

Hemogasometria

Avaliação do equilíbrio ácido-base

Dr. Fernando L. Zanoni

@zanoni.anesthesia

Hemogasometria



Análise de gases sanguíneos ...

PO₂

PCO₂

... do

pH

... de eletrólitos

HCO₃⁻

Na⁺

K⁺

Ca²⁺

Cl⁻

... e outros analitos

Hemoglobina

Lactato

Glicemia

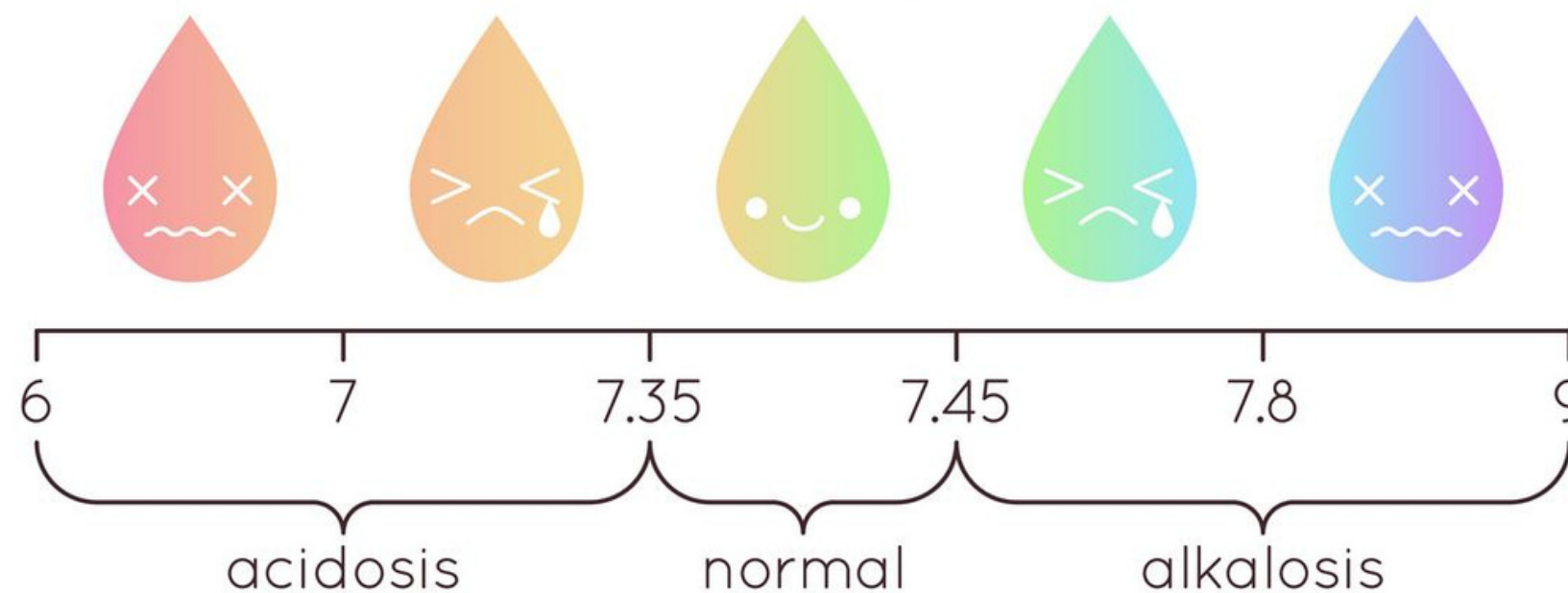
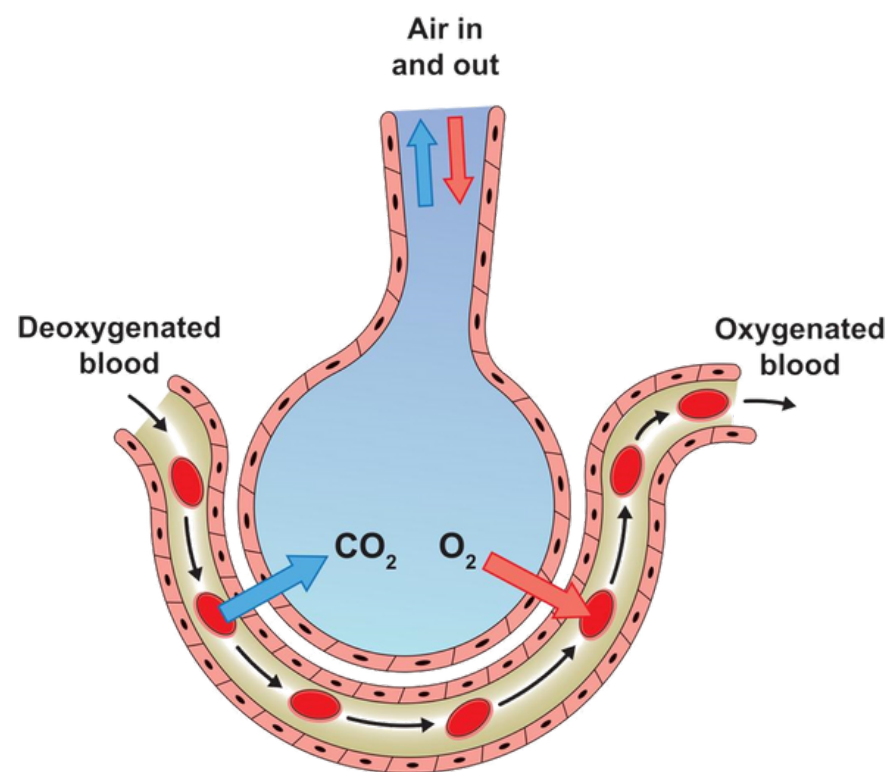
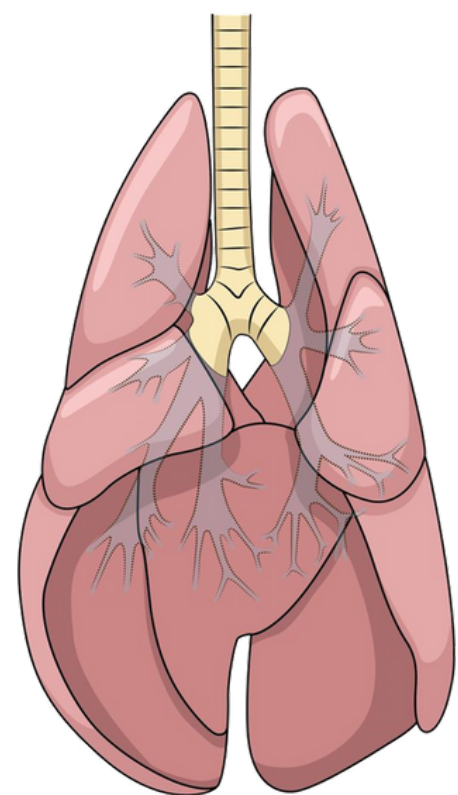
Qual a finalidade?



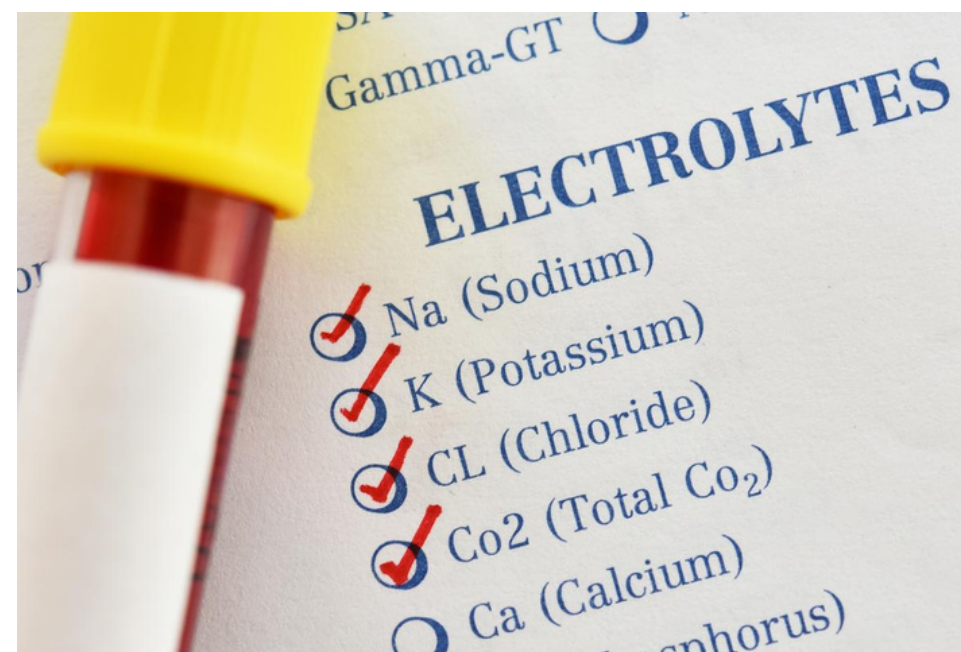
AVALIAR



Função respiratória
(oxigenação / ventilação ...)



Estado ácido-base



*Equilíbrio
eletrolítico*

Cuidados pré-analíticos

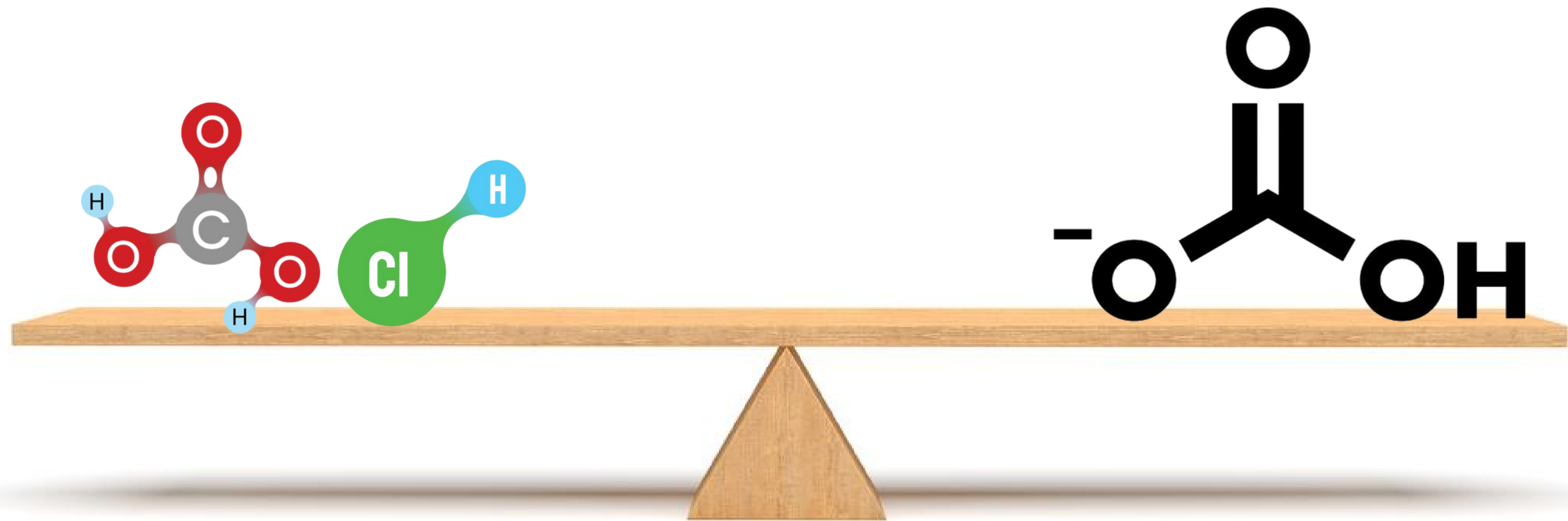


- Determinar a origem da amostra (arterial/venoso)
- Heparinização da seringa “coated” (1000 U/mL); risco de diluição da amostra
- Seringas específicas são mais confiáveis e precisas
- Evitar deixar o sangue em contato com ar (aumenta* PO_2 e reduz PCO_2)
- Idealmente processar a amostra em até 5 min.
- Refrigerar a amostra ($4^\circ C$) pode permitir sua análise em até 60 - 120 min.





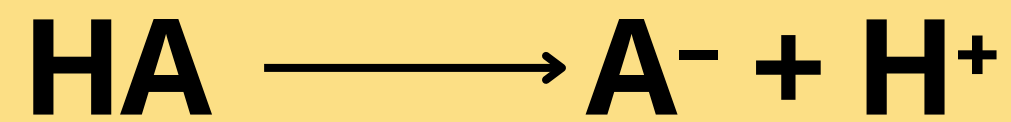
Equilíbrio Ácido-Base



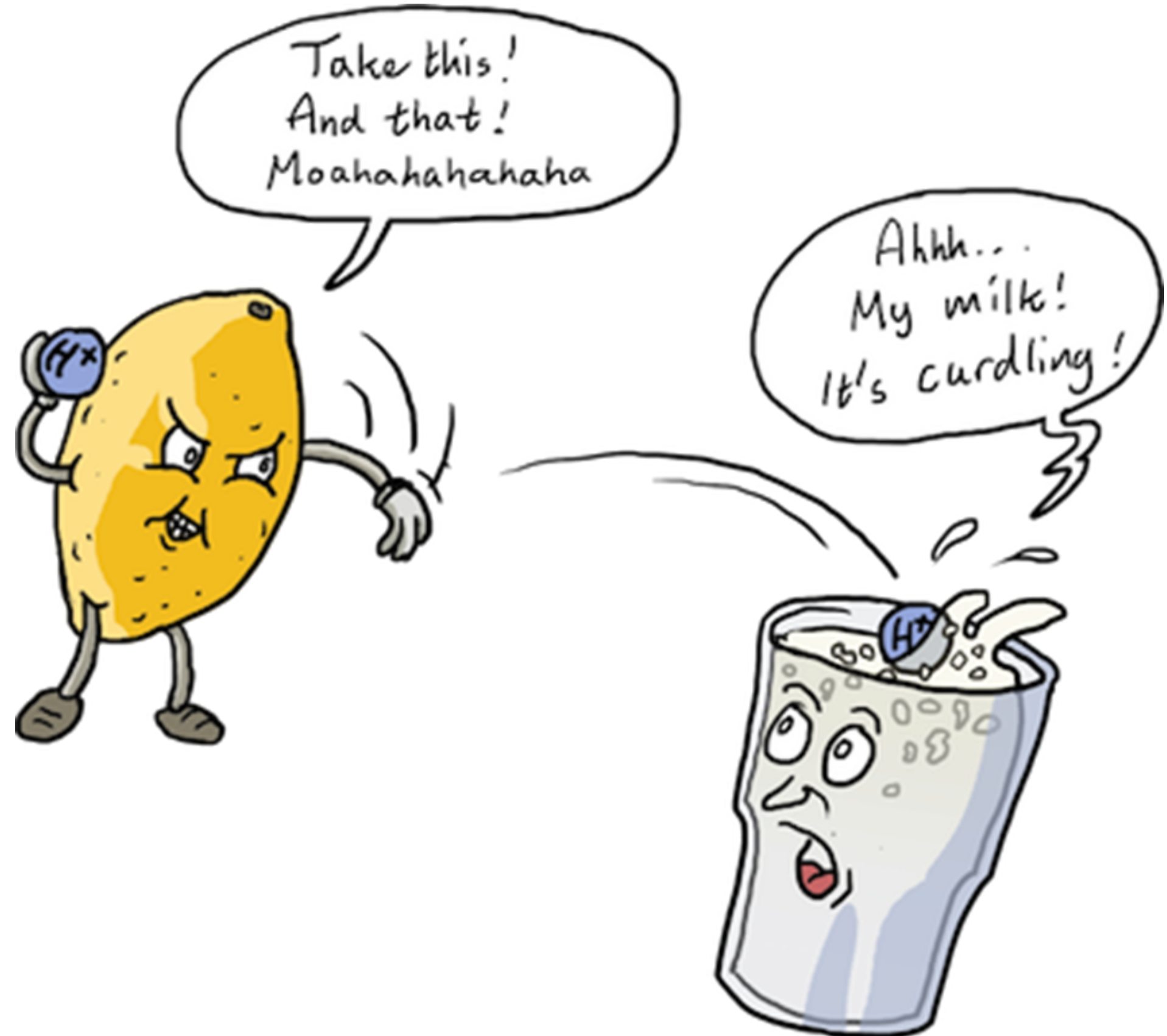


Ácidos (HA) e bases (B)

Ácidos: doadores de H^+



Bases: aceptores de H^+



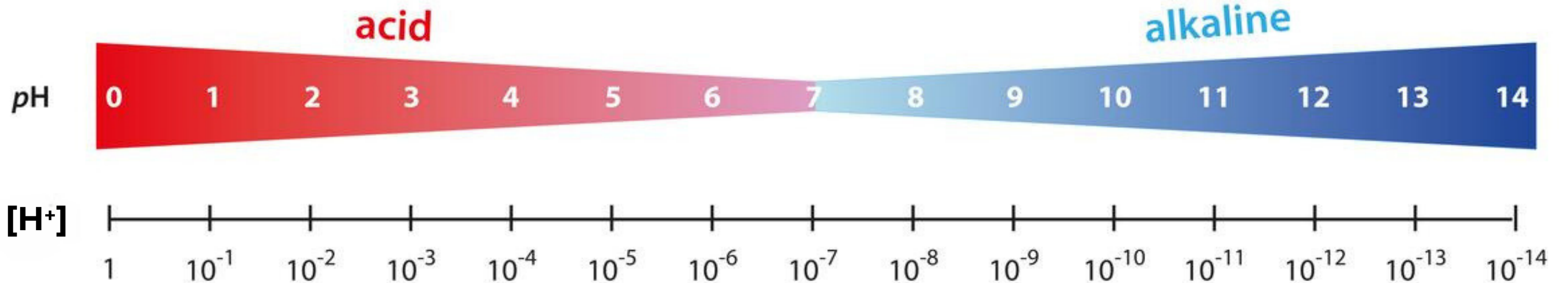
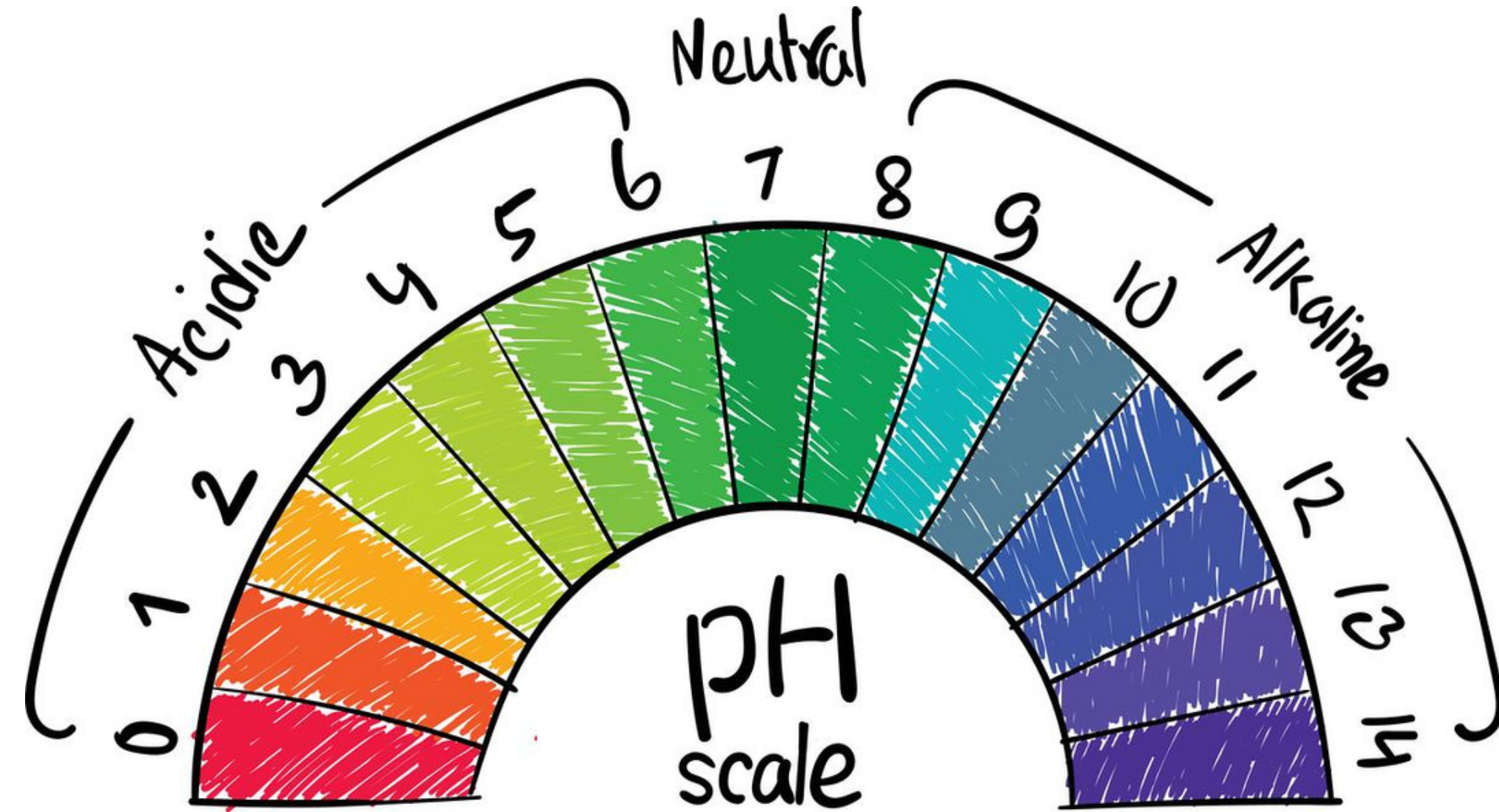
pH



