

Prof. Marcus Ennes
Prof. Felipe Garcia

Físico-química

UNIDADE 36: Operações com soluções – Parte 1

As soluções têm fundamental importância na química, sendo utilizadas diariamente nos mais diversos meios. Entretanto nem sempre estas vêm prontas, sendo necessário algumas vezes prepará-las a partir de uma outra solução base. Alguns medicamentos por exemplo vêm em versões concentradas que tem um gosto característico muito forte, e podem ser diluídos para que o gosto não fique tão forte. Um fato curioso é que muitos medicamentos em forma de solução apresentam concentração de 20 mg/mL, isso ocorre pois 1 mL equivale a 20 gotas, então para medicamentos que apresentam esta concentração, 1 gota representa 1 mg, o que facilita a obtenção da dosagem necessária em miligramas.

Outro exemplo de diluição do cotidiano ocorre ao adicionar água ao extrato concentrado do sabor desejado, para produzir seu frescor. No preparo do café também utilizamos o conceito de diluição, ao adicionar uma determinada quantidade de água menor para que o café fique mais forte (mais concentrado) ou maior, para um café mais fraco (menos concentrado). Em um laboratório os químicos têm que preparar soluções diluídas a partir de outras soluções mais concentradas com certa frequência.



Diluição

As soluções são compostas basicamente por soluto e solvente. A diluição consiste na adição de solvente puro, que na maior parte das vezes é a água, à solução. Como no solvente puro não há soluto, o que ocorre é a diminuição da concentração do soluto na solução final. Para estes casos temos de ter sempre em mente que o número de mols de soluto no meio é constante, já que não adicionamos nem removemos soluto. A partir da molaridade (M) podemos portanto desenvolver a seguinte relação:

$$M = \frac{n_{\text{solute}}}{V_{\text{solução}}} \therefore n_{\text{solute}} = M \cdot V_{\text{solução}}$$

Como o número de mol do soluto (n) é constante, o produto entre molaridade e volume da solução também é constante. Logo a partir disso pode-se comparar os produtos "MV" inicial e final, chegando a equação final:

$$(M \cdot V_{\text{solução}})_{\text{inicial}} = (M \cdot V_{\text{solução}})_{\text{final}}$$

Talvez você já tenha ouvido a frase "MV inicial é igual a MV final". O termo "M" representa a molaridade, mas pode também ser substituído por "C", que representaria a concentração comum em unidade de massa por volume de solução:

$$(C \cdot V_{\text{solução}})_{\text{inicial}} = (C \cdot V_{\text{solução}})_{\text{final}}$$

Exemplificando o conceito acima com a molaridade, suponha que tenha-se o volume de 150 mL uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4) completamente ionizado na concentração molar de $2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. A este volume adiciona-se 450 mL de água pura. Deseja-se saber então a concentração final de ácido sulfúrico. Um erro muito comum é a inserção do volume final equivalente a 450 mL, quando na verdade este é a soma do volume inicial (150 mL) com o volume adicionado (450 mL), conforme a relação abaixo utiliza:

$$(M \cdot V)_{\text{inicial}} = (M \cdot V)_{\text{final}}$$

$$2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,150 = M_{\text{final}} \cdot (0,150 + 0,450)$$

$$2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,150 = M_{\text{final}} \cdot 0,600$$

$$M_{\text{final}} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,150}{0,600} = 0,5 \cdot 10^{-2}$$

$$M_{\text{final}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Uma dúvida comum que surge ao aplicar a fórmula é relacionada a unidade de volume utilizada. Pode-se utilizar o volume em mililitros (mL) ou converter este valor para litros (L), desde que sejam utilizadas unidades iguais de volume nos dois lados da equação. Neste caso poderia-se utilizar então ao invés de 0,150 L o valor de 150 mL, e ao invés de 0,450 L o valor de 450 mL.

