

Sistema Internacional de Unidades

de acordo com DL 238/94 (19/9), DR 2/95 (3/1) e DL 254/02 (22/11)

*Compilação, adaptação e verificação: Manuel Matos
FEUP, Dezembro 2003*

0. Introdução

O presente texto vem na sequência de outros com o mesmo título, datados de 1993, 1994 e 1997. O primeiro texto baseava-se nos DL 320/84 (de 1/10) e 427/83 (de 7/12), revogados pelo DL 238/94, o que levou à elaboração do segundo texto, que entretanto foi necessário corrigir, para atender às rectificações da DR 2/95. As alterações, introduzidas pelo DL 238/94 referem-se sobretudo a aspectos legais não contemplados neste documento, como a obrigatoriedade do uso do SI nos "instrumentos de medição" e "medidas efectuadas", "no circuito económico, nos domínios da saúde e da segurança pública e nas operações de natureza administrativa" (artº 4º) e definição das coimas a aplicar (aproximadamente 25 a 2 500 € para pessoas singulares e até cerca de 30 000 € para pessoas colectivas) pela "utilização de unidades de medida não autorizadas" (artº 7).

Entretanto, o DL 254/2002 (de 22/11) veio introduzir novas correcções, na sequência da transposição da Directiva Europeia 1999/103/CE, o que justifica a presente actualização. As alterações têm influência marginal (formatações, nomes de alguns prefixos e definições de ângulos e de unidades SI cujo valor é obtido experimentalmente), mas é introduzida uma moratória (até 2009) em relação à obrigatoriedade do desaparecimento de indicações complementares em unidades não legais, por razões essencialmente de comércio externo da União Europeia (aspectos não focados no presente texto).

Finalmente, adverte-se que a presente compilação não inclui toda a matéria da legislação e directivas europeias indicadas, pelo que não dispensa a leitura dos originais.

1. Unidades SI de base

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Intensidade de corrente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mole	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Unidade de comprimento

O **metro** é o comprimento do trajecto percorrido pela luz no vazio durante um intervalo de tempo de 1/299 792 458 s.

Unidade de massa

O **quilograma** é a unidade de massa; é igual à massa do protótipo internacional do quilograma.

Unidade de tempo

O **segundo** é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os 2 níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.

Unidade de intensidade de corrente eléctrica

O **ampere** é a intensidade de uma corrente constante que, mantida em dois condutores paralelos, rectilíneos, de comprimento infinito, de secção circular desprezável e colocados à distância de 1 m um do outro no vazio, produziria entre estes condutores uma força igual a $2 \cdot 10^{-7}$ N por metro de comprimento.

Unidade de temperatura termodinâmica

O **kelvin**, unidade de temperatura termodinâmica, é a fracção $1/273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água.

Unidade de quantidade de matéria

A **mole** é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos os átomos que existem em 0,012 kg de carbono 12.

Quando se utiliza a mole, as entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, iões, electrões, outras partículas ou agrupamentos especificados de tais partículas.

Unidade de intensidade luminosa:

A **candela** é a intensidade luminosa, numa direcção dada, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência $540 \cdot 10^{12}$ Hz e cuja intensidade nessa direcção é de $1/683$ W.sr⁻¹.

Temperatura Celsius

Nome e símbolo especiais da unidade SI de temperatura, no caso da temperatura Celsius:

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Temperatura Celsius	grau Celsius	°C

A temperatura Celsius t é definida pela equação $t = T - T_0$ entre duas temperaturas termodinâmicas T e T_0 com $T_0 = 273,15$ K. Um intervalo ou uma diferença de temperatura podem exprimir-se quer em kelvin quer em graus Celsius. A unidade grau Celsius é igual à unidade kelvin.

2. Unidades SI suplementares

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Ângulo plano	radiano	rad
Ângulo sólido	esterradiano	sr

Unidade de ângulo plano

O **radiano** é o ângulo compreendido entre dois raios de um círculo que intersectam, na circunferência, um arco de comprimento igual ao raio.