✓ $[H^+]$ numa solução

- $\uparrow [H^+]$: mais ácida

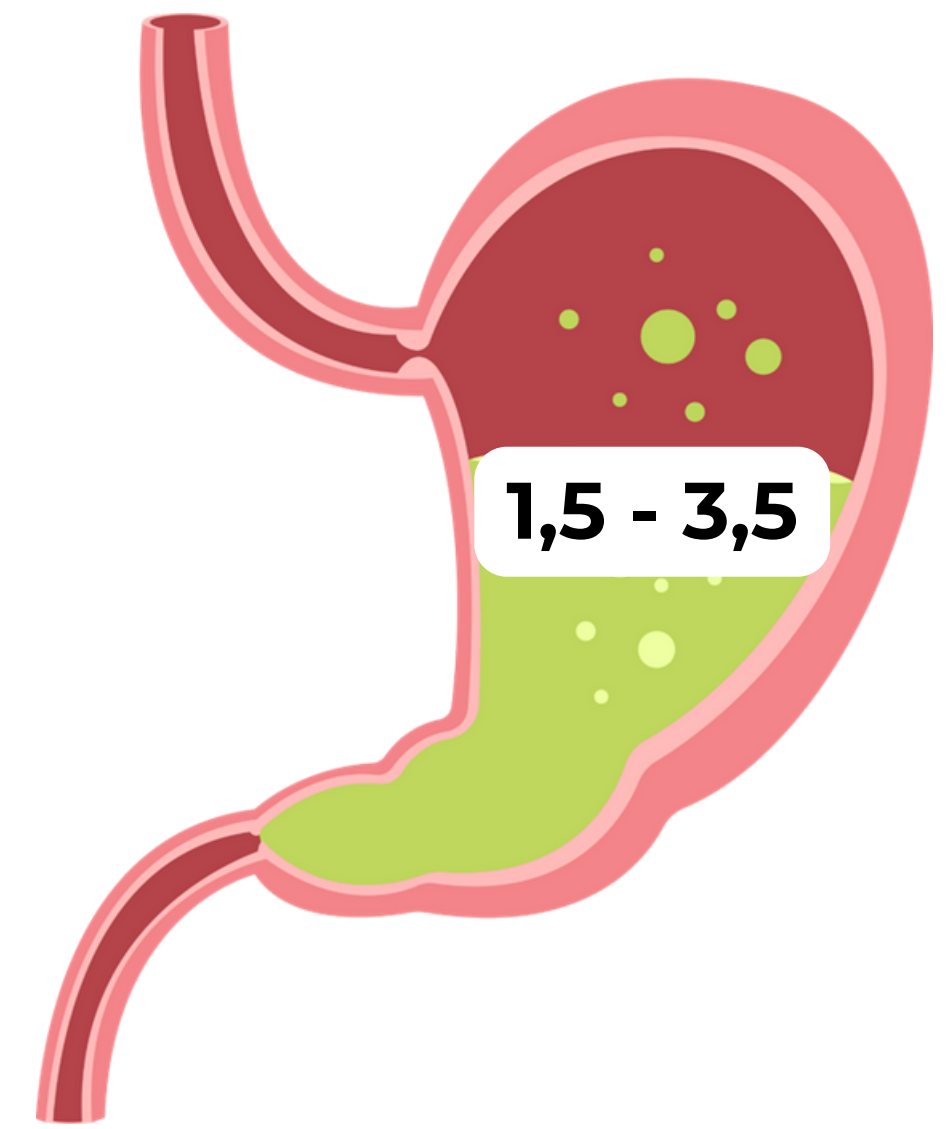
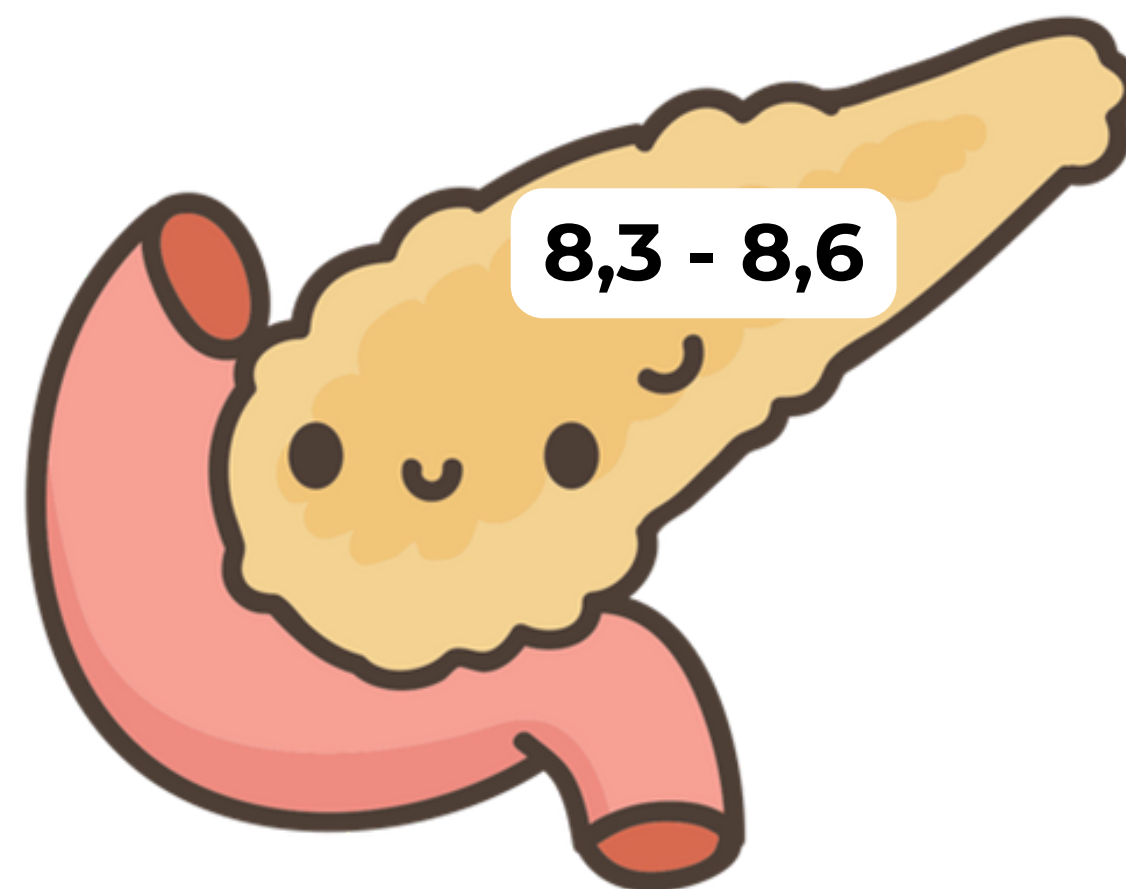
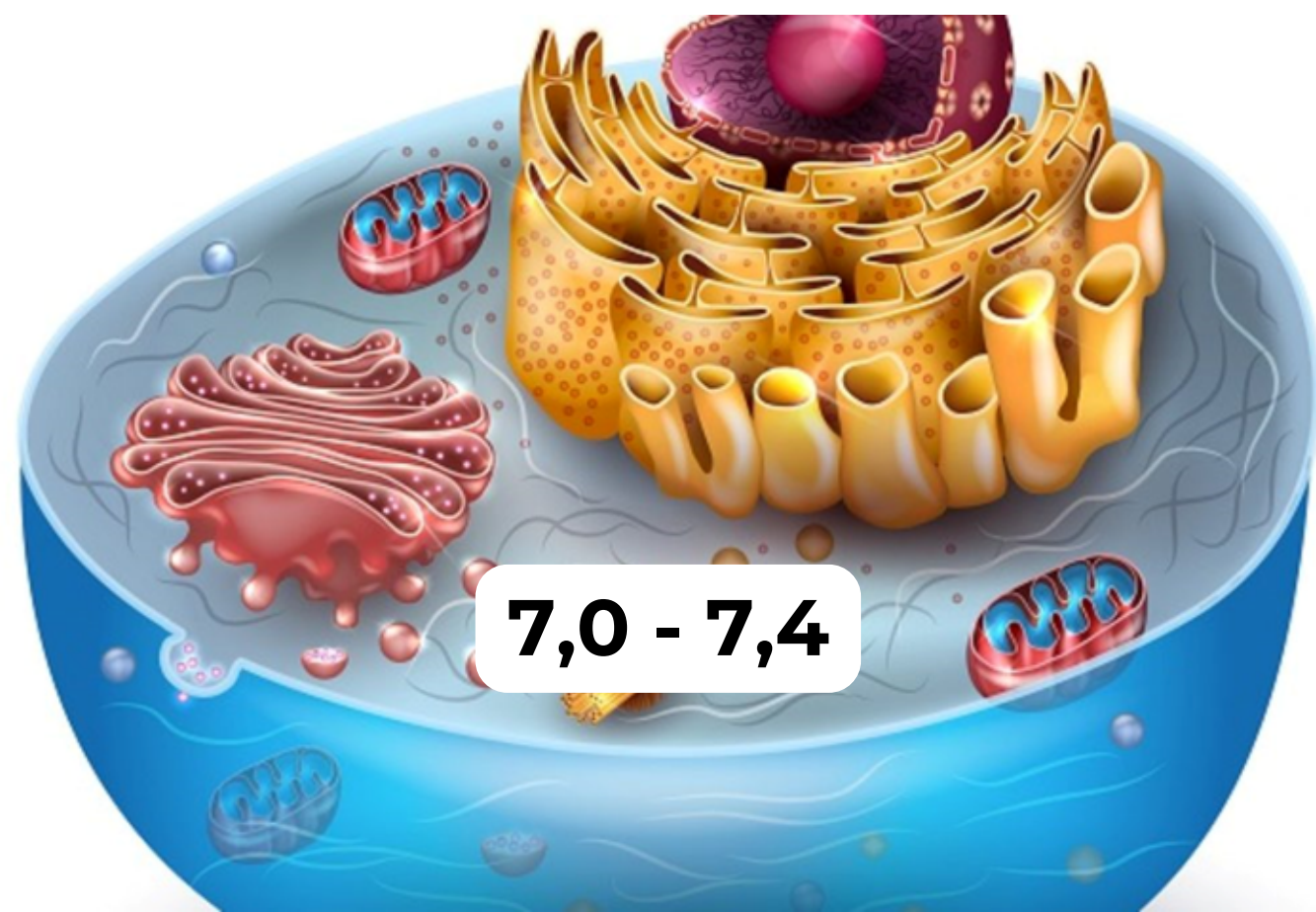
- $\downarrow [H^+]$: menos ácida
(mais alcalina/básica)



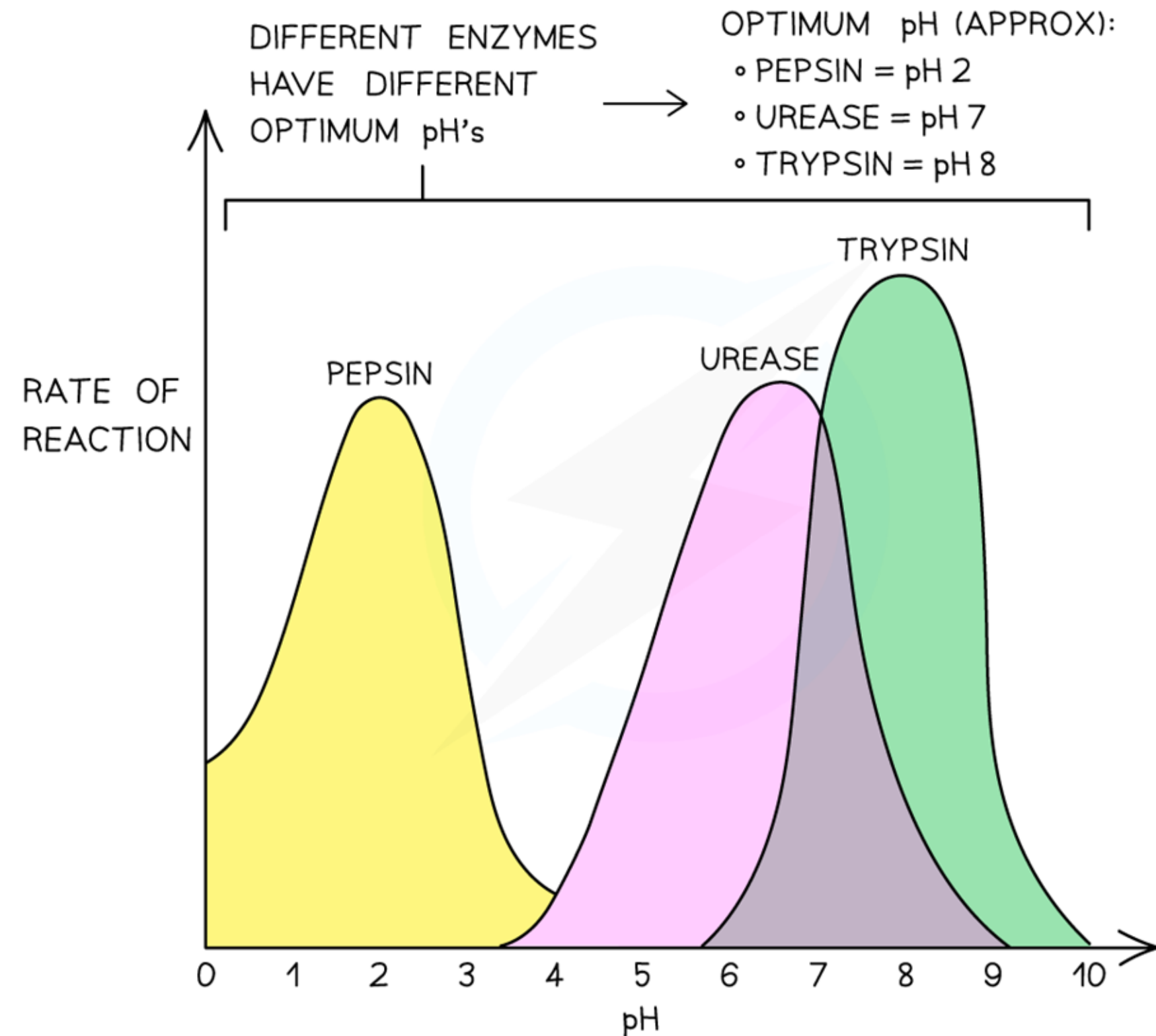
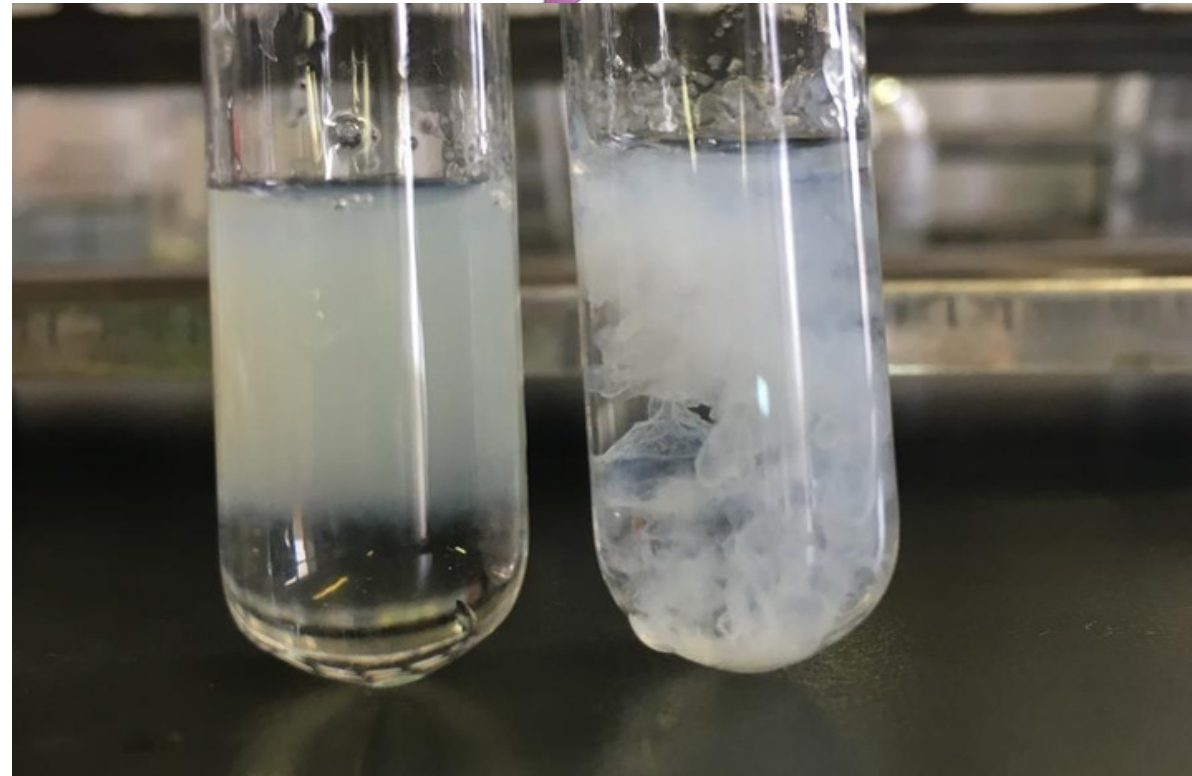
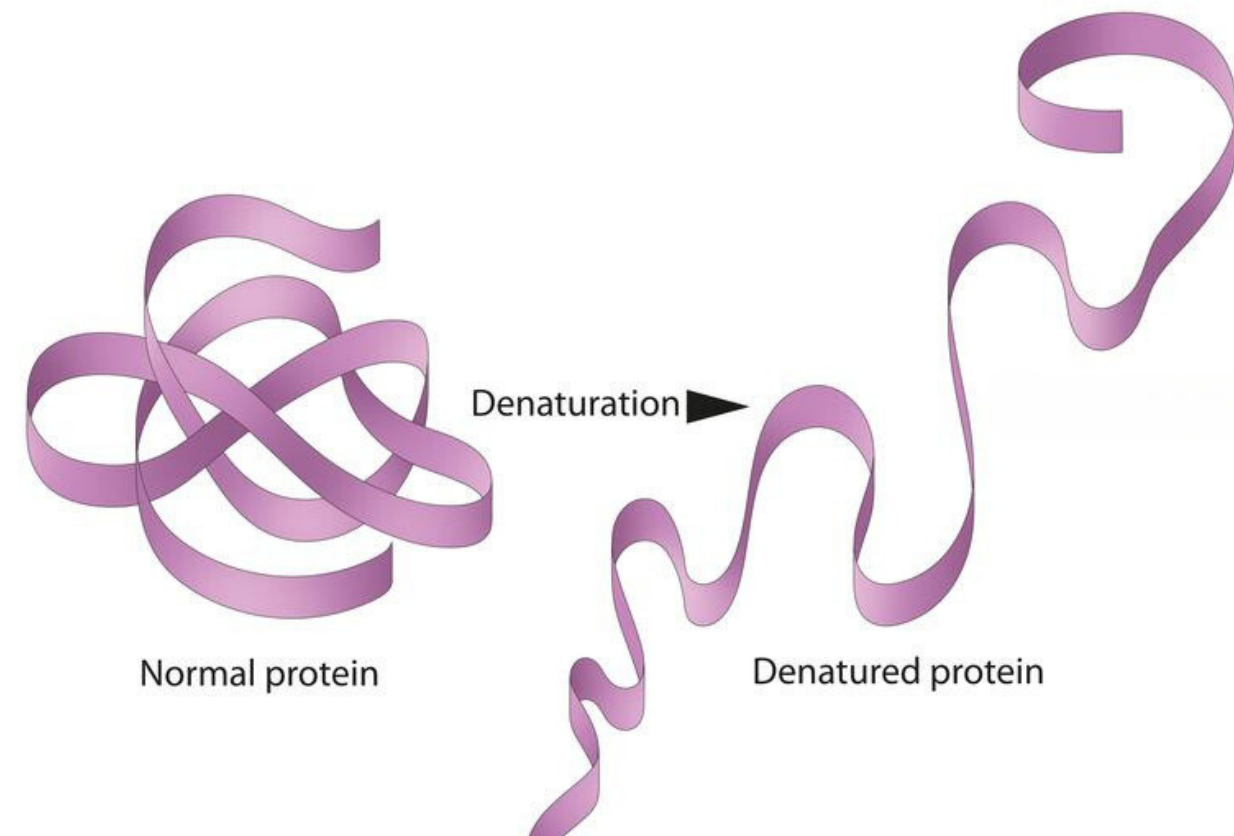
pH dos fluidos corporais



