

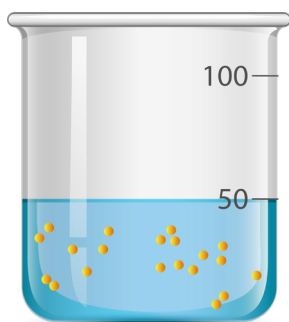


# EXPRESSÕES DE CONCENTRAÇÃO

A concentração é uma relação entre **quantidade de uma substância e uma quantidade de solução**. E quando falamos de concentração não tem como não falar sobre soluto e solvente: o **soluto é a substância que está sendo dissolvida** e o **solvente é a substância que dissolve**.

$$C = \frac{\text{Quantidade de Soluto}}{\text{Quantidade de Solução}}$$

Para entender um pouco melhor, observe a imagem abaixo. As esferas são o **soluto**, e a **solução** é o conjunto **soluto + água**. Nesse caso, observe que há 20 esferas (soluto) para 50 mL de água (solvente). Assim, a concentração de bolinhas nessa solução pode ser calculada de acordo com a fórmula acima:



$$C = \frac{\text{Quantidade de soluto}}{\text{Quantidade de Solução}} = \frac{20 \text{ esferas}}{50 \times 10^{-3} \text{ L}} = 400 \text{ esferas/L}$$

Sabendo disso, vocês já podem concordar que quanto maior a quantidade de um soluto em uma determinada quantidade de solvente, maior será a concentração dessa solução.

Existem diferentes maneiras de expressar a concentração de uma solução, sendo as principais a **concentração comum** (massa/volume), a **molaridade** (mol/volume), o **título** (massa/massa ou volume/volume) e a **molalidade** (mol/massa). Isso se deve a possibilidade do soluto e do solvente serem representados em diferentes tipos de unidades de medida. É muito importante sabermos a diferença entre cada maneira de expressar para não nos confundirmos e quantificarmos a concentração de uma solução de maneira correta.

## CONCENTRAÇÃO COMUM OU POR MASSA

Como o próprio nome já diz, essa maneira de calcular concentração é a mais comum! Ela está muito presente no dia a dia laboratórios e em nosso cotidiano. Matematicamente a expressão dessa concentração pode ser escrita como:



$$C = \frac{m_1}{V}$$

Onde,

$C$ : concentração comum

$m_1$ : massa do soluto

$V$ : volume da solução

A **concentração comum (C)** indica a quantidade em **massa de soluto ( $m_1$ )** que se encontra dissolvida em um determinado **volume de solução (V)**, sendo normalmente expressa pela unidade padrão g/L (gramas por litro).

### Observação:

Dados com o subíndice 1 nos informam sobre o soluto, podendo aparecer como  $m_1$  (massa do soluto) ou  $v_1$  (volume do soluto)

Dados com o subíndice 2 expressam informações sobre o solvente, sendo assim  $m_2$  (massa do solvente) e  $v_2$  (volume do solvente)

Quando não há subíndice, sendo apenas  $m$  ou  $v$ , significa que a informação é sobre a solução.

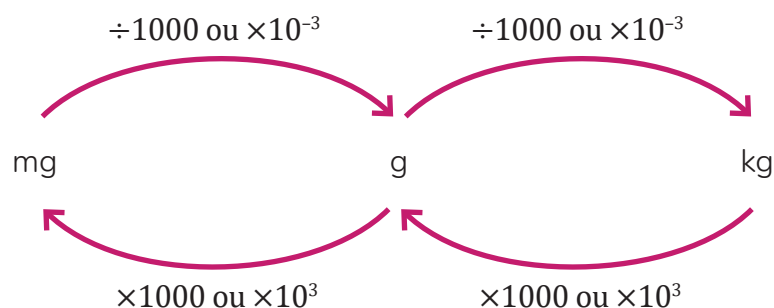
**E não esqueça:** a massa total de uma solução será sempre a soma das massas do soluto e solvente ( $m = m_1 + m_2$ ).

## UM POUCO SOBRE CONVERSÃO DE UNIDADES

A unidade padrão de concentração comum é em g/L, e pode também ser expressa como  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Como relaciona massa e volume, esses valores poder expressos várias outras unidades.

