

Prof. Marcus Ennes

Prof. Felipe Garcia

Físico-química

UNIDADE 35: Soluções – Parte 3

Na química temos vários tipos de unidades de concentração, aplicadas para as mais diversas funcionalidades. Para caracterizar a gasolina por exemplo temos a porcentagem de álcool, que é uma porcentagem volumétrica, chamada de título. Em outro exemplo temos também a caracterização do ar quanto a presença de poluição, utilizando uma concentração conhecida como ppm e ppb. Também encontramos a utilização da concentração em partes por milhão (ppm) nos cremes dentais, que informam a concentração de flúor desta maneira. Normalmente a concentração em partes é utilizada quando o soluto encontra-se em uma pequena quantidade. Adiante teremos o estudo destas unidades e suas variações, bem como as relações entre as mesmas.



Partes por milhão (ppm)

Esta unidade de concentração consiste em uma relação entre as massas do soluto e da solução. Mais especificamente, a concentração em “ppm” representa a quantidade de partes de soluto para cada um milhão de partes de solução. Por partes entenda-se uma unidade de massa, que deve ser a mesma para o soluto e para a solução. Por exemplo, se temos a concentração de enxofre na gasolina equivalente a 60 ppm, isto significa que teremos 60 g de enxofre (soluto) para cada 10^6 g (10^3 kg ou 1 tonelada) de gasolina (solução). Ou seja, para cada 1 kg de gasolina, temos 60 mg de enxofre. Para chegar a essa relação basta dividir numerador e denominador por 10^3 , ou montar uma regra de três.

$$\text{ppm} = \frac{g_{\text{soluto}}}{10^6 g_{\text{solução}}} = \frac{\text{mg}_{\text{soluto}}}{\text{kg}_{\text{solução}}}$$

Obs.: A unidade ppm sempre será uma relação mássica, porém em muitos casos a densidade da solução pode corresponder a 1 g/mL, o que faz com que 1 kg de solução tenha o volume de 1 L. Para estes casos específicos temos que o ppm pode ser interpretado como a quantidade em miligramas (mg) de soluto para cada litro de solução.

Partes por bilhão (ppb)

Análoga a unidade de concentração estudada anteriormente (parte por milhão ou ppm) temos a unidade partes por bilhão, ou apenas ppb. Também consiste em uma relação mássica entre soluto e solução, entretanto a quantidade de partes de solução aumenta em mil vezes em relação ao ppm. Ou seja, se por exemplo tivermos uma solução 20 ppb de mercúrio, teremos 20 g de mercúrio para cada 10^9 g (10^6 kg ou 10^3 toneladas) de solução. Ou seja, para cada 1 kg de solução temos 20 μ g de mercúrio. Para chegar a esta relação novamente dividimos numerador e denominador, porém desta vez por 10^6 . Lembrando que o prefixo “ μ ” representa a notação “micro”, ou seja, 10^{-6} .

$$\text{ppb} = \frac{\text{g}_{\text{soluto}}}{10^9 \text{ g}_{\text{solução}}} = \frac{\mu\text{g}_{\text{soluto}}}{\text{kg}_{\text{solução}}}$$

Também existe a concentração em partes por trilhão (ppt), cuja utilização é mais rara, mas o raciocínio é o mesmo das outras concentrações em partes. A única diferença é que será por trilhão (10^{12}) de partes da solução.

Título massa/volume (%m/v)

O título massa/volume ou porcentagem massa/volume representa a quantidade em gramas de soluto para cada 100 mililitros (mL) de solução. Por exemplo, temos o soro fisiológico consistindo em uma solução de cloreto de sódio a 0,9% m/v, o que quer dizer que há 0,9 g de NaCl para cada 100 mL de solução. Outro exemplo bastante comum é o teor de ácido acético (CH_3COOH) no vinagre, 4% m/v, ou seja, para cada 100 mL do vinagre teremos 4 g de ácido acético.