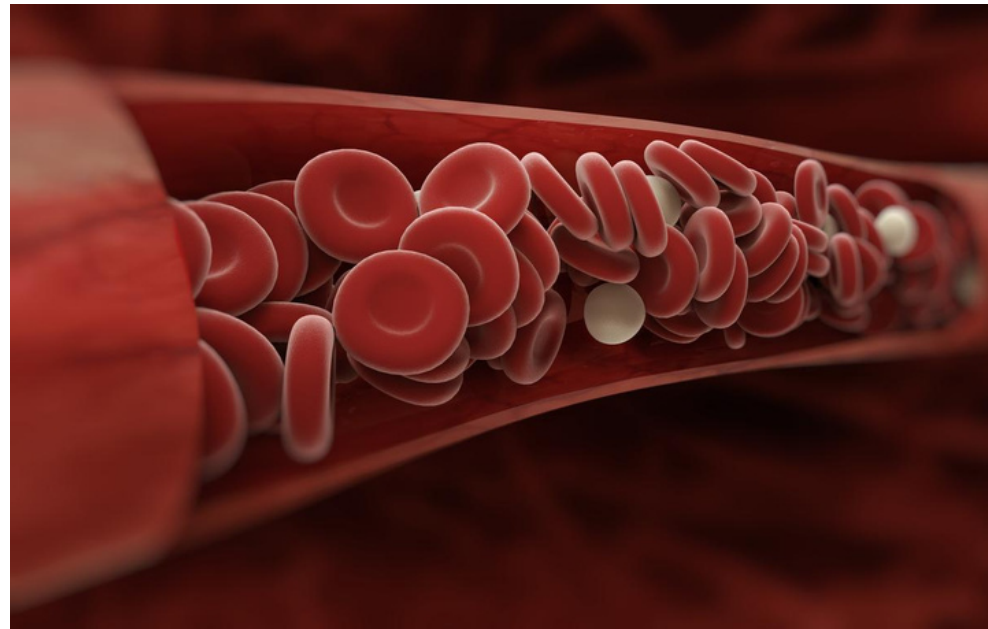
BLOOD pH LEVELS



Consequências das grandes variações do pH



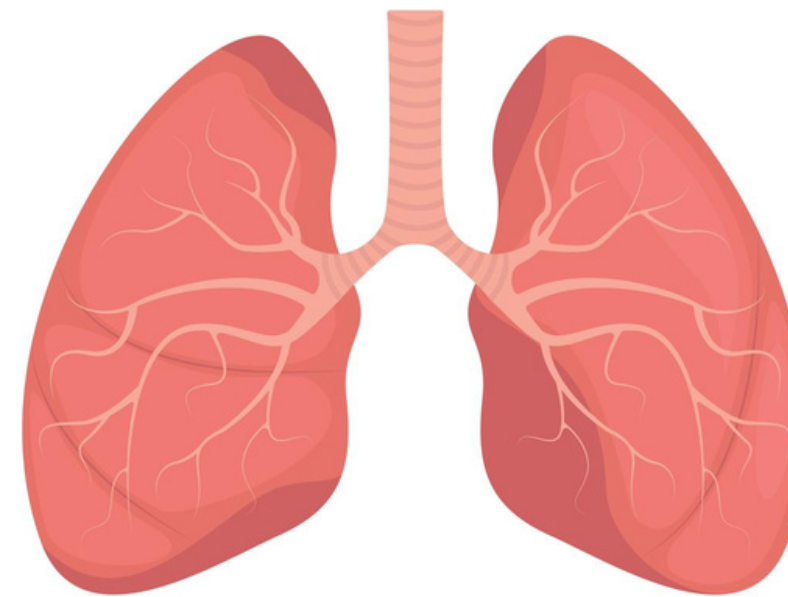
Mecanismos de regulação do pH



Tampões



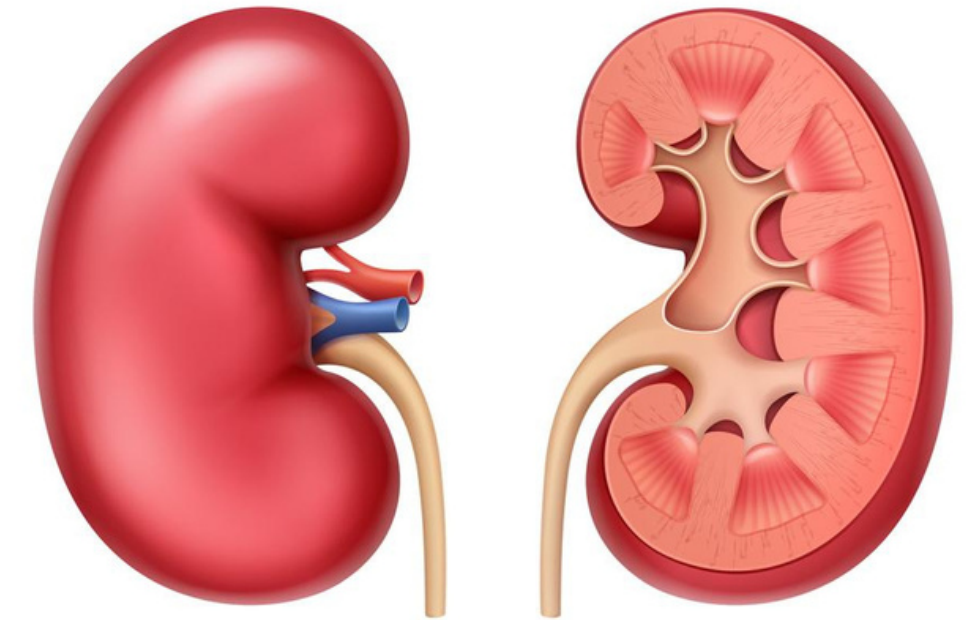
- Atenuação das flutuações de pH
- Rápido e eficiente



Pulmões



- Eliminação de CO_2
- Rápida mudança na $[\text{H}^+]$
- ↓ eficiência



Rins



- Excreção de H^+
- Reabsorção e produção de HCO_3^-
- ↑ eficiência
- Mecanismo lento



Sistema tampão (*Buffers*)

- ✓ Atenuação (amortecimento) das variações de pH

Constituído de:

1. Ácido fraco
2. (par) base-conjugada

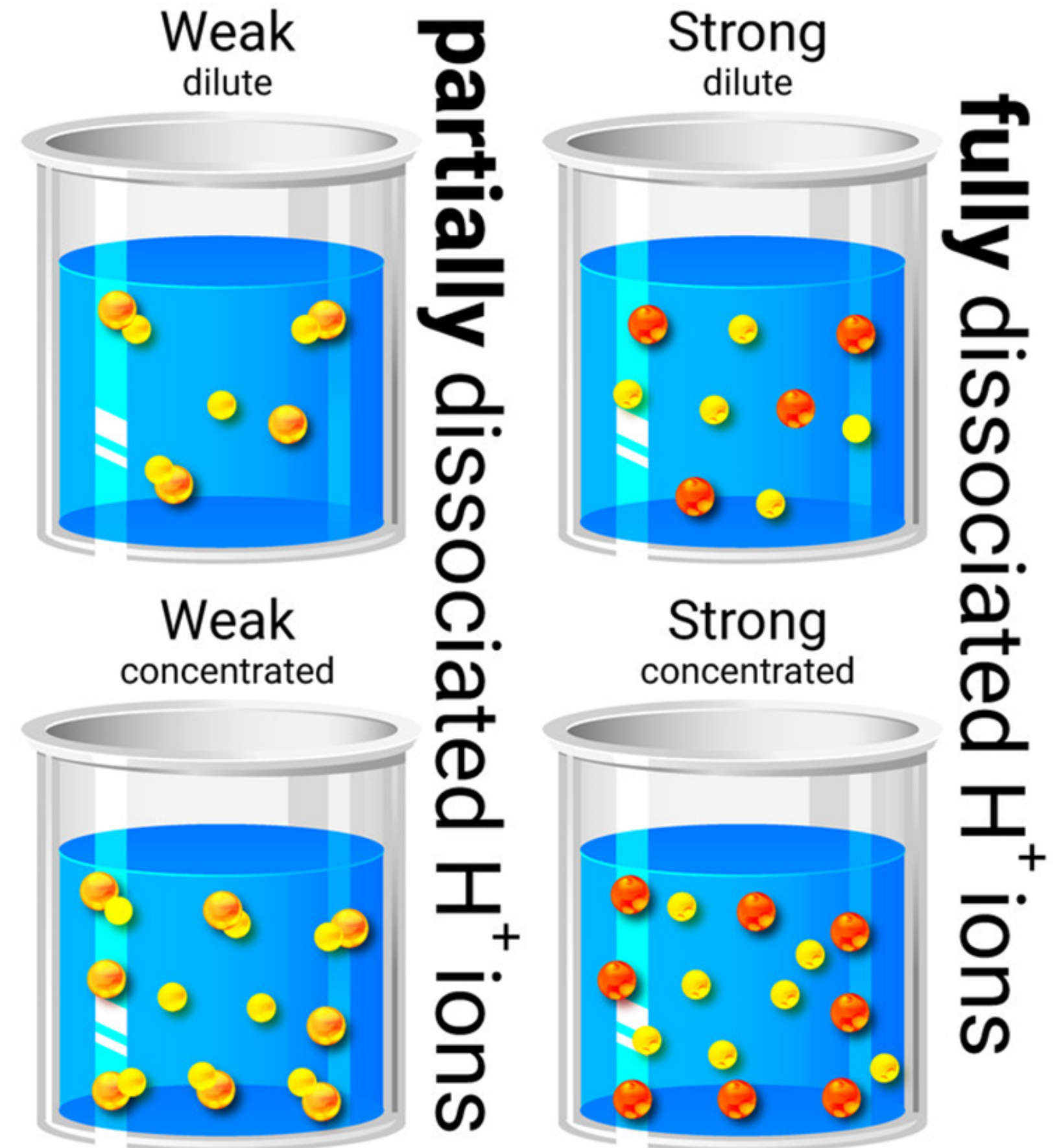
Força de um ácido



Capacidade de se dissociar

✓ **Ácido forte:**
se dissocia completamente

✓ **Ácido fraco:**
se dissocia parcialmente



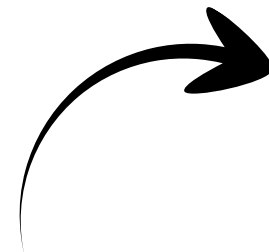


Sistema tampão (*Buffers*)

- ✓ Atenuação (amortecimento) das variações de pH

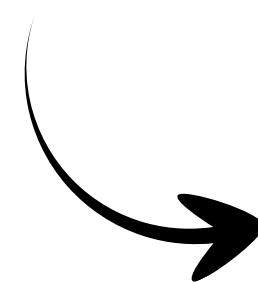
Constituído de:

1. Ácido fraco



"neutraliza **bases fortes** adicionadas ao sistema, com produção de **bases fracas**"

2. (par) base-conjugada



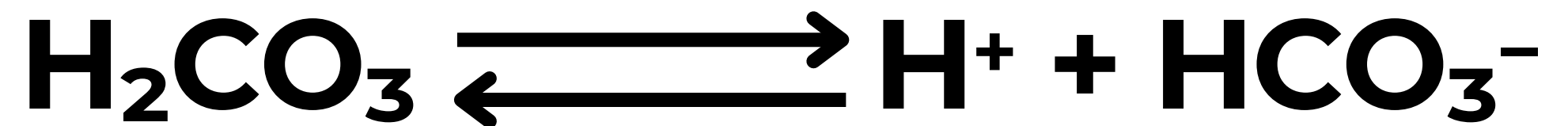
"neutraliza **ácidos fortes** adicionados ao sistema, com produção de **ácidos fracos**"



Sistema tampão (*Buffers*)

- **Fosfatos**

- **Bicarbonato**



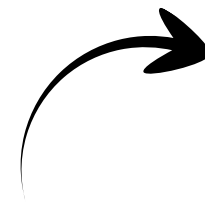
- **Proteínas**

- **Amônia**



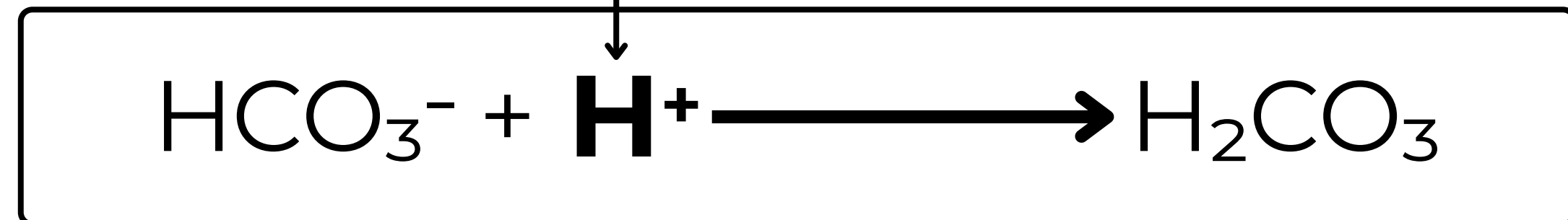
"Diariamente são produzidos muitos ácidos pelo metabolismo celular"

Voláteis: CO₂



eliminados pelos pulmões

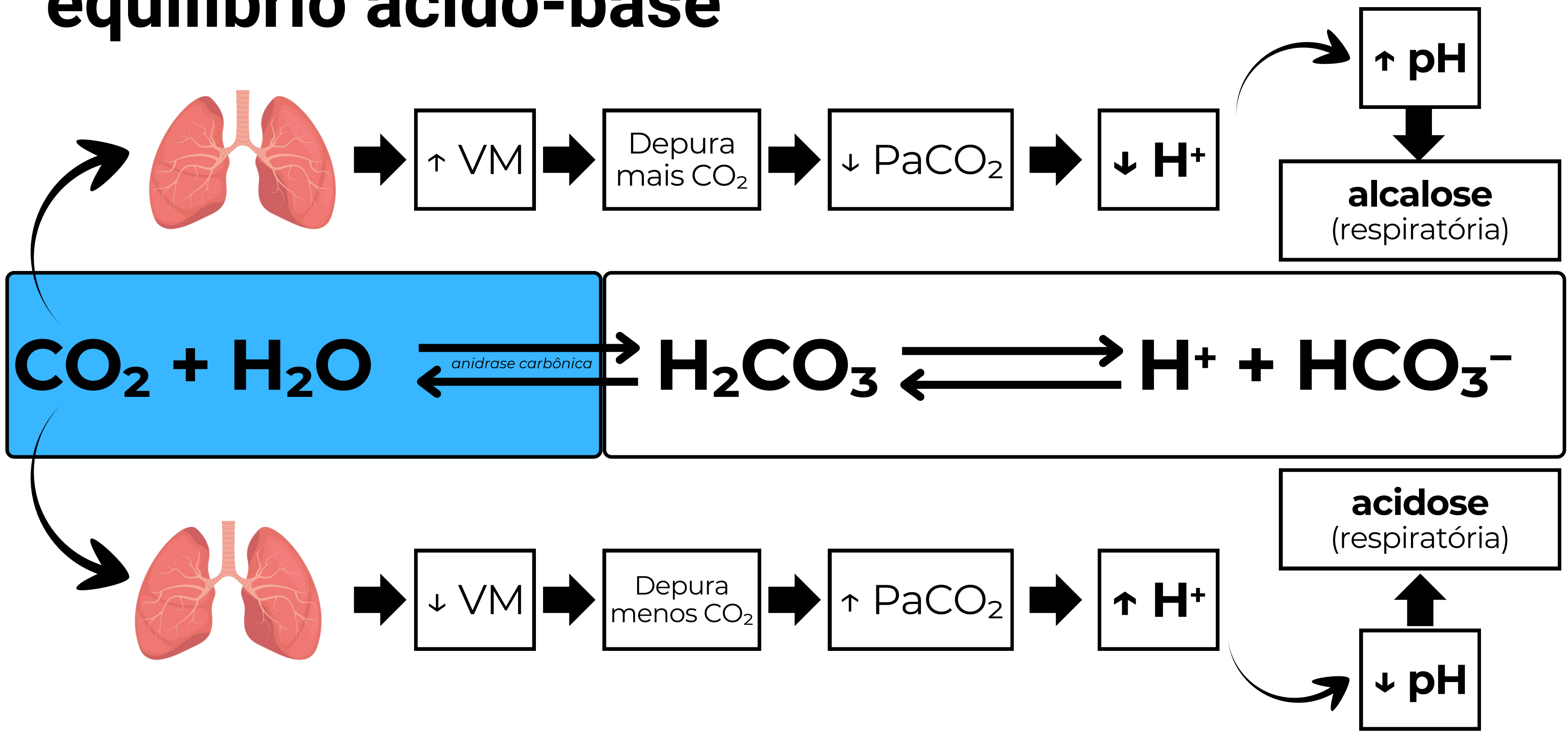
Não voláteis: ácido láctico, cetoácidos (BHB), ácido úrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico...