Unidade de ângulo sólido

O **esterradiano** é o ângulo sólido de um cone que, tendo o vértice no centro de uma esfera, intersecta na superfície dessa esfera uma área igual à de um quadrado cujo lado tem um comprimento igual ao do raio da esfera.

3. Unidades SI derivadas

As unidades derivadas de modo coerente das unidades SI de base e das unidades SI suplementares são dadas por expressões algébricas sob a forma de produtos de potências das unidades SI de base ou das unidades SI suplementares com um factor numérico igual a 1.

3.1. Unidades SI derivadas com nomes e símbolos especiais

Grandeza	Unidade		Em outras unidades SI	Em unidades SI de base ou suplementares
	Nome	Símbolo		
Frequência	hertz	Hz	-	s^{-1}
Força	newton	N	-	$m.kg.s^{-2}$
Pressão e tensão	pascal	Pa	$N.m^{-2}$	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
Energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	$N.m$	$m^2.kg.s^{-2}$
Potência*, fluxo energético	watt	W	$J.s^{-1}$	$m^2.kg.s^{-3}$
Quantidade de electricidade, carga eléctrica	coulomb	C	-	$s.A$
Tensão eléctrica, potencial eléctrico, força electromotriz	volt	V	$W.A^{-1}$	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Resistência eléctrica	ohm	Ω	$V.A^{-1}$	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
Condutância eléctrica	siemens	S	$A.V^{-1}$	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
Capacidade eléctrica	farad	F	$C.V^{-1}$	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Fluxo de indução magnética	weber	Wb	$V.s$	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
Indução magnética	tesla	T	$Wb.m^{-2}$	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
Indutância	henry	H	$Wb.A^{-1}$	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
Fluxo luminoso	lúmen	lm	-	$cd.sr$
Iluminação	lux	lx	$lm.m^{-2}$	$m^{-2}.cd.sr$
Actividade	becquerel	Bq	-	s^{-1}

Grandeza	Unidade		Em outras unidades SI	Em unidades SI de base ou suplementares
	Nome	Símbolo		
Dose absorvida	gray	Gy	J.kg ⁻¹	m ² .s ⁻²
Equivalente de dose	sievert	Sv	J.kg ⁻¹	m ² .s ⁻²

* *Nomes especiais da unidade de potência: VA (voltampere) para exprimir a potência aparente da corrente eléctrica alternada e var (var) para exprimir a potência eléctrica reactiva. O nome "var" não está incluído nas resoluções da CGPM, sendo a sua definição originária da CEI.*

3.2. Prefixos e símbolos de certos múltiplos e submúltiplos decimais

Factor	Prefixo	Símbolo	Factor	Prefixo	Símbolo
10 ²⁴	iota	Y	10 ⁻¹	deci	d
10 ²¹	zeta	Z	10 ⁻²	centi	c
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻³	mili	m
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ¹²	tera	T	10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁹	giga	G	10 ⁻¹²	pico	p
10 ⁶	mega	M	10 ⁻¹⁵	fento	f
10 ³	quilo	k	10 ⁻¹⁸	ato	a
10 ²	hecto	h	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ¹	deca	da	10 ⁻²⁴	iocto	y

Os nomes e símbolos dos múltiplos e submúltiplos decimais da unidade de massa são formados pela junção dos prefixos à palavra "grama" e os símbolos correspondentes ao símbolo "g".

3.3. Nomes e símbolos especiais autorizados

Grandeza	Unidade		
	Nome	Símbolo	Valor
Volume	litro	L ou l	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Massa	tonelada	t	1 t = 1 Mg = 10 ³ kg
Pressão e tensão	bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa

4. Regras de escrita e utilização dos símbolos e prefixos

- Os símbolos das unidades são impressos em caracteres romanos direitos e em geral minúsculos. Contudo, se o nome da unidade deriva de um nome próprio, a primeira letra do símbolo é maiúscula;
- Os símbolos das unidades ficam invariáveis no plural;
- Os símbolos das unidades não são seguidos de um ponto;
- O produto de duas ou mais unidades pode ser indicado de uma das formas seguintes:
N.m ou N m
- Quando uma unidade derivada é formada dividindo uma unidade por outra, pode

utilizar-se uma barra oblíqua (/), uma barra horizontal ou também expoentes negativos. Exemplo:

$$\text{m/s}, \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ ou } \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

- 6) Nunca deve ser utilizada na mesma linha mais de uma barra oblíqua, a menos que sejam adicionados parênteses, a fim de evitar qualquer ambigüidade. Em casos complicados devem ser utilizados expoentes negativos ou parênteses. Exemplo:

$$\begin{aligned} &\text{m/s}^2 \text{ ou } \text{m}\cdot\text{s}^{-2} \\ &\text{m}\cdot\text{kg}/(\text{s}^3\cdot\text{A}) \text{ ou } \text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1} \\ &\text{mas não} \\ &\text{m/s/s} \\ &\text{m}\cdot\text{kg/s}^3/\text{A} \end{aligned}$$

- 7) Os símbolos dos prefixos são impressos em caracteres romanos direitos, sem espaço entre o símbolo do prefixo e o símbolo da unidade;
 8) O conjunto formado pela junção do símbolo de um prefixo ao símbolo de uma unidade constitui um novo símbolo inseparável, que pode ser elevado a uma potência positiva ou negativa e que pode ser combinado com outros símbolos de unidades para formar símbolos de unidades compostas. Exemplo:

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm}^3 &= (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \\ 1 \text{ cm}^{-1} &= (10^{-2}\text{m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

- 9) Não são empregues prefixos compostos, ou seja, formados pela justaposição de vários prefixos. Exemplo:

$$1 \text{ nm}, \text{ e não } 1 \text{ m}\mu\text{m}$$

- 10) Um prefixo não pode ser empregue sem uma unidade a que se refira. Exemplo:

$$10^6/\text{m}^3, \text{ e não } \text{M}/\text{m}^3$$

5. Unidades definidas a partir das unidades SI que não são múltiplos ou submúltiplos decimais dessas unidades

Grandeza	Unidade		
	Nome	Símbolo	Valor
Ângulo plano	grau	°	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$
	minuto de ângulo	'	$1' = (1/60)^\circ = (\pi/10\ 800) \text{ rad}$
	segundo de ângulo	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648\ 000) \text{ rad}$
Tempo	minuto	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	hora	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3\ 600 \text{ s}$
	dia	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86\ 400 \text{ s}$

Nota: Os prefixos mencionados no n.º 3.2 não se aplicam aos nomes e símbolos deste quadro.

6. Unidades utilizadas com o SI, cujos valores no SI são obtidos experimentalmente¹

Grandeza	Unidade		
	Nome	Símbolo	Definição
Energia	Electrão-volt	eV	O electrão-volt é a energia cinética adquirida por um electrão que transita, no vazio, através de uma diferença de potencial de 1 volt.
Massa	Unidade de massa atómica	u	A unidade de massa atómica é igual a 1/12 da massa de um átomo do nuclídeo ¹² C.

7. Unidades admitidas unicamente em domínios especializados

Apenas em certos domínios, podem ser utilizadas unidades que não são do SI, como a **dioptria** (1 m^{-1}), o **carat métrico** ($2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$), o **are** ($1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$), o **tex** ($10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$), o **barn** ($1 \text{ b} = 10^{-28} \text{ m}^2$) e o **milímetro de mercúrio** ($1 \text{ mm Hg} = 132,322 \text{ Pa}$). Os prefixos e símbolos do ponto 3.2 podem ser usados com estas unidades, com excepção do milímetro de mercúrio e do caso particular do **hectare** (múltiplo 10^2 do are).

¹ O texto do DL 254/2002 diz "...cujos valores em si são obtidos...", mas uma consulta às versões portuguesa e inglesa da directiva 1999/103/CE permite perceber que "in SI" passou para "EM SI" e depois para "em si".