

UTILIZAÇÃO DO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES EM QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO

1. Unidades do sistema internacional

Divididas em duas categorias:

Unidades de base e Unidades derivadas

a) Unidades de base

- São dimensionalmente independentes
- Símbolos → expressos em letras minúsculas
(exceto derivados de nomes próprios)

UNIDADES DO SI

| Grandeza | Unidade | Símbolo |
|---------------------------|----------------|----------------|
| Comprimento | metro | m |
| Massa | quilograma | kg |
| Tempo | segundo | s |
| Corrente elétrica | ampère | A |
| Temperatura termodinâmica | kelvin | K |
| Quantidade de matéria | mol | mol |

b) Unidades derivadas

- expressões algébricas das unidades de base

Algumas unidades SI derivadas simples, expressas em termos das unidades básicas

| Grandeza | Unidade | Símbolo |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Área | metro quadrado | m^2 |
| Volume | metro cúbico | m^3 |
| Velocidade | metro por segundo | $m\ s^{-1}$ |
| Aceleração | metro por segundo ao quadrado | $m\ s^{-2}$ |
| Densidade | quilograma por metro cúbico | $kg\ m^{-3}$ |
| Concentração em quantidade de matéria | mol por metro cúbico | $mol\ m^{-3}$ |

c) Unidades não pertencentes ao SI

Por serem convenientes, são aceitas em publicações junto com as unidades do SI.

Unidades não pertencentes ao SI, normalmente aceitas para uso com unidades SI

| Grandeza | Unidade | Símbolo | SI |
|-----------------|----------------|----------------|---|
| Tempo | minuto | min | 1 min = 60 s |
| | hora | h | 1 h = 60 min |
| | dia | d | 1 d = 24 h |
| Volume | litro | L | 1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³ |
| Massa | tonelada | t | 1 t = 10 ³ kg |
| Área | hectare | ha | 1 ha = 10 ⁴ m ² |

COMO EXPRESSAR UNIDADES

Exemplo: kg N ha^{-1} **Incorreto**
 ou
 kg ha^{-1} de N **Correto**

Unidade não pode ser separada

d) Prefixos utilizados com SI

- Permitem ajustar a ordem de grandeza das unidades

Prefixos utilizados com unidades SI

| Fator | Prefixos | Símbolo |
|--------------|-----------------|----------------|
| 10^{-18} | Atto | a |
| 10^{-15} | Femto | f |
| 10^{-12} | Pico | p |
| 10^{-9} | Nano | n |
| 10^{-6} | Micro | μ |
| 10^{-3} | Mili | m |
| 10^{-2} | Centi | c |
| 10^{-1} | Deci | d |
| 10^1 | Deca | da |
| 10^2 | Hecto | h |
| 10^3 | Quilo | k |
| 10^6 | Mega | M |
| 10^9 | Giga | G |
| 10^{12} | Tera | T |
| 10^{15} | Peta | P |
| 10^{18} | exa | E |

2. Uso das unidades SI em Química e Fertilidade do Solo

a) Comprimento

- **Correto: metro e seus múltiplos, formados com os prefixos apropriados**

- Não utilizado:

 - Ångstrom ($A = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-4} \mu\text{m} = 10^{-1} \text{ nm}$)

 - empregar micrômetro (μm), nanômetro (nm) etc.

b) Área

- **Correto: metro quadrado (m^2) e seus múltiplos.**
- O ha (hectare) não pertence ao SI mas é aceito para grandes áreas ($1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$).

c) Volume

- **Correto: metro cúbico (m^3) e seus múltiplos**
- Litro (L, preferivelmente a l) e seus múltiplos são aceitáveis.

d) Massa

- **Correto: quilograma (kg) e seus múltiplos, formados com a palavra grama.**
- Tonelada (t) deve ser preferível a megagrama (Mg), pois pode confundir com o símbolo do magnésio

e) Quantidade de matéria

- Correto: mol

mol = é a quantidade de matéria que contém tantas entidades elementares quantos forem os átomos contidos em 0,012 kg de ^{12}C .

0,012 kg de ^{12}C contém $6,02 \times 10^{23}$ entidades (número de Avogadro)

1 mol de *moléculas* de um gás possui $\sim 6,022 \times 10^{23}$ *moléculas* deste gás

