

Medição em ciências e representação gráfica

Sistema Internacional de Unidades

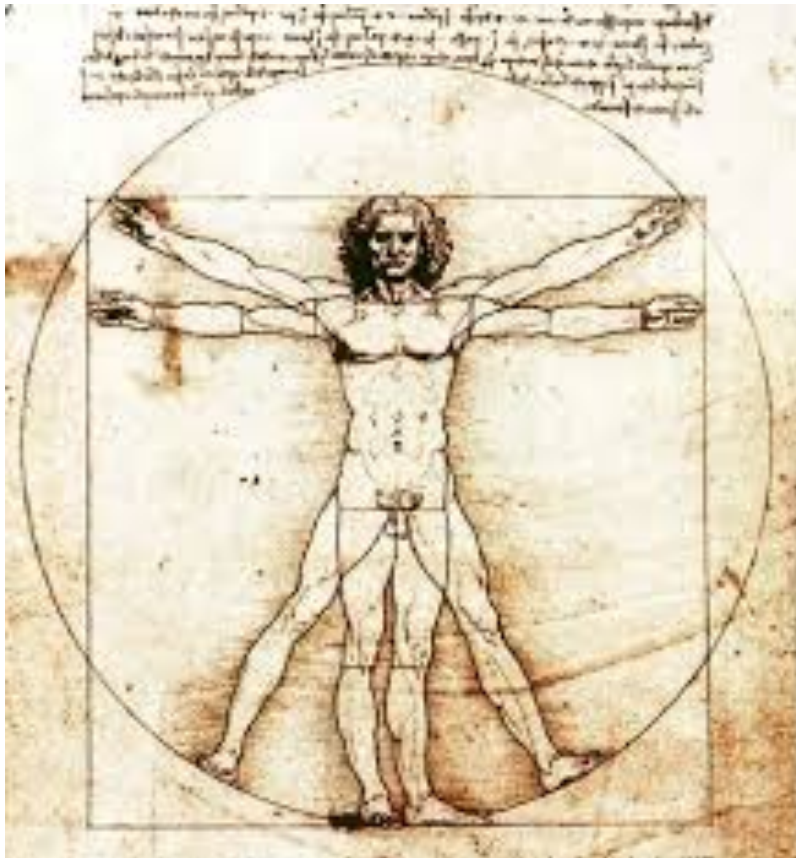
Prof. Marco A. Simões

Objetivos dessa aula

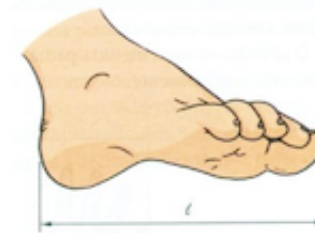
- Conhecer o histórico dos padrões de medidas
- Conhecer a origem do Sistema Internacional de Unidades
- Compreender o que são grandezas básicas e seus padrões
- Diferenciar grandezas escalares e vetoriais
- Compreender o que são grandezas secundárias
- Compreender o que são submúltiplos
- Realizar conversões entre os múltiplos e submúltiplos
- Realizar conversões de unidades para outros sistemas

As medidas na história

- Desde há muito tempo, o homem realiza medições.
- Os primeiros sistemas eram muito baseados das dimensões do próprio corpo