Tamponados nos sangue (LEC)



Influência da ventilação no equilíbrio ácido-base



Influência renal



Filtração de plasma contendo H^+ e HCO_3^-

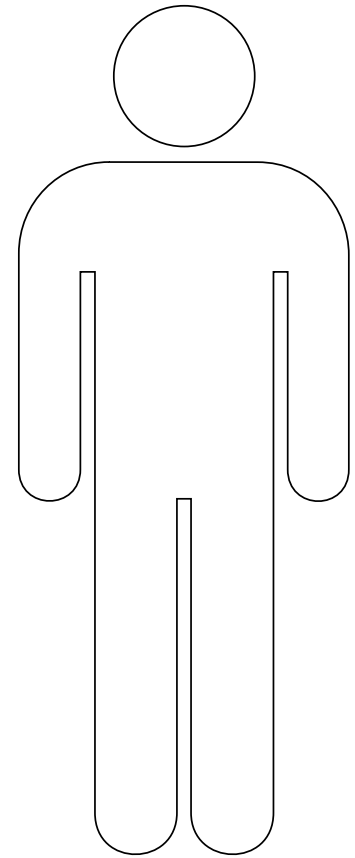
Reabsorção tubular de HCO_3^-

Produção de novo HCO_3^-

Secreção tubular adicional de H^+



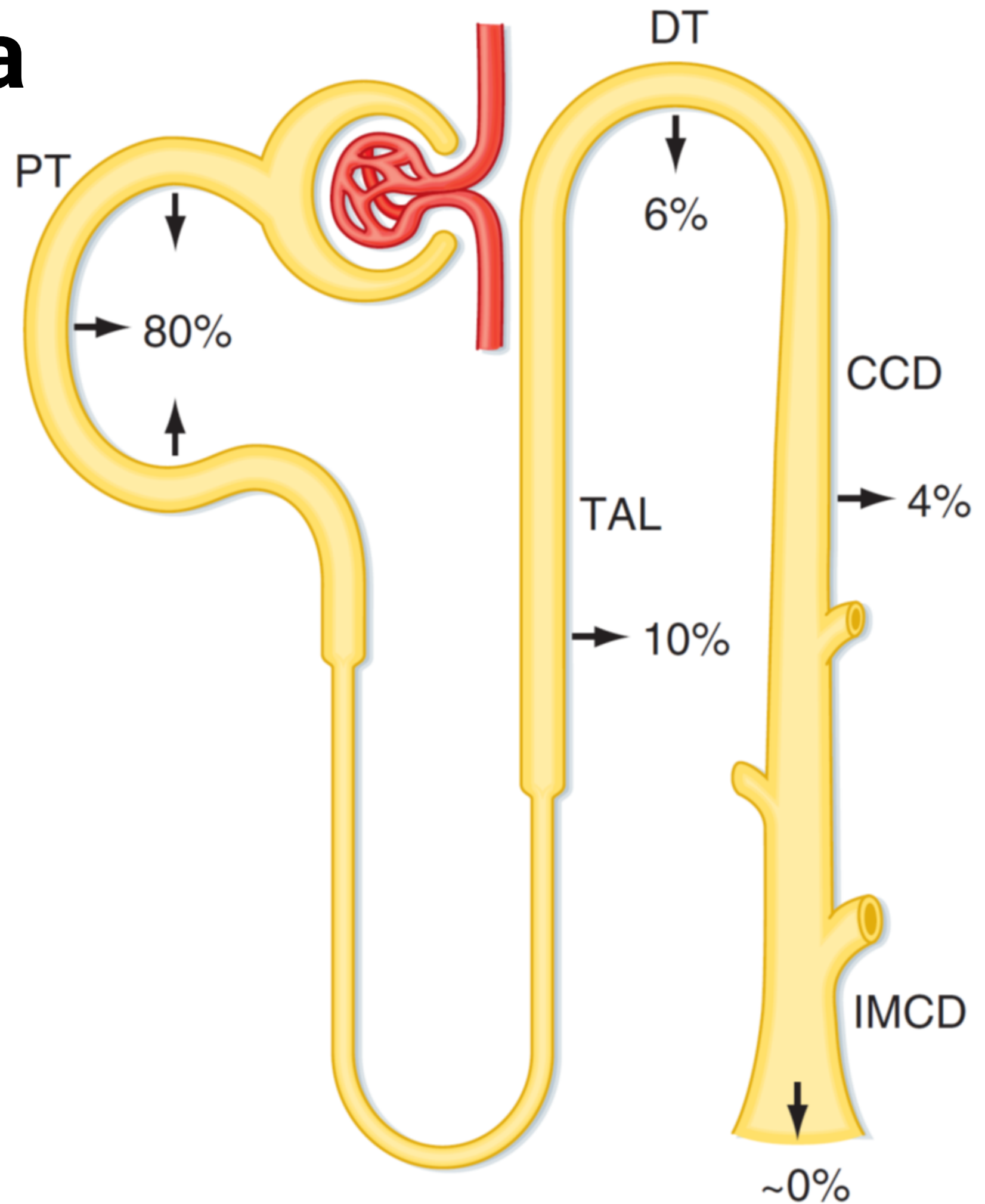
Números do equilíbrio ácido-base



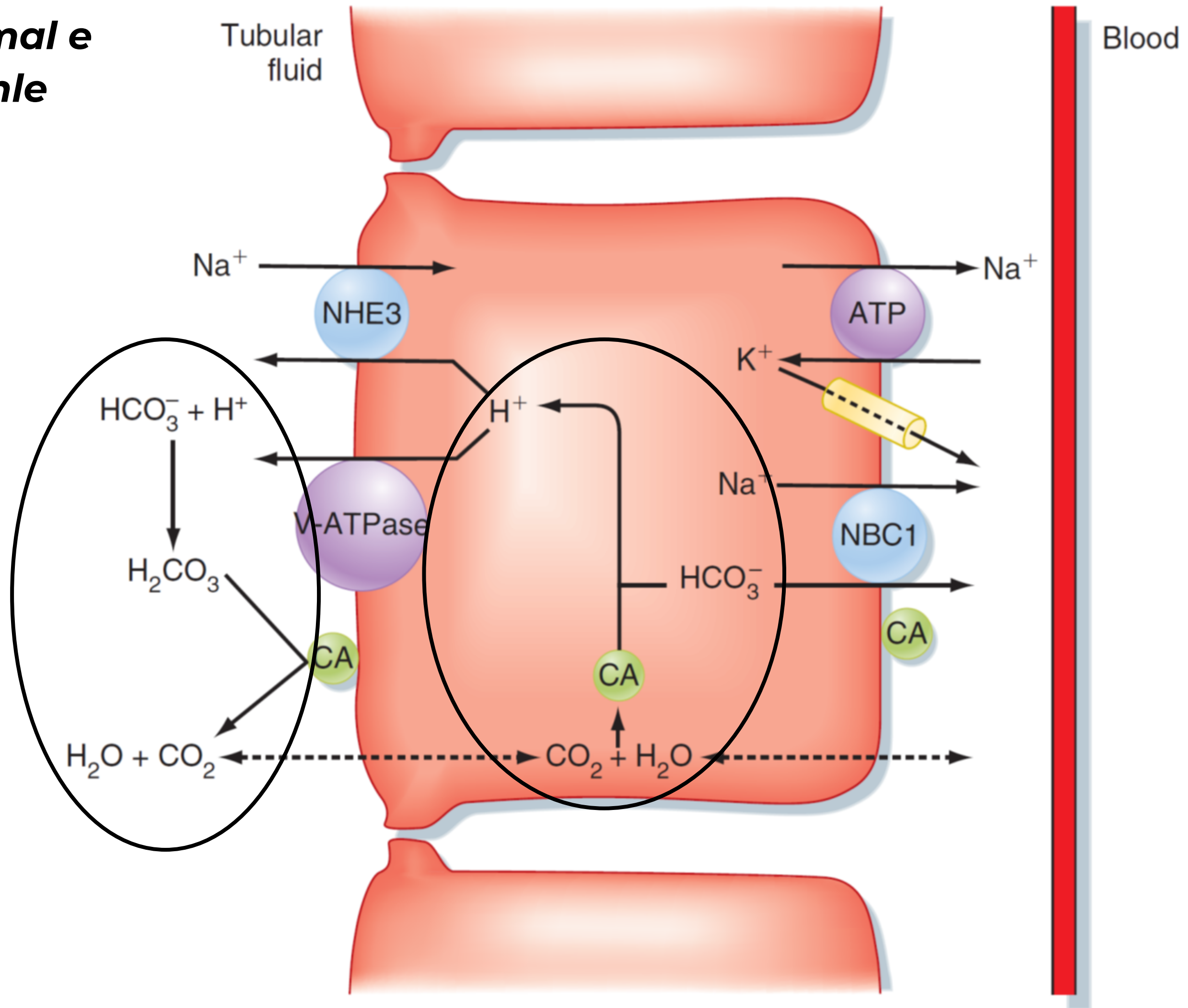
Ref: homem
de 70 Kg

- $[H^+]_{LEC} \sim 40 \text{ nEq/L}$ (pH 7,35 – 7,45)
 $\sim 560 \text{ nEq}$ (p/ 14 L^{LEC})
- $[HCO_3^-]_{LEC} \sim 23 - 25 \text{ mEq/L}$
 $\sim \underline{\underline{350 \text{ mEq}}}$ (p/ 14 L^{LEC}) \rightarrow 600.000 x maior que a $[H^+]$
- Adição de ácidos não voláteis diária:
 $\sim 0,7 - 1,0 \text{ mEq/Kg}$ ($\sim \underline{\underline{50 - 100 \text{ mEq/dia}}}$)
- Para **cada equivalente de H^+** (não volátil) produzido é **consumido 1 equivalente de HCO_3^-**