Imagine que em um segundo momento deseja-se calcular a concentração de íons H^+ antes e após a adição do solvente. Para isso temos que ter em mente a proporção entre as espécies na equação de ionização do ácido sulfúrico:



Para cada mol do ácido são gerados 2 mol de íons H^+ , logo podemos concluir de maneira rápida e simplificada que a

concentração desta espécie será o dobro da concentração de ácido sulfúrico. Como inicialmente temos a concentração de ácido equivalente a $2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ podemos dizer que a concentração inicial de íons H^+ é o dobro, ou seja, $4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. A concentração final de íons H^+ também será o dobro da concentração final de ácido, ou seja, $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Em um exemplo envolvendo concentração comum temos 10 mL de uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) cuja concentração inicial é $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, e após diluição atingiu-se a concentração de $0,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Neste caso deseja-se saber o volume de solvente puro adicionado. Utilizaremos a mesma fórmula, só que desta vez nossa incógnita será o volume final:

$$(C \cdot V)_{\text{inicial}} = (C \cdot V)_{\text{final}}$$

$$40 \cdot 10 = 0,2 \cdot V_{\text{final}}$$

$$V_{\text{final}} = \frac{40 \cdot 10}{0,2} = 2000 \text{ mL}$$

$$V_{\text{final}} = 2 \text{ L solução}$$

Sabendo que o volume final (2000 mL) nada mais é que a soma do volume inicial de solução (10 mL) com o volume de solvente adicionado, basta subtrair 10 mL do volume final encontrar para obter o volume de solvente, ou seja, 1990 mL.

Mais um exemplo envolvendo pH, no qual temos 100 mL de solução ácida cujo pH = 2. Após adicionar 900 mL de solvente puro a esta solução, deseja-se saber o pH final. Sabe-se que $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$, logo antes da diluição, $[\text{H}^+] = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Utilizando a fórmula temos:

$$(M \cdot V)_{\text{inicial}} = (M \cdot V)_{\text{final}}$$

$$10^{-2} \cdot 0,1 = M_{\text{final}} \cdot (0,9 + 0,1)$$

$$M_{\text{final}} = \frac{10^{-2} \cdot 0,1}{1,0} = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Utilizando a relação $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$ pode-se dizer que o pH final equivale a 3. Logo, ao diluir

uma solução ácida a 10 vezes o seu volume inicial (sem adição de íons H^+) seu pH aumenta em 1 unidade.

O mesmo raciocínio envolvendo molaridade e concentração comum, e praticamente a mesma fórmula, também podem ser aplicados as demais unidades de concentração (título, ppm e ppb). Desta forma podemos saber por exemplo a quantidade de água pura utilizada para diluir álcool concentrado (96% v/v) a álcool (70% v/v).

Imagine por exemplo que temos 50 L de álcool concentrado e desejamos saber o volume máximo de álcool 70% possível de ser obtido:

$$\begin{aligned}(\%v/v \cdot V)_{inicial} &= (\%v/v \cdot V)_{final} \\ 96 \cdot 50 &= 70 \cdot V_{final} \\ V_{final} &= 68,6 L\end{aligned}$$

Ou seja, a partir da adição de 18,6 L de água pura obtem-se 68,6 L de solução de álcool 70% v/v.

Caso fosse desejado fazer a conta a partir de álcool 96°INPM (96% m/m) basta substituir a relação volume/volume pela relação massa/massa. Neste caso o que seria calculado não é o volume, mas sim a massa final. A diferença entre a massa final e a inicial seria a massa de água a ser adicionada. O volume inicial e final poderiam ser obtidos posteriormente, caso necessário, através da densidade ($d = m/v$).

Evaporação de solvente

São casos nos quais o solvente evapora sem que seja adicionado soluto a solução. Com isso o volume de solução diminui mantendo-se o número de mol do soluto, o que faz com que sua concentração final seja maior que a inicial, num processo oposto à diluição.

Por exemplo, suponha que temos 100 mL de uma solução de cloreto de sódio (NaCl) cuja concentração inicial é $0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$. Após algum tempo percebe-se que a solução teve seu volume diminuído a metade devido a evaporação de solvente apenas. Deseja-se

então calcular a concentração final de cloreto de sódio. Para isso podemos utilizar a mesma relação “MV” que foi utilizada na diluição, observe:

$$\begin{aligned}(MV)_{inicial} &= (MV)_{final} \\ 0,1 \cdot 1,0 &= M_{final} \cdot 0,5 \\ M_{final} &= 0,2 \text{ mol} \cdot L^{-1}\end{aligned}$$

Neste caso calculamos a concentração final a partir do volume final, porém note que o processo contrário também é possível, ou seja, descobrir o volume de solvente que evaporou sabendo a concentração final. A única diferença na aplicação da relação é que a incógnita passa a ser o volume final, que será subtraído do volume inicial para chegar ao volume de solvente que evaporou.