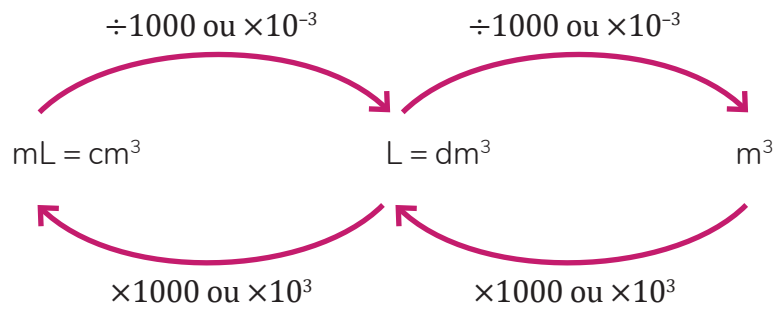
As unidades mais comuns de massa pode ser o miligrama (mg) e quilograma (kg); as de volume, podem ser mililitro (mL), centímetro cúbico ( $\text{cm}^3$ ), decímetro cúbico ( $\text{dm}^3$ ) e metro cúbico ( $\text{m}^3$ ). É necessário saber como fazer a conversão entre essas unidades.

Para converter unidades de massa:





Para converter unidades de volume:



### EXERCICIO RESOLVIDO

Uma solução de 400 mL contém 20 mg de sacarose ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ). Qual é sua concentração em g/L?

#### Resolução:

A questão nos informa os dados de volume e massa em unidades diferentes da desejada para a resposta. Nessa questão, poderíamos converter 400 mL para 0,4 L e 20 mg para 0,02 g, porém uma maneira mais rápida é manter as mesmas unidades, pois **miligrama** dividido por **mililitro** resulta em grama/Litro (g/L)

Resolvendo...

Por regra de três	ou	Por fórmula
<p>está em</p> <p>20 mg de sacarose ----- 400 mL</p> <p><math>m_1</math> ----- 1000 mL (1L)</p>		$c = \frac{m_1}{V}$
<p><math>20 \text{ mg} \cdot 1000 \text{ mL} = m_1 \cdot 400 \text{ mL}</math></p> <p><math>20000 \text{ mg} \cdot \text{mL} = m_1 \cdot 400 \text{ mL}</math></p> <p><math>m_1 = 50 \text{ mg}</math> está em 1 L</p> <p>ou seja</p> <p><math>C = 50 \text{ mg/L} \rightarrow 0,05 \text{ g/L}</math></p>		$c = \frac{20 \text{ (mg)}}{400 \text{ (mL)}}$ $c = 0,05 \text{ g/L}$

Assim, a concentração em g/L dessa solução de sacarose é de 0,05 g/L.

## TÍTULO

### Título em Massa

O **título em massa nada mais é que uma fração mássica** - ou seja, é a **razão entre a massa de um determinado soluto e a massa total da solução**. O título é representado pela letra T maiúscula ou a letra grega Tau ( $\tau$ ). Pode ainda ser atribuída a ele a anotação



(m/m), que significa massa/massa. Sua expressão matemática é a seguinte:

$$T\left(\frac{m}{m}\right) = \frac{m_1}{m} \quad \text{ou} \quad T\left(\frac{m}{m}\right) = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

Lembre-se que  $m_1$  é a massa do soluto, e  $m$  é a massa total da solução ( $m_2$ ).

O título de massa é uma fração que varia de 0 a 1. Deve-se trabalhar sempre com as mesmas unidades no numerador e denominador, para que se cancelem, pois o **título de massa é um valor adimensional**.

### Título em Volume

O título também pode ser expresso em volume, onde a relação será feita entre o **volume do soluto e o volume total da solução**. As unidades do soluto e solução devem as mesmas para que se cancelem, resultando em um valor adimensional. O título de volume é uma fração adimensional e varia de 0 a 1.

A representação do título é feita pela letra T maiúscula ou a letra grega Tau ( $\tau$ ), e pode ser atribuído a ele a anotação (v/v) que significa volume/volume. Sua expressão matemática é a seguinte:

$$T\left(\frac{v}{v}\right) = \frac{v_1}{v}$$

## CONCENTRAÇÃO EM PERCENTAGEM (OU PORCENTAGEM)

A concentração em percentual parte da mesma fração vista em título, mas agora multiplicada por 100 para que seja representada em percentual (%). Sem dúvidas, a concentração percentual (que também pode ser chama de título percentual) é um valor muito mais presente em nosso cotidiano.

- O **percentual em massa** (% m/m) é usado quando se quer expressar a concentração em termos de **massa do soluto** e **massa da solução**.
- O **percentual em volume** (% v/v) é usado quando se quer expressar a concentração em termos **volume do soluto** e **volume da solução**.
- O **percentual massa/volume** (% m/v) é usado quando se quer expressar a concentração em termos **massa do soluto** e **volume da solução**.

