

Sistema internacional de unidades

Luís Reynaldo Ferracciú Alleoni

Departamento de Ciência do Solo – ESALQ/USP

Regras gerais

- **Unidades devem ter letras minúsculas:** mg, ha, km, s, h, min etc.
- Exceções:
 - sobrenomes de pessoas: W, Pa, V, N etc.
 - Litro: prefere-se o “L”, para não confundir com o número “1”.

Não desfigure o nome que a unidade tem no singular:

- becquerels (correto) x “becqueréis” (errado);
- mols (correto) x “moles” (errado);
- pascals (correto) x “pascais” (errado) etc.

- Unidades não tem plural

- Alguns exemplos:

- Massa: kg e não kgs – pior ainda: kgrs
- Litro: L e não lt ou lts.
- Comprimento: m e não mt ou mts
- Tempo: h e não hr ou hrs ou hs

Atenção: o símbolo de uma unidade composta por multiplicação pode ser formado de duas formas:

- um ponto entre os símbolos componentes na meia altura da linha
(N·m, m·s⁻¹, V·A, kW·h etc.) ou
- espaço entre os símbolos componentes, desde que não cause ambiguidade (N m, m s⁻¹, V A, kW h etc.).

Utilização do sistema internacional de unidades em solos e nutrição de plantas

1) Unidades do sistema internacional

- Divididas em duas categorias:
 - Unidades de base
 - Unidades derivadas

Unidades de base

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

Algumas unidades de base do SI

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

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}

Unidades não pertencentes ao SI

Por serem convenientes, são aceitas junto com as unidades do 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?

kg N ha⁻¹

Incorreto

ou

kg ha⁻¹ de N

Correto

Unidade não pode ser separada

Prefixos utilizados com unidades SI: ajustam a ordem de grandeza das unidades

Fator	Prefixos	Símbolo
10^{-24}	Yocto	y
10^{-21}	Zepto	z
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
10^{21}	Zetta	Z
10^{24}	Yotta	Y

Prefixos utilizados com unidades SI: ajustam a ordem de grandeza das unidades.

Regra geral: ajustar os números no intervalo entre 0,1 e 1.000

Ex.: 300 km em vez de 300.000 m

2 μg em vez de 0,000002 g

Uso das unidades SI em solos e nutrição de plantas

a) Comprimento

- Metro (m) e seus múltiplos, formados com os prefixos apropriados
- Não utilizado: Ângstrom ($A = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-4} \mu\text{m} = 10^{-1} \text{ nm}$)
- **empregar micrômetro (μm), nanômetro (nm) etc.**

b) Área

- 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

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

d) Massa

- 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

- Mol = quantidade de átomos em 12 g de ^{12}C .
- 12 g de ^{12}C contém $6,02 \times 10^{23}$ átomos (número de Avogadro)

1 mol de *moléculas* de um gás possui $\sim 6,02 \times 10^{23}$ *moléculas* deste gás

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

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

- **Não utilizar:** peso atômico (usar massa atômica)
peso molecular (usar massa molecular)

f) Concentração

- 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: normalidade

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

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

Normalidade = Molaridade . Valência

Molaridade (M)

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

mas

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

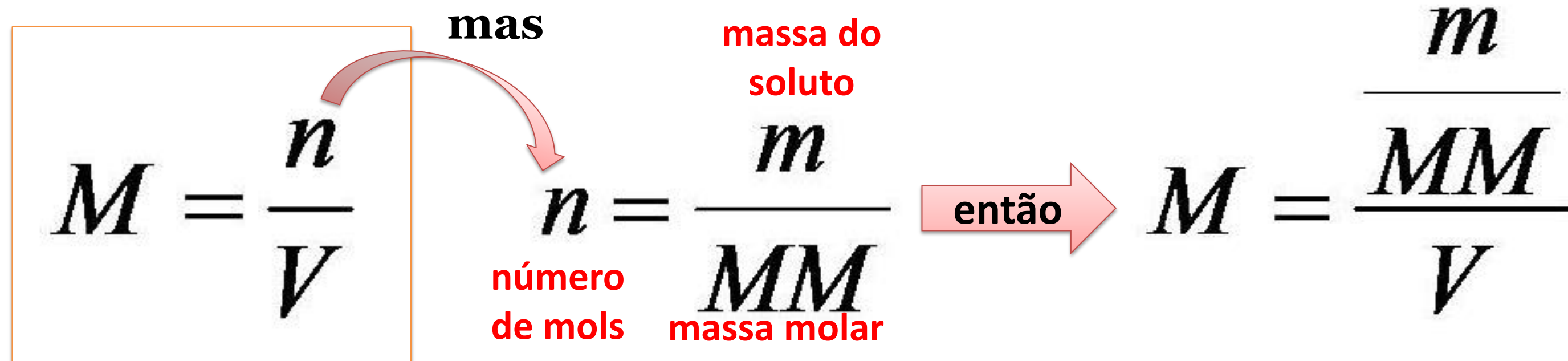
número de mols

massa do soluto

massa molar

então

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



Ou seja,

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

Normalidade (N)

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

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

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

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

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

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

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

massa do soluto

número de equivalentes-grama

valência

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

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

Ou seja,

$$N = M \times x$$

- **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

- **Classificação:** 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

Concentração de cátions trocáveis, CTC, SB etc.