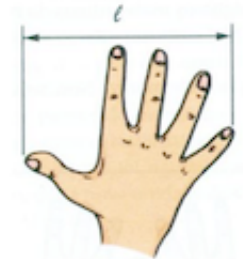


Polegada



Pé

Palmo



Medidas bíblicas

Medidas para líquidos

Coro (10 batos / 60 hins)
220 l

Bato (6 hins)
22 l

Him (12 logues)
3,67 l

Logue (1/2 him)
0,31 l

Medidas para secos

Ômer (1 coro / 10 efas)
220 l

Efa (3 seás / 10 gomores)
22 l

Seá (3 1/2 gomores)
7,33 l

Gomor (1/2 cabo)
2,2 l

Cabo
1,22 l

Queriz
1,08 l

Medidas lineares

Cana longa (6 côvados longos)
3,11 m

Cana (6 côvados)
2,67 m

Braça
1,8 m

Côvado longo
(7 larguras da mão)
51,8 cm

Côvado (2 palmos / 6 larguras da mão)
44,5 cm

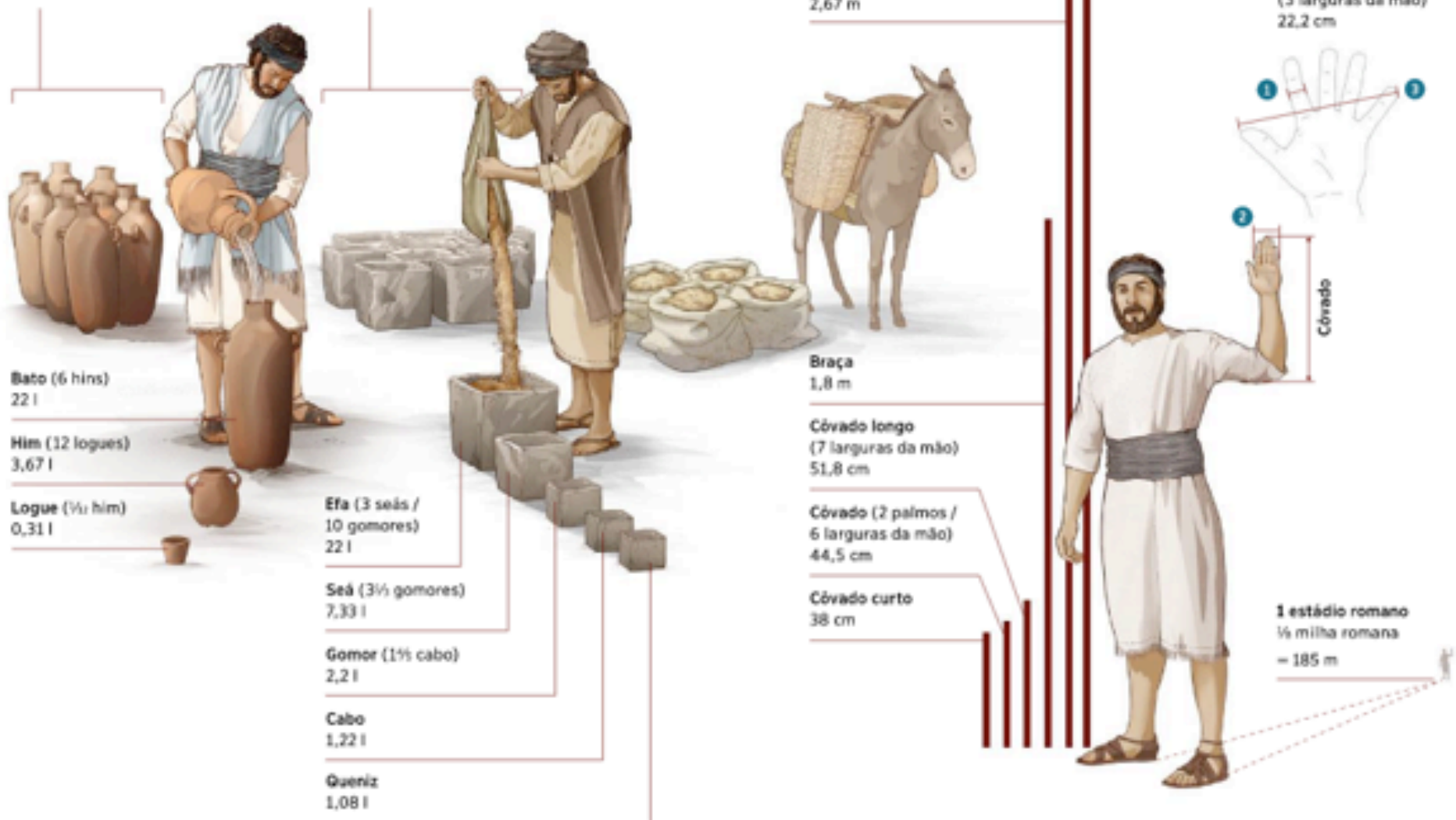
Côvado curto
38 cm

- 1 Dedo (1/4 largura da mão)
1,85 cm
- 2 Largura da mão (4 dedos)
7,4 cm
- 3 Palmo (3 larguras da mão)
22,2 cm