As expressões matemáticas para cada uma das porcentagens citadas são as seguintes:

$$\% \left(\frac{m}{m}\right) = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%$$

$$\%(v/v) = \frac{v_1}{v} \cdot 100\%$$

$$\%(m/v) = \frac{m_1}{v} \cdot 100\%$$



Nos casos de **percentual em massa (% m/m)** e **em volume (% v/v)**, as **unidades envolvidas nessa relação devem as mesmas** (ex: grama/grama, quilograma/quilograma, litro/litro etc.). Desta forma, razão entre elas será um valor adimensional, expressado apenas em percentagem (%).

Já o **percentual massa/volume** expressa a **relação da massa do soluto, em gramas (g), com volume de solução, em mililitros (mL)**. Como o numerador e o denominador têm unidades diferentes, esse tipo relação não deveria ser tratada como adimensional, mas no dia a dia é muito utilizada apenas como um valor percentual que expressa a quantidade em gramas de um soluto em 100 mL de solução.

**SOLUÇÃO FISIOLÓGICA**  
0,9%  
*solución fisiológica 0,9%*

COM GOTEJADOR *con gotero*

solução de cloreto de sódio 0,9%  
*solución de cloruro de sódio*

Rótulo de soro fisiológico onde mostra a percentagem em massa/volume de NaCl. Significa que existem 0,9 g de NaCl a cada 100 mL de solução de soro fisiológico.

BEER  
AMERICAN IPA  
CERVEJA CLARA PURO MALTE  
600 ML 5,5% VOL.  
DRY-HOPPING: CITRA E MOSAIC

Rótulo de cerveja que mostra a percentagem em volume/volume de etanol. Significa que existem 5,5 mL de etanol a cada 100 mL dessa cerveja.

## O QUE É °GL E °INPM?

O °GL (grau Gay Lussac) e °INPM (grau INPM, Instituto Nacional de Pesos e Medidas) são maneiras de expressar o teor de etanol em soluções alcoólicas. O °GL é a fração em volume (v/v) de teor alcoólico e o °INPM é a fração em massa (m/m) de teor alcóolico. Podem aparecer em rótulos em ° ou %.

**Álcool**  
GEL  
*Rende mais!*  
70°GL  
Álcool Etilico Hidratado  
62,4° INPM 450g

Concentração de álcool expressa em °GL e °INPM no mesmo rótulo. Muitos rótulos vão expressar apenas de uma maneira.

**ÁLCOOL 70%**  
Álcool Etilico • Hidratado • 70% (p/p) • Antisséptico  
Solução • Medicamento • Uso Tópico • Uso Adulto e Pediátrico

linha hospitalar  
2% GLICERINA  
70° ANTES DE USAR LEIA AS INSTRUÇÕES DO RÓTULO.

Concentração de álcool pode ser expressa em % também. Mais abaixo no mesmo rótulo podemos ver que essa percentagem significa a relação INPM, ou seja, massa/massa.



## QUAL A RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO E DENSIDADE?

Densidade (ou massa específica) de uma **substância pura** é a **relação entre a massa (m) e o volume (v) de determinado material** (seja ele sólido, líquido ou gasoso). A unidade padrão é o quilograma por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ), embora as unidades mais utilizadas sejam o grama por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ) ou o grama por mililitro ( $\text{g/mL}$ ).

A densidade de uma substância é dada pela relação matemática abaixo:

$$d_{\text{substância}} = \frac{\text{massa do material}}{\text{volume do material}}$$

Ao tratarmos de uma substância pura, sabemos que ela possui uma densidade específica a determinada temperatura. Já **ao tratarmos de uma mistura, a densidade não somente depende da temperatura, mas também das quantidades de cada componente e de como eles interagem entre si.**

Podemos afirmar que a densidade de uma solução é a soma das massas contidas na solução dividida pelo volume total, mas não podemos afirmar que o volume total será necessariamente a soma dos volumes. Então, descobrir a densidade de uma mistura depende das informações de massa e volume que você tem sobre essa mistura.

$$d_{\text{solução}} = \frac{\text{massa da solução}}{\text{volume da solução}}$$

**Obs:** A concentração comum tem uma relação matemática muito parecida, mas não são a mesma coisa: na concentração comum temos a relação da **massa do soluto** ( $m_1$ ) com o **volume da solução** ( $v$ ).