Título ou porcentagem em massa (%m/m)

O título mássico consiste de maneira análoga à porcentagem massa/volume em uma representação da quantidade em gramas de soluto para cada 100 g de solução. Por exemplo, se o título mássico de determinada solução de soda cáustica (NaOH) equivale a 10% m/m, então temos 10 g de NaOH para cada 100 g de solução. Este tipo de título também é conhecido no Brasil como Grau INPM ($^{\circ}$ INPM). Um exemplo que se tornou cada vez mais comum é o álcool (etanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 70% ou 70° INPM, utilizado para fazer assepsia.

Título ou porcentagem em volume (%v/v)

O conceito de título volumétrico é análogo aos conceitos estudados anteriormente, e consiste em uma representação da quantidade em mililitros (mL) de soluto para cada 100 mL de solução. Por exemplo, se tivermos uma amostra de gasolina onde o título volumétrico do etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) é 25%, então teremos 25 mL de etanol (soluto) para cada 100 mL de gasolina (solução). Este tipo de título também é conhecido por Grau Gay-Lussac ($^{\circ}$ GL). As unidades $^{\circ}$ GL e $^{\circ}$ INPM somente serão equivalentes se a densidades da solução for 1 g/mL (lembre-se que 1 g/mL é o mesmo que 1 kg/L).

Relação entre as unidades de concentração

Podemos relacionar todas as unidades de concentração, de forma que a conversão entre estas fica facilitada, conforme explicitado pela relação a seguir:

$$C = \frac{m_{\text{soluto}}}{V_{\text{solução}}} \quad \tau_{\text{m/m}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{solução}}} \quad d = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}} \quad M = \frac{n_{\text{soluto}}}{V_{\text{solução}}}$$

$$C = d \cdot \tau_{\text{m/m}} = M \cdot MM_{\text{soluto}}$$

É de fundamental importância notar que para utilizar esta relação a densidade deve ser utilizada em g/L, bem como o título mássico não deve ser utilizado como uma porcentagem, mas como um valor que varia no intervalo de 0 a 1, onde 0 representa 0% e 1 representa 100%. Para descobrir o valor do título no intervalo de 0 a 1, basta dividir a porcentagem por 100, ou seja uma concentração de 35% m/m seria representada por 0,35 na fórmula.

NOTAS:



ATIVIDADES PROPOSTAS

1) É comum encontrarmos, nos supermercados, produtos semelhantes em suas finalidades, porém em quantidades, concentrações de ingredientes e preços bem variados. Imagine três produtos com propriedades desinfetantes, com o mesmo princípio ativo. Os produtos têm as seguintes características:

Produto A: 0,45% (massa/massa) do princípio ativo, conteúdo de 1L, valor R\$ 11,90;

Produto B: 0,17% (massa/massa) do princípio ativo, conteúdo de 0,5 L, valor R\$ 2,49;

Produto C: 0,33% (massa/massa) do princípio ativo, conteúdo de 2 L, valor R\$ 5,19.

Os produtos que oferecem a melhor relação custo/benefício seriam, em ordem crescente,

- a) A, B, C.
- b) C, A, B.
- c) C, B, A.
- d) B, C, A.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

O soro fisiológico é uma solução utilizada para diversos fins, dentre os quais: limpar olhos e nariz, lavar queimaduras e feridas, hidratações e nebulizações. É uma solução de cloreto de sódio de concentração 0,9% (massa/volume). Essa concentração corresponde à razão entre a massa de cloreto de sódio, em gramas, e o volume de 100 mL da solução.

2) Um paciente desidratado, em que é administrado 500 mL de soro na veia, receberá uma massa de sal correspondente a

- a) 0,45 g.
- b) 4,50 g.
- c) 45,00 g.
- d) 9,00 g.
- e) 0,90 g.

3) O soro fisiológico é uma solução aquosa 0,9% em massa de NaCl. Um laboratorista preparou uma solução contendo 3,6 g de NaCl em 20 mL de água.

Qual volume aproximado de água será necessário adicionar para que a concentração corresponda à do soro fisiológico?

- a) 20 mL.
- b) 180 mL.
- c) 380 mL.
- d) 400 mL.
- e) 1000 mL.