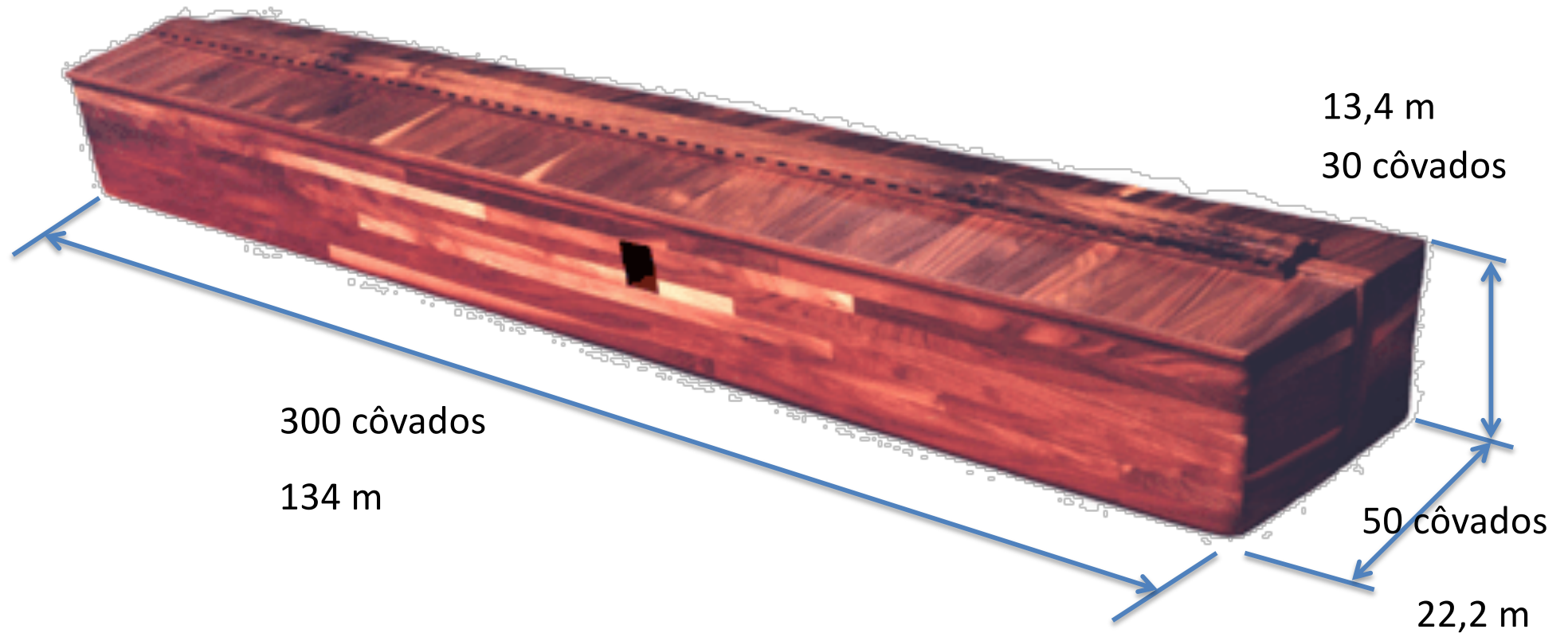


Côvado

1 estádio romano
1/5 milha romana
= 185 m



Exemplo de medida antiga



Considerando 1 côvado = 44,5 cm

Problema: variedade de padrões



Padrão do cúbito (côvado) egípcio

Cúbito sumério = 49,5 cm

Cúbito egípcio = 52,4 cm

Cúbito assírio = 54,9 cm

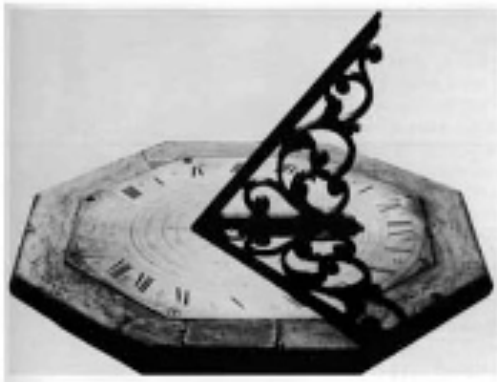
Pé romano = 29,6 cm

Pé comum = 31,7 cm

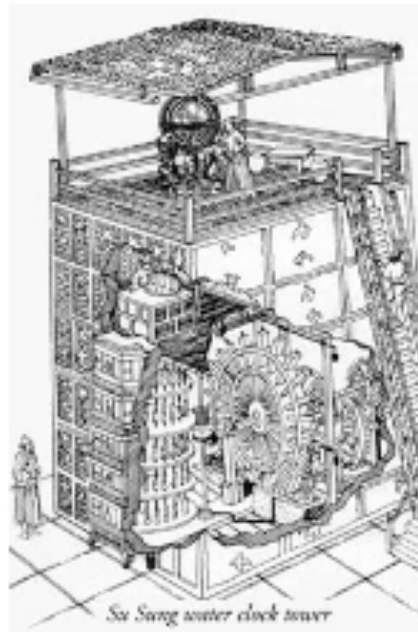
Pé do Norte = 33,6 cm.

