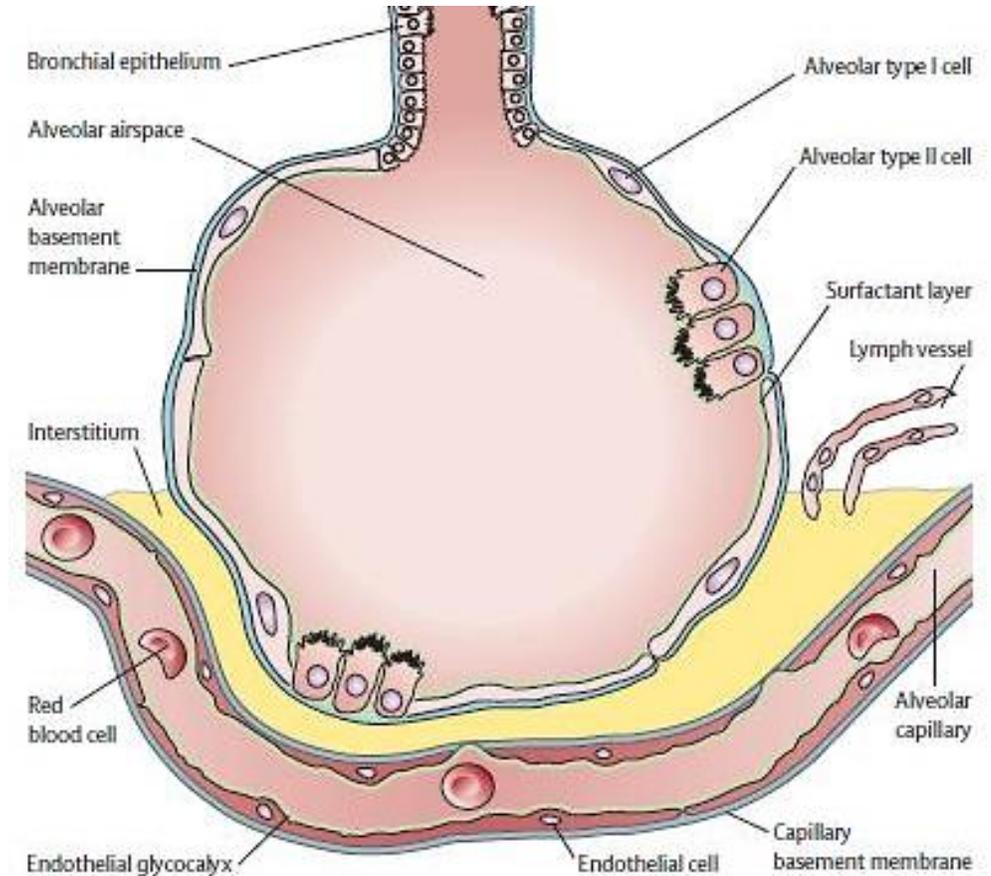
Zona de respiratória



Anatomia

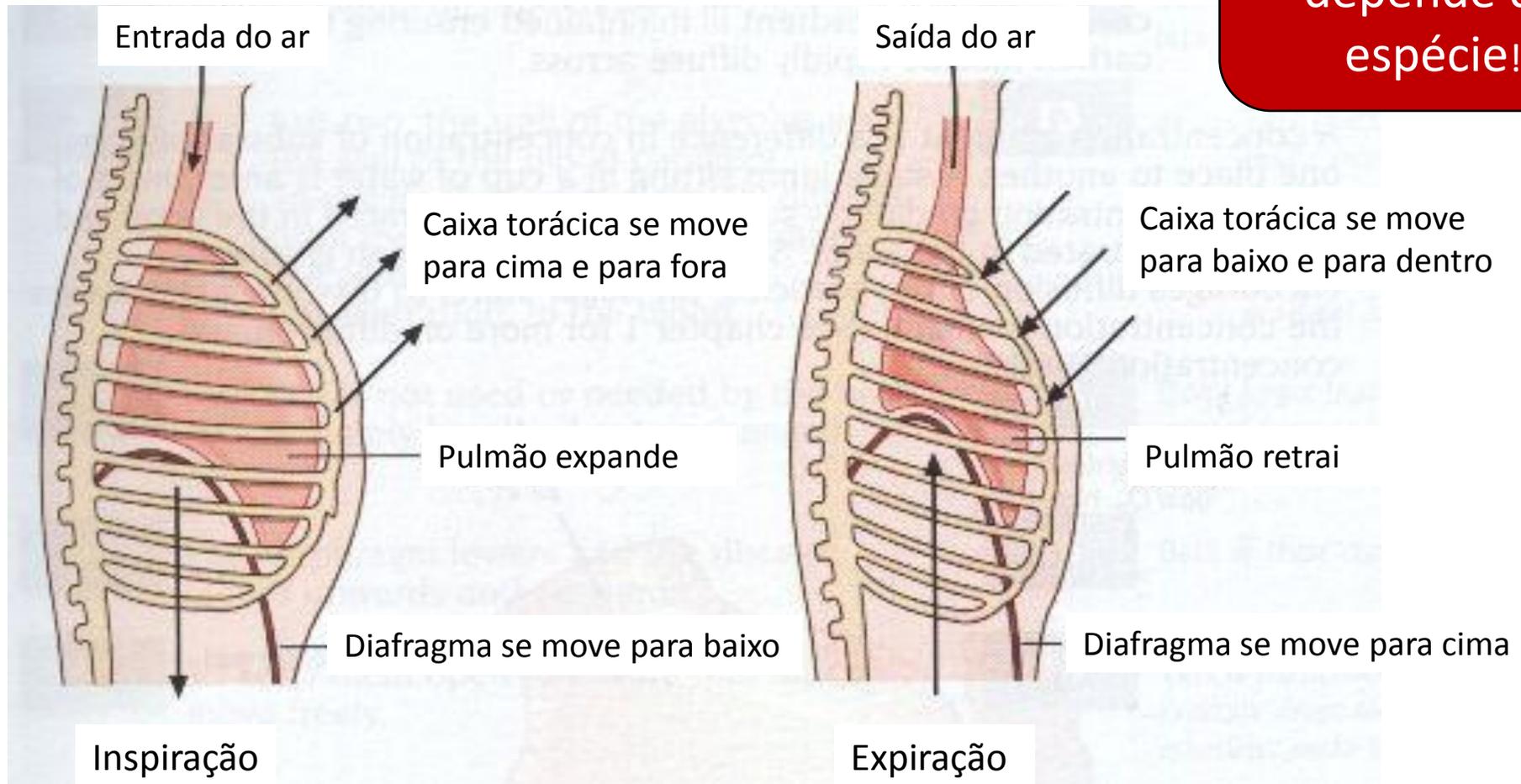
Zona de respiratória

- Alvéolos
- Grande área de superfície com uma barreira fina (duas camadas celulares)
- Separa o sangue do ar
- Excelente condição para trocas gasosas



Movimentos respiratórios

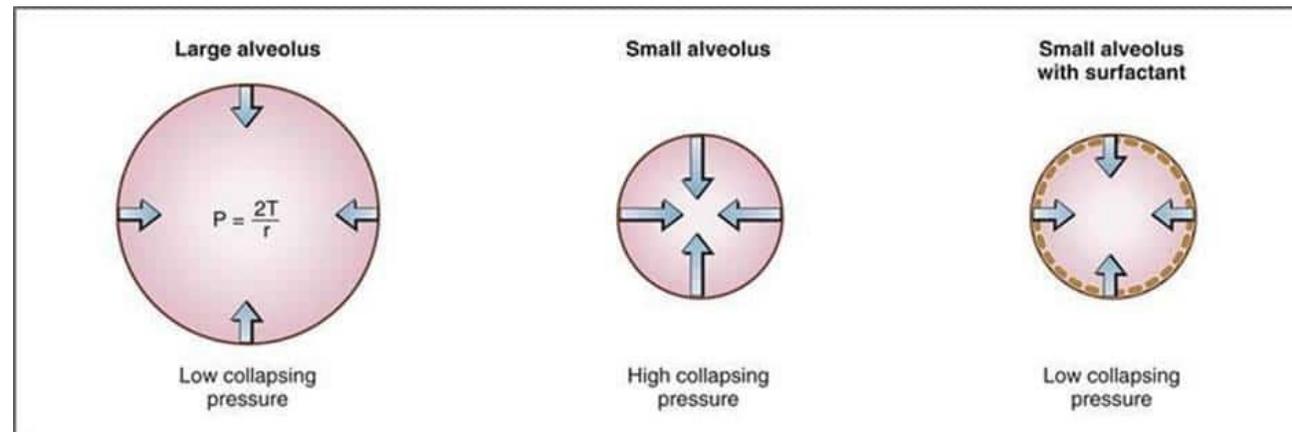
O padrão respiratório depende da espécie!



Tendência do pulmão à retração

Falta de surfactante:
Síndrome da insuficiência respiratória

- Tensão superficial do fluido de revestimento
 - contraposta pelo surfactante (lipoproteína).
- Estiramento das fibras de elastina e colágeno na inflação
 - contraposto pela conexão mecânica do pulmão ao tórax (pleuras).