4) Certa solução aquosa antisséptica, usada para desinfecção de feridas da pele, contém gliconato de clorexidina na concentração de 10 mg/mL. Expressa em porcentagem (m/v), a concentração dessa solução é igual a

- a) 0,01%
- b) 0,1%
- c) 1%
- d) 10%
- e) 100%

5) É muito comum o uso de expressões no diminutivo para tentar “diminuir” a quantidade de algo prejudicial à saúde. Se uma pessoa diz que ingeriu 10 latinhas de cerveja (330 mL cada) e se compara a outra que ingeriu 6 doses de cachacinha (50 mL cada), pode-se afirmar corretamente que, apesar de em ambas as situações haver danos à saúde, a pessoa que apresenta maior quantidade de álcool no organismo foi a que ingeriu

Dados:

teor alcoólico na cerveja = 5% v/v

teor alcoólico na cachaça = 45% v/v

- a) as latinhas de cerveja, porque o volume ingerido é maior neste caso.
- b) as cachacinhas, porque a relação entre o teor alcoólico e o volume ingerido é maior neste caso.
- c) as latinhas de cerveja, porque o produto entre o teor alcoólico e o volume ingerido é maior neste caso.
- d) as cachacinhas, porque o teor alcoólico é maior neste caso.

6) O vinagre vem sendo usado desde a antiguidade como conservante de alimentos, bem como agente de limpeza e condimento.

Um dos principais componentes do vinagre é o ácido acético (massa molar 60 g/mol), cuja faixa de concentração deve se situar entre 4% a 6% (m/v). Em um teste de controle de qualidade foram analisadas cinco marcas de diferentes vinagres, e as concentrações de ácido acético, em mol/L, se encontram no quadro.

Amostra	Concentração de ácido acético (mol/L)
1	0,007
2	0,070
3	0,150
4	0,400
5	0,700

A amostra de vinagre que se encontra dentro do limite de concentração tolerado é a

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

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

No jornal *Diário Catarinense*, de 20 de agosto de 2014, foi publicada uma reportagem sobre adulteração em leites no Oeste do Estado de Santa Catarina “[...]. Vinte pessoas foram detidas acusadas de envolvimento com a **adulteração do leite UHT** com substâncias como **soda cáustica, água oxigenada e formol** [...]”.

7) Considere que a água oxigenada para adulterar o leite UHT fosse de 10 volumes. Nas CNTP, assinale a alternativa que contém a concentração aproximada dessa substância expressa em porcentagem (m/v).

Dados: H : 1 g/mol; O : 16 g/mol.

- a) 4,0% (m/v)
- b) 0,3% (m/v)
- c) 2,0% (m/v)
- d) 3,0% (m/v)

8) Soluções formadas por constituintes líquidos costumam ter sua concentração expressa em porcentagem de volume. Em soluções

alcoólicas, essa porcentagem é indicada em °GL (graus Gay-Lussac). No rótulo de um vinho produzido na serra gaúcha, lê-se que o teor de álcool (etanol) é de 13°GL.

Isso significa que,

- a) em 130 mL desse vinho, existem 100 mL de etanol.
- b) em 870 mL desse vinho, existem 100 mL de etanol.
- c) em 870 mL desse vinho, existem 130 mL de etanol.
- d) em 1000 mL desse vinho, existem 130 mL de etanol.
- e) em 1000 mL desse vinho, existem 870 mL de etanol.

9) Diesel é uma mistura de hidrocarbonetos que também apresenta enxofre em sua composição. Esse enxofre é um componente indesejável, pois o trióxido de enxofre gerado é um dos grandes causadores da chuva ácida. Nos anos 1980, não havia regulamentação e era utilizado óleo diesel com 13000 ppm de enxofre. Em 2009, o diesel passou a ter 1800 ppm de enxofre (S1800) e, em seguida, foi inserido no mercado o diesel S500 (500 ppm). Em 2012, foi difundido o diesel S50, com 50 ppm de enxofre em sua composição. Atualmente, é produzido um diesel com teores de enxofre ainda menores.

Os Impactos da má qualidade do óleo diesel brasileiro. Disponível em: www.cnt.org.br. Acesso em: 20 dez. 2012 (adaptado).