Instrumentos de medição

- Também variaram, e evoluíram com o tempo



Relógio de sol



Relógio d'agua



Relógio de areia



Relógio de pêndulo

Padrões

- Com o tempo, foi ficando clara a necessidade de haver um padrão comum e público



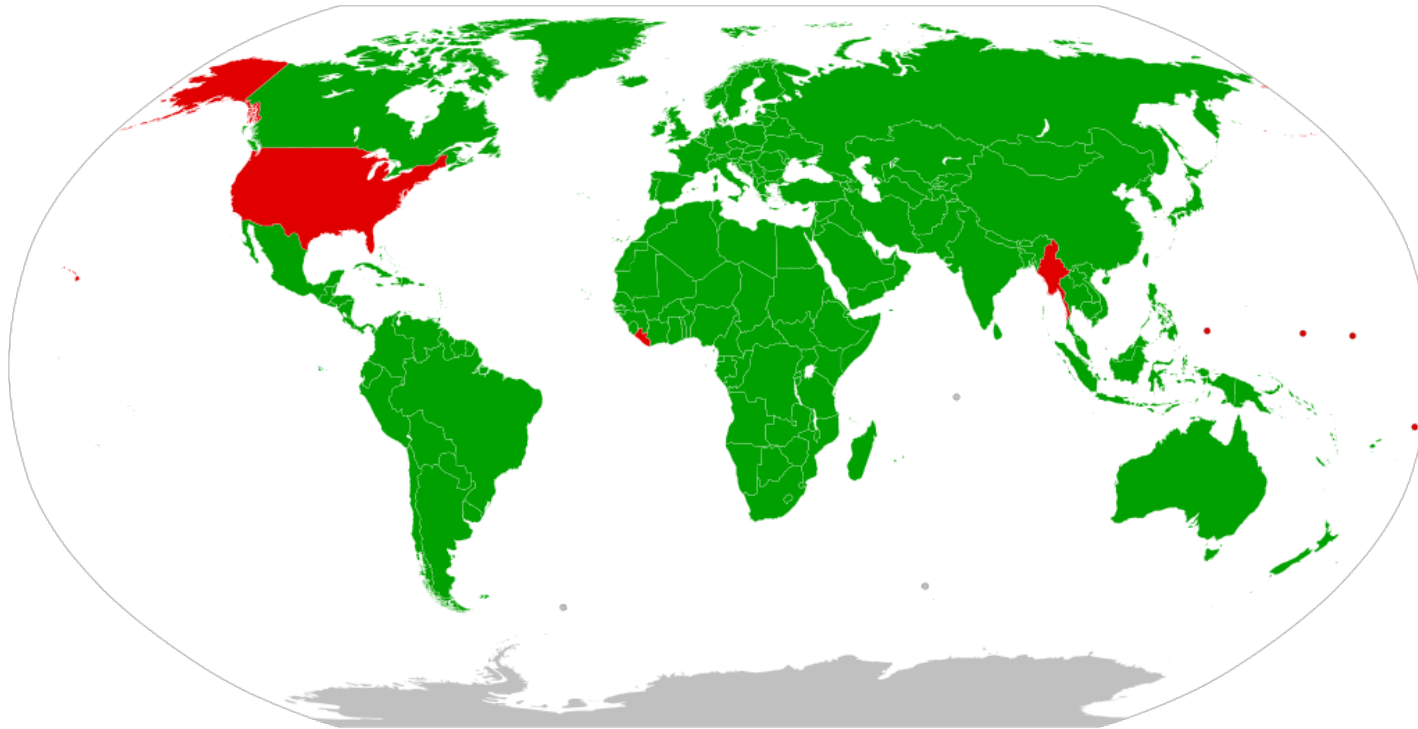
Padrão disponível ao público em Londres

O Sistema Internacional

- Durante a revolução francesa, em 1789, seguindo os ideais iluministas, ganhou força a ideia de estabelecer-se um sistema universal.
- Essa ideia foi a semente do Sistema Internacional de Unidades, a partir daí progressivamente adotado por vários países do mundo.
- Uma de suas grandes características é utilizar o 10 para determinar os múltiplos e submúltiplos das unidades



Sistema Internacional de Unidades



Praticamente todos os países do mundo adotam o SI (cerca de 200). Apenas 3 não o adotam: EUA, Myanmar e Libéria.

- Ao longo do tempo, as entidades científicas e técnicas definiram e concordaram na utilização de um conjunto de unidades padronizadas chamada de **Sistema Internacional de Unidades**.
- No Brasil, o órgão responsável é o [Inmetro](#).
- Documentos: [Sistema Internacional de Unidades](#); [Quadro geral das unidades de medida](#).