NOTAS:



ATIVIDADES PROPOSTAS

1) Um técnico em química deseja preparar 400,0 mL de uma solução de NaOH 0,5 mol/L a partir de uma solução dessa mesma base com concentração 80 g/L. Os volumes (em mL) de água e da solução de NaOH mais concentrada que devem ser misturados, para preparar a solução de NaOH 0,5 mol/L são, respectivamente,

(Dado: MM NaOH = 40,00 g/mol)

- a) 50 e 350.
- b) 125 e 275.
- c) 200 e 200.
- d) 250 e 150.
- e) 300 e 100.

2) Um analista em laboratório precisa preparar um 500,0 mL de solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) na concentração de 0,120 mol/L a partir do reagente de ácido clorídrico concentrado, que possui concentração de 12 mol/L. O volume de ácido concentrado que deve ser utilizado para o preparo da solução desejada é

- a) 50,0 mL.
- b) 5,0 L.
- c) 12,0 mL.
- d) 0,120 L.
- e) 5,0 mL.

3) Uma solução estoque de hidróxido de sódio foi preparada pela dissolução de 4 g do soluto em água, obtendo-se ao final 100 mL e, posteriormente, determinado volume foi diluído para 250 mL obtendo-se uma nova solução de concentração igual a 0,15 mol · L⁻¹.

O volume diluído, em mL, da solução estoque, é aproximadamente

- a) 26
- b) 37
- c) 50
- d) 75

4) Em uma aula prática de química, o professor forneceu a um grupo de alunos 100 mL de uma

solução aquosa de hidróxido de sódio de concentração 1,25 mol · L⁻¹. Em seguida solicitou que os alunos realizassem um procedimento de diluição e transformassem essa solução inicial em uma solução final de concentração 0,05 mol · L⁻¹. Para obtenção da concentração final nessa diluição, o volume de água destilada que deve ser adicionado é de

- a) 2400 mL
- b) 2000 mL
- c) 1200 mL
- d) 700 mL
- e) 200 mL

5) Nos municípios onde foi detectada a resistência do *Aedes aegypti*, o larvicida tradicional será substituído por outro com concentração de 10% (v/v) de um novo princípio ativo. A vantagem desse segundo larvicida é que uma pequena quantidade da emulsão apresenta alta capacidade de atuação, o que permitirá a condução de baixo volume de larvicida pelo agente de combate às endemias. Para evitar erros de manipulação, esse novo larvicida será fornecido em frascos plásticos e, para uso em campo, todo o seu conteúdo deve ser diluído em água até o volume final de um litro. O objetivo é obter uma concentração final de 2% em volume do princípio ativo.

Que volume de larvicida deve conter o frasco plástico?

- a) 10 mL
- b) 50 mL
- c) 100 mL
- d) 200 mL
- e) 500 mL

6) Dispõe-se de 2 litros de uma solução aquosa de soda cáustica que apresenta pH 9. O volume de água, em litros, que deve ser adicionado a esses 2 litros para que a solução resultante apresente pH 8 é:

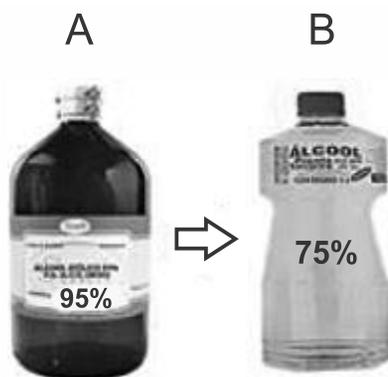
(Dados: pOH = -log [OH⁻] e pH + pOH = 14)

- a) 2
- b) 6
- c) 10
- d) 14
- e) 18

7) Um técnico de laboratório necessita preparar 500 mL de uma solução de HNO_3 que tenha a concentração igual a $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. No estoque do laboratório, há uma solução concentrada desse ácido a 63% m/m, com uma densidade aproximadamente igual a $1,5 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. O volume aproximado, da solução concentrada, que o técnico deve medir, em mL, para preparar a solução de ácido nítrico, é

- a) 7.
- b) 11.
- c) 17.
- d) 25.
- e) 67.

8) Observe, conforme figura a seguir, que, em um laboratório, tem-se o álcool A e deseja-se preparar 1000 mL do álcool B.



Qual volume de água (em mL) deve ser adicionado à quantidade de álcool retirada do frasco A para atingir esse objetivo?

- a) 150 mL
- b) 210 mL
- c) 750 mL
- d) 950 mL

9) Assinale a alternativa que corresponde ao volume de solução aquosa de sulfato de sódio, a $0,35 \text{ mol/L}$, que deve ser diluída por adição de água, para se obter um volume de 650 mL de solução a $0,21 \text{ mol/L}$.

