

Resolução dos exercícios
QBQ-0116

Gustavo C. Dias

pH e Sistemas Tampão



Girl in Hydrangea Garden, Karin Schaffer.

A coloração das flores da hortências é o resultado da presença de antocianinas, um pigmento presente em plantas cuja coloração varia do rosa ao azul, podendo adquirir tonalidades de verde, amarelo e até branco dependendo do pH do meio.

Questão 01

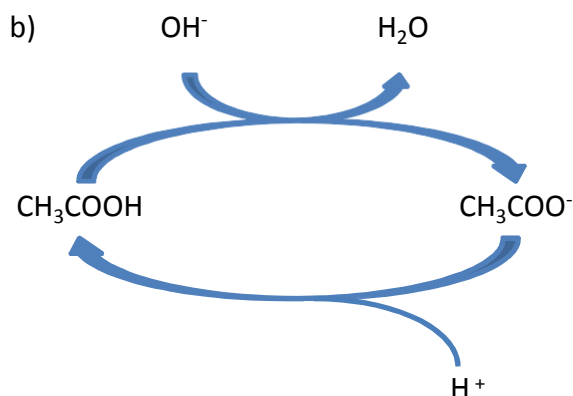
a) Os componentes de um tampão acetato são o ácido fraco e sua base conjugada:

CH_3COOH = ácido acético (doador de prótons)

CH_3COO^- = acetato (receptor de prótons)

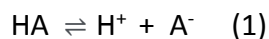
b) Adições de base consumirão os prótons provenientes da dissociação do ácido fraco (CH_3COOH), neutralizando os íons OH^- .

Contrariamente, adições de H^+ podem ser compensadas ao reagirem com a base conjugada (CH_3COO^-), fazendo com que o pH varie mais lentamente nos valores próximos ao pK_a do ácido fraco.



Questão 02

A capacidade de tamponamento resulta do equilíbrio entre duas reações reversíveis (1) ocorrendo em uma solução de concentrações quase iguais de doador de prótons (ácido fraco) e receptor de prótons (base conjugada), $[\text{HA}] \approx [\text{A}^-]$.



Ou seja, a máxima eficiência de tamponamento é obtida quando o pH da solução for igual ao valor de pK_a do ácido fraco, estendendo-se por cerca de uma unidade acima e abaixo deste ponto.

A eficiência de tamponamento é diretamente proporcional à concentração da solução tampão, $[\text{HA}] + [\text{A}^-]$. Assim, quanto maior a concentração do ácido fraco e de sua base conjugada, maior será a resistência à variação de pH quando pequenas quantidades de ácido ou base fortes forem adicionadas à solução.

Questão 03

a) pH = 3,7

Devemos encontrar a proporção entre o ácidoacético e acetato que devemos utilizar para fazer uma solução tampão de pH = 3,7. Para isso podemos utilizar a equação de Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log[\text{A}^-]/[\text{HA}] \quad (1)$$

Sendo o pKa do ácido acético 4,7 basta substituir na equação dada acima (1).

$$3,7 = 4,7 + \log[\text{A}^-]/[\text{HA}]$$

$$\log[\text{A}^-]/[\text{HA}] = -1$$

$$\log[\text{HA}]/[\text{A}^-] = 1$$

$$[\text{HA}] = 10[\text{A}^-] \quad (2)$$

Para produzir um tampão acetato 0,1 M, deveremos utilizar:

$$[\text{HA}] + [\text{A}^-] = 0,1 \quad (3)$$

Substituindo (2) em

$$(3), 10[\text{A}^-] + [\text{A}^-] = 0,1$$

$$[\text{A}^-] = 0,0091 \text{ M} \quad (4)$$

e substituindo (4) em (3),

$$[\text{HA}] + 0,0091 = 0,1$$

$$[\text{HA}] = 0,091 \text{ M}$$

b) pH = 5,7

Usando o mesmo raciocínio da letra (a), temos:

$$5,7 = 4,7 + \log[\text{A}^-]/[\text{HA}]$$

$$\log[\text{A}^-]/[\text{HA}] = 1$$

$$[\text{A}^-] = 10[\text{HA}] \quad (5)$$

Para produzir um tampão acetato 0,1 M, deveremos utilizar:

$$[\text{HA}] + [\text{A}^-] = 0,1 \quad (6)$$

Substituindo (5) em

$$(6), [\text{HA}] + 10[\text{HA}] =$$

$$0,1$$

$$[\text{HA}] = 0,0091 \text{ M} \quad (7)$$

E substituindo (7) em (6), temos

$$0,0091 + [\text{A}^-] = 0,1$$

$$[\text{A}^-] = 0,091 \text{ M}$$

Questão 04

a) A relação $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ no plasma sanguíneo em $\text{pH} = 7,4$. ($\text{pK}_a = 3,77$)

$$\begin{aligned}\text{pH} &= \text{pK}_a + \log[\text{A}^-]/[\text{H}\text{A}] \\ 7,4 &= 3,77 + \log[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3] \\ \log[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3] &= 3,63\end{aligned}$$

$$[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3] = 4265,8$$

b) A relação $[\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ no plasma sanguíneo em $\text{pH} = 7,4$. ($\text{pK}_a = 7,20$)

$$\begin{aligned}\text{pH} &= \text{pK}_a + \log[\text{A}^-]/[\text{H}\text{A}] \\ 7,4 &= 7,20 + \log[\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-] \\ \log[\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-] &= 0,20 \\ [\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-] &= 1,58\end{aligned}$$

c) Em um espaço fechado, o tampão $[\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ é o mais eficiente.

No plasma sanguíneo, o tampão $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ está em equilíbrio com CO_2 dissolvido, o qual está em equilíbrio com o CO_2 atmosférico.

Questão 05

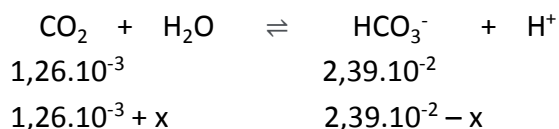
a) Para calcular a razão $[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2]$ no plasma sanguíneo a $\text{pH} 7,4$, basta usar a equação de Henderson-Hasselbalch:

$$\begin{aligned}\text{pH} &= \text{pK}_a + \log[\text{A}^-]/[\text{H}\text{A}] \\ 7,4 &= 6,1 + \log[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2] \\ [\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2] &\approx 20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_2] &= 2,52 \cdot 10^{-2} \text{ M} \\ 21 [\text{CO}_2] &= 2,52 \cdot 10^{-2} \\ [\text{CO}_2] &= 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[\text{HCO}_3^-] &= 20 [\text{CO}_2] \\ [\text{HCO}_3^-] &= 2,39 \cdot 10^{-2} \text{ M}\end{aligned}$$

b) Todo o H^+ adicionado reagirá com o ânion carbonato produzindo CO_2 . (Seja x a $[\text{H}^+]$)



$$\begin{aligned}[\text{CO}_2] &= 1,26 \cdot 10^{-3} + 10^{-2} = 1,126 \cdot 10^{-2} \text{ M} \\ [\text{HCO}_3^-] &= 2,39 \cdot 10^{-2} - 10^{-2} = 1,394 \cdot 10^{-2} \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{pH} &= \text{pK}_a + \log[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2] \\ \text{pH} &= 6,1 + \log(1,394 \cdot 10^{-2} / 1,126 \cdot 10^{-2}) \\ \text{pH} &= 6,19\end{aligned}$$

c) Se $[\text{CO}_2]$ permanecer constante frente à adição de H^+ teremos:

$$\begin{aligned}[\text{CO}_2] &= 1,26 \cdot 10^{-3} \\ [\text{HCO}_3^-] &= 2,39 \cdot 10^{-2} - 10^{-2} = 1,394 \cdot 10^{-2} \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{pH} &= \text{pK}_a + \log[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2] \\ \text{pH} &= 6,1 + \log(1,394 \cdot 10^{-2} / 1,26 \cdot 10^{-3}) \\ \text{pH} &= 7,14\end{aligned}$$