Representatividade da reabsorção renal de HCO_3^-

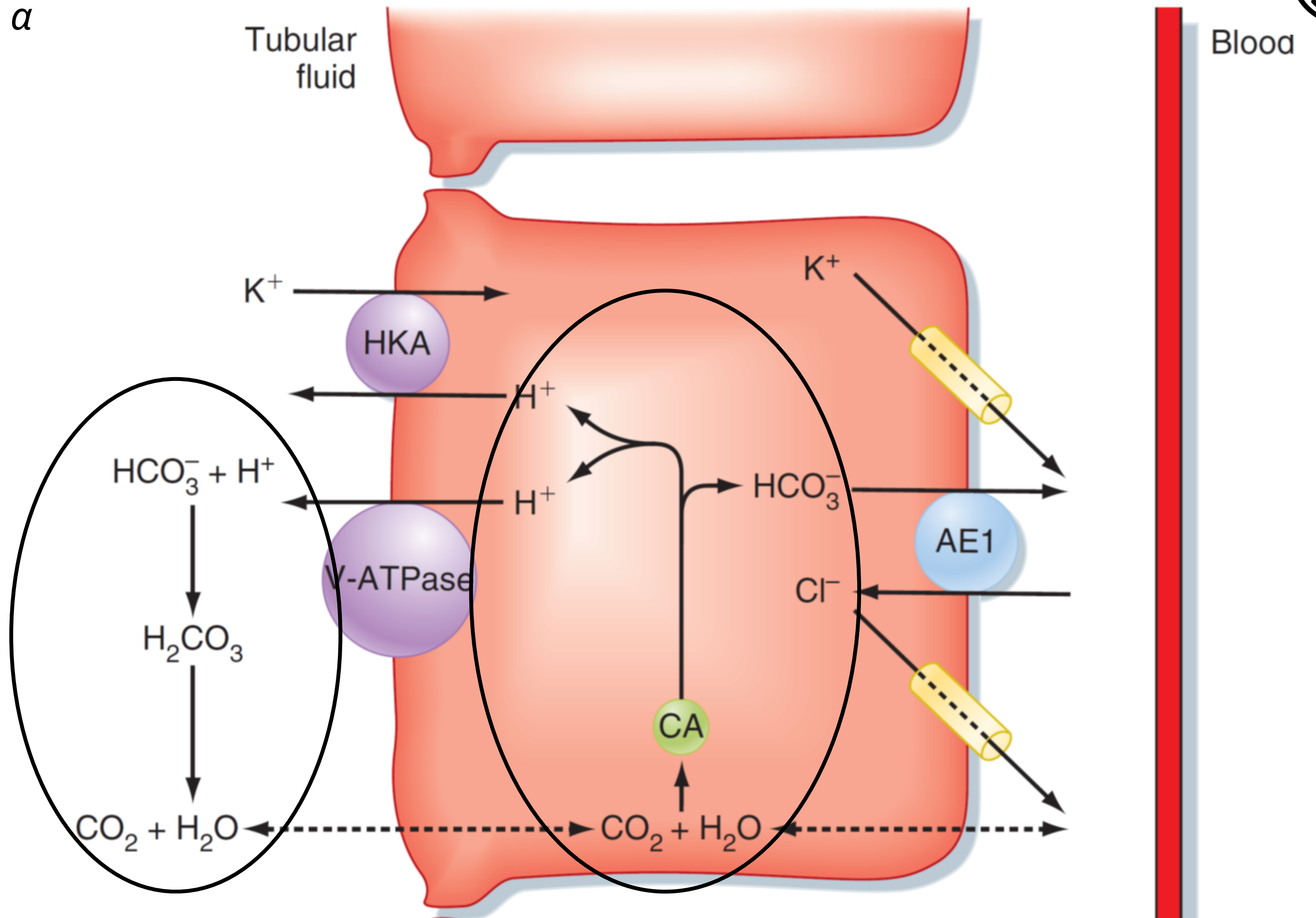


Túbulo proximal e alça de Henle



Túbulo distal
Célula intercalada α

H⁺-secreting cell



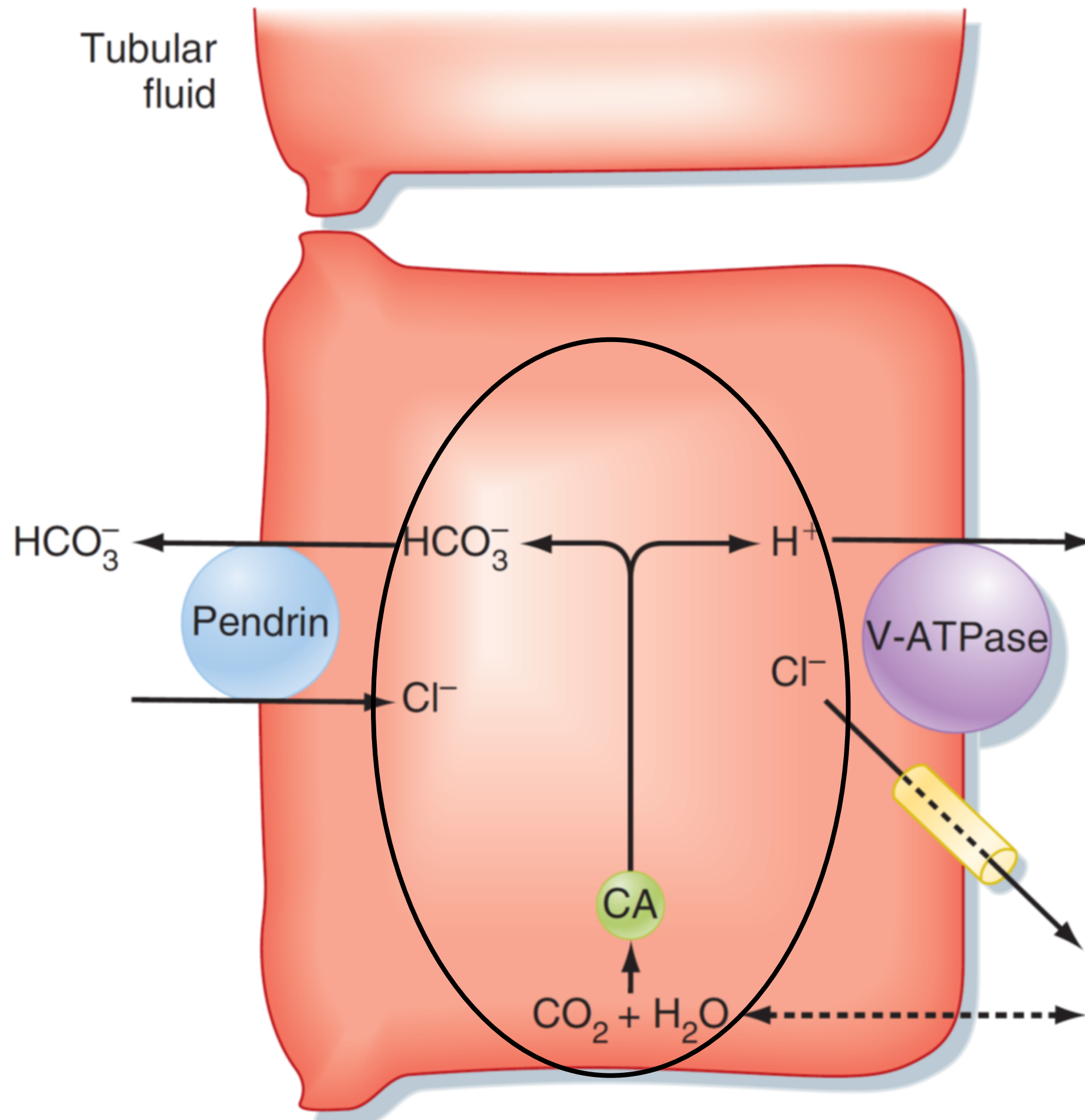
Túbulo distal
Célula intercalada β

HCO_3^- -secreting cell

Tubular fluid

Blood

Em situações de alcalose os rins podem excretar HCO_3^-



Túbulo distal

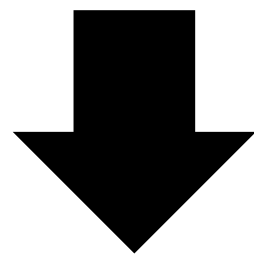
Tubular fluid

Blood

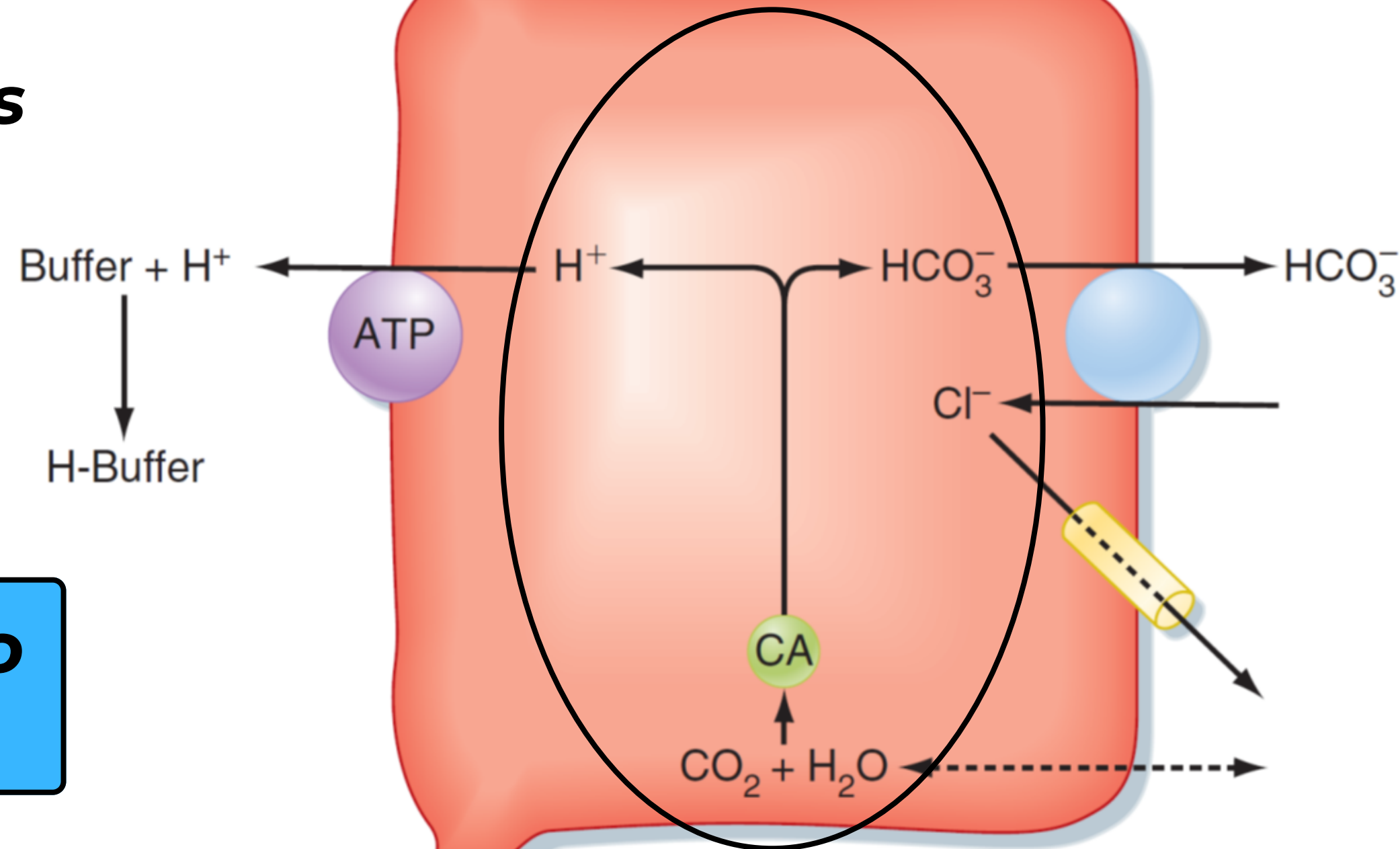


Excreção de ácidos tituláveis

- Fosfatos
- Amônio



Produção de novo HCO_3^-





Resposta à perturbação do equilíbrio ácido-base



1

Tamponamento do LEC

Resposta instantânea



2

Compensação respiratória

*Resposta rápida
(pouco eficaz)*



3

Compensação renal

*Resposta lenta
(altamente eficaz)*



Distúrbios ácido-base metabólicos

Acidose metabólica

Geração aumentada de H^+

- ácido lático
- cetonas
- intoxicação (salicilatos, etileno-glicol)
- falência renal (capacidade reduzida de excretar H^+)

Perda de HCO_3^-

- diarreia
- perda renal (acidose tubular proximal)
- fluidoterapia agressiva (NaCl)
- Uso de diuréticos inibidores da anidrase carbônica (acetazolamida)



Distúrbios ácido-base metabólicos

Alcalose metabólica

Perda intensa de H^+

- vômito

Adição de HCO_3^-

- bicarbonato de sódio
- alcalose hipoclorêmica pelo uso de diuréticos de alça

Outras causas

- Hiperaldosteronismo
- Hipocalcemia



Distúrbios ácido-base respiratórios

Acidose respiratória

Hipoventilação

- Redução do *drive ventilatório*
- *Doença neuromuscular*

Aumento do espaço morto alveolar

- TEP
- respiração superficial e curta

Alcalose respiratória

Hiperventilação

- Dor
- Estresse
- Febre

Outras

- Hipotermia
- Hipotireoidismo

Consequências da acidemia grave (acidose)



- Hiperventilação
- Fraqueza/fadiga muscular respiratória e dispneia
- Resistência à insulina
- ↓ ATP
- Inibição do metabolismo neural
- Redução do nível de consciência
- Hipercalemia ($\uparrow [K^+]$)
- Redução no limiar para as arritmias
- Redução da responsividade às catecolaminas
- ↑ RV Pulmonar
- ↓ DC, PA e perfusão sistêmica



Elementos da avaliação inicial na hemogasometria (metabólica)

pH

PCO₂

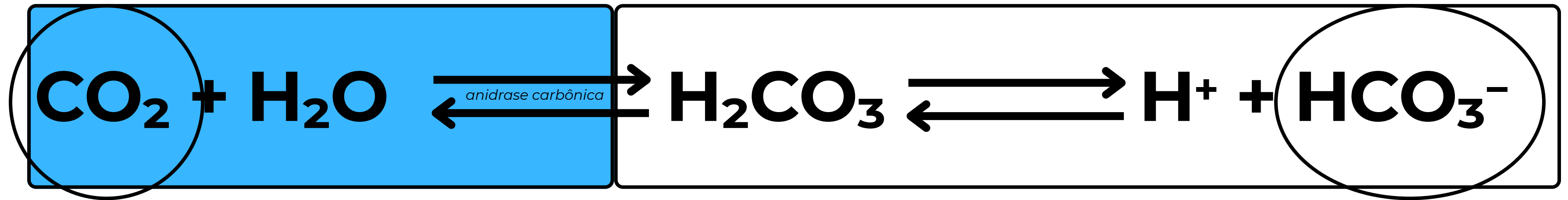
HCO₃⁻

BE(ecf)



Base Excess - BE(ecf)

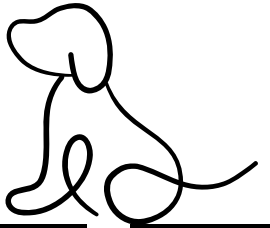
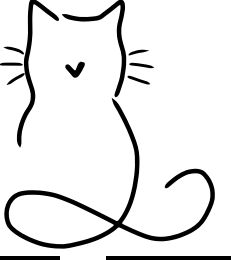
- ✓ Avaliação do componente metabólico isolado da influência respiratória



- ✓ Considera todos os tampões do LEC (ecf)
- ✓ *Quantidade de ácido ou base a ser adicionada para trazer o pH para 7,40*



!!! Valores de Referência !!!

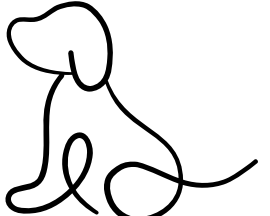
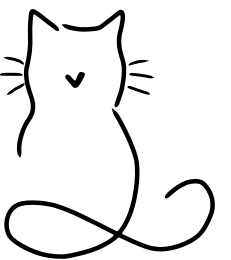
	 DOG		 CAT	
	ARTERIAL	VENOSO	ARTERIAL	VENOSO
pH	7,35 - 7,46	7,35 - 7,44	7,31 - 7,46	7,28 - 7,41
PCO ₂	31 - 43 mmHg	34 - 41 mmHg	25 - 37 mmHg	33 - 45 mmHg
HCO ₃ ⁻	19 - 26 mEq/L	21 - 24 mEq/L	15 - 22 mEq/L	18 - 23 mEq/L
BE(ecf)	± 4	± 4	± 4	± 4

DIBARTOLA, S.P. Fluid, electrolyte and acid-base disorders in small animal practice, 2 ed.

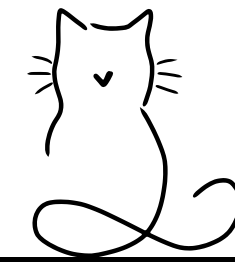
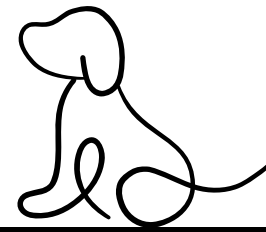
Rieser TM. Arterial and venous blood gas analyses. Top Companion Anim Med. 2013 Aug;28(3):86-90.



!!! Valores de Referência !!!

	 ARTERIAL		VENOSO		 ARTERIAL		VENOSO	
pH	7,41	7,40	7,39	7,34	7,39	7,34	7,34	
PCO₂	37 mmHg	37 mmHg	31 mmHg	39 mmHg	31 mmHg	39 mmHg	39 mmHg	
HCO₃⁻	22 mEq/L	23 mEq/L	18 mEq/L	23 mEq/L	18 mEq/L	23 mEq/L	23 mEq/L	
BE(ecf)	± 4	± 4	± 4	± 4	± 4	± 4	± 4	

Referências que usaremos!



pH

7,35 - 7,45 **(7,40)**

7,25 - 7,40 **(7,33)**

PCO₂

35 - 45
mmHg **(40)**

28 - 34
mmHg **(31)**

HCO₃⁻

20 - 24
mEq/L **(22)**

16 - 24
mEq/L **(20)**

BE(ecf)

± 4

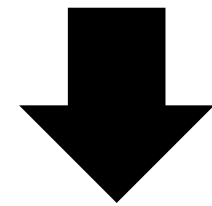
± 4



Distúrbios ácido-base primários

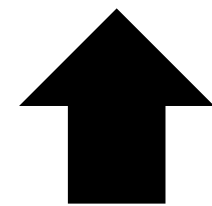
pH	Condição
----	----------

**Acidose
Metabólica**



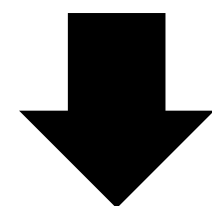
↓ HCO_3^- ↓ BE(ecf)

**Alcalose
Metabólica**



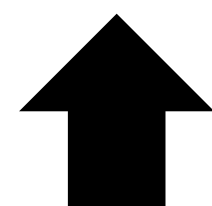
↑ HCO_3^- ↑ BE(ecf)

**Acidose
Respiratória**



↑ PCO_2

**Alcalose
Respiratória**

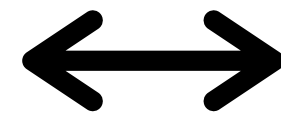
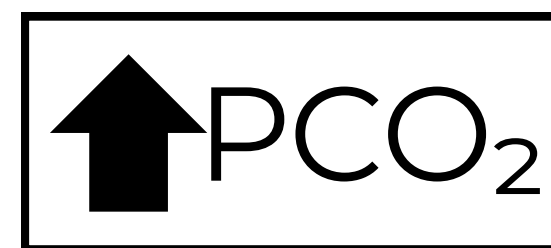
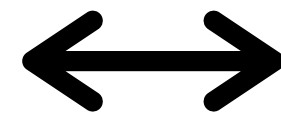
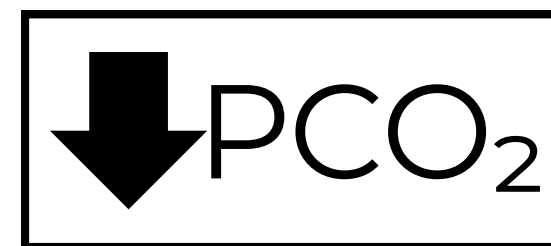


↓ PCO_2



"A concentração de CO_2 influencia diretamente a concentração de HCO_3^- " (e vice-versa)

COMPENSAÇÃO





Resposta compensatória

- ✓ Normalizar a relação $\text{HCO}_3^-:\text{PCO}_2$



- ✓ Manter o pH dentro da “neutralidade”

Distúrbios ácido-base primários e suas compensações



	pH	Condição	Compensação
Acidose Metabólica	↓	↓ HCO_3^- ↓ BE(ecf)	↓ PCO_2
Alcalose Metabólica	↑	↑ HCO_3^- ↑ BE(ecf)	↑ PCO_2
Acidose Respiratória	↓	↑ PCO_2	↑ HCO_3^- ↑ BE(ecf)
Alcalose Respiratória	↑	↓ PCO_2	↓ HCO_3^- ↓ BE(ecf)

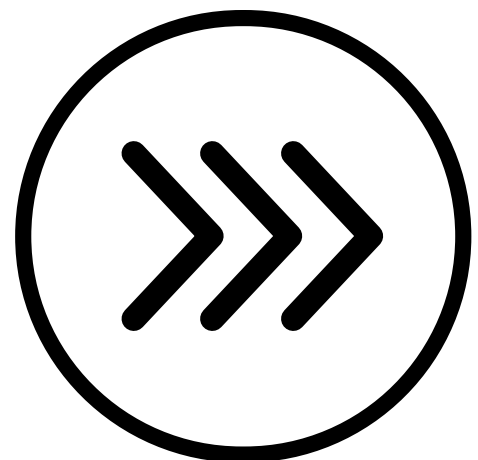


**A resposta
compensatória foi
“adequada”?**

↓
Variação da PCO_2 ou do HCO_3^-
dentro do esperado



Para isso, iremos calcular os limites da compensação esperada





Calculando a compensação nos distúrbios

metabólicos

Para cada mEq/L reduzido de HCO_3^- ESPERA-SE
uma redução de 0,7 mmHg na PCO_2 (± 3)

Para cada mEq/L aumentado de HCO_3^- ESPERA-
SE um aumento de 0,7 mmHg na PCO_2 (± 3)



Calculando a compensação nos distúrbios metabólicos

Valor médio
(na referência)

7,4

22

40

Exemplo:

Acidose

Metabólica

- Cão
- pH: 7,29
- HCO_3^- : 15 mEq/L
- BE(ecf): - 6
- PCO_2 : 32 mmHg

Redução do bicarbonato: (Medido-Ref)

$$15 \text{ mEq/L} - 22 \text{ mEq/L} = \underline{\underline{-7 \text{ mEq/L}}}$$

Redução esperada da PCO_2 :

$$(-7 \times 0,7) \pm 3 = -5,0 \pm 3 = \underline{\underline{-2 \text{ a } -8 \text{ mmHg}}}$$

PCO_2 esperada: (Ref-redução esperada)

- $40 - 2 = 38 \text{ mmHg}$
- $40 - 8 = 32 \text{ mmHg}$
- PCO_2 deverá estar entre **32 e 38 mmHg**



Calculando a compensação nos distúrbios metabólicos

Valor médio
(na referência)

7,4

22

40

Exemplo:

Alcalose

Metabólica

- Cão
- pH: 7,54
- HCO_3^- : 28 mEq/L
- BE(ecf): + 5
- PCO_2 : 46 mmHg

Aumento do bicarbonato: (Medido-Ref)

$$28 \text{ mEq/L} - 22 \text{ mEq/L} = \underline{\underline{6 \text{ mEq/L}}}$$

Aumento esperado da PCO_2 :

$$(6 \times 0,7) \pm 3 = 4,0 \pm 3 = \underline{\underline{1 \text{ a } 7 \text{ mmHg}}}$$

PCO_2 esperada: (Ref+aumento esperado)

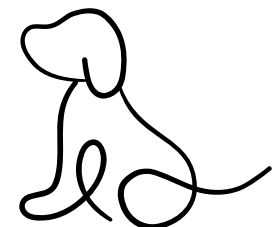
- $40 + 1 = 41 \text{ mmHg}$
- $40 + 7 = 47 \text{ mmHg}$
- PCO_2 deverá estar entre **41 e 47 mmHg**

Calculando a compensação nos distúrbios

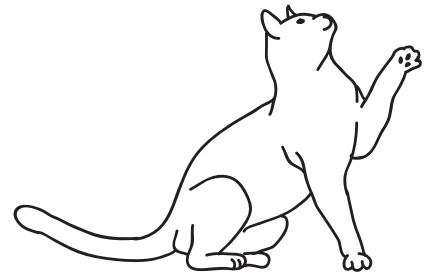


Para a acidose metabólica

METABÓLICOS

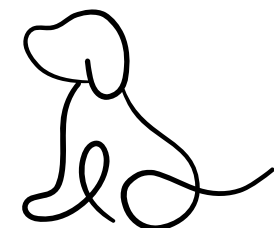


$$PCO_2 \text{ esp} = 40 - [(22 - HCO_3^-) \times 0,7] \pm 3$$

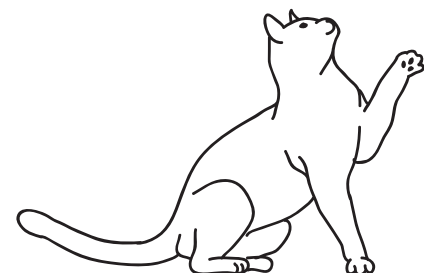


$$PCO_2 \text{ esp} = 31 - [(20 - HCO_3^-) \times 0,7] \pm 3$$

Para a alcalose metabólica



$$PCO_2 \text{ esp} = 40 + [(HCO_3^- - 22) \times 0,7] \pm 3$$



$$PCO_2 \text{ esp} = 31 + [(HCO_3^- - 20) \times 0,7] \pm 3$$



Calculando a compensação nos distúrbios respiratórios

Para cada mmHg aumentado na PCO_2 ESPERA-SE
um aumento:

- * $0,15 \text{ mEq/L HCO}_3^- \pm 2$ (agudo)
- * $0,35 \text{ mEq/L HCO}_3^- \pm 2$ (crônico)

Para cada mmHg reduzido na PCO_2 ESPERA-SE
uma redução de:

- * $0,25 \text{ mEq/L HCO}_3^- \pm 2$ (agudo)
- * $0,55 \text{ mEq/L HCO}_3^- \pm 2$ (crônico)



Calculando a compensação nos distúrbios respiratórios

Exemplo:

Acidose

- Cão
- pH: 7,31
- HCO_3^- : 26 mEq/L
- BE(ecf): + 4
- PCO_2 : 60 mmHg

Respiratória

Valor médio
(na referência)

7,4

22

40

Aumento da PCO_2 : (Medido-Ref)

$$60 \text{ mmHg} - 40 \text{ mmHg} = \underline{\underline{20 \text{ mmHg}}}$$

Aumento esperado do HCO_3^- :

$$(20 \times 0,15^*) \pm 2 = 3,0 \pm 2 = \underline{\underline{1 \text{ a } 5 \text{ mEq/L}}}$$

HCO_3^- esperado: (Ref+aumento esperado)

- $22 + 1 = 23 \text{ mEq/L}$
- $22 + 5 = 27 \text{ mEq/L}$
- HCO_3^- deverá estar entre **23 e 27 mEq/L**



Calculando a compensação nos distúrbios respiratórios

Exemplo:

Alcalose

- Cão
- pH: 7,52
- HCO_3^- : 19 mEq/L
- BE(ecf): -1
- PCO_2 : 28 mmHg

Respiratória

Valor médio
(na referência)

7,4

22

40

Redução da PCO_2 : (Medido-Ref)

$$28 \text{ mmHg} - 40 \text{ mmHg} = \underline{-12 \text{ mmHg}}$$

Redução esperada do HCO_3^- :

$$(-12 \times 0,25^*) \pm 2 = -3,0 \pm 2 = \underline{-1 \text{ a } -5 \text{ mEq/L}}$$

HCO_3^- esperado: (Ref-redução esperada)