A substituição do diesel usado nos anos 1980 por aquele difundido em 2012 permitiu uma redução percentual de emissão de SO₃ de

- a) 86,2%.
- b) 96,2%.
- c) 97,2%.
- d) 99,6%.
- e) 99,9%.

10) Os rejeitos líquidos industriais (efluentes) são constituídos de substâncias químicas diversas, que podem ser inorgânicas, como íons de metais, ânions variados e gases dissolvidos; e

orgânicas, como derivados de petróleo, solventes, tintas e aditivos.

O Valor Máximo Permitido (VMP) de algumas substâncias na água potável é muito baixo, como, por exemplo:

Mercúrio (Hg(II)): 0,001 mg L⁻¹;
Chumbo (Pb(II)): 0,15 mg L⁻¹;
Alumínio (Al(III)): 0,10 mg L⁻¹;
Nitrato (como N): 10 mg L⁻¹;
Glifosato: 0,5 mg L⁻¹.

Nesses casos, esses valores de concentrações levam a soluções extremamente diluídas, isto é, na faixa de partes por milhão (ppm) (mg L⁻¹) ou partes por bilhão (ppb) (µg L⁻¹).

Considere que a concentração de íons Al³⁺ em uma dada porção de água é de 0,15 mg L⁻¹ (150 ppb) e que um indivíduo ingere um copo contendo 250 mL dessa água. Nessas condições, considerando a massa, em gramas, de íons Al³⁺ que são ingeridos acima ou abaixo dos valores de VMP máximo, assinale a opção que descreve **corretamente** o valor referente à água ingerida por esse indivíduo.

- a) 1,25 x 10⁻⁵ g de íons Al³⁺ acima do VMP máximo.
- b) 2,5 x 10⁻⁵ g de íons Al³⁺ acima do VMP máximo.
- c) 3,75 x 10⁻² g de íons Al³⁺ abaixo do VMP máximo.
- d) 1,25 x 10⁻² g de íons Al³⁺ abaixo do VMP máximo.
- e) 3,75 x 10⁻⁵ g de íons Al³⁺ acima do VMP máximo.

11) No Brasil, o transporte de cargas é feito quase que totalmente em rodovias por caminhões movidos a diesel. Para diminuir os poluentes atmosféricos, foi implantado desde 2009 o uso do Diesel 50S (densidade média 0,85 g cm⁻³), que tem o teor máximo de 50 ppm (partes por milhão) de enxofre.

A quantidade máxima de enxofre, em gramas, contida no tanque cheio de um caminhão com capacidade de 1200 L, abastecido somente com Diesel 50S, é

- a) 5,1.
- b) 5,1 x 10⁻¹.
- c) 5,1 x 10¹.
- d) 5,1 x 10³.
- e) 5,1 x 10⁴.

12) Na combustão do diesel, o enxofre presente é convertido em dióxido de enxofre (SO₂), que é uma das principais causas de chuva ácida. Até o fim de 2013, o diesel S1800, que contém 1800 ppm de enxofre (ppm = partes por milhão expressa em massa), será totalmente abolido no país. Atualmente, o diesel mais vendido é o diesel S500 (500 ppm de enxofre).

A emissão de SO₂, por tonelada de diesel, para S500 e S1800, é, respectivamente, de

- a) 500 g e 1800 g.
- b) 640 g e 900 g.
- c) 1000 g e 3600 g.
- d) 1600 g e 3200 g.
- e) 2000 g e 7200 g.

13) Um suco de laranja contém 400 ppm de vitamina C. Quantos mL de suco de laranja uma pessoa deve ingerir para suprir a necessidade diária de 60 mg de vitamina C? Considere que a densidade do suco de laranja seja 1,00 g/mL.

- a) 0,15
- b) 150
- c) 0,015
- d) 1500
- e) 1,50

14) "Recentemente, o governo canadense proibiu a comercialização de mamadeiras e chupetas produzidas com um tipo de plástico considerado tóxico, por conter uma substância chamada *Bisfenol A* (BPA). Toxicologistas alertam que o produto químico contamina os alimentos quando esses forem armazenados ainda quentes em um recipiente fabricado com BPA. O limite de segurança aceito para ingestão do *Bisfenol*, segundo a Agência Ambiental Americana (EPA), é de 50 ppb/dia (partes por bilhão, por dia)."