Podemos também descobrir a densidade de uma solução a partir das informações sobre densidade e fração de massa de cada componente (soluto e solvente).

$$d_{\text{solução}} = d_{\text{soluto}} \cdot \text{fração de massa}_{\text{soluto}} + d_{\text{solvente}} \cdot \text{fração de massa}_{\text{solvente}}$$

↓ OU

$$d_{\text{solução}} = d_{\text{soluto}} \cdot \frac{m_1}{m} + d_{\text{solvente}} \cdot \frac{m_2}{m}$$

**Lembrete:** A soma das frações dos componentes de uma solução deve ser sempre 1. Exemplo de equação quando se tem dois componentes envolvidos:

$$\text{fração de massa}_1 + \text{fração de massa}_2 = 1$$

### Você sabia que...

O volume total de solução não é necessariamente a soma do volume do soluto e do solvente! Isso deve-se ao fato que as moléculas constituintes dos componentes poderem interagir umas com as outras, alterando o valor do volume final da solução. Por isso, o volume da solução deve ser idealmente fornecido pela questão.



Mas calma, também podemos considerar o volume da solução como  $V_{\text{soluto}} + V_{\text{solvente}}$  quando a questão indicar que após a mistura não houve variação expressiva no volume da solução!

**EXERCÍCIO RESOLVIDO**

Considere uma aliança feita de ouro e prata cujo valor da densidade seja igual a  $17,1 \text{ g/cm}^3$ . Qual a porcentagem de ouro e de prata na liga utilizada na confecção dessa aliança?

Dados:  $d_{\text{Au}} = 19,3 \text{ g/cm}^3$  e  $d_{\text{Ag}} = 10,5 \text{ g/cm}^3$ .

**Resolução:**

Como temos um sistema de 2 equações e 2 incógnitas, podemos utilizar a equação vista anteriormente e substituir os termos.

$$\text{I. } d_{\text{solução}} = d_{\text{Au}} \cdot \text{fração de massa}_{\text{Au}} + d_{\text{Ag}} \cdot \text{fração de massa}_{\text{Ag}}$$

$$\text{II. } \text{fração de massa}_{\text{Au}} + \text{fração de massa}_{\text{Ag}} = 1$$

Substituindo pelos valores fornecidos no enunciado:

$$\text{I. } 17,1 = 19,3 \cdot \text{fração de massa}_{\text{Au}} + 10,5 \cdot \text{fração de massa}_{\text{Ag}}$$

$$\text{II. } \text{fração de massa}_{\text{Au}} = 1 - \text{fração de massa}_{\text{Ag}}$$

Agora devemos substituir na equação I a parte que é a incógnita  $m_{\text{Au}}/m$ , que agora temos na equação II. Assim teremos só uma incógnita e podemos resolver o problema.

$$17,1 = 19,3 \cdot (1 - \text{fração de massa}_{\text{Ag}}) + 10,5 \cdot \text{fração de massa}_{\text{Ag}}$$

$$17,1 = 19,3 - 19,3 \text{ fração de massa}_{\text{Ag}} + 10,5 \cdot \text{fração de massa}_{\text{Ag}}$$

$$8,8 \text{ fração de massa}_{\text{Ag}} = 2,2$$

$$\text{fração de massa}_{\text{Ag}} = 0,25$$

$$\text{sabemos que } \text{fração de massa}_{\text{Au}} + \text{fração de massa}_{\text{Ag}} = 1$$

$$\text{logo } \text{fração de massa}_{\text{Au}} = 0,75$$

Para obter a porcentagem a partir da fração mássica devemos apenas multiplicar por 100, logo  $\% \text{Ag} = 25\%$  e  $\% \text{Au} = 75\%$



## RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO COMUM, TÍTULO EM MASSA E DENSIDADE

Existe uma equação que relaciona esses três termos:

$$C = T\left(\frac{m}{m}\right) \cdot d$$

Onde,

$C$ : concentração comum

$T\left(\frac{m}{m}\right)$ : título em massa

$d$ : densidade da substância

O **passo a passo** para chegar nessa equação a partir das que já vimos anteriormente é o seguinte:

**Título em massa**

$$T\left(\frac{m}{m}\right) = \frac{m_1}{m} \rightarrow m_1 = T\left(\frac{m}{m}\right) \cdot m$$

**Densidade**

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow v = \frac{m}{d}$$

Substituindo na expressão da **concentração comum** o valor de  $m_1$  e de  $v$ , teremos:

$$C = \frac{m_1}{v} \rightarrow C = \frac{T\left(\frac{m}{m}\right) \cdot m}{\frac{m}{d}} \rightarrow C = \frac{T\left(\frac{m}{m}\right) \cdot m \cdot d}{m} \rightarrow C = T\left(\frac{m}{m}\right) \cdot d$$

Mas muito cuidado com as **unidades**! Se o cálculo for feito para que concentração comum final obtida seja em g/L, a unidade utilizada para densidade terá de ser também em g/L.