Unidades fundamentais do SI

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

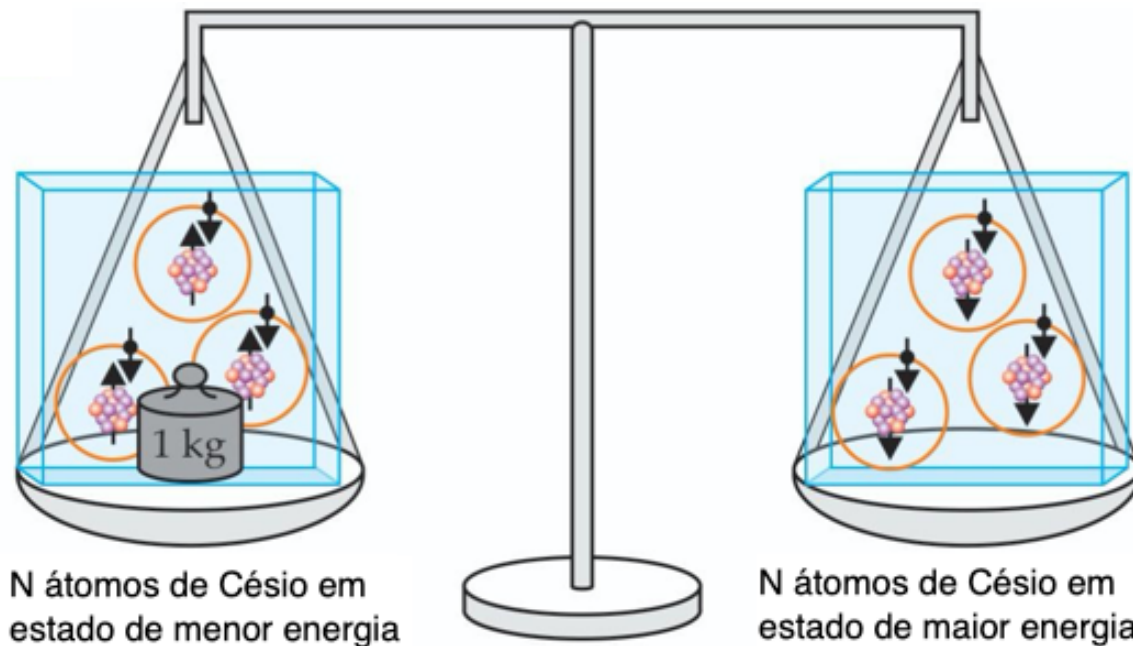
Padrões

- **Metro:** é a distância percorrida pela luz no intervalo de tempo de $1/299.792.458$ segundo
- **Quilograma:** até 20/5/19, massa de um corpo de uma liga de platina e irídio depositada no Bureau Internacional de Pesos e Medidas, na França.
- **Segundo:** é a duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133



Quilograma

- A nova definição de quilograma é baseada na constante de Planck (h), e não depende de um objeto
- Uma descrição (bastante) simplificada na nova definição seria



$$N = c^2/h\nu_{Cs} = 1.475\,521\,4 \times 10^{40}$$

$$h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2/\text{s}$$

Quilograma: a diferença de massa entre $1,4755214 \times 10^{40}$ átomos de césio no estado fundamental e o mesmo número no estado hiperfino excitado.

Fórmulas relacionadas:




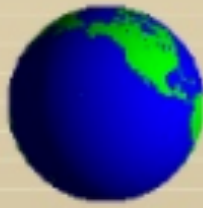

$$E = h \cdot \nu$$

$$E = m \cdot c^2$$

$\nu \Rightarrow$ frequência

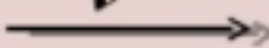
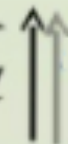

Grandeza escalar x grandeza vetorial

- As grandezas escalares são definidas por um número e uma unidade

Massa	<ul style="list-style-type: none">• Ex: 3Kg (Três quilogramas)• 200g (duzentos gramas)		
Temperatura	<ul style="list-style-type: none">• 30°C (trinta graus Celsius)• 50°F (cinquenta graus Fahrenheit)		
Volume	<ul style="list-style-type: none">• 3m³ (três metros cúbicos)• 100L (cem litros)		