1 mol de *íon* equivale a $\sim 6,02 \times 10^{23}$ *íons*

1 mol de *grãos de areia* equivale a $\sim 6,02 \times 10^{23}$ *grãos de areia*

e) Quantidade de matéria

- Plural de mol é mols, não moles.
- Não utilizar: peso atômico (usar massa atômica)
peso molecular (usar massa molecular)

f) Concentração

- **Correto:** mol m⁻³, mol dm⁻³, mol L⁻¹ ou kg m⁻³
- Aceitam-se os múltiplos: mol cm⁻³, mmol dm⁻³, mg kg⁻¹, g kg⁻¹.
- Em desuso: molaridade e normalidade

f) Concentração

$$M = \frac{n^{\circ} \text{ mols}}{L} = \frac{\text{massa}}{\frac{\text{mol}}{L}}$$

$$N = \frac{n^{\circ} E_g}{L} = \frac{\frac{\text{mol}}{\text{valência}}}{L}$$

Normalidade = Molaridade . Valência

Molaridade (M)

$$M = \frac{n}{V}$$

mas

número
de mols

massa do
soluto

$$n = \frac{m}{MM}$$

massa molar

então

$$M = \frac{\frac{m}{MM}}{V}$$

Ou seja,

$$M = \frac{m}{V \times MM}$$

Normalidade (N)

$$N = \frac{e}{V}$$

massa do soluto

$$e = \frac{m}{Eg}$$

número de equivalentes-grama

$$Eg = \frac{MM}{x}$$

valência

$$e = \frac{m}{\frac{MM}{x}}$$

$$e = \frac{m \times x}{MM}$$

$$N = \frac{\frac{m \times x}{MM}}{V}$$

$$N = \frac{m \times x}{V \times MM}$$

Relação entre Molaridade (M) e Normalidade (N)

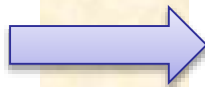
$$M = \frac{m}{V \times MM}$$

e

$$N = \frac{m \times x}{V \times MM}$$

Dividindo M por N

$$\frac{M}{N} = \frac{\frac{m}{V \times MM}}{\frac{m \times x}{V \times MM}}$$



$$\frac{M}{N} = \frac{m}{V \times MM} \times \frac{V \times MM}{m \times x}$$

Ou seja,

$$N = M \times x$$

f) Concentração

- Partes por milhão (ppm) e partes por bilhão (ppb): não utilizadas por serem unidades ambíguas.

Ex.: 4 ppm de P = 4 mg dm⁻³ ou 4 mg kg⁻¹ ?

- Fertilidade: 4 mg dm⁻³

- Levantamento: 4 mg kg⁻¹

- **Porcentagem (%): restrito aos casos que não podem ser descritos com unidades do SI.**

ex: coeficiente de variação, umidade relativa, saturação por bases, porcentagem de aumento ou de diminuição de uma grandeza, grau de cobertura do solo etc.

- Concentração de elementos químicos em plantas:

* Utilizar

- **g kg^{-1} = 10 vezes maior que a %**

- **mg kg^{-1} = equivale ao ppm**

- **$\mu\text{g kg}^{-1}$ = equivale ao ppb**

f) Concentração

Concentração de cátions trocáveis, CTC, SB etc.

Utilizar:

- $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ou $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

O que é mmol_c ?

$$1 \text{ mmol}_c = 1 \text{ meq} = 1 \text{ Emg} = \frac{\text{mmol}}{\text{valência}}$$

Exemplo:

$$1 \text{ mol}_c \text{ Ca} = ?$$

$$1 \text{ mol}_c \text{ Ca} = \frac{\text{mol Ca}}{\text{valência Ca}}$$

Tabela Periódica

Massa atômica



Número atômico



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|--------------------|-----------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1A (1) | 2A (2) | | | | | | | | | | | 3A (13) | 4A (14) | 5A (15) | 6A (16) | 7A (17) | 8A (18) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 H 1,00794 Hidrogênio | 2 He 4,002602 Hélio | 3 Li 6,941 | 4 Be 9,012182 | 5 B 10,811 | 6 C 12,011 | 7 N 14,007 | 8 O 15,999 | 9 F 18,998 | 10 Ne 20,1797 | 11 Na 22,990 | 12 Mg 24,305 | 13 Al 26,98153 | 14 Si 28,086 | 15 P 30,974 | 16 S 32,06 | 17 Cl 35,453 | 18 Ar 39,948 | 19 K 39,098 | 20 Ca 40,078 | 21 Sc 44,956 | 22 Ti 47,867 | 23 V 50,9415 | 24 Cr 51,9961 | 25 Mn 54,938 | 26 Fe 55,845 | 27 Co 58,9332 | 28 Ni 58,6934 | 29 Cu 63,546 | 30 Zn 65,39 | 31 Ga 69,723 | 32 Ge 72,64 | 33 As 74,922 | 34 Se 78,96 | 35 Br 79,904 | 36 Kr 83,8 | 37 Rb 85,468 | 38 Sr 87,62 | 39 Y 88,906 | 40 Zr 91,224 | 41 Nb 92,906 | 42 Mo 95,94 | 43 Tc 98,049 | 44 Ru 101,07 | 45 Rh 102,9055 | 46 Pd 106,42 | 47 Ag 107,8682 | 48 Cd 112,411 | 49 In 114,818 | 50 Sn 118,71 | 51 Sb 121,75 | 52 Te 127,6 | 53 I 126,9044 | 54 Xe 131,29 | 55 Cs 132,90545 | 56 Ba 137,327 | 57 La 138,9055 | 58 Ce 140,116 | 59 Pr 140,9076 | 60 Nd 144,24 | 61 Pm 145,7 | 62 Sm 150,36 | 63 Eu 151,964 | 64 Gd 157,25 | 65 Tb 158,9253 | 66 Dy 162,50 | 67 Ho 164,9303 | 68 Er 167,26 | 69 Tm 168,9342 | 70 Yb 173,04 | 71 Lu 174,967 | 72 Hf 178,49 | 73 Ta 180,947 | 74 W 183,84 | 75 Re 186,207 | 76 Os 190,23 | 77 Ir 192,217 | 78 Pt 195,078 | 79 Au 196,966 | 80 Hg 200,59 | 81 Tl 204,3833 | 82 Pb 207,2 | 83 Bi 208,9803 | 84 Po 210 | 85 At 210 | 86 Rn 222 | 87 Fr 223,0197 | 88 Ra 226,02 | 89 Ac 227 | 90 Th 232,0381 | 91 Pa 231,0358 | 92 U 238,0289 | 93 Np 237 | 94 Pu 244 | 95 Am 243 | 96 Cm 247 | 97 Bk 247 | 98 Cf 251 | 99 Es 252 | 100 Fm 257 | 101 Md 258 | 102 No 259 | 103 Lr 262 |
| | | 4B (4) | 5B (5) | 6B (6) | 7B (7) | 8B (8) (9) (10) | | | 1B (11) | 2B (12) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 19 K 39,09 | 20 Ca 40,08 | | 24,50 Mg | | | | | | | | | | | | | 14,00 C | 15 P 30,97 | 16 S 32,06 | 17 Cl 35,45 | 18 Ar 39,95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 55 Cs 132,90545 | 56 Ba 137,327 | 71 * Lantânio | 72 Hf 178,49 | 73 Ta 180,947 | 74 W 183,84 | 75 Re 186,207 | 76 Os 190,23 | 77 Ir 192,217 | 78 Pt 195,078 | 79 Au 196,966 | 80 Hg 200,59 | 81 Tl 204,3833 | 82 Pb 207,2 | 83 Bi 208,9803 | 84 Po 210 | 85 At 210 | 86 Rn 222 | 87 Fr 223,0197 | 88 Ra 226,02 | 89 Ac 227 | 90 Th 232,0381 | 91 Pa 231,0358 | 92 U 238,0289 | 93 Np 237 | 94 Pu 244 | 95 Am 243 | 96 Cm 247 | 97 Bk 247 | 98 Cf 251 | 99 Es 252 | 100 Fm 257 | 101 Md 258 | 102 No 259 | 103 Lr 262 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 57 La 138,9055 | 58 Ce 140,116 | 59 Pr 140,9076 | 60 Nd 144,24 | 61 Pm 145,7 | 62 Sm 150,36 | 63 Eu 151,964 | 64 Gd 157,25 | 65 Tb 158,9253 | 66 Dy 162,50 | 67 Ho 164,9303 | 68 Er 167,26 | 69 Tm 168,9342 | 70 Yb 173,04 | 71 Lu 174,967 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 89 Ac 227 | 90 Th 232,0381 | 91 Pa 231,0358 | 92 U 238,0289 | 93 Np 237 | 94 Pu 244 | 95 Am 243 | 96 Cm 247 | 97 Bk 247 | 98 Cf 251 | 99 Es 252 | 100 Fm 257 | 101 Md 258 | 102 No 259 | 103 Lr 262 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

 Hidrogênio

 Metais

 Semi-metais

 Não-metais

 Gases nobres

$$1 \text{ mmol}_c = 1 \text{ meq} = 1 \text{ Emg} = \frac{\text{mmol}}{\text{valência}}$$

Exemplo:

$$1 \text{ mol}_c \text{ Ca} = ?$$

$$1 \text{ mol}_c \text{ Ca} = \frac{\text{mol Ca}}{\text{valência Ca}}$$

$$1 \text{ mol}_c \text{ Ca} = \frac{40}{2} = 20 \text{ g}$$

$$1 \text{ mmol}_c \text{ Ca} = \frac{40}{2} = 20 \text{ mg Ca}$$

$$1 \text{ mmol}_c \text{ H}^+ = \frac{1}{1} = 1 \text{ mg H}^+$$

- Concentração de cátions trocáveis, CTC, SB etc.

Utilizar:

- $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ou $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

Unidades antigas:

meq/100 g, meq/100 mL e meq/100 cm^3

- mesmo valor numérico de $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ou $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

1 dm \Rightarrow 10 cm

Densidade = 1

1 dm³ \Rightarrow 10³ cm³

1 dm³ = 1 kg

1 dm³ \Rightarrow 1000 cm³

Unidade antiga \Rightarrow 100 cm³ \Rightarrow 0,1 dm³

Ca²⁺ = 2 meq/100 cm³ \Rightarrow 2 meq/0,1 dm³ \Rightarrow 20 meq dm⁻³

O fator 10 vem da transformação de 100 cm³ para dm³