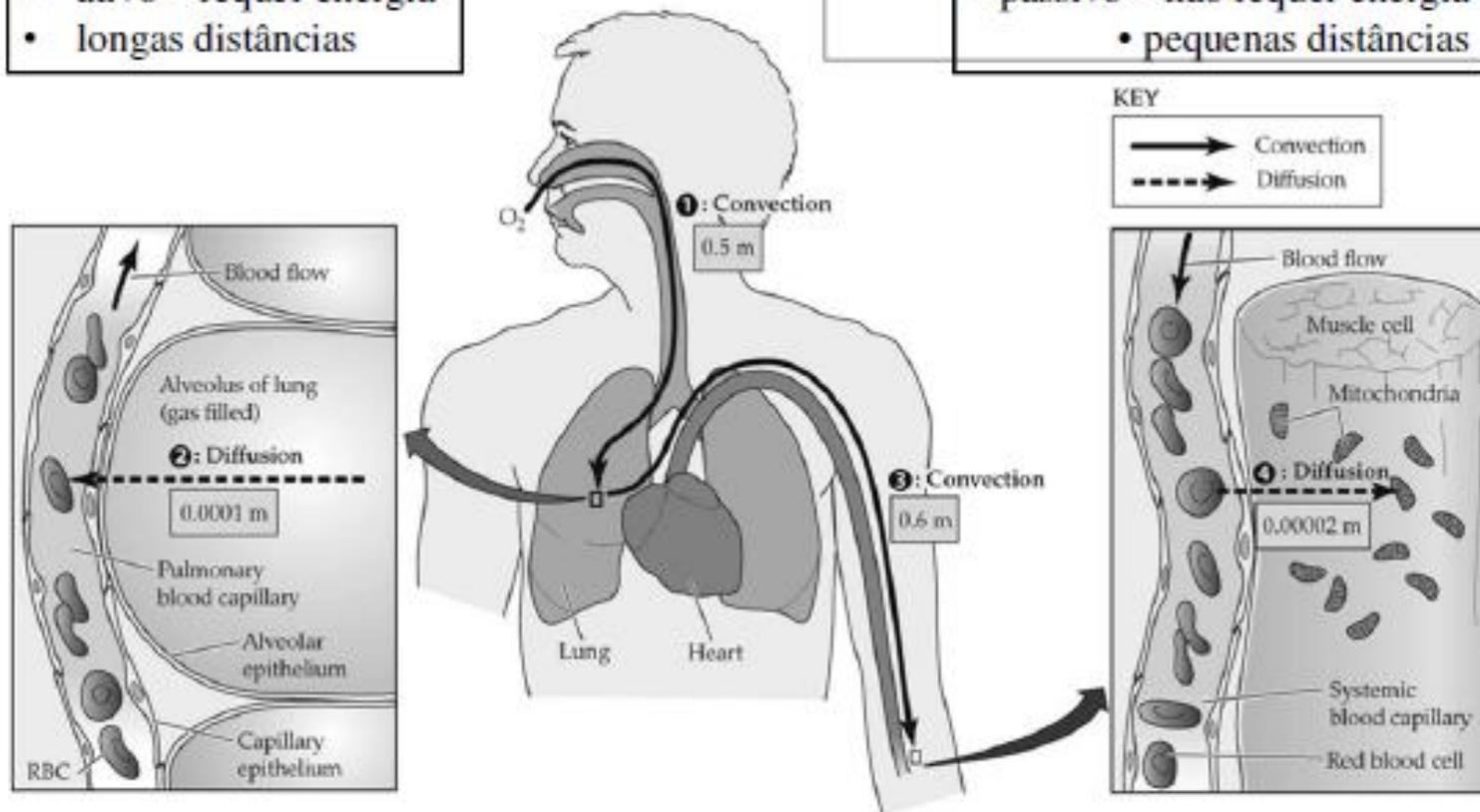
Difusão e convecção

Convecção (1 e 3)

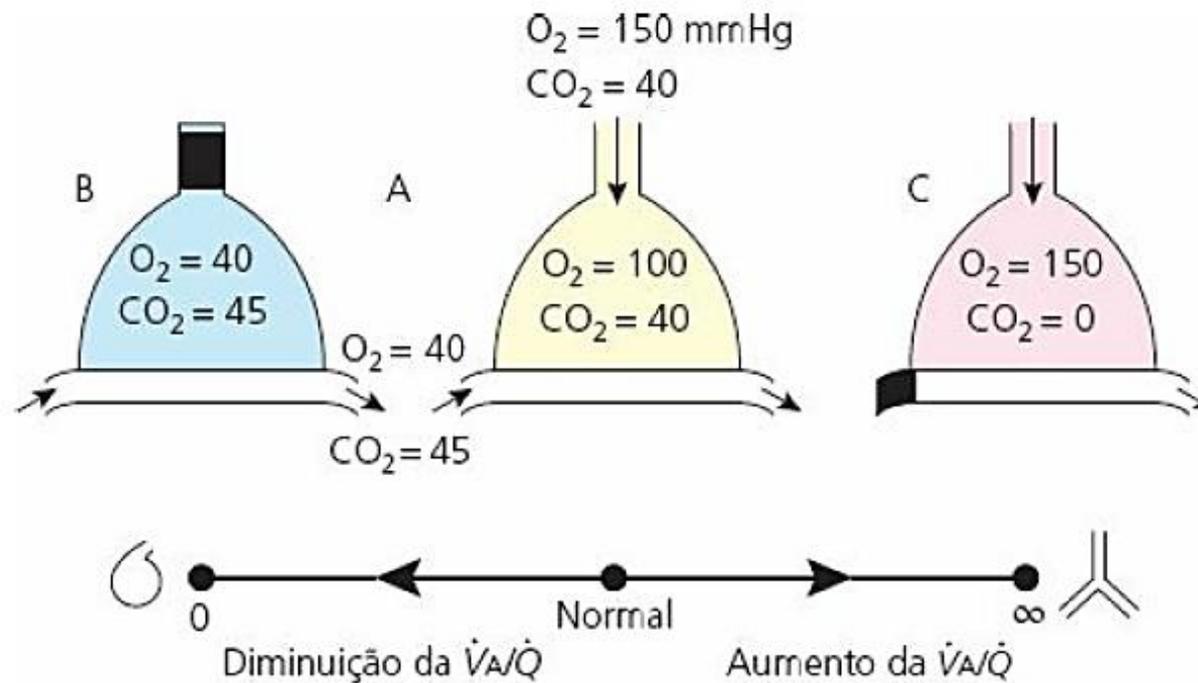
- ativo – requer energia
- longas distâncias

Difusão (2 e 4)