Como normalmente usamos a densidade em termos de g/mL, aqui vai uma transformação interessante dessa equação que nos permite usar a densidade dessa maneira.

$$C\left(\frac{g}{L}\right) = 1000 \cdot d\left(\frac{g}{mL}\right) \cdot T\left(\frac{m}{m}\right)$$

Isso é possível pois:

$$\frac{g}{L} = \frac{g}{mL \cdot 10^{-3}} \rightarrow \frac{g}{L} = \frac{1000 \cdot g}{mL}$$

### PPM (PARTES POR MILHÃO)

A medida em ppm ou partes por milhão é uma maneira de expressar de concentração que se utiliza geralmente quando as soluções são muito diluídas. Ela significa que **existe uma parte de soluto dentro de um milhão de partes de solução**.

1 ppm = 1 parte de **soluto** (em massa ou volume) para 1.000.000 de partes de **solução** (em massa ou volume).

**1 gota de soluto**



**em um balde com 10<sup>6</sup> gotas de água**





É muito importante conseguir ver esse conceito dentro das unidades de medidas que podem estar envolvidas nesse assunto. Em ppm, a razão entre a unidade de solução e soluto deve ser de  $10^6$ . Exemplo: **g/ton, mg/Kg e  $\mu\text{L/L}$ .**

## PPM MASSA/MASSA

Por exemplo, dizer que a concentração de um determinado soluto em uma solução é de 15 ppm em massa/massa equivaleria também a dizermos que existem 15 g desse soluto em 1.000.000 g de solução. Que equivalem a:

15 g de soluto em 1.000 kg de solução, ou

**15 g de soluto em 1 tonelada de solução, ou**

15 mg de soluto em 1.000.000 mg de solução, ou

15 mg de soluto em 1.000 g de solução, ou

**15 mg de soluto em 1 kg de solução.**

As unidades mais usuais para ppm em massa são **g/ton** e **mg/Kg**.

## PPM VOLUME/VOLUME

Se 15 ppm fossem expressos em volume/volume, seria equivalente a dizermos que existem 15 mL de soluto em 1.000.000 mL de solução. Equivale também a:

15 mL de soluto em 1.000 L de solução, ou

**15 mL de soluto em 1 m<sup>3</sup> de solução, ou**

15  $\mu\text{L}$  de soluto em 1.000.000  $\mu\text{L}$  de solução, ou

15  $\mu\text{L}$  de soluto em 1.000 mL de solução, ou

**15  $\mu\text{L}$  de soluto em 1 L de solução.**

As unidades mais usuais para ppm em volume são **mL/m<sup>3</sup>** e  **$\mu\text{L/L}$** .

## PPM MASSA/VOLUME

Se 15 ppm são expressos em massa/volume, seria equivalente a dizermos que existem 15 mg de soluto em 1.000.000  $\mu\text{L}$  de solução, quando essa solução é aquosa. Equivale também a:

15 mg de soluto em 1.000 mL de solução, ou

**15 mg de soluto em 1 L de solução, ou**



15 µg de soluto em 1 mL de solução.

As unidades mais usuais para ppm em volume são µg/mL e mg/L.



**EXERCICIO RESOLVIDO**

(UEA 2014) 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 1g/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.

**Resposta:**

está em

$$400 \text{ mg} \text{ ----- } 5,0 \text{ L}$$

$$x \text{ ----- } 1,0\text{L}$$

$$x = 80 \text{ mg}$$

Significa que cada litro desse efluente tem 80 mg de cromo. Considerando que mg/L é uma unidade que se iguala a ppm, a resposta é a letra **d, 80 ppm**. Caso houvesse dúvida se a unidade equivale a ppm, o ideal é trabalhar com conversões de unidade procurando verificar se dentro da unidade de solução “cabe” 1 milhão de unidades de soluto.

**PPB (PARTES POR BILHÃO)**

A medida em ppb ou partes por bilhões acaba seguindo a mesma lógica que em ppm. Significa que que existe uma parte de soluto dentro de um **bilhão** de partes de solução. Em ppb, a razão entre a unidade de solução e soluto deve ser de 10<sup>9</sup>. As unidades de ppb mais usuais são µg/kg e µg/L.

1 gota de soluto



em uma piscina com 10<sup>9</sup> gotas de água