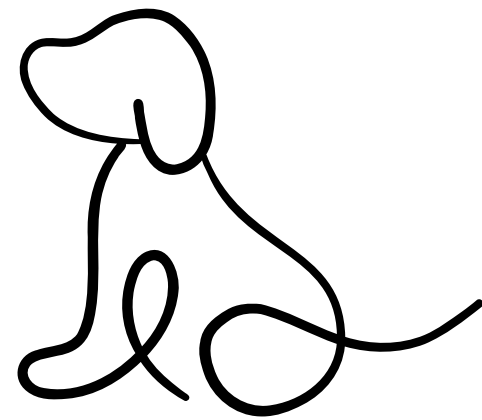
- $22 - 1 = 21 \text{ mEq/L}$
- $22 - 5 = 17 \text{ mEq/L}$
- HCO_3^- deverá estar entre **17 e 21 mEq/L**

Calculando a compensação nos distúrbios



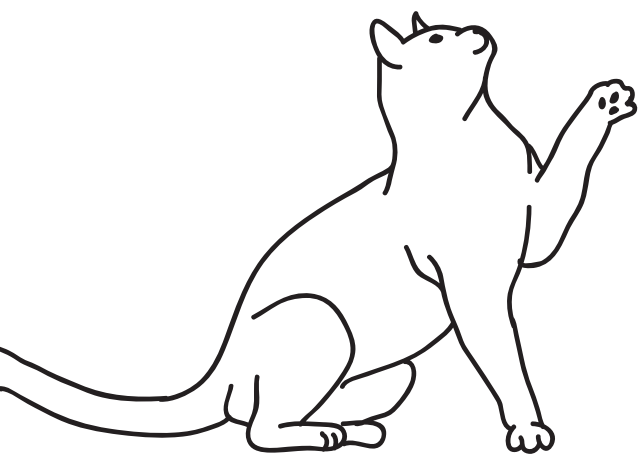
Para a acidose respiratória

RESPIRATÓRIOS



$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 + [(\text{PCO}_2 - 40) \times 0,15] \pm 2 \quad \text{AGUDO}$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 + [(\text{PCO}_2 - 40) \times 0,35] \pm 2 \quad \text{CRÔNICO}$$



$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 20 + [(\text{PCO}_2 - 31) \times 0,15] \pm 2 \quad \text{AGUDO}$$

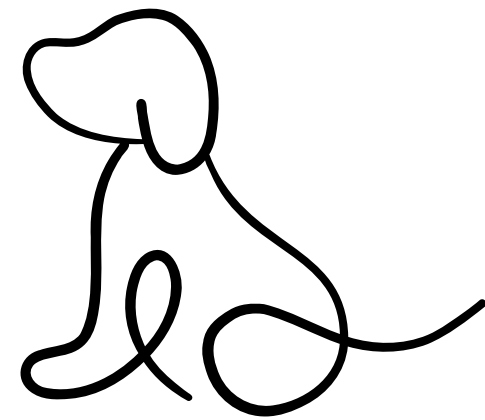
$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 20 + [(\text{PCO}_2 - 31) \times 0,35] \pm 2 \quad \text{CRÔNICO}$$

Calculando a compensação nos distúrbios



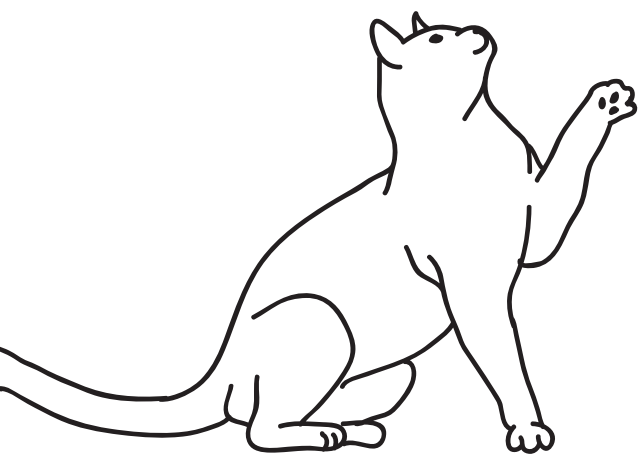
Para a alcalose respiratória

RESPIRATÓRIOS



$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 - [(40 - \text{PCO}_2) \times 0,25] \pm 2 \quad \text{AGUDO}$$

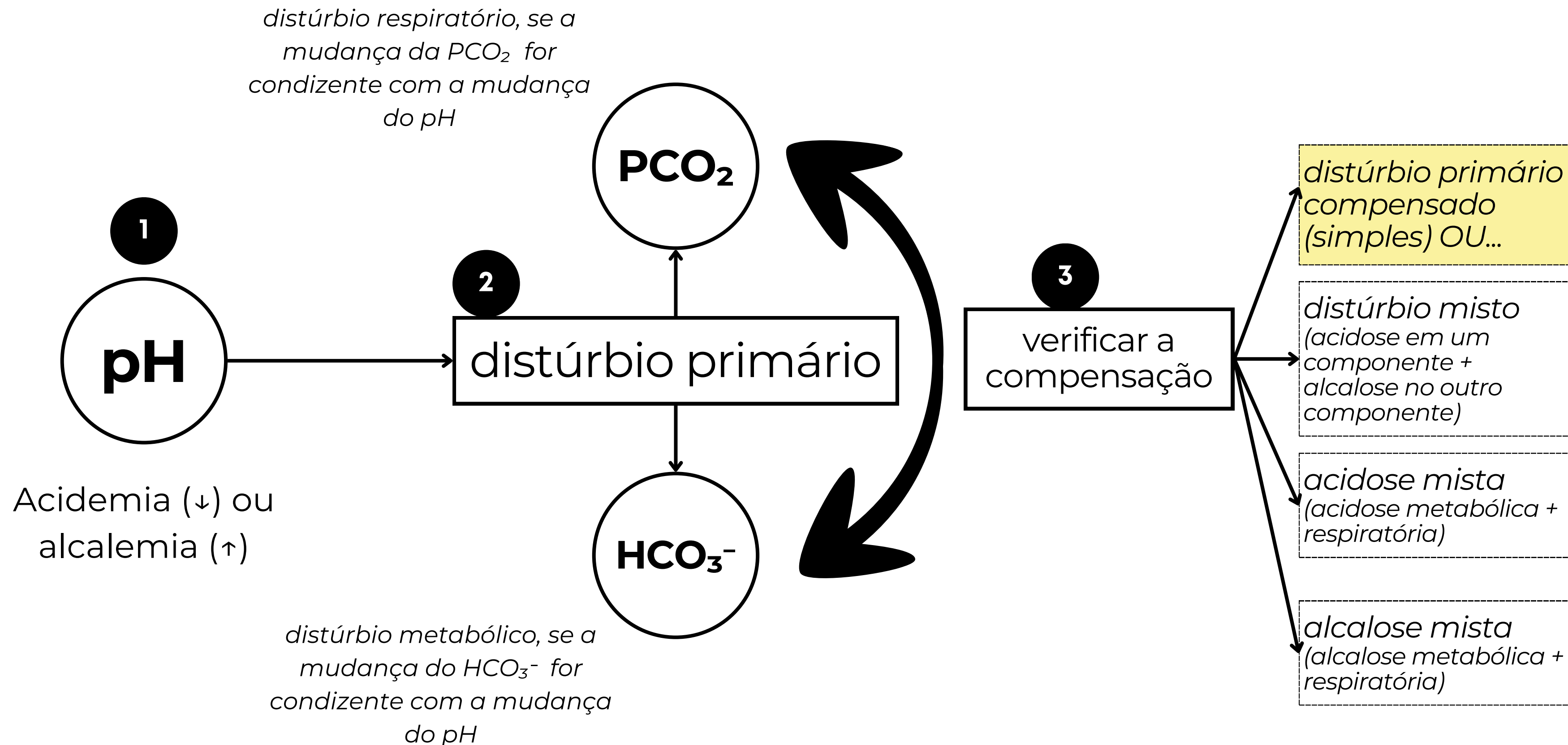
$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 - [(40 - \text{PCO}_2) \times 0,55] \pm 2 \quad \text{CRÔNICO}$$

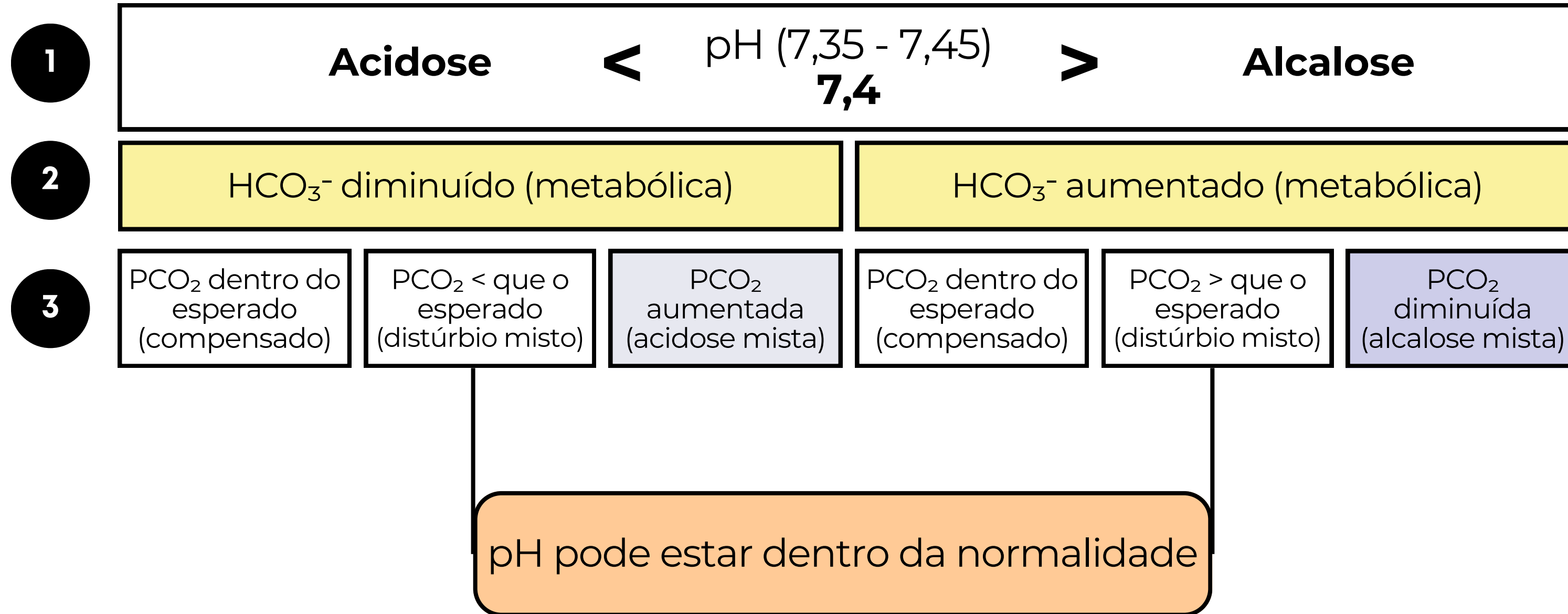


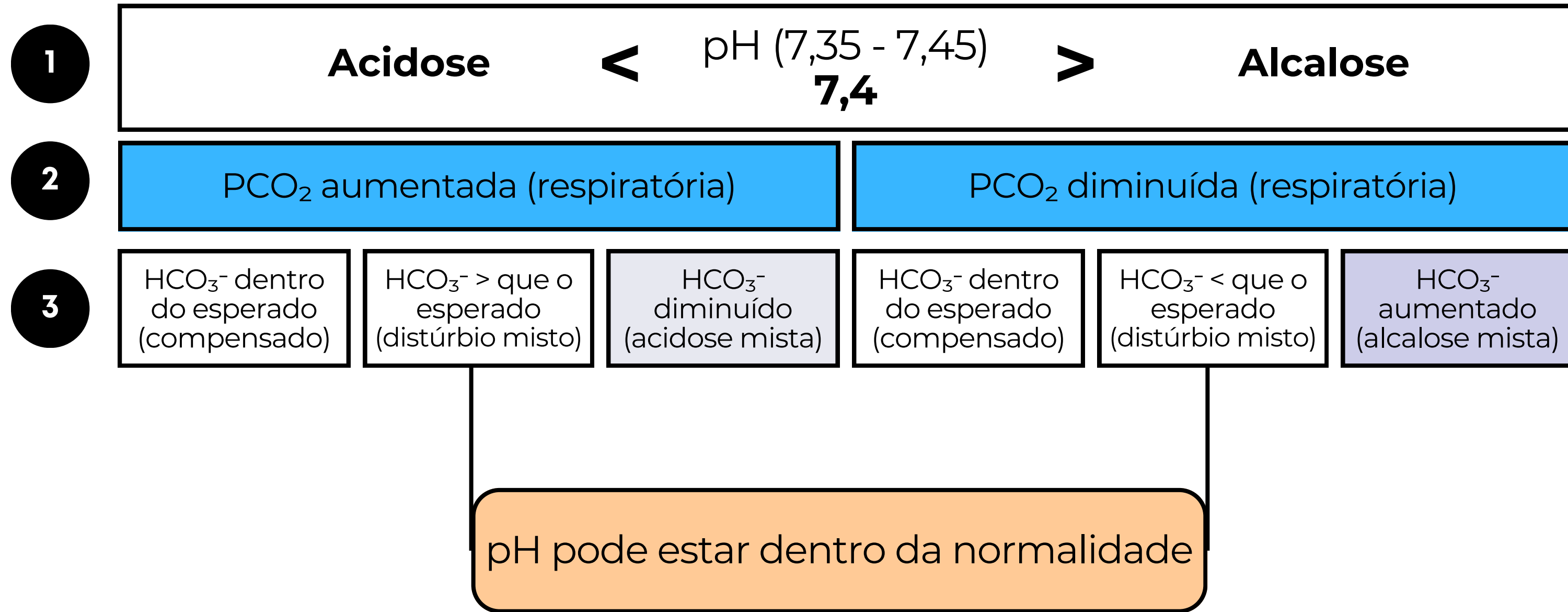
$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 20 - [(31 - \text{PCO}_2) \times 0,25] \pm 2 \quad \text{AGUDO}$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 20 - [(31 - \text{PCO}_2) \times 0,55] \pm 2 \quad \text{CRÔNICO}$$

Avaliando o distúrbio ácido base









EXIJA O DOCUMENTO FISCAL DE Nº INDICADO NESTE COMPROVANTE. Nº: 7. Nº PO: 02

CP: Nao

13:04 07OCT23

Temperatura	37.0°C
pH	7.294
PCO2	50.7 mmHg
PO2	41 mmHg
Eecf	-2 mmol/L
HCO3	24.6 mmol/L
TCO2	26 mmol/L
sO2	70 %
Na	143 mmol/L
K	3.9 mmol/L
iCa	1.42 mmol/L
Hct	33 %PCV
Hb*	11.2 g/dL

*via Hct

Ref = 7,4

Ref = 40 mmHg

Ref = 22 mEq/L

Acidose

Respiratória

Compensada
(distúrbio simples)

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 + [(\text{PCO}_2 - 40) \times 0,15] \pm 2$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 + [(50,7 - 40) \times 0,15] \pm 2$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 23,6 \pm 2$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = \mathbf{21,6 \text{ a } 25,6 \text{ mEq/L}}$$

Pós-Op de tireoidectomia





Evolução:

- pac. agitada
- fazendo uso de morfina (foi suspenso)

← hemogaso controle

EXUA O DOCUMENTO FIS
COMPONENTE Nº:
7.0°C
7.350
42.4 mmHg
31 mmHg
BEecf -2 mmol/L
HCO3 23.4 mmol/L
TCO2 25 mmol/L
O2 55 %

Na 145 mmol/L
K 4.0 mmol/L
Ca 1.27 mmol/L
Hct 37 %PCV
Hb* 12.6 g/dL

*via Hct

INDICADO NESTE
TIPO: BCP: Nao
9:04 07OCT23

Pós-Op de tireoidectomia



FIXA O DOCUMENTO FISCAL DE N.º INDICADO NESTE

TEMP	37.0°C
PH	7.182
PCO2	63.0 mmHg
PO2	64 mmHg
BEecf	-5 mmol/L
HCO3	23.6 mmol/L
TIP CO2	26 mmol/L
SO2	85 %
Na	151 mmol/L
K	4.0 mmol/L
Ca	1.94 mmol/L
Glucose	115 mg/dL
Hct	38 %PCV
Hb*	12.9 g/dL

*via Hct

Amostra: VEN
BCP: Nao

8:55 07 JUN 23

Ref = 7,4

Ref = 40 mmHg

Ref = 22 mEq/L

Acidose

Respiratória

Compensada
(distúrbio simples)

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 + [(\text{PCO}_2 - 40) \times 0,15] \pm 2$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 22 + [(63 - 40) \times 0,15] \pm 2$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = 25,45 \pm 2$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ esp} = \mathbf{23,45 \text{ a } 27,45 \text{ mEq/L}}$$

Pré-op de tireoidectomia





EXLJA O DOCUMENTO FISCAL DE Nº INDICADO NESTE
COMPROVANTE DE TIPO

pH	7.401
PCO2	23.1 mmHg
P02	23 mmHg
Eecf	-10 mmol/L
HCO3	14.4 mmol/L
TCO2	15 mmol/L
sO2	43 %
Na	156 mmol/L
K	4.0 mmol/L
iCa	0.88 mmol/L
Glu	76 mg/dL
Hct	31 %PCV
Hb*	10.5 g/dL

*via Hct

Amostra: VEN
FI02: 21
BCP: Nao

21:34 08JUN23

Ref = 7,4

Ref = 40 mmHg

Ref = 22 mEq/L

Sem acidemia

**Alcalose
respiratória**

**Acidose
metabólica**

Distúrbio misto!!!