- passivo – não requer energia
- pequenas distâncias



Relação ventilação perfusão



Transporte de oxigênio

Dissolvido no plasma

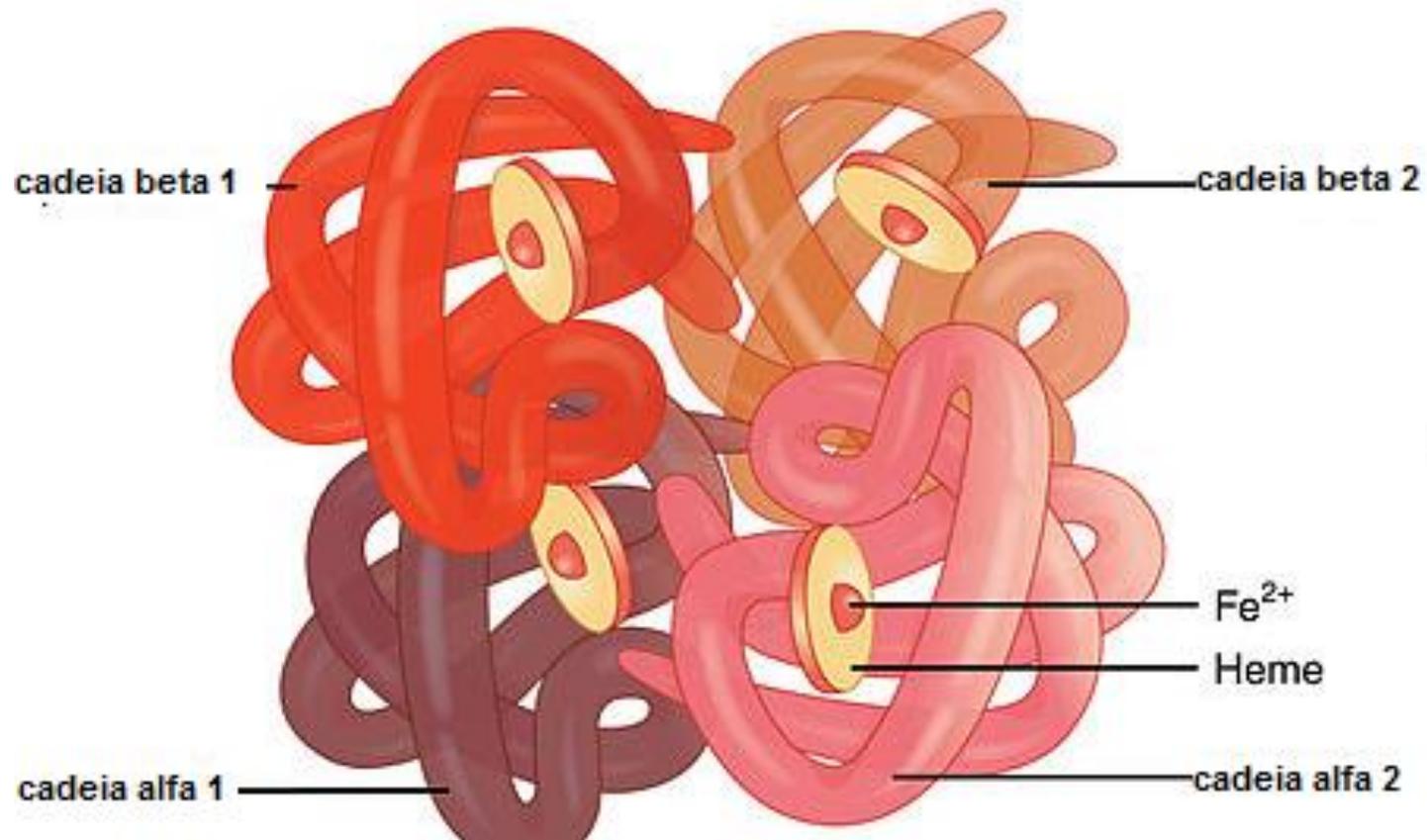
- ~ 2%

Ligado à hemoglobina

- ~ 98%

Transporte de oxigênio

Hemoglobina

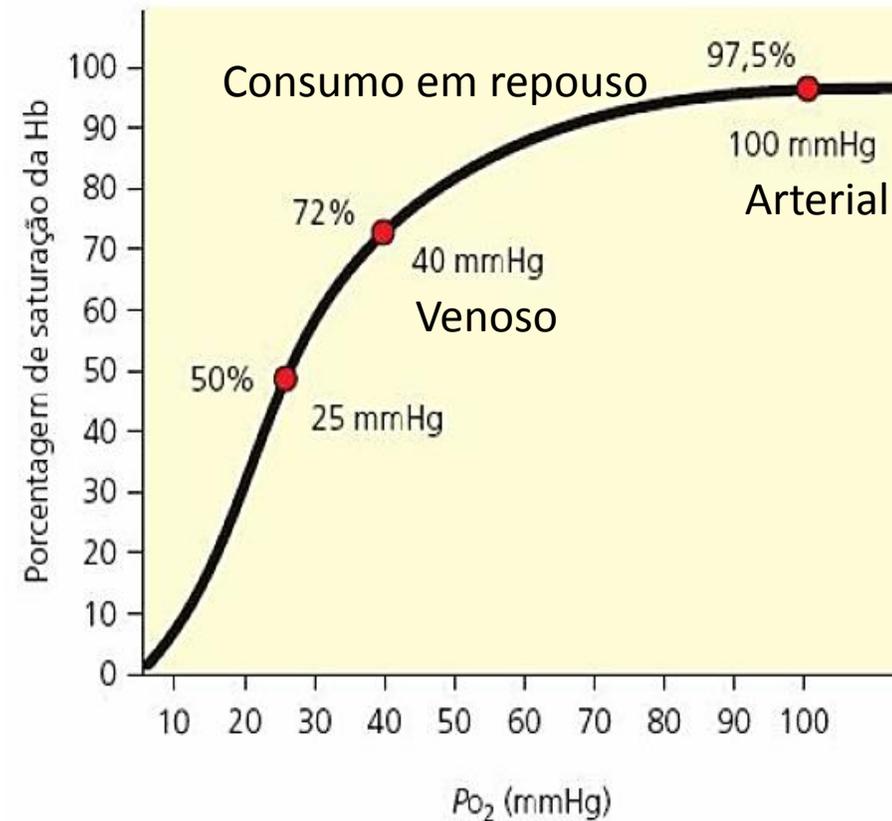


Transporte de oxigênio

Dissociação oxigênio - hemoglobina

- Captação e liberação de hemoglobina
- Lei de Henry: A quantidade dissolvida de O₂ é proporcional à PO₂
- Tampão do O₂ pela Hb
 - ↓ PO₂ ↑ Dissociação O₂-Hb

Efeito Bohr



Transporte de oxigênio

Anemia e policitemia

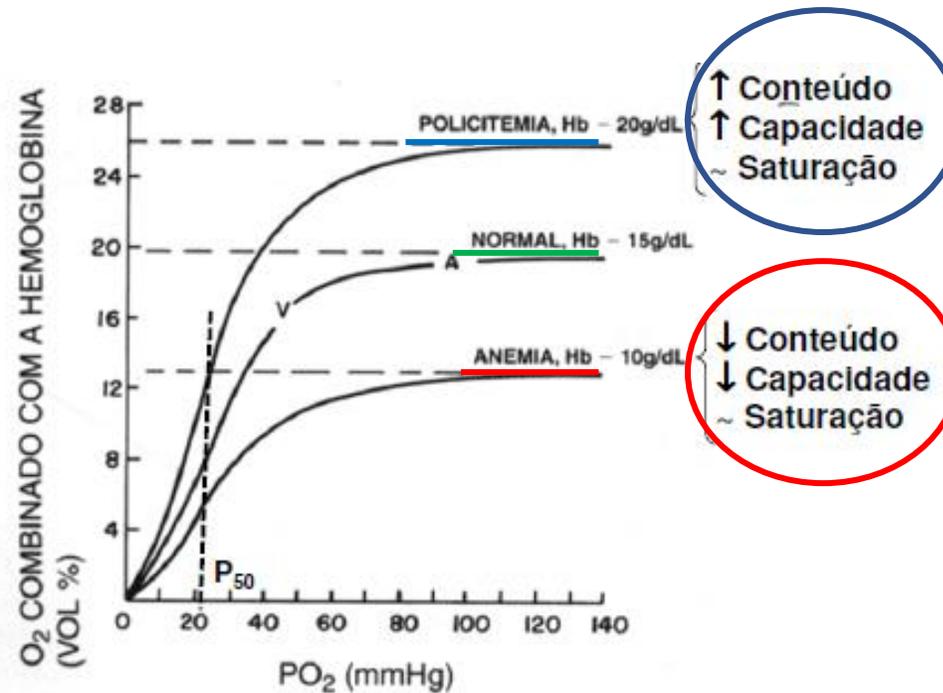
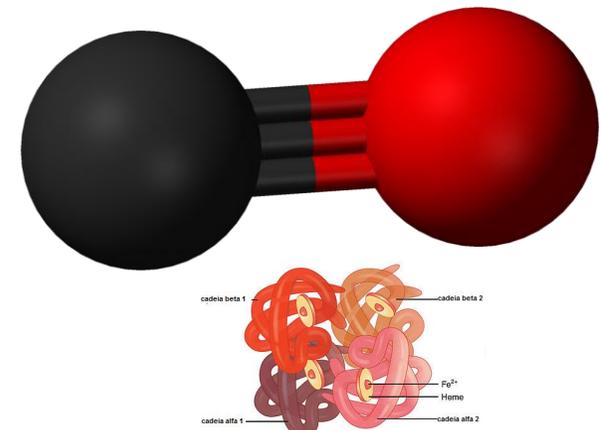


Fig. 47.2 A curva de dissociação da oxiemoglobina do sangue normal (hemoglobina [Hb] = 15g/dL), anêmico (Hb = 10g/dL), e policitêmico (Hb = 20g/dL). A quantidade de oxigênio combinada com a hemoglobina (isto é, o teor de oxigênio) está representada como função da tensão de oxigênio (PO₂). A, arterial; V, venoso.

Monóxido de carbono

- Afinidade HbCO 250x > HbO₂
- PaO₂ não muda (sem estímulo para quimiorreceptores),
- Não apresenta cianose (CO liga no mesmo sítio do O₂)



Exercício físico

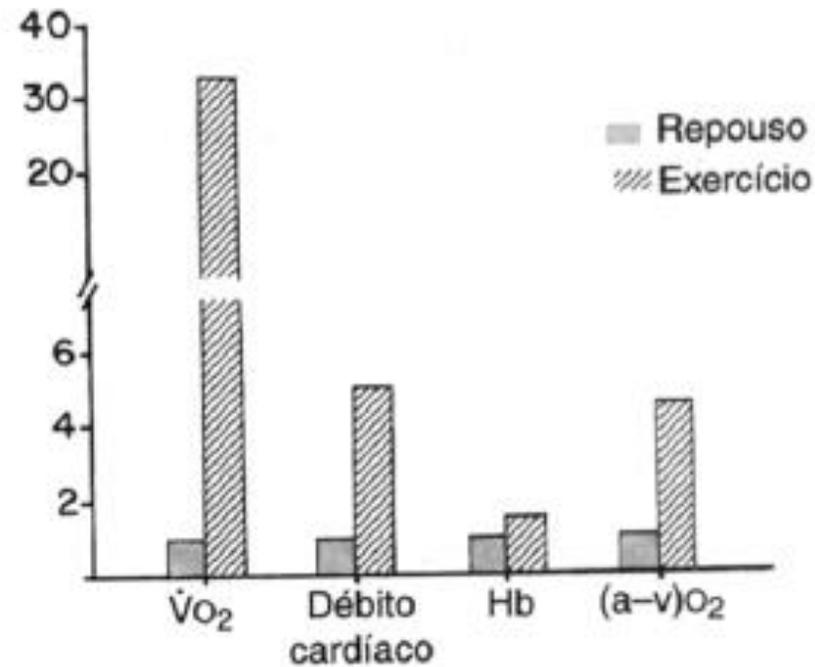


Fig. 47.7 Consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), débito cardíaco, nível de hemoglobina (Hb) e diferença arteriovenosa de oxigênio [(a-v) O_2] em um cavalo em repouso e durante o exercício extenuante em um galope. O aumento de 30 vezes no $\dot{V}O_2$ é acompanhado por um aumento de 5 vezes no débito cardíaco, um aumento de 50% na hemoglobina e um aumento de 4 vezes na (a-v) O_2 .