Texto adaptado da UOL Ciência e Saúde - 2008

Admita que uma criança que se alimente

exclusivamente com o conteúdo de cinco mamadeiras de 0,250 L de leite quente ingira 1/4 do limite diário aceitável de BPA. Assim, a quantidade de BPA presente em cada mililitro de leite ingerido será de:

- a) $1,0 \times 10^{-2}$ ppb.
- b) $1,0 \times 10^{-3}$ ppb.
- c) $12,5 \times 10^{-3}$ ppb.
- d) $1,0 \times 10^1$ ppb.
- e) $4,0 \times 10^{-2}$ ppb.

15) Numa certa região oceânica, os níveis de mercúrio na água e nos peixes são, respectivamente, de 0,05 e 200 ppb. Sabe-se que 1 ppb corresponde a 1 mg por tonelada.

Comparando-se pesos iguais de peixes e de água, o fator que expressa a relação entre as massas de mercúrio nos peixes e na água, é:

- a) $4,0 \times 10^3$
- b) $2,5 \times 10^{-4}$
- c) $2,5 \times 10^3$
- d) $4,0 \times 10^{-4}$

16) Os efluentes industriais devem ser criteriosamente tratados a fim de se evitar a contaminação de rios e lagos por compostos e metais tóxicos. A análise química de uma amostra de 5,0 litros de um efluente industrial indicou a presença de 400mg de cromo. Como a densidade desse efluente é 1 g/mL, é correto afirmar que o teor de cromo encontrado na amostra, em ppm, foi de

- a) 8.
- b) 800.
- c) 0,8.
- d) 80.
- e) 0,08.

17) Certos medicamentos são preparados por meio de uma série de diluições. Assim, utilizando-se uma quantidade de água muito grande, os medicamentos obtidos apresentam concentrações muito pequenas. A unidade mais adequada para medir tais concentrações é denominada ppm: 1 ppm corresponde a 1 parte de soluto em 1 milhão de partes de solução.

Considere um medicamento preparado com a mistura de 1 g de um extrato vegetal e 100 kg de água pura.

A concentração aproximada desse extrato vegetal no medicamento, em ppm, está indicada na seguinte alternativa:

- a) 0,01
- b) 0,10
- c) 1,00
- d) 10,00

18) A contaminação de águas e solos por metais pesados tem recebido grande atenção dos ambientalistas, devido à toxicidade desses metais ao meio aquático, às plantas, aos animais e à vida humana. Dentre os metais pesados há o chumbo, que é um elemento relativamente abundante na crosta terrestre, tendo uma concentração ao redor de 20 ppm (partes por milhão). Uma amostra de 100 g da crosta terrestre contém um valor médio, em mg de chumbo, igual a

- a) 20.
- b) 10.
- c) 5.
- d) 2.
- e) 1.

19) 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

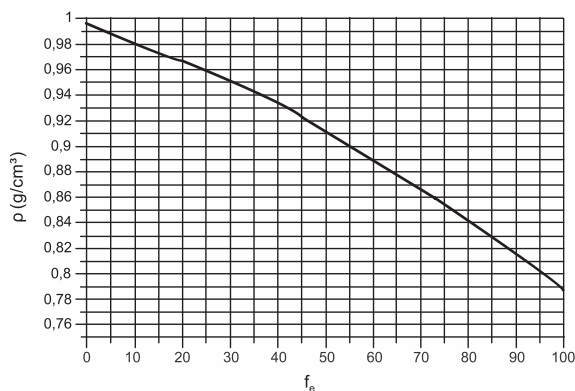
- a) 1042 L.
- b) 1371 L.
- c) 1428 L.
- d) 1632 L.
- e) 1700 L.

20) O álcool utilizado como combustível automotivo (etanol hidratado) deve apresentar uma taxa máxima de água em sua composição para não prejudicar o funcionamento do motor. Uma maneira simples e rápida de estimar a quantidade de etanol em misturas com água é medir a densidade da mistura.