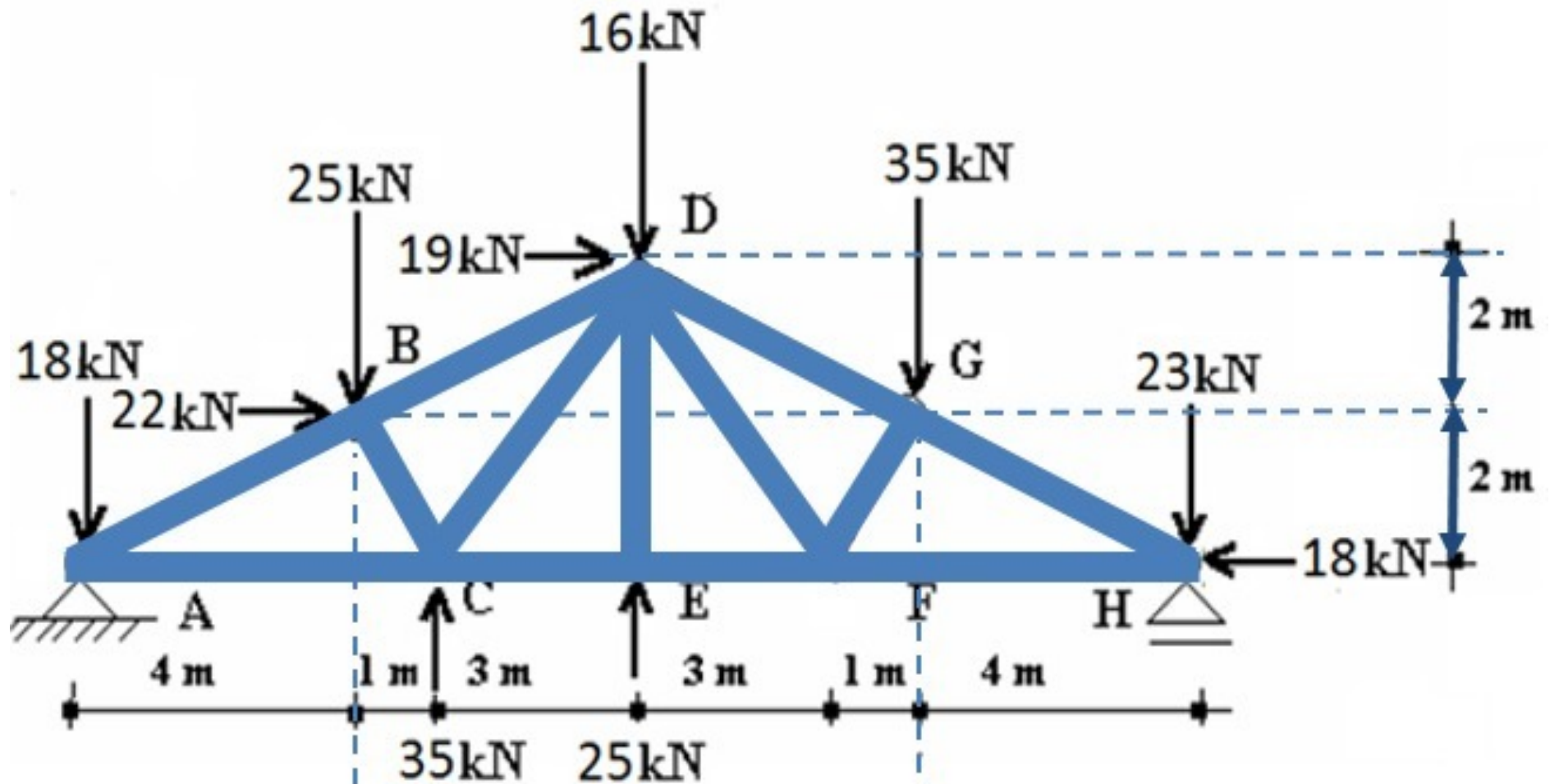
Grandeza escalar x grandeza vetorial

- As grandezas vetoriais necessitam, além do número e da unidade, da direção e do sentido

Velocidade \vec{v}	<ul style="list-style-type: none">• Módulo: 20m/s• Direção: horizontal• Sentido: da direita para a esquerda.	\vec{v} 
Aceleração \vec{a}	<ul style="list-style-type: none">• Módulo: 10m/s²• Direção: vertical• Sentido: de baixo para cima	\vec{a} 
Deslocamento \vec{d}	<ul style="list-style-type: none">• Módulo: 18Km• Direção: horizontal• Sentido: leste para oeste	\vec{d} 

Grandeza escalar x grandeza vetorial

- Força é um importante exemplo de grandeza vetorial na engenharia



Unidades derivadas

Grandeza	Unidade	Símbolo
Área	Metro quadrado	m^2
Volume	Metro cúbico	m^3
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Aceleração	Metro por segundo ao quadrado	m/s^2
Densidade	Quilogramas por metro cúbico	kg/m^3