Transporte de Dióxido de Carbono

Dissolvido no plasma

Bicarbonato

Ligado à proteínas (carbamino) - Hb

Transporte de Dióxido de Carbono

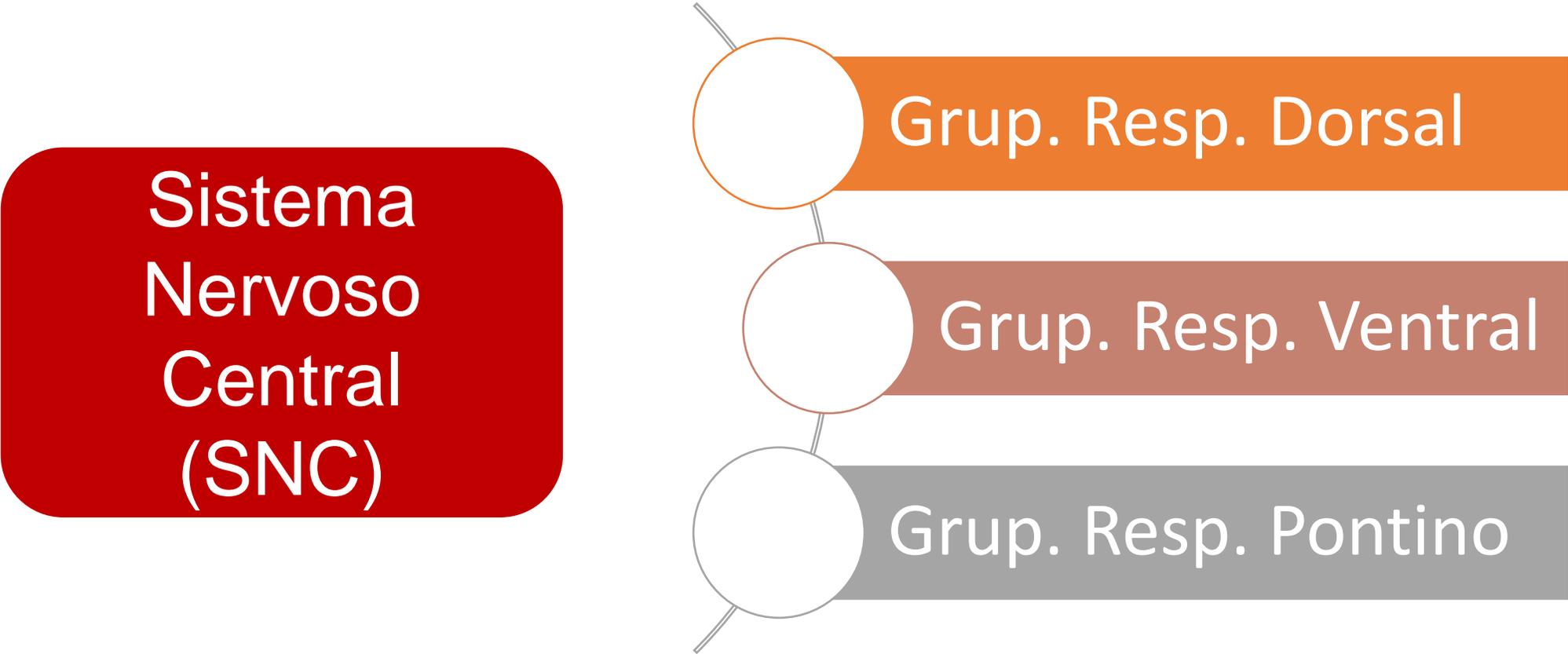
- Efeito contrário do transporte de oxigênio
- Captação de CO₂ pelas hemoglobinas

Efeito
Haldane

PaCO₂ exacerbada
pode provocar
distúrbios nervosos,
como convulsões

Regulação da ventilação

Sistema
Nervoso
Central
(SNC)



Grup. Resp. Dorsal

Grup. Resp. Ventral

Grup. Resp. Pontino

Regulação da ventilação

Grupo Respiratório Dorsal (GRD)

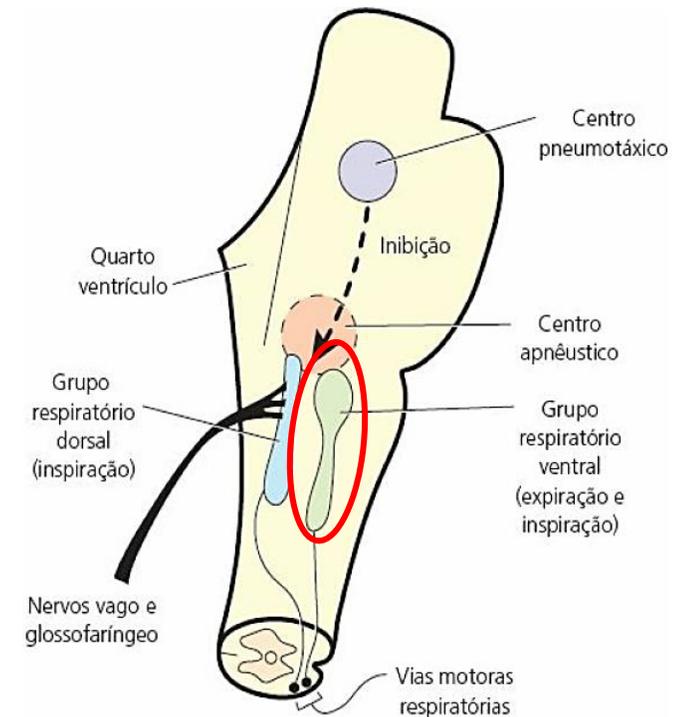
- **Inspiração** e expiração
- Quimiorreceptores periféricos (PaO_2 , pH e PaCO_2) e receptores de estiramento
- **Principais iniciadores da atividade do nervo frênico** (inerva o diafragma)
- Modula ação do GRV



Regulação da ventilação

Grupo Respiratório Ventral (GRV)

- Inspiração e **expiração**
- **Atuam nos motoneurônios - músculos intercostais e abdominais**
- Modula ação do GRD – inibe neurônios inspiratórios
- Ritmo respiratório



Regulação da ventilação

Grupo Respiratório Pontino (GRP)

- **Neurônios inspiratórios e expiratórios**
- Não é essencial para a geração do ritmo respiratório
- **Ajuste fino da ventilação**



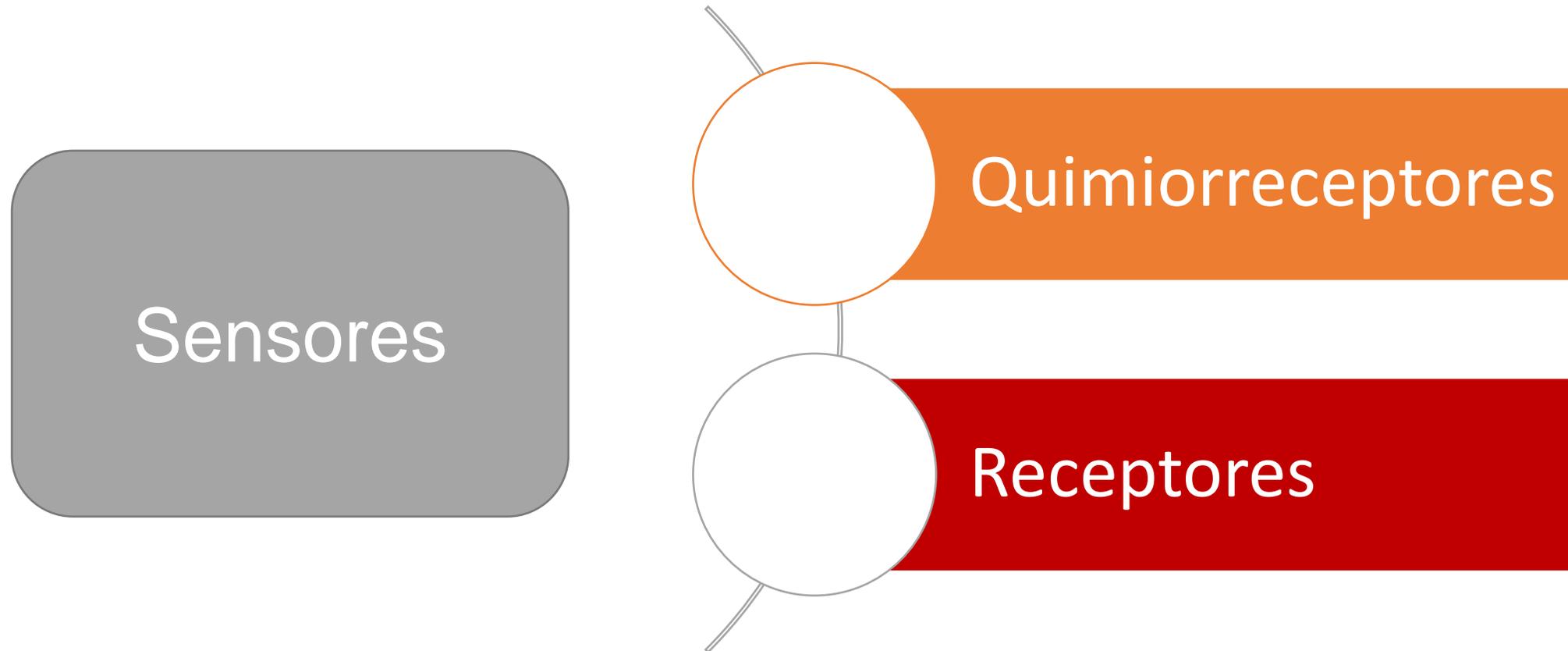
Regulação da ventilação

Centro apnêustico

- Efeitos excitatórios sobre os neurônios inspiratórios bulbares
- GRD
- GRV



Regulação da ventilação



Regulação da ventilação

Quimiorreceptores

- Centrais e periféricos
- Controle minuto a minuto
- 80-90% resposta ventilatória ao CO₂ – controle da PaCO₂ e PaO₂
- Regulação a curto prazo
- Resposta aguda à acidose metabólica