Utilizar: mmol_c kg⁻¹ (classificação) ou mmol_c dm⁻³ (fertilidade)

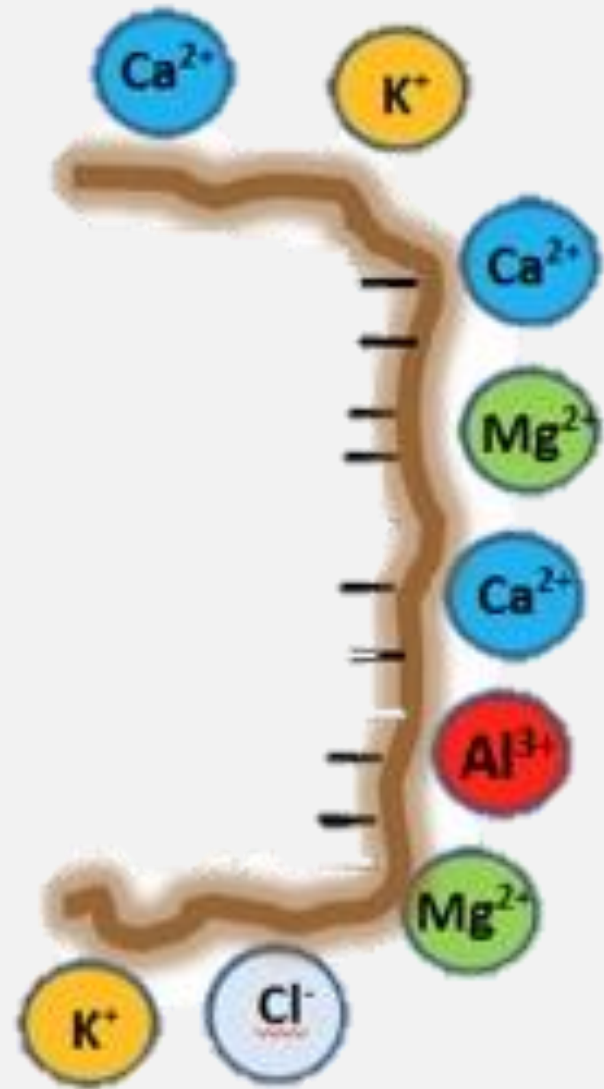
O que é mmol_c ?

Mol = $6,02 \cdot 10^{23}$



1 milimol = mmol

Ex.: 1 mmol de Mg = 24 mg



1 milimol de carga = mmol_c

$$\text{mmol}_c = \frac{\text{mmol}}{\text{valência}}$$

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

Até 1996: usava-se a unidade miliequivalente (meq)

mmol_c = meq = equivalente miligrama

Tabela Periódica

Massa atômica



Número atômico

1A (1)																		2A (2)										3A (13)										4A (14)										5A (15)										6A (16)										7A (17)										8A (18)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
1,00794	4,002602	6,941	9,012182	10,811	12,011	14,007	15,999	18,998	20,180	22,990	24,305	26,982	28,086	30,974	32,06	35,45	39,948	39,098	40,078	88,906	47,867	50,942	51,996	54,938	55,845	58,933	58,693	63,546	65,39	69,723	72,64	74,922	78,971	79,904	83,8	132,905	137,327	138,905	140,116	140,907	144,24	145,7	150,36	151,964	157,25	158,925	162,50	164,930	167,26	168,934	173,04	174,967	223,019	226,025	227	232,038	231,036	238,029	237	244	243	247	247	251	252	257	258	259	262																		

*	138,9055	140,116	140,9076	144,24	145,7	150,36	151,964	157,25	158,9253	162,50	164,9303	167,26	168,9342	173,04	174,967
	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
	Lantânio	Cério	Praseodímio	Neodímio	Promécio	Samário	Európio	Gadolínio	Térbio	Disprósio	Hólmio	Érbio	Túlio	Intérbio	Lutécio
**	227	232,0381	231,0358	238,0289	237	244	243	247	247	251	252	257	258	259	262
	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
	Actínio	Tório	Protactínio	Urânio	Netúnio	Plutônio	Americio	Cúrio	Berquélio	Califórnio	Einstênio	Férmio	Mendelévio	Nobélio	Laurêncio

 Hidrogênio
 Metais
 Semi-metais
 Não-metais
 Gases nobres

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

Exemplos:

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

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

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

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

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

- **Concentração de cátions trocáveis, CTC, SB etc.**

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

- Unidades antigas: $\text{meq}/100 \text{ g}$, $\text{meq}/100 \text{ mL}$ e $\text{meq}/100 \text{ cm}^3$
- mesmo valor numérico de $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ou $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

1 dm → 10 cm

1 dm³ → 10³ cm³

1 dm³ → 1000 cm³

Densidade = 1

1 dm³ = 1 kg

Unidade antiga → 100 cm³ → 0,1 dm³

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

O fator 10 vem da transformação de 100 cm³ para dm³