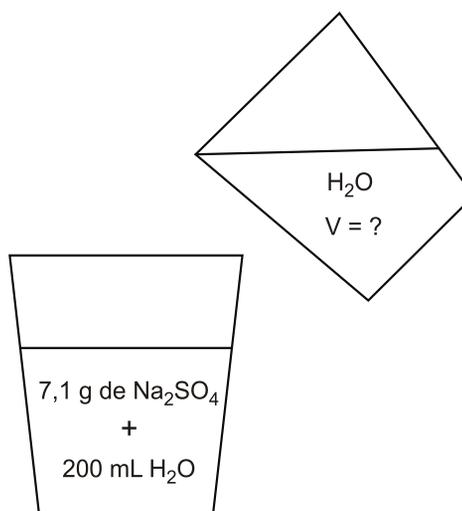
- a) 500 mL
- b) 136 mL
- c) 227 mL
- d) 600 mL
- e) 390 mL

10) Com a chegada do novo coronavírus (Sars-cov-2, que provoca a doença batizada de Covid-19) ao Brasil, foi fundamental reforçar os hábitos de higiene e utilizar o álcool 70, isto é, sistema que é composto de 70% de álcool etílico (etanol) e 30% de água. De acordo com o Conselho Federal de Química (CFQ), essa é a concentração ideal para combater micro-organismos como bactérias, vírus e fungos.

A quantidade aproximada de água destilada que deve ser adicionada para preparar 400 mL de uma solução de álcool etílico com concentração 96% (v/v) visando obter uma solução de álcool etílico com concentração 70% (v/v) é?

- a) 26 mL
- b) 548 mL
- c) 291 mL
- d) 160 mL
- e) 148 mL

11) Um estudante realizou uma diluição, conforme mostrado na figura abaixo.



Supondo-se que a densidade da água, bem como da solução inicial, seja de $1,0 \text{ g mL}^{-1}$, qual será o volume de água a ser adicionado para que a solução passe a ter concentração de $0,2 \text{ mol L}^{-1}$?

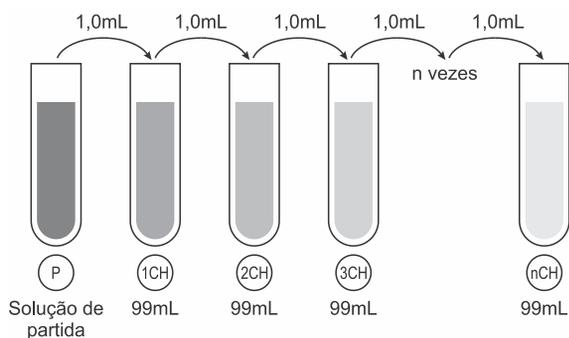
- a) 25 mL.
- b) 50 mL.
- c) 100 mL.
- d) 200 mL.
- e) 250 mL.

12) Diariamente, o Mar Morto – cuja concentração salina fica em torno de 30% em massa – recebe toneladas de água, que, no entanto, não são suficientes para diluir suas águas de modo a alcançar o índice dos oceanos, cuja concentração salina fica em média de 5% (m/m). Considerando que 200 mL de solução salina apresentaram 26% (m/v) de cloreto de sódio (NaCl), qual volume aproximado de água, em litros, deve ser adicionado para se obter $\text{NaCl}_{(aq)}$ $0,45 \text{ mol L}^{-1}$?

Dados: Na = 22,99; Cl = 35,45.

- a) 2,4
- b) 2,6
- c) 1,5
- d) 2,0
- e) 1,8

13) Os chamados “remédios homeopáticos” são produzidos seguindo a farmacotécnica homeopática, que se baseia em diluições sequenciais de determinados compostos naturais. A dosagem utilizada desses produtos é da ordem de poucos mL. Uma das técnicas de diluição homeopática é chamada de diluição centesimal (CH), ou seja, uma parte da solução é diluída em 99 partes de solvente e a solução resultante é homogeneizada (ver esquema).



Alguns desses produtos homeopáticos são produzidos com até 200 diluições centesimais sequenciais (200 CH).

Considerando uma solução de partida de 100 mL com concentração 1 mol/L de princípio ativo, a partir de qual diluição centesimal a solução passa a não ter, em média, nem mesmo uma molécula do princípio ativo?