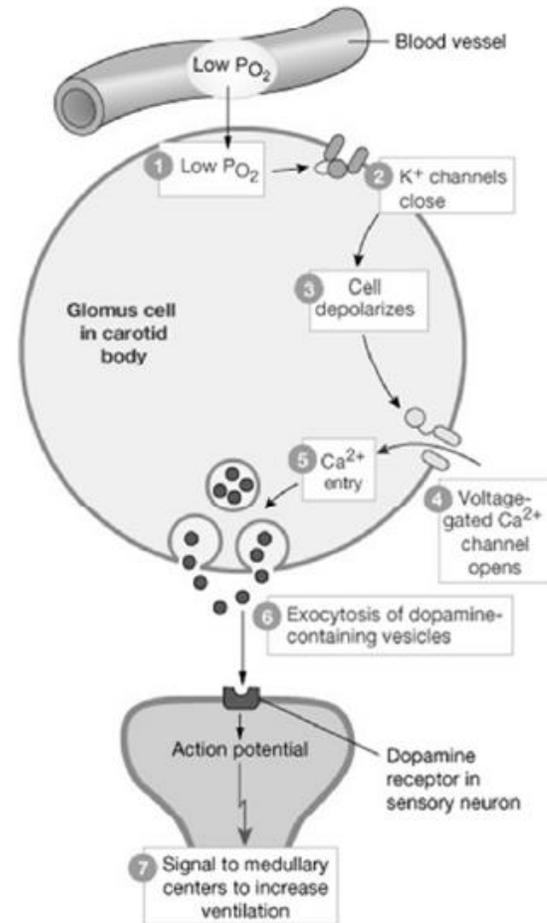
Regulação da ventilação

Quimiorreceptores

Quimiorreceptores Arteriais

Resposta à queda da PaO_2

mamífero

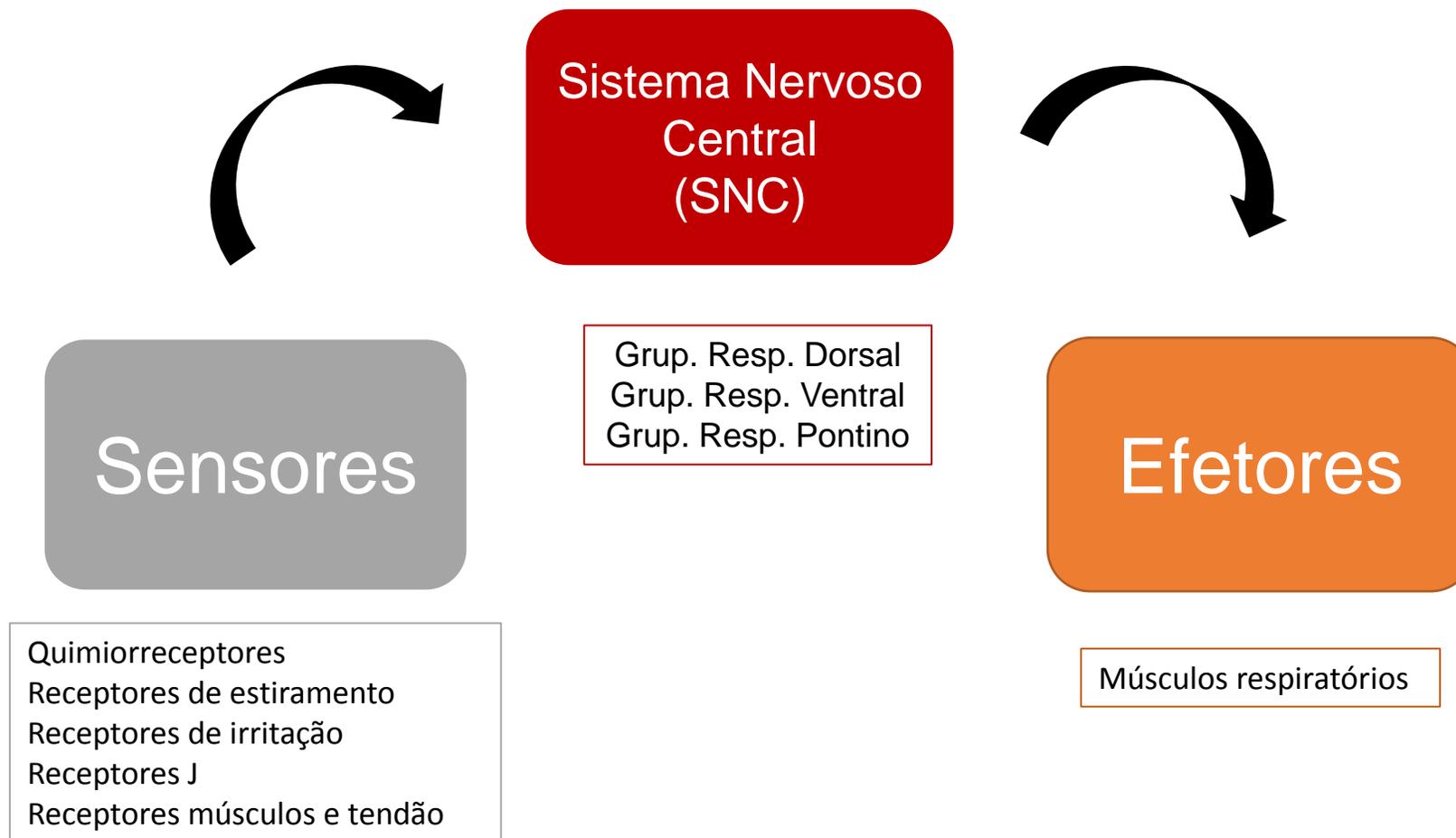


Regulação da ventilação

Receptores

- Estiramento - Pulmonares de adaptação lenta (aferência vagal), reflexo de Hering-Breuer (insulflação pulmonar inibe inspiração)
- Receptores de irritação - induzem tosse, proteção das vias aéreas
- Receptores “J” – Composição do sangue ou distensão do interstício
- Receptores dos Músculos, Tendões e Articulações – Resposta ao exercício
- Receptores sensíveis ao CO₂ – olfatórios e intrapulmonares

Regulação da ventilação



EQUILÍBRIO ÁCIDO-BASE

Equilíbrio Ácido-Base

- Regulação da $[H^+]$ - essencial;
- $[H^+]$ - normalmente mantém-se em nível baixo; Ex: $[Na]$ muito maior;

$$pH = \log 1/[H^+] = -\log [H^+]$$

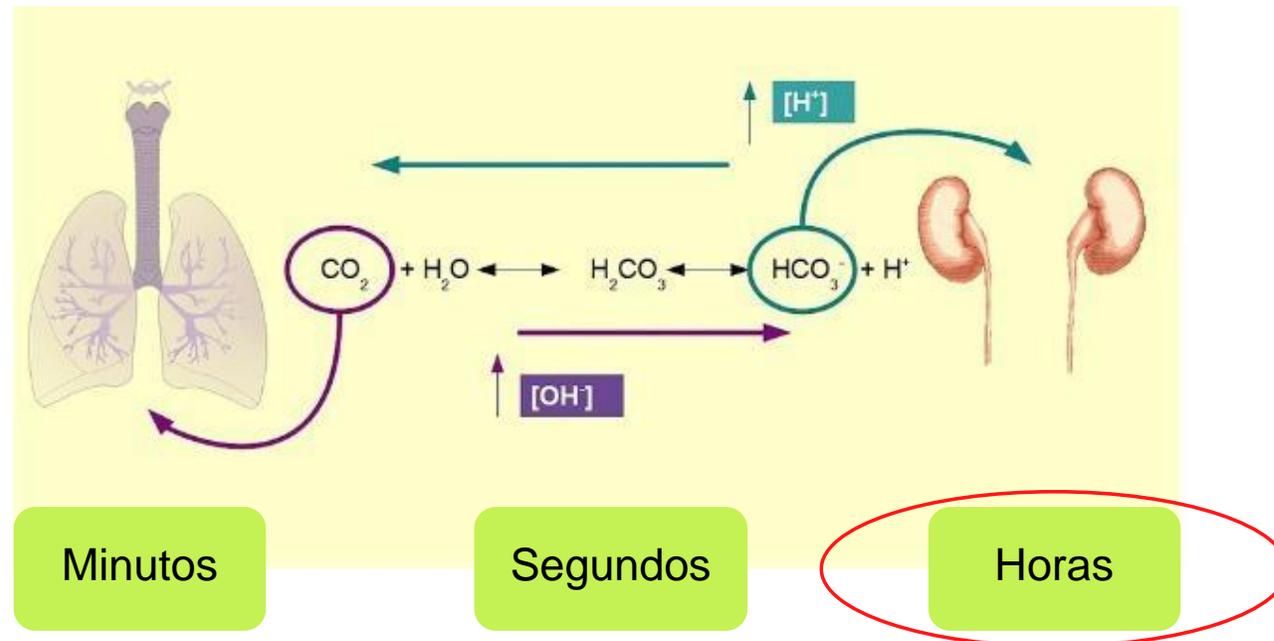
142
mEq/L

$H^+ =$
0,0004

- $pH \dots \rightarrow$ **Ácido** **Base**
- Reações enzimáticas nas células ocorrem em faixa estreita de pH;
- pH do LEC: 7,35 - 7,45;
- Alterações na $[H^+]$: Alcalose (7,45 - 7,60) e Acidose (7,35 - 7,20)

Manutenção do equilíbrio

- Reação de hidratação: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- Manutenção da $[\text{H}^+]$: sistemas tampões químicos, sist. respiratório e renal;



Sistemas Tampões Químicos

- Mistura de ácido fraco + base;

 < desvio de pH

- Equação de Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{Base}]}{[\text{Ácido}]}$$

- Importância: consumo/produção de H⁺ é de 80 mEq, mas a [H⁺] no LEC é de aprox. 0,00004 mEq.