O gráfico mostra a variação da densidade da mistura (água e etanol) com a fração percentual da massa de etanol (f_e), dada pela expressão

$$f_e = 100 \times \frac{m_e}{(m_e + m_a)},$$

em que m_e e m_a são as massas de etanol e de água na mistura, respectivamente, a uma temperatura de 20°C.



Suponha que, em uma inspeção de rotina realizada em determinado posto, tenha-se verificado que 50,0 cm³ de álcool combustível tenham massa igual a 45,0 g. Qual é a fração percentual de etanol nessa mistura?

- a) 7%
- b) 10%
- c) 55%
- d) 90%
- e) 93%

21) O soro fisiológico é uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) comumente utilizada para higienização ocular, nasal, de ferimentos e de lentes de contato. Sua concentração é 0,90% em massa e densidade igual a 1,00 g/mL.

Qual massa de NaCl, em grama, deverá ser adicionada à água para preparar 500 mL desse soro?

- a) 0,45
- b) 0,90
- c) 4,50
- d) 9,00
- e) 45,00

22) Sal, vilão ou mocinho?

Substância imprescindível ao equilíbrio das funções orgânicas, o cloreto de sódio pode produzir efeitos indesejados se consumido em excesso. A demanda natural desse composto fez com que ele superasse o ouro como valor estratégico e fosse base para remunerar o trabalho. Tanto os íons Na⁺ como os Cl⁻ são essenciais para a manutenção da vida animal, controlando o volume de líquidos e a manutenção da pressão arterial.

Fonte: *Scientific American Brasil*, Ano II, n. 16, p. 50, 2013. (adaptado)

O sal apresenta inúmeras utilidades, sendo considerado o mais antigo aditivo alimentar. Dentre os usos do NaCl, destaca-se o soro fisiológico, uma solução 0,9% de cloreto de sódio.

Com base nessas informações, é correto afirmar que a solução é do tipo

- a) eletrolítica e a concentração do sal é de 0,015 mol L⁻¹.
- b) não eletrolítica e a concentração do sal é de 0,900 mol L⁻¹.
- c) eletrolítica e a concentração do sal é de 0,900 mol L⁻¹.
- d) não eletrolítica e a concentração do sal é de 0,154 mol L⁻¹.
- e) eletrolítica e a concentração do sal é de 0,154 mol L⁻¹.

23) Um químico dissolveu 0,040 g de NaOH em água formando 1000 mL de solução, cuja densidade é 1,00 g mL⁻¹. A informação que o químico não poderia colocar no rótulo dessa solução é:

- a) Solução de NaOH 0,04 mg mL⁻¹.
- b) Solução de NaOH 4,0 x 10⁻³ g de NaOH por 100 mL.
- c) Solução com 40 partes por milhão de NaOH.

d) Solução 0,0040%, em massa, de NaOH.

e) Solução de NaOH $4,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

24) O soro fisiológico pode ser utilizado em diversos procedimentos caseiros, como para limpar feridas e machucados, para higiene nasal ou para limpeza de lentes de contato. Normalmente é uma solução a 0,9% de cloreto de sódio em água. Em caso de necessidade, pode ser feito em casa, fervendo-se previamente a água utilizada para fazer soro. Foi necessário preparar 0,5 litro dessa solução.

Marque a alternativa que apresenta respectivamente a quantidade de cloreto de sódio necessária para essa preparação e a concentração molar dessa solução.

a) 4,5 g e $0,308 \text{ mol L}^{-1}$

b) 0,154 g e $4,5 \text{ mol L}^{-1}$

c) 0,154 g e $9,0 \text{ mol L}^{-1}$

d) 9,0 g e $0,154 \text{ mol L}^{-1}$

e) 4,5 g e $0,154 \text{ mol L}^{-1}$



GABARITOS

1) B

2) B

3) C

4) C

5) C

6) E

7) D

8) D

9) D

10) A

11) C

12) C

13) B

14) A

15) A

16) D

17) D

18) D

19) B

20) C

21) C

22) E

23) E

24) E