24h pós-op de tireoidectomia

» NEXT



Na 148 mmol/L
K 4.2 mmol/L
Cl 118 mmol/L
TCO2 21 mmol/L
Urea 14 mg/dL
Glu 100 mg/dL
Hct 52 %PCV

pH 7.337
pO2 37.1 mmHg
pCO2 19.9 mmol/L
Becf -6 mmol/L
AGap 15 mmol/L
Hb* 17.7 g/dL

Ref = 7,4 (7,35 - 7,45)

Ref = 40 mmHg (35-45 mmHg)

Ref = 22 mEq/L (20-24 mEq/L)

*via Hct

BECD: Nao

EXAM DO DOCUMENTO FISCAL Nº: 108 16FEB24

Pós-op de lobectomia hepática

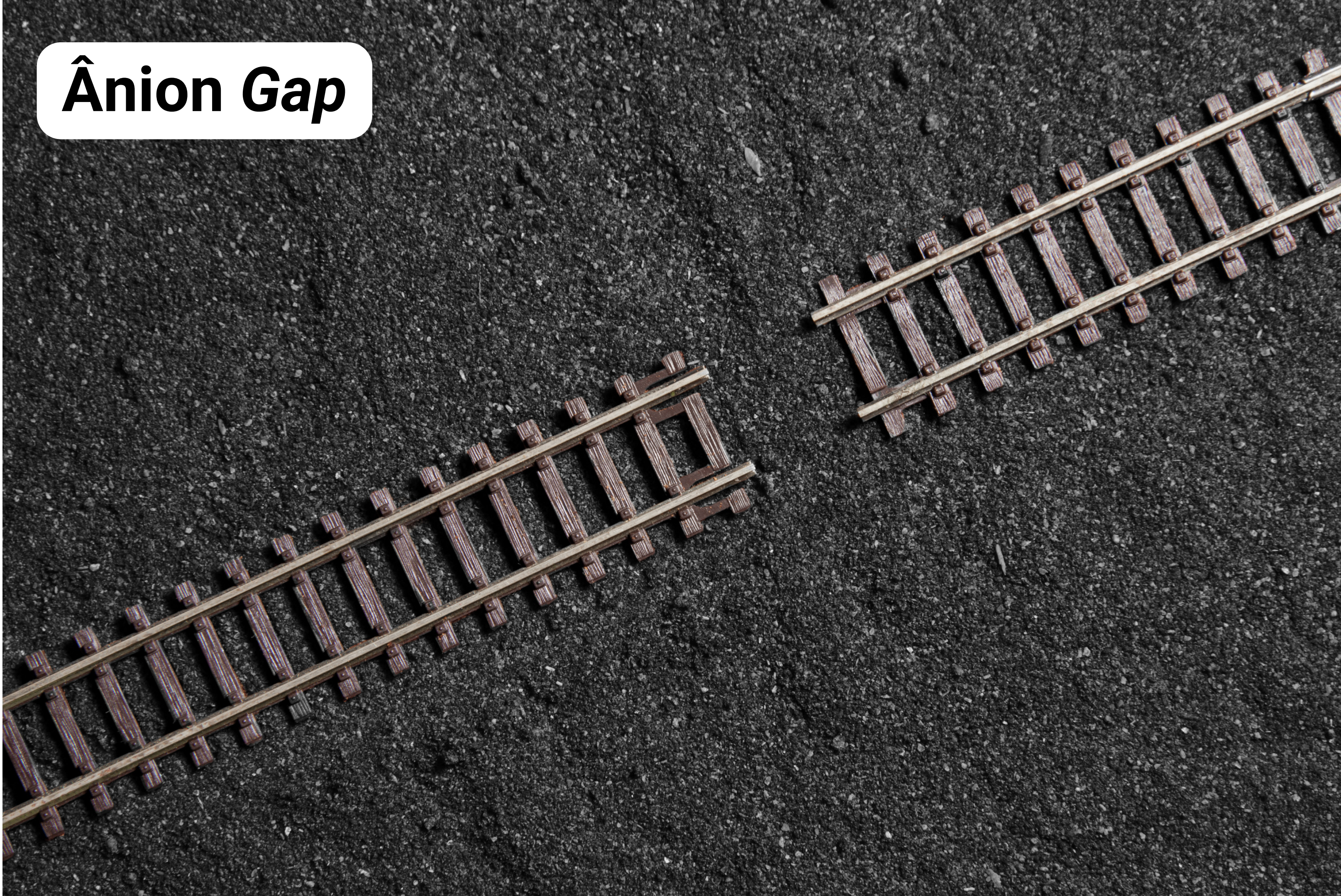


Tabela de referência: Hemogasometria Felina

		Resultado		Referência
pH	Acidose grave	6,973		7,35 - 7,45
pCO2	Acidose respiratória	54,9 mmHg	Hipoventilação (sedação / anestesia)	32 - 45 mmHg
pO2		205 mmHg		75 - 100 mmHg
Na+	ACIDOSE MISTA	140 mmol/L		134 - 146 mmol/L
K+		>9 mmol/L	Obstrução + acidemia	3,4 - 4,5 mmol/L
Ca++		0,97 mmol/L		1,15 - 1,32 mmol/L
HCO3act	Acidose metabólica	12,7 mmol/L	Consequência da IRA pela obstrução (pós-renal)	16 - 24 mmol/L
BE(B)		-19 mmol/L		+8 - -2 mmol/L
tCO2		14 mmol/L		
O2SAT		99 %		97 - 100 %
Hb		14,6 g/dL		8 - 15 g/dL
Hct		43 %		24 - 45 %
Laboratório				
Data		09/02/2024		

Obstrução uretral

Ânion *Gap*

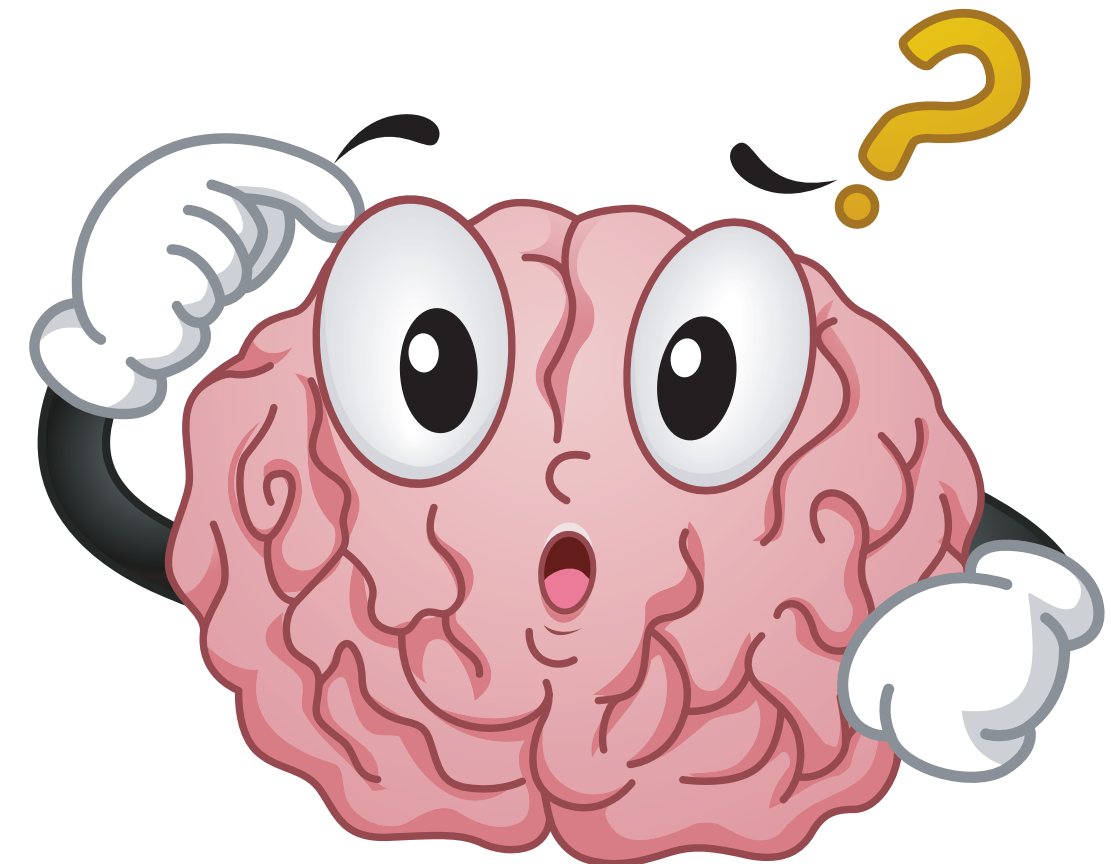




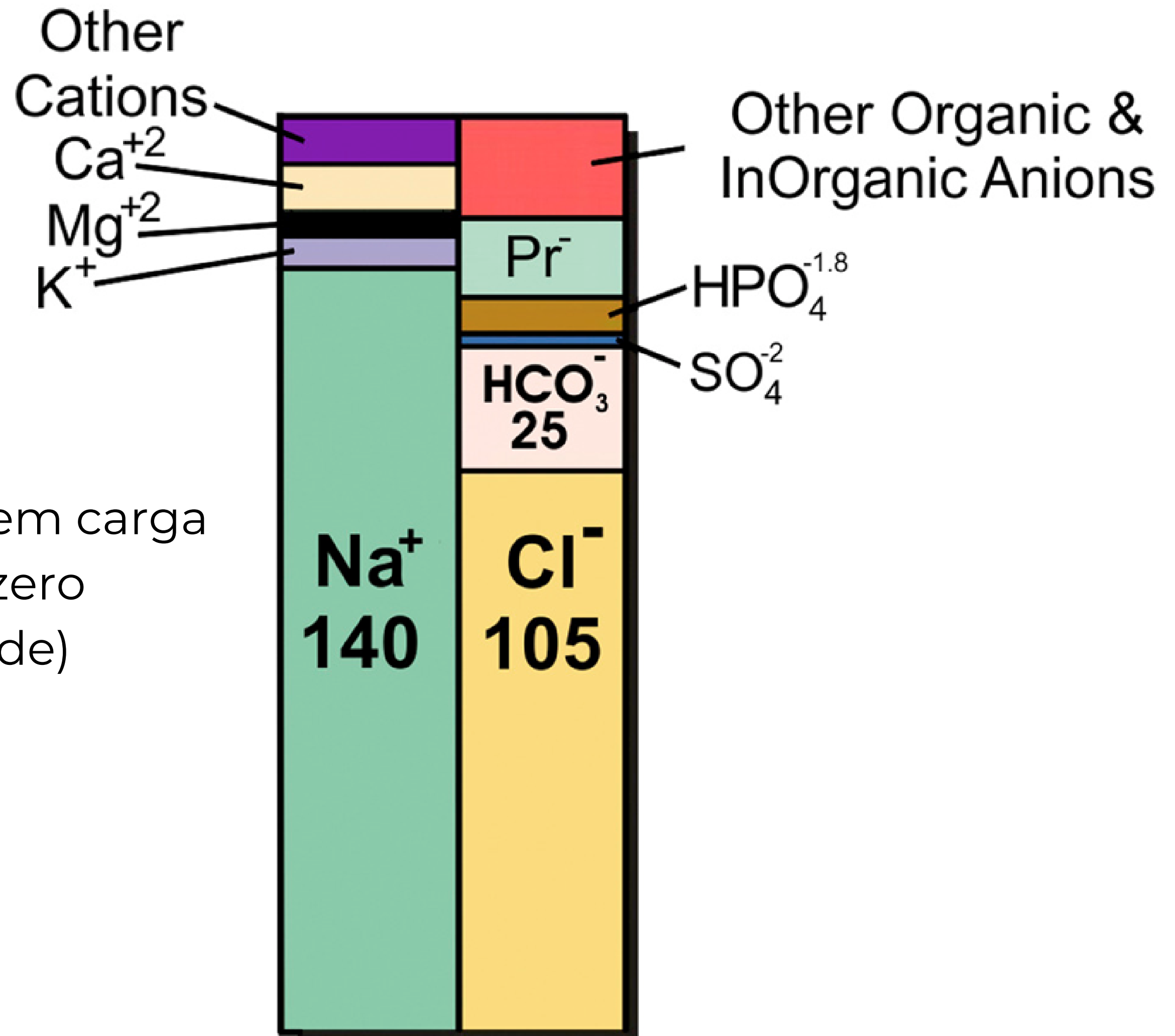
Ânion Gap

- ✓ Ânions que normalmente não são medidos no sangue
- ✓ Sulfatos, fosfatos, lactato, proteínas (albumina)...
- ✓ Utilidade clínica: diferenciação das **acidoses metabólicas**

- 12 – 24 mEq/L (cão)
- 13 – 27 mEq/L (gato)



Ânion Gap

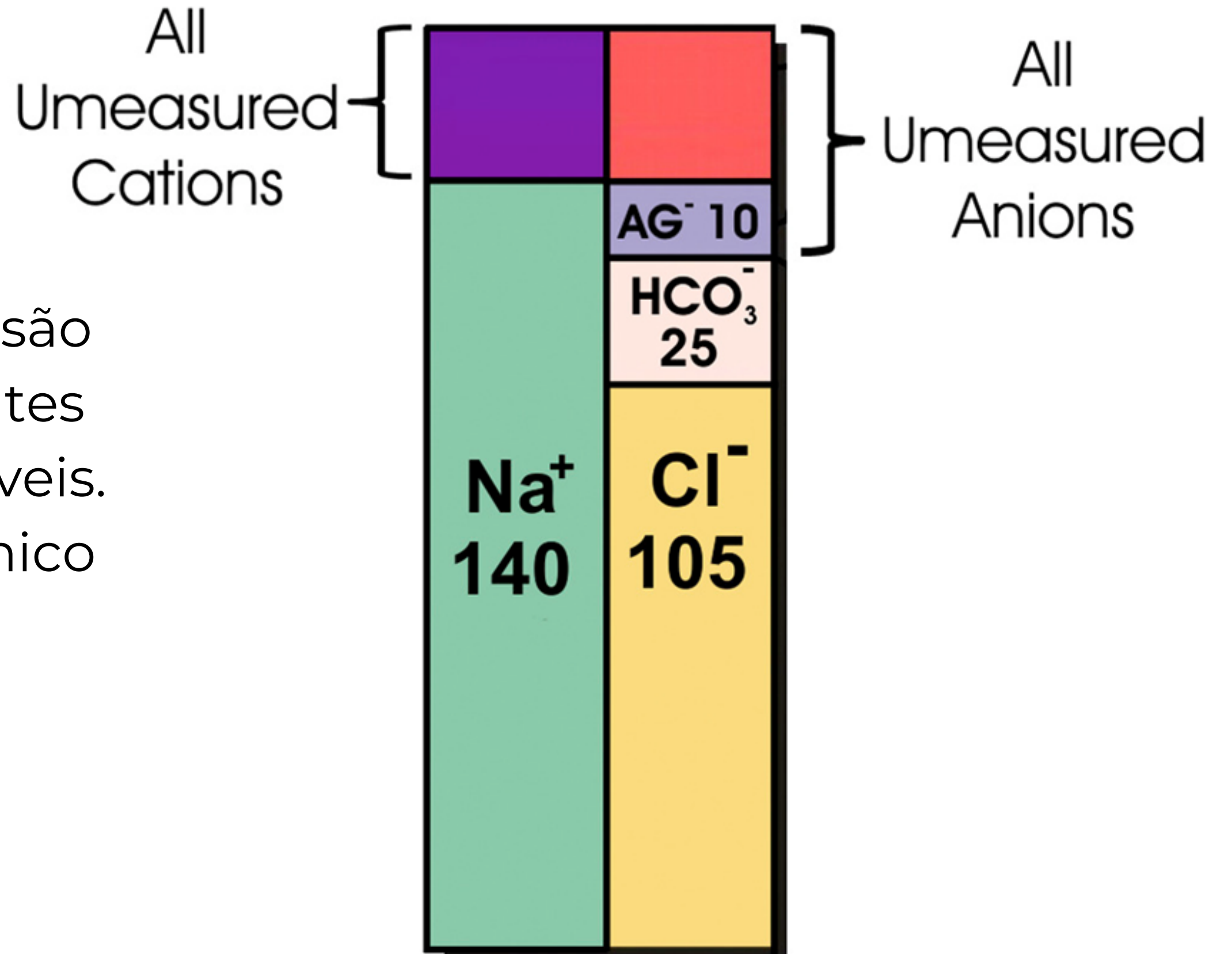


Os líquidos corporais tem carga elétrica líquida = zero (eletroneutralidade)



Ânion Gap

Os ânions não mensuráveis são ligeiramente mais abundantes que os cátions não mensuráveis. Essa diferença é o *gap* aniônico (*anion gap, AG*)





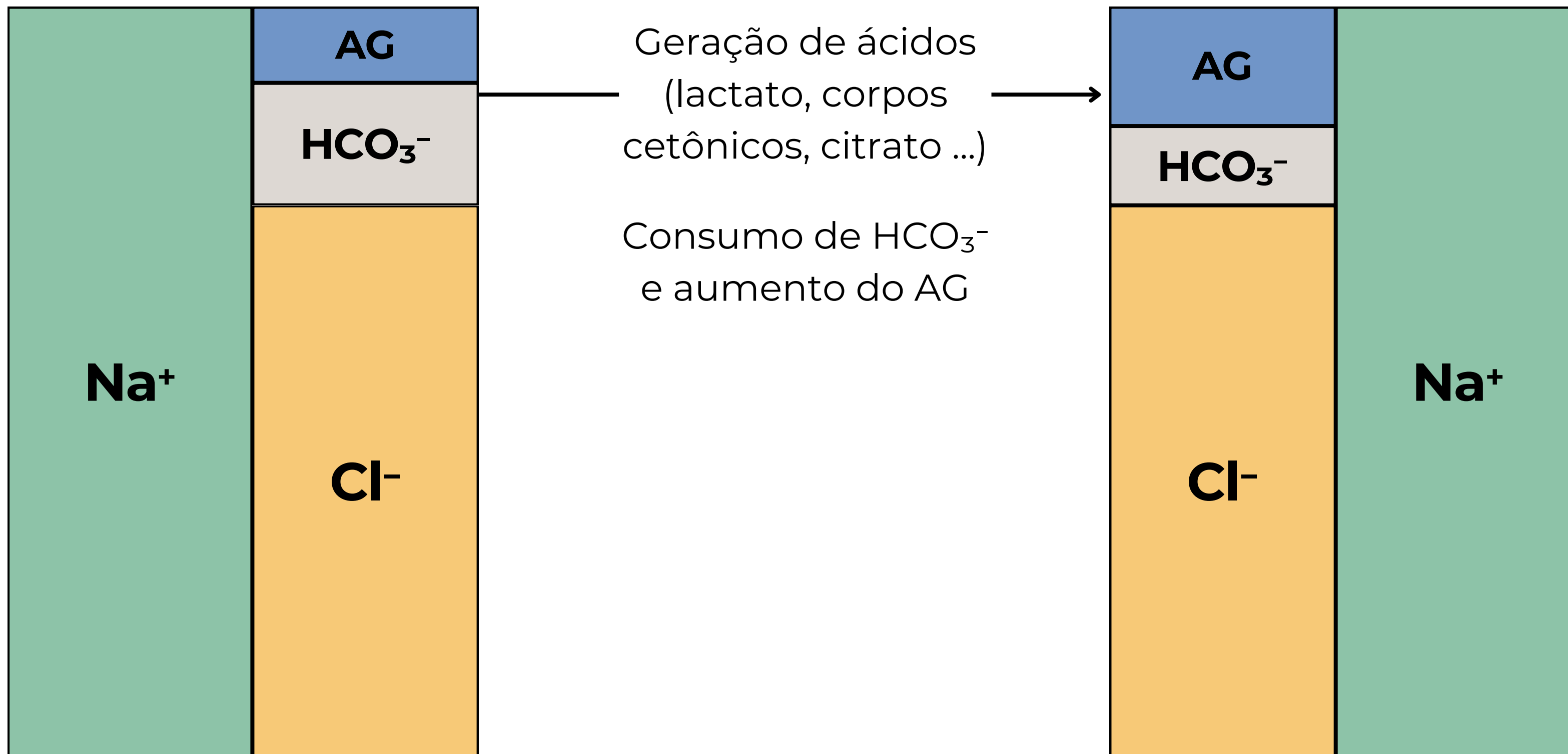
Ânion Gap

Por padrão, calculamos o AG como a diferença entre o sódio (cátion mensurável) e os ânions mensuráveis (cloreto e bicarbonato)