Sistema Tampão de Bicarbonato

- H_2CO_3 (ác.) + HCO_3^- (b);
- Reação com ácido forte e base forte:



- Fontes de CO_2 total no plasma: CO_2 dissolvido, ácido carbônico e íons bicarbonato;
- CO_2 e ácido carbônico: equilíbrio pela água



$$\text{pH} = \text{pK}_a + \frac{[\text{HCO}_3^-]}{a\text{PCO}_2}$$

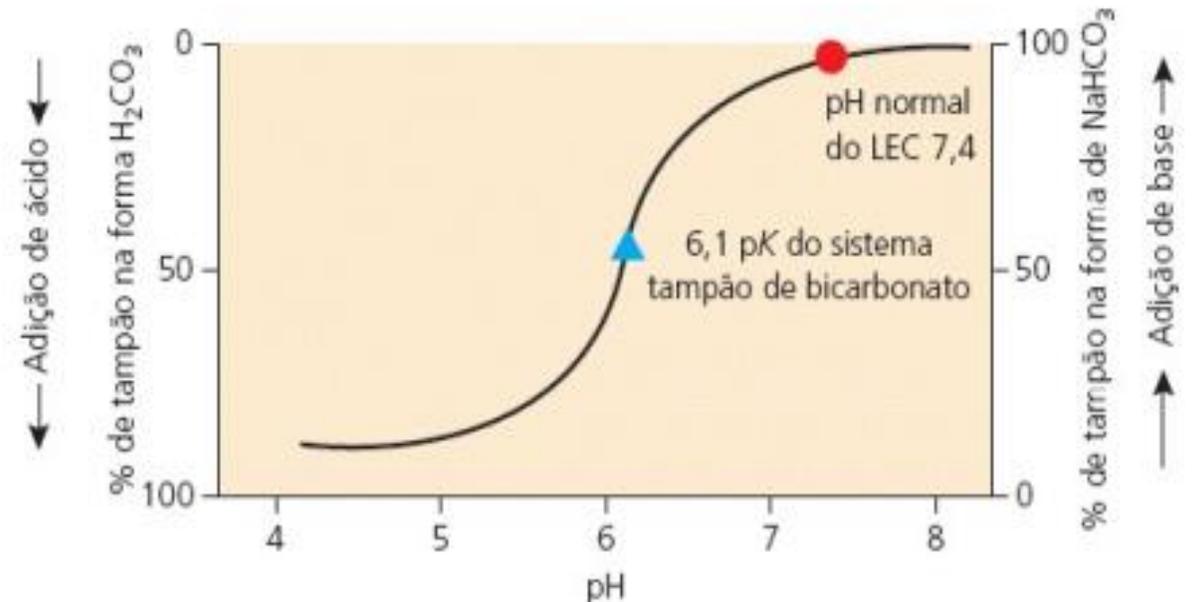


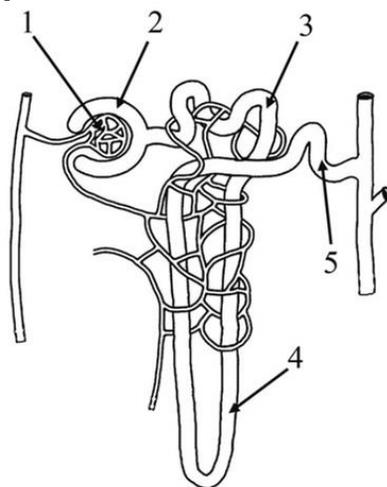
Figura 13.1 Curva de titulação do sistema tampão de bicarbonato. O pH (6,1) é igual à pK quando a base (NaHCO_3) e o ácido (H_2CO_3) são iguais, o que representa o poder de tamponamento máximo

Sistema Tampão de Fosfato

- NaH_2PO_4 (ác. fraco) e Na_2HPO_4 (base);
- Reação com ácido é semelhante ao sistema tampão de bicarbonato:



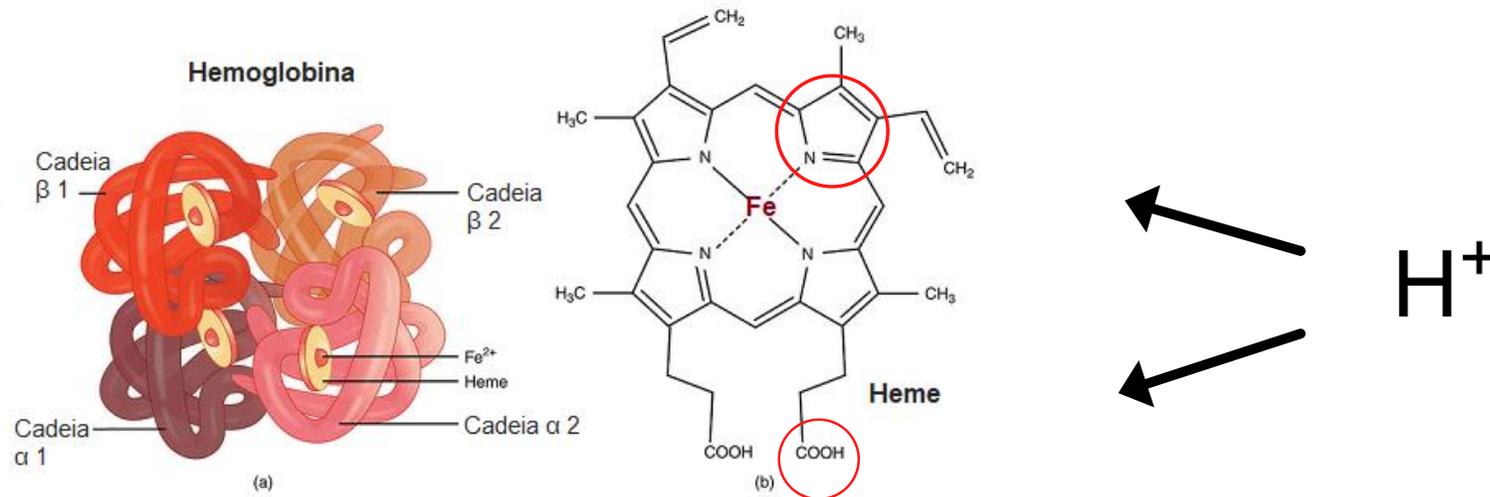
- Menor concentração no LEC em relação ao tampão bicarbonato;
- Mais importante no LIC - maior [] e pKa (6,8);



- $> [\text{PO}_4]$ pela maior reabsorção de água
- pH do LTub. mais ácido do que pH LEC - mais prox. pKa

Sistema Tampão: Hemoglobina e outras proteínas

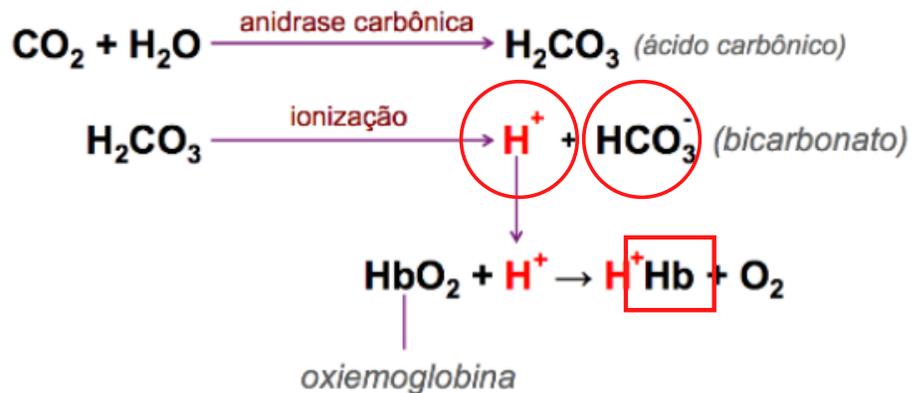
- Proteínas: grande número de grupos ácidos e básicos;
- Proteínas das células
- Hemoglobina: tampão por ácidos e bases + grupos imidazol da histidina