Unidades com nomes especiais

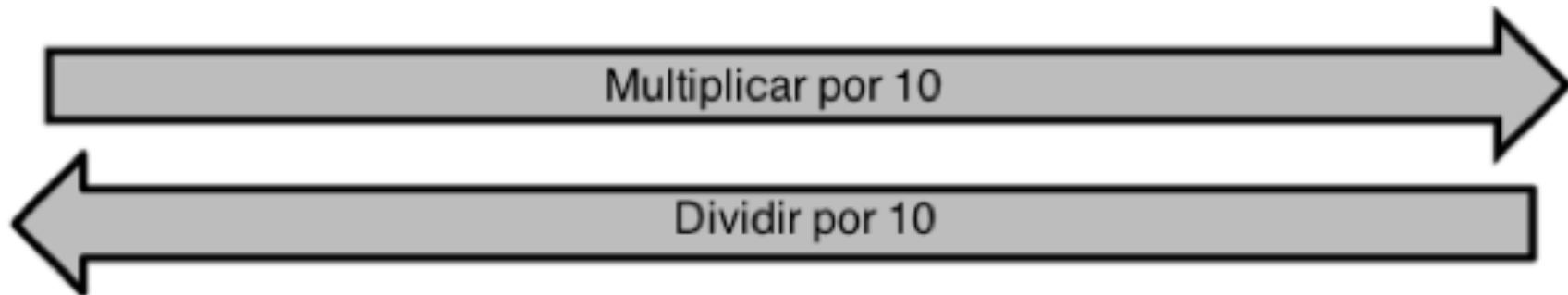
Grandeza	Nome	Símbolo	Unidades
Força	Newton	N	$(kg \cdot m)/s^2$
Pressão	Pascal	P	N/m^2 ou $kg/(m \cdot s^2)$
Trabalho	Joule	J	$N \cdot m$ ou $(kg \cdot m^2)/s^2$
Potência	Watts	W	J/s ou $(kg \cdot m^2)/s^3$
Frequência	Hertz	Hz	$1/s$

Principais prefixos do SI

Nome	Símbolo	Fator de multiplicação da unidade
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
quilo	k	$10^3 = 1000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	10
Unidade		
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$

Conversão de medidas lineares

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
0.001	0.01	0,1	1	10	100	1000

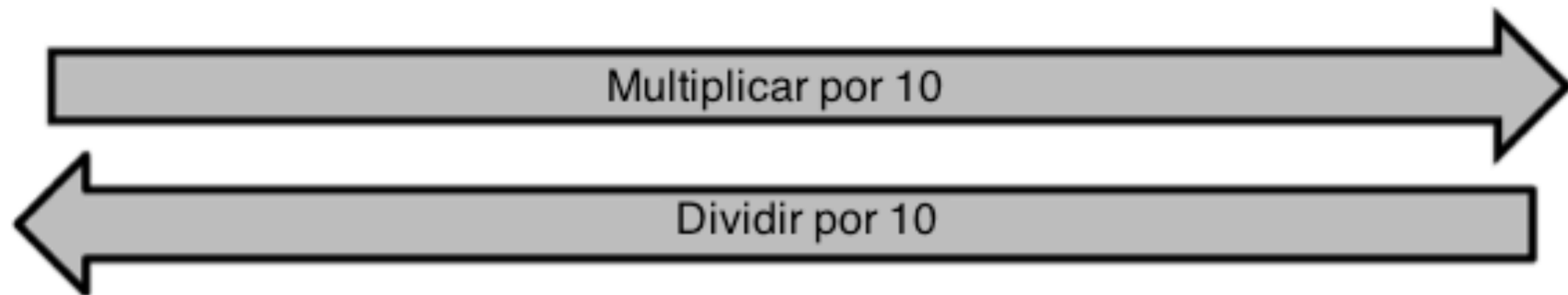


Por exemplo:

Para converter	Em	Fazemos	Resultado
3,2 km	Metros		
45 mm	Centímetros		
0,17 hm	Decímetros		
345 cm	Metros		