Note e adote:

Número de Avogadro = 6×10^{23}

- a) 12ª diluição (12 CH).
- b) 24ª diluição (24 CH).
- c) 51ª diluição (51 CH).
- d) 99ª diluição (99 CH).
- e) 200ª diluição (200 CH).

14) O ácido nítrico (HNO_3) é um ácido forte que possui inúmeras aplicações. Os usos mais comuns das soluções de ácido nítrico estão relacionados a produção de compostos orgânicos nitrogenados, pólvora e produtos agrícolas. Geralmente vendido como solução 70% em massa de ácido nítrico, é comum que a concentração para atuar como defensivo agrícola esteja na faixa de 0,5%, dessa forma os agrônomos sugerem diluições das bombas compradas concentradas. Assinale a alternativa que indica a concentração molar da solução 0,5% em massa de ácido nítrico e o volume de água necessário para a preparação de 1,0 L de solução 0,5% a partir da solução concentrada 70%.

Harris, D. C. *Análise Química Quantitativa*, Editora LTC, 5ª edição, 2001.

Skoog, D. A, West, D. M., Holler, F. J., Crouch, S. R. *Fundamentos de Química Analítica*, Editora Thomson, tradução da 8ª edição, 2006.

Considere densidade da solução 0,5% igual a $1,0 \text{ g/mL}$.

Dados: H = 1; N = 14; O = 16.

- a) $0,0079 \text{ mol/L}$ e cerca de 7,0 mL de água.
- b) $0,05 \text{ mol/L}$ e cerca de 993 mL de água.
- c) $0,079 \text{ mol/L}$ e cerca de 993 mL de água.
- d) $0,0079 \text{ mol/L}$ e cerca de 993 mL de água.
- e) $0,079 \text{ mol/L}$ e cerca de 7,0 mL de água.

15) Um analista em laboratório precisa preparar um 500,0 mL de solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) na concentração de $0,120 \text{ mol/L}$ a partir do reagente de ácido clorídrico concentrado, que possui concentração de 12 mol/L . O volume de ácido concentrado que deve ser utilizado para o preparo da solução desejada :

- a) 50,0 mL.
- b) 5,0 L.
- c) 12,0 mL.
- d) 0,120 L.
- e) 5,0 mL.

16) O soro fisiológico é uma das soluções mais utilizadas na área de saúde. Consiste em uma solução aquosa de cloreto de sódio NaCl 0,9% em massa por volume, que equivale à concentração $0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Dispondo de uma solução estoque de NaCl $0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, o volume necessário dessa solução, em mL, para preparar 250 mL de soro fisiológico será igual a

- a) 15.
- b) 100.
- c) 25.
- d) 75.
- e) 50.

17) O álcool comercial (solução de etanol) é vendido na concentração de 96%, em volume. Entretanto, para que possa ser utilizado como desinfetante, deve-se usar uma solução alcoólica na concentração de 70%, em volume. Suponha que um hospital recebeu como doação um lote de 1000 litros de álcool comercial a 96%, em volume, e pretende trocá-lo por um lote de álcool desinfetante.

Para que a quantidade total de etanol seja a mesma nos dois lotes, o volume de álcool a 70% fornecido na troca deve ser mais próximo de

- a) 1042 L.
- b) 1371 L.
- c) 1428 L.
- d) 1632 L.
- e) 1700 L.

18) Considere que a 100 mL de uma solução aquosa de sulfato de cobre com uma concentração igual a $40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ foram adicionados 400 mL de água destilada. Nesse caso, cada mL da nova solução apresentará uma massa, em mg, igual a:

- a) 2
- b) 4
- c) 8
- d) 10

19) Considere uma solução aquosa de HCl de concentração $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ completamente dissociado (grau de dissociação: $\alpha = 100\%$). Tomando-se apenas 1,0 mL dessa solução e adicionando-se 9,0 mL de água pura, produz-se uma nova solução. O valor do potencial hidrogeniônico (pH) dessa nova solução será de

- a) 1,0
- b) 2,0
- c) 3,0
- d) 4,0
- e) 5,0

20) Pipeta-se 50 mL de solução aquosa $0,02 \text{ mol/L}$ de ácido clorídrico e transfere-se para um balão volumétrico de 1000 mL, ajustando-se para esse volume a solução final, usando água pura. O pH da solução final é:

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 7
- e) 9



GABARITOS

1) E

2) E

3) B

4) A

5) D

6) E

7) C

8) B

9) E

10) E

11) B

12) E

13) A

14) C

15) E

16) D

17) B

18) C

19) B

20) C