- Princípio iso-hídrico: sincronia entre os tampões - compartilhamento de H^+

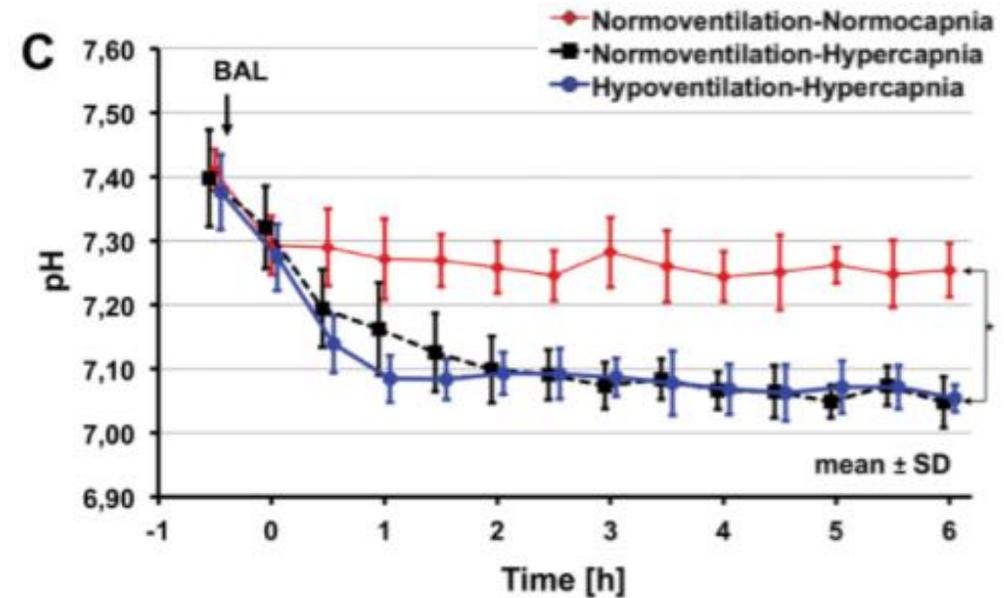
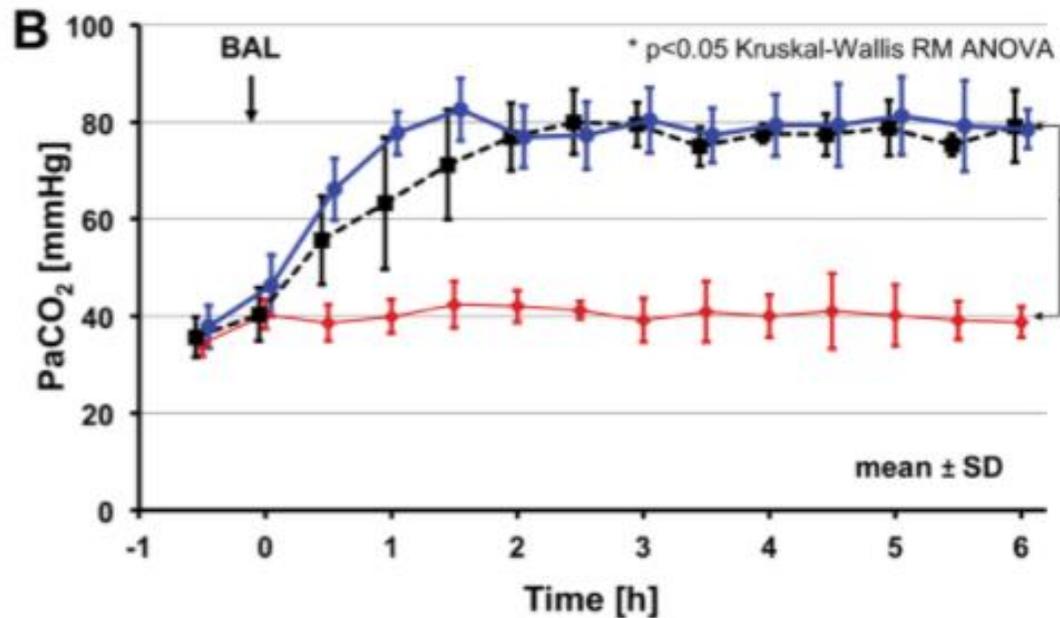
Regulação respiratória do Equilíbrio Ácido-Base

- Controle de CO₂ no LEC pelos pulmões;
- CO₂: processos celulares até atmosfera - ventilação pulmonar
- 80% do transporte do CO₂ ocorre pelo bicarbonato
- Eritrócitos: anidrase carbônica

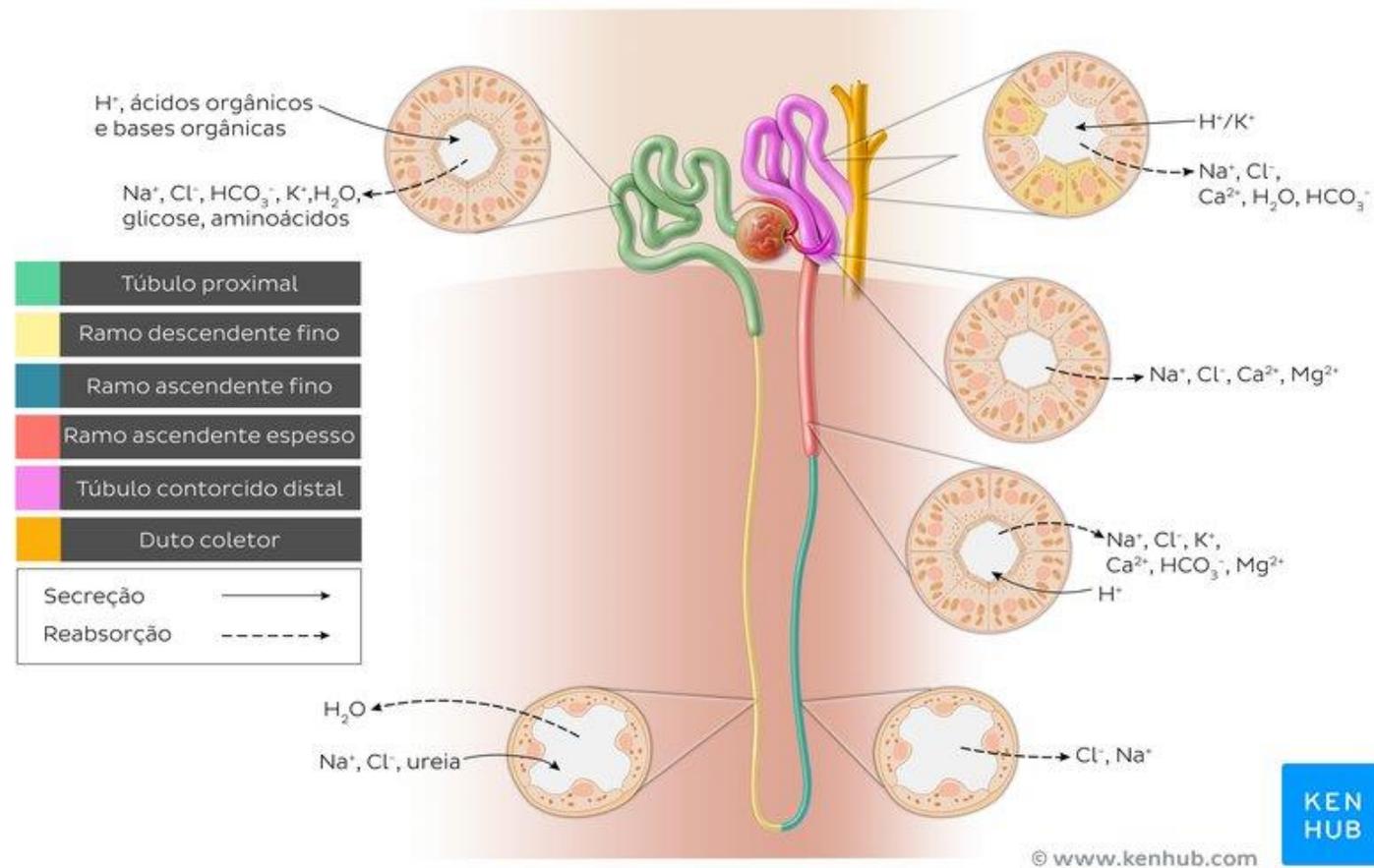


Regulação respiratória do Equilíbrio Ácido-Base

- \uparrow Formação metabólica CO_2 - \uparrow PCO_2
- Ventilação pulmonar aumenta - CO_2 é expelido pelos pulmões = $\text{PCO}_2 \downarrow$