Conversão de medidas lineares

km	hm	dam	m	dm	cm	mm
0.001	0.01	0,1	1	10	100	1000



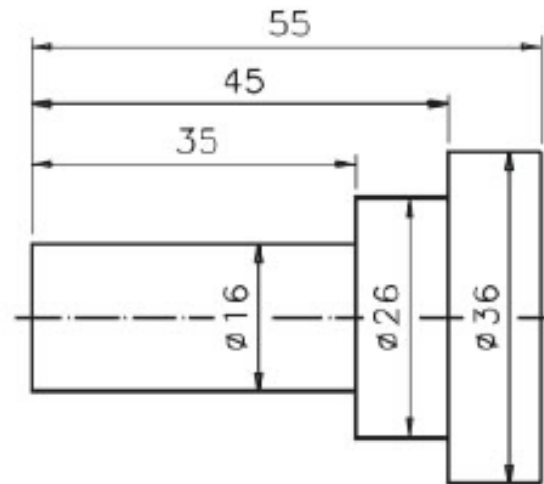
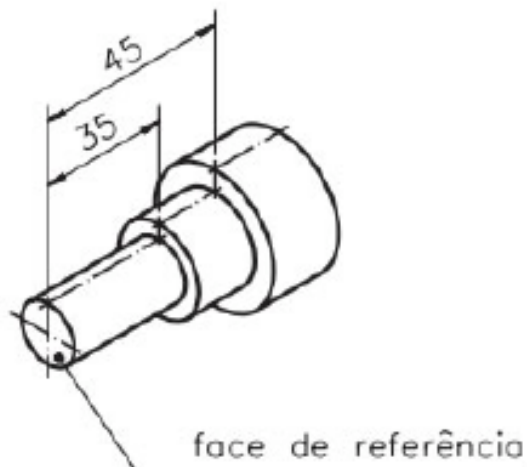
Por exemplo:

Para converter	Em	Fazemos	Resultado
3,2 km	Metros	$3,2 \times 10 \times 10 \times 10$	3200 m
45 mm	Centímetros	$45 \div 10$	4,5 cm
0,17 hm	Decímetros	$0,17 \times 10 \times 10 \times 10$	170 dm
345 cm	Metros	$345 \div 10 \div 10$	3,45 m

Submúltiplos comuns na Eng. Mecânica

Termo usado	Fração do milímetro	Valor
milésimo de milímetro	1/1000 do milímetro	0,001 mm
centésimo de milímetro	1/100 do milímetro	0,01 mm
décimo de milímetro	1/10 do milímetro	0,1 mm

Aqui é possível ver um componente mecânico cotado em milímetros



Medidas de área no SI

Área:

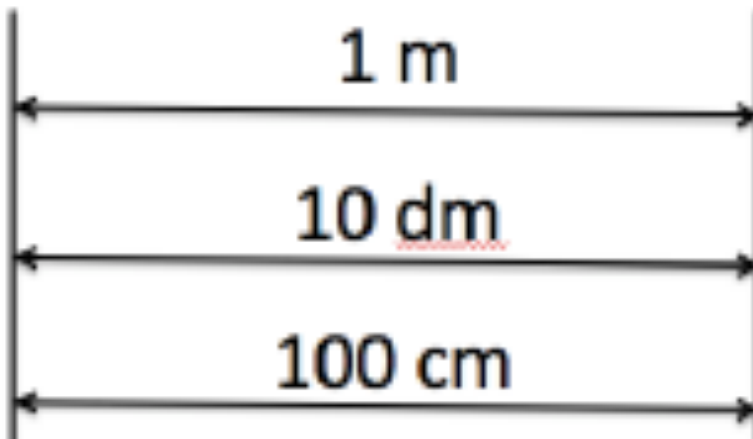
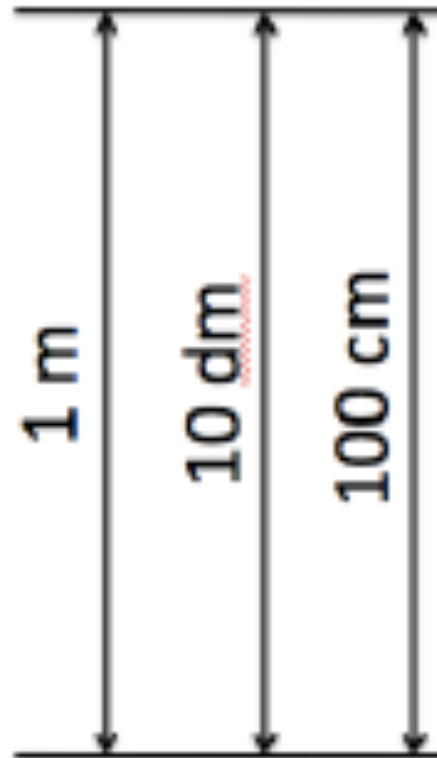
$1\text{ m} \times 1\text{ m} = 1\text{ m}^2$

$10\text{ dm} \times 10\text{ dm} = 100\text{