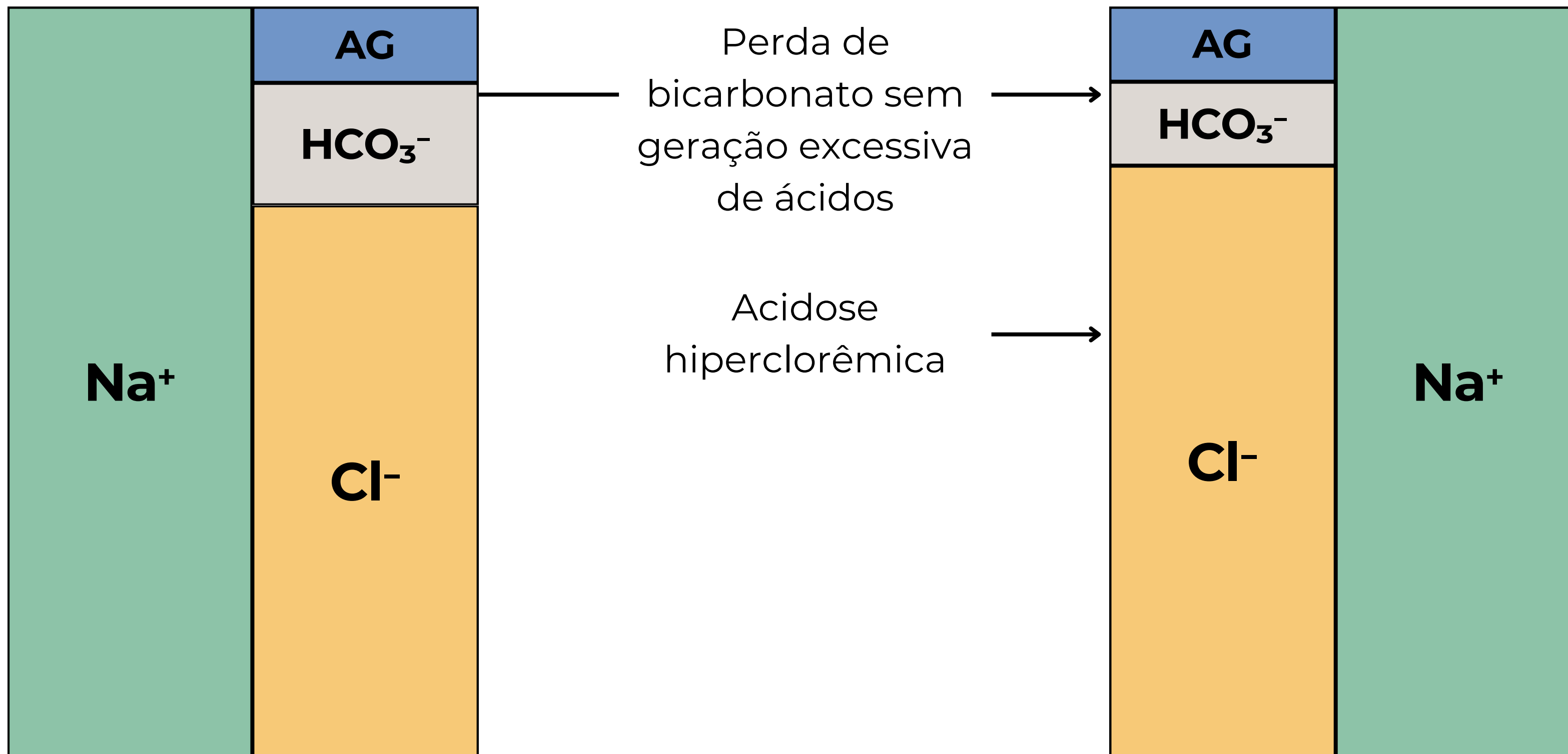
$$AG = Na^+ - (Cl^- + HCO_3^-)$$

Na⁺ 140	AG⁻ 10
	HCO₃⁻ 25
	Cl⁻ 105

Ânion Gap



Ânion Gap





Causas de ânion *Gap* aumentado

- ✓ Acidose láctica (sepse, choque circulatório)
- ✓ Cetoacidose diabética
- ✓ Intoxicação por salicilatos e etileno glicol
- ✓ Doença renal crônica



Causas de ânion *Gap normal*

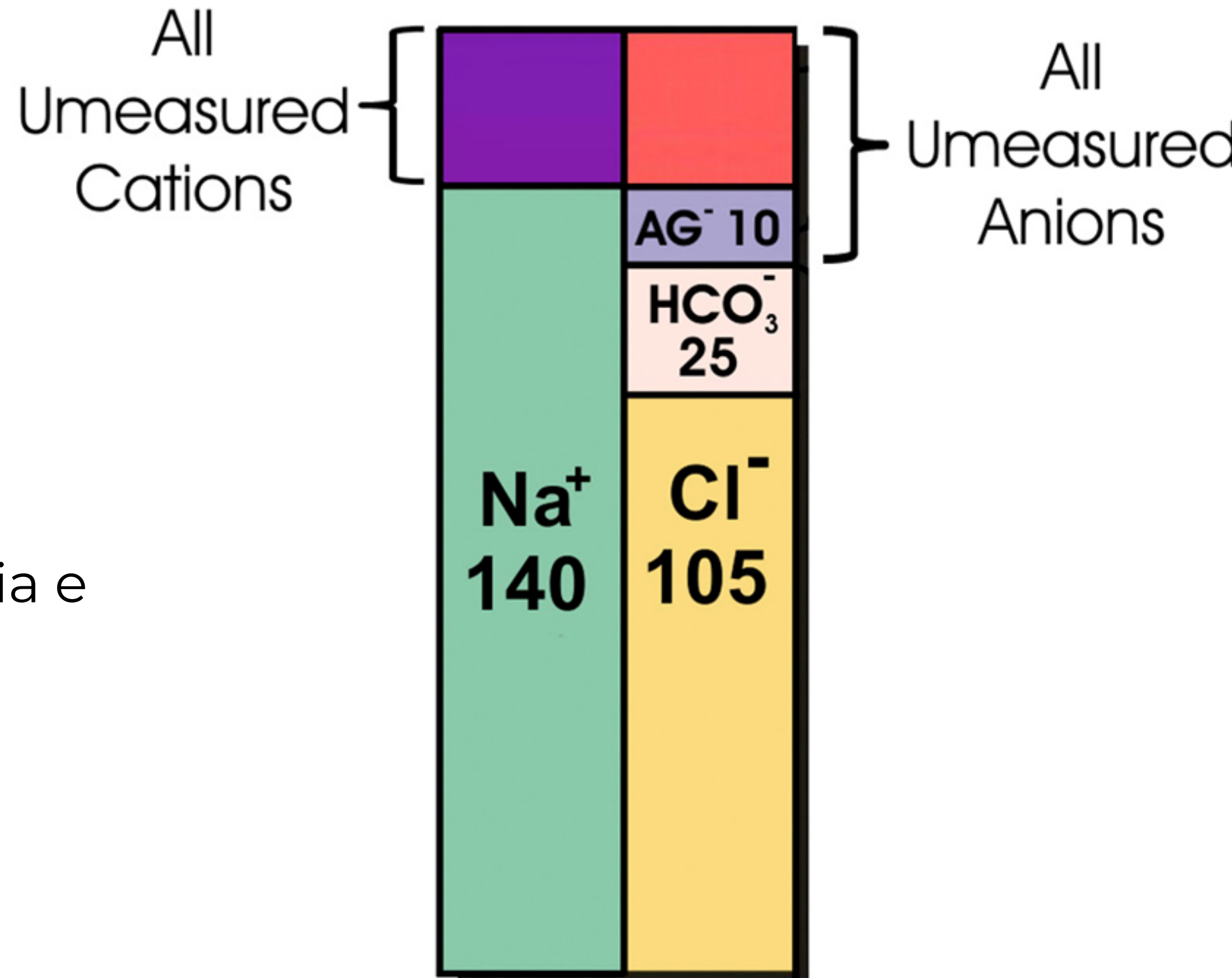
- ✓ Diarreia / perda intestinal de HCO_3^-
- ✓ Uso de inibidores da anidrase carbônica
- ✓ Doença renal crônica com acidose tubular
- ✓ Insuficiência adrenal
- ✓ Acidose dilucional

Acidose Hiperclorêmica



Causas atípicas de alterações no ânion *Gap*

- ✓ Hipoalbuminemia = *gap* reduzido
- ✓ Hiperalbuminemia = *gap* aumentado
- ✓ Hipercalcemia, hipercalemia e hipermagnesemia = *gap* reduzido



Ânion *Gap* corrigido



$$\text{AG corrigido} = \text{AG} + [(4,0 - \text{albumina}) \times 2,5]$$



Ânion Gap aumentado

NO AG aumentado o AG deve subir na mesma proporção da queda do HCO_3^-

Ao adicionarmos "X" mEq de ácidos no LEC, a mesma equivalência de HCO_3^- será consumido, aumentando nessa proporção o AG.

E se o HCO_3^- reduzir de forma desproporcional ao AG??

- **Outro mecanismo (adicional) de acidose**
- **Aumento de Cl^- (acidose hiperclorêmica)**

Delta / Delta = $(\text{AG calculado} - 18^*) / (22^{**} - \text{HCO}_3^- \text{ medido})$

* 15 em gatos

** 18 em gatos

= 1: acidose c/ AG aumentado

< 1: acidose c/ AG aumentado + acidose hiperclorêmica

> 2: acidose c/ AG aumentado + alcalose metabólica ??



Terapia com bicarbonato

- ✓ Controvérsia sobre benefícios e riscos
- ✓ Na acidose metabólica grave
 - $\text{pH} < 7,1$
 - $\text{BE} < -10$
 - $\text{HCO}_3^- < 12 \text{ mEq/L}$

DRC

Perda de HCO_3^-



Parada cardior-respiratória



Acidose láctica

Cetoacidose diabética

Complicações da reposição de bicarbonato



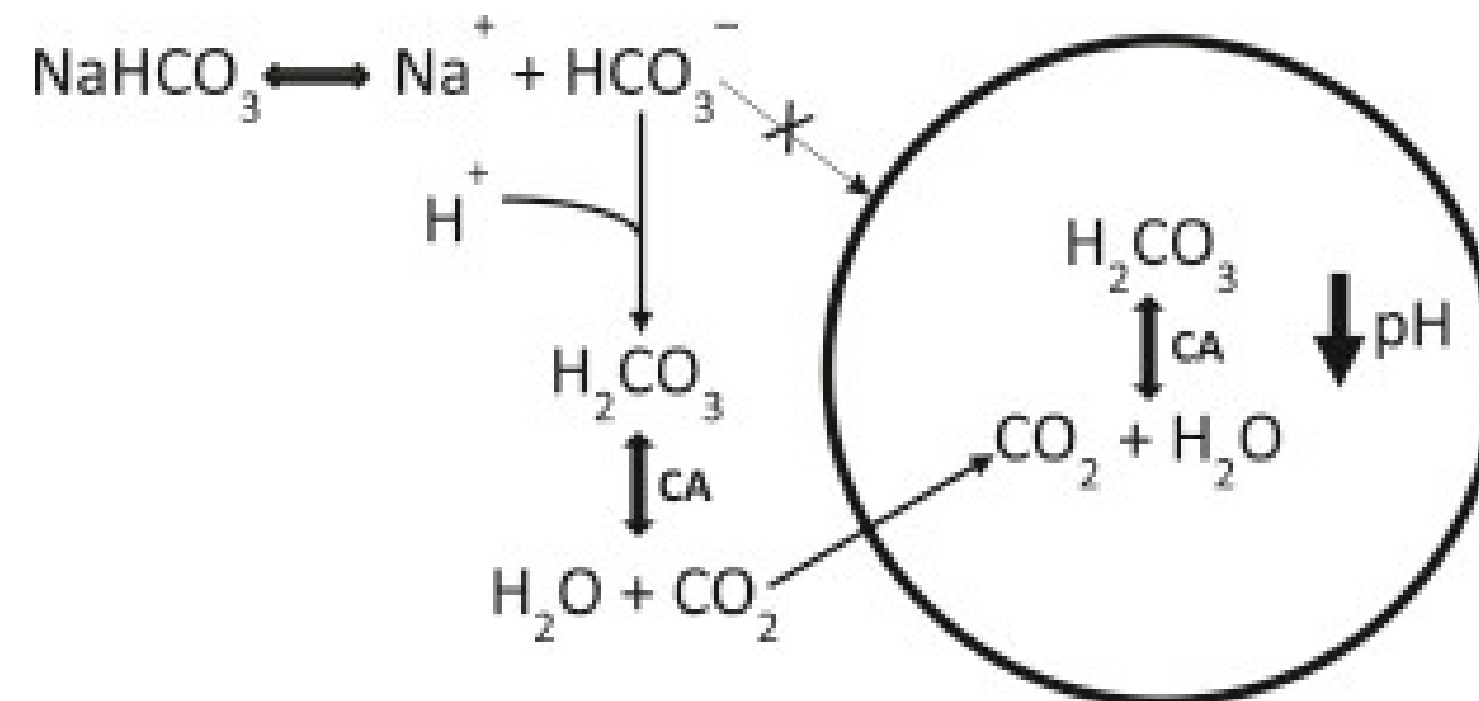
- ✓ Redução da $[Ca^{2+}]$
 - aumenta a ligação à albumina
- ✓ Redução da $[K^+]$
 - HCO_3^- estimula a secreção de H^+ (intracelular); e a entrada de K^+ nas células
- ✓ Hipernatremia

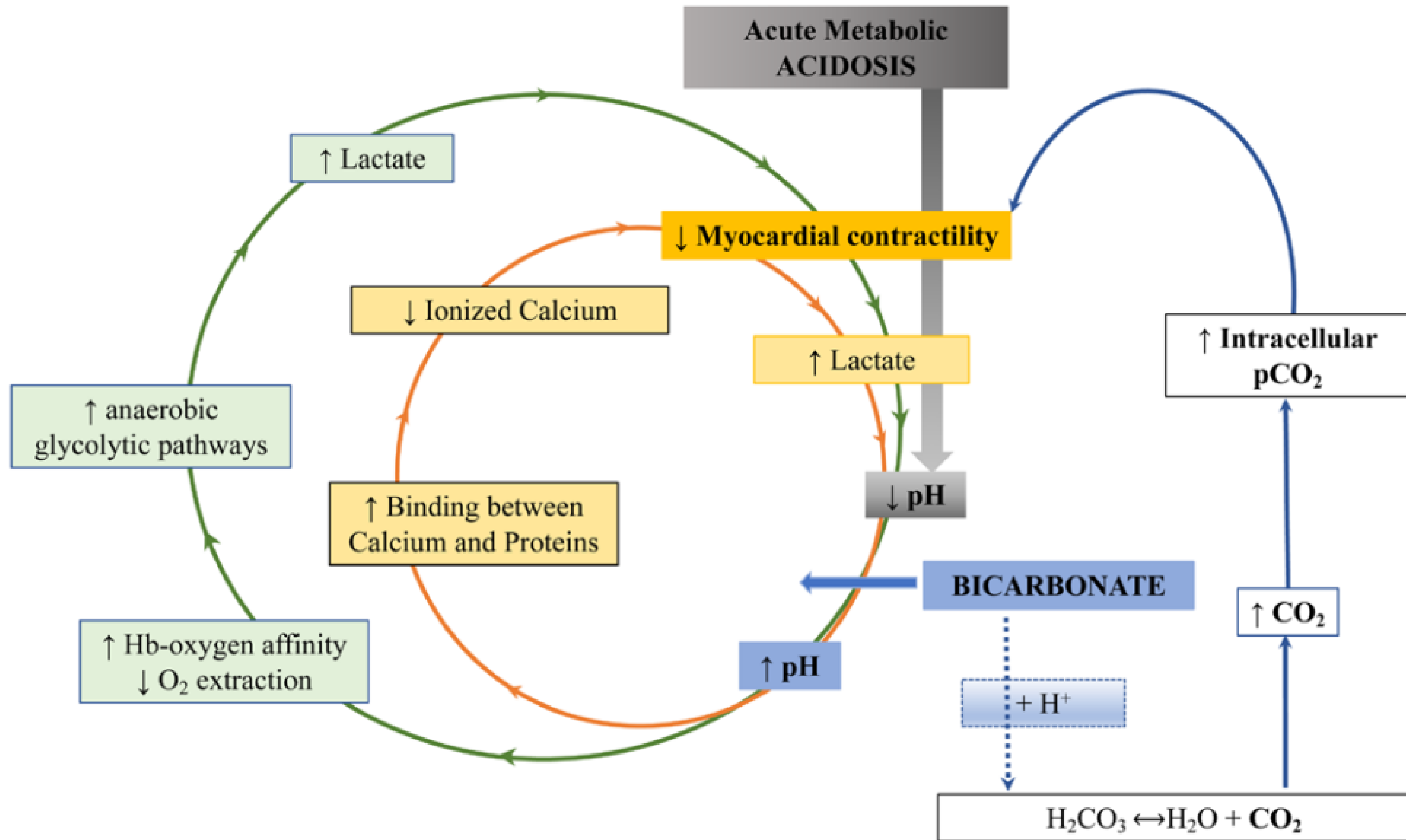


Complicações da reposição de bicarbonato



- ✓ Acidose paradoxal (intracelular)
- ✓ Acidose cerebral





Como repor?



**PCR
prolongada**

1 mEq/Kg em 5 - 10 min

Hipercalemia 1-2 mEq/Kg em 10 - 15 min

- após falha na terapia com insulina / glicose, cálcio e assegurado o débito urinário



Como repor?



Acidose metabólica*

Dose baseada no déficit de base

$$\text{BE} \times 0,3 \times \text{Peso (Kg)} = \text{mEq total}$$

Exemplo: BE de -16 e peso = 10 Kg

- $16 \times 0,3 \times 10 = 48 \text{ mEq (total)}$

Dose baseada no bicarbonato desejado (alvo)

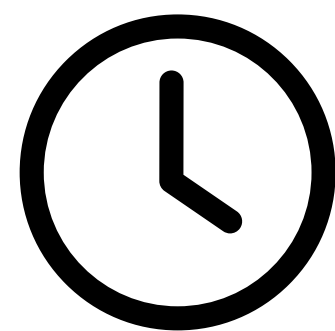
$$\text{Peso (Kg)} \times (\text{Vd}) \times (\text{bic. desejado} - \text{bic. mensurado})$$

Vd = volume de distribuição (entre 0,2 e 0,5)

Exemplo: peso = 10 Kg, bic mensurado = 8 mEq/L, bic desejado = 15 mEq/L

- $10 \times 0,2 \times (15 - 8) = 14 \text{ mEq (total)}$
- $10 \times 0,5 \times (15 - 8) = 35 \text{ mEq (total)}$

Repor entre 14 e 20 mEq total



Entre 1 e 24 h
DRC ~ 12h





Considerações finais

- ✓ Conhecer a fisiologia do equilíbrio ácido-base é fundamental para entendermos como os distúrbios ácido-base se desenvolvem
- ✓ A hemogasometria é o exame complementar que nos permite fazer essa avaliação
- ✓ O diagnóstico é dado em conjunto com os outros elementos da avaliação clínico-laboratorial do paciente
- ✓ Mais do que auxiliar no diagnóstico, a hemogasometria é um exame para acompanhar a evolução do paciente e a resposta à terapia
- ✓ Erros pré-analíticos irão influenciar o resultado
- ✓ Entenda a utilidade da amostra venosa e arterial



Considerações finais

- ✓ Sempre faça a avaliação do distúrbio ácido-base (pela hemogasometria) de forma sistemática
 1. pH (existe acidemia/alcalemia?)
 2. pCO₂ e HCO₃⁻ / BE (o componente primário é respiratório ou metabólico?)
 3. Como está a compensação?
 - a. dentro do esperado = distúrbio simples
 - b. além do esperado = distúrbio misto (acidose + alcalose)
 - c. fora do esperado (no sentido oposto) = acidose ou alcalose mista
 4. Avalie o ânion gap nas acidoses metabólicas (para melhor entender o mecanismo)
 - a. se aumentado, ainda poderá calcular o delta/delta para verificar se há mais de uma causa associada