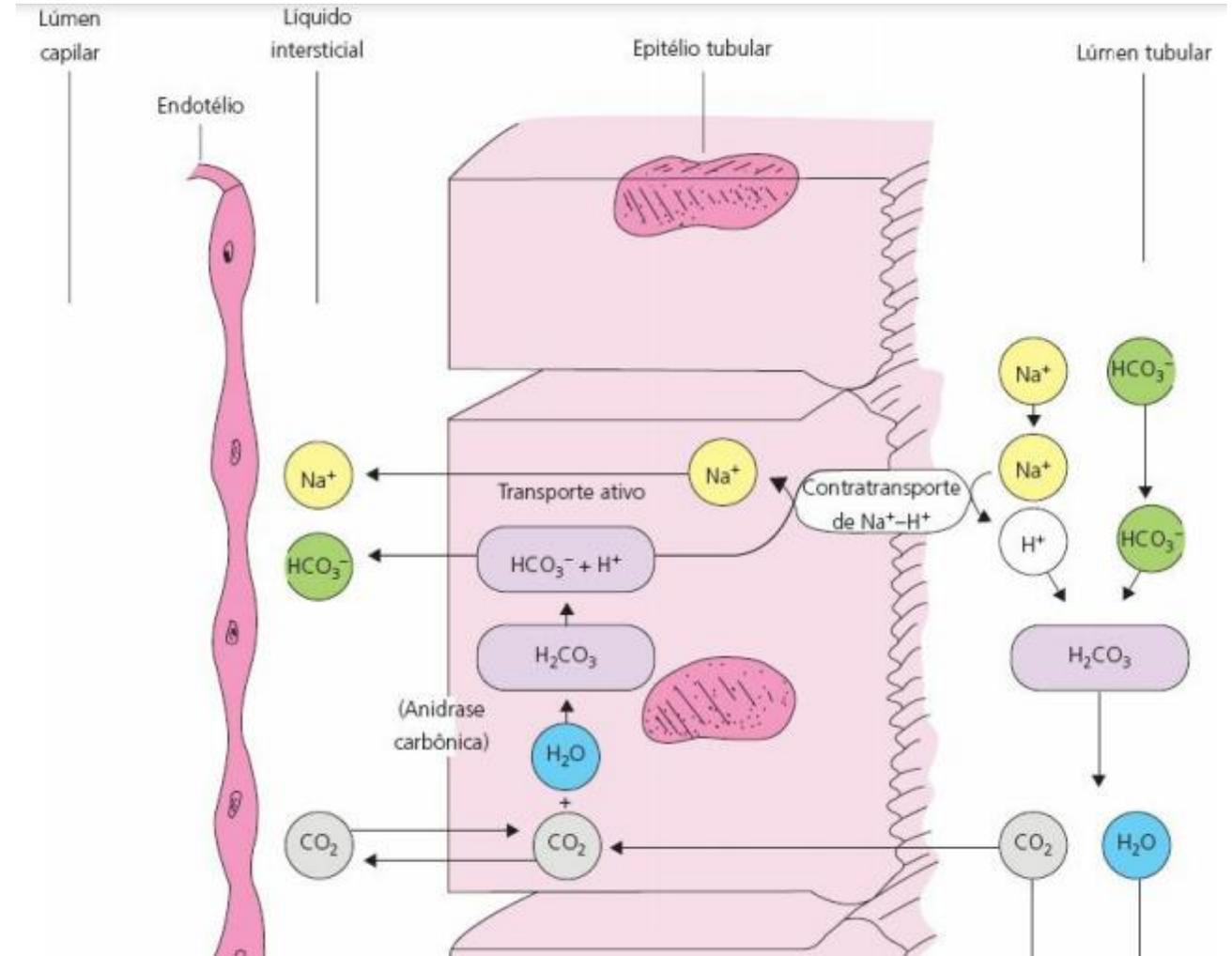
Controle Renal do Equilíbrio Ácido-Base



- Regulação de H^+
 - $\uparrow \text{CO}_2$ - secreção de H^+
 - Urina ácida ou básica
- 1) Secreção de H^+
 - 2) Reabsorção de HCO_3^- filtrado
 - 3) Produção de novo HCO_3^-

Controle Renal do Equilíbrio Ácido-Base

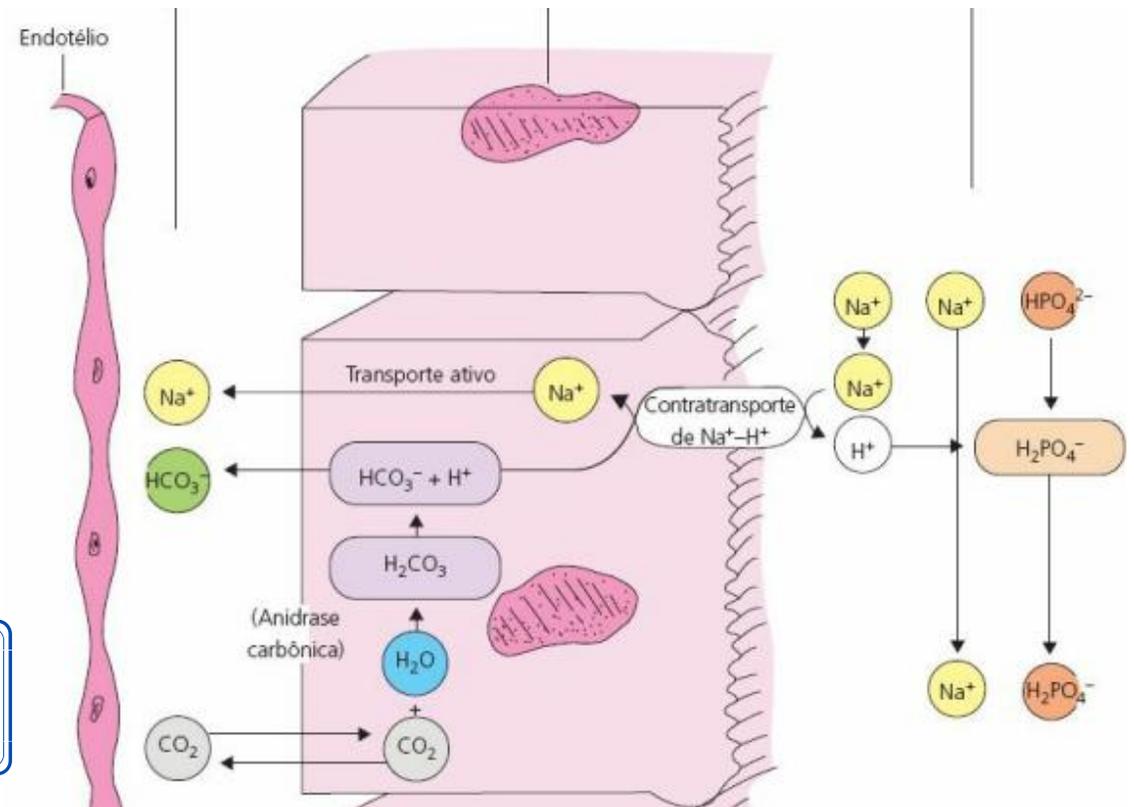
- Secreção de íons H^+ : ocorre pela proteína transportadora
- Íons bicarbonato: não ocorre reabsorção diretamente pelos glomérulos - H_2CO_3 ;
- H^+ formado no túbulo, HCO_3^- é liberado no sangue;



Controle Renal do Equilíbrio Ácido-Base

- Tampão fosfato: líquido tubular;
- pK próximo ao da urina;
- Combinação com outro tampão não bicarbonato - adição de novo HCO_3^- ;

Mecanismo renal para recompor reservas de HCO_3^-

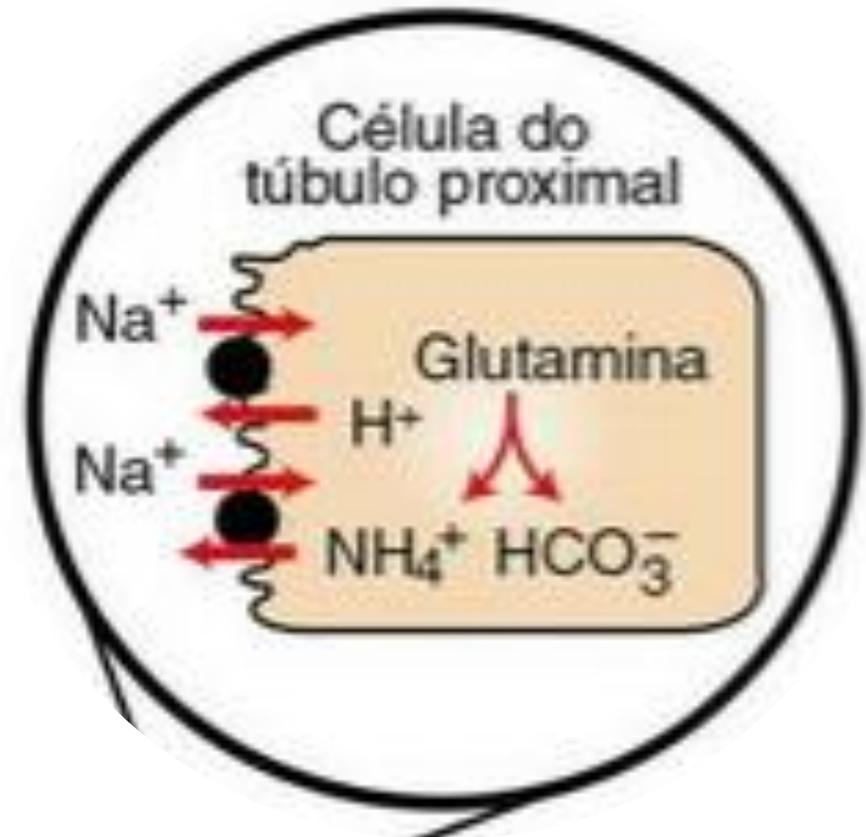


Controle Renal do Equilíbrio Ácido-Base

- Tampão de amônia: NH₃ a íon amônio (NH₄);



- Formação de HCO₃⁻
- NH₄ transportado pelo sódio para lumen tubular;
- NH₃: adição nos túbulos coletores ocorre por meio da ligação de H⁺ com NH₃ (fácil difusão no lumen) >> NH₄
- Membrana luminal menos permeável a NH₄ – eliminação pela urina.



Desequilíbrio Ácido-Base: Acidose

- Ocorre quando há diminuição da proporção de HCO_3^- para CO_2 - ↓pH
- Metabólica ou respiratória;
- **Metabólica:** Perda de base ou adição de ácido forte
 - Cetose e diabetes melito, acidose renal, diarreia;
- Hipobasemia
- Aumento de H^+ no LEC - ↓pH e HCO_3^- plasmático – Tx de ventilação e ↓ PCO_2
- **Respiratória:** Produção de CO_2 > perda de CO_2 pelos pulmões - hipercapnia
 - Depressão dos centros respiratórios no SNC, anormalidade da parede do tórax ou dos músculos respiratórios, movimento ou difusão dos gases no pulmão afetado;
- PCO_2 alterada: reação tampão com Hb;
- Compensação renal: aumenta H^+ na urina

Alcalose

- Ocorre ganho de bases pelo LEC ou perda de ácido
- **Metabólica:**
 - Vômitos persistentes, em que ocorre perda de ácido gástrico
 - Deficiência de potássio - quantidades inapropriadas de íons hidrogênio na urina;
 - Oxidação de sais de ácidos orgânicos;
 - Injeção de solução de bicarbonato
- Hiperbasemia - acompanhada de alcalemia.
- Alto pH - ↓ da ventilação pulmonar ↑ PCO₂
- **Respiratória:** Estímulo anormal dos centros respiratórios ou por meio de receptores periféricos pela hipoxemia (PO₂ baixa);
- Tamponamento pela Hb → $\text{HHb} + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{Hb}^- + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2$
- Alcalemia deprime tx de secreção de H⁺ - ↑ excreção HCO₃-filtrado

Obrigado!