

Sistema Internacional de Unidades

De acordo com o DL 238/94 (19 de Setembro) e a DR 2/95 (31 de Janeiro)

Compilação, adaptação e verificação: Manuel Matos (FEUP 1997)

0. Advertência

O presente texto vem na sequência de dois outros com o mesmo título, datados de 1993 e 1994. 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 (5 000\$ a 500 000\$ para pessoas singulares e até 6 000 000\$ para pessoas colectivas) pela "utilização de unidades de medida não autorizadas" (artº 7).

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 $t = T - T_0$ onde $T_0 = 273,15$ 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 plano compreendido entre dois raios que, na circunferência de um círculo, intersectam um arco de comprimento igual ao raio desse círculo.

Unidades de ângulo sólido

O **esterradiano** é o ângulo sólido que, tendo o vértice no centro de uma esfera, intersecta na superfície dessa esfera uma área igual à de um quadrado tendo por lado o 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 |
| 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} | yotta | Y | 10^{-1} | deci | d |
| 10^{21} | zetta | 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} | yocto | 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 | $1\text{ l} = 1\text{ dm}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$ |
| Massa | tonelada | t | $1\text{ t} = 1\text{ Mg} = 10^3\text{ kg}$ |
| Pressão e tensão | bar | bar | $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$ |

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:

$$N.m \text{ ou } N\ m$$
- 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 ambiguidade. Em casos complicados devem ser utilizados expoentes negativos ou parênteses. Exemplo:

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

- 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 definidas independentemente das unidades SI de base

A **unidade de massa atômica** é igual a 1/12 da massa de um átomo do nuclídeo ^{12}C . O

electrão-volt é a energia cinética adquirida por um electrão que passa, no vazio, de um ponto para outro cujo potencial é superior em 1 V. O valor destas unidades, expresso em unidades SI, é obtido experimentalmente.

| Grandeza | Unidade | | |
|----------|--------------------------|-------------|--|
| | Nome | Símbol o | Valor |
| Massa | unidade de massa atómica | u | $1 \text{ u} \approx 1,660\,540\,2(10) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ |
| Energia | Electrão-volt | eV | $1 \text{ eV} \approx 1,602\,177\,33(49) \cdot 10^{-19} \text{ J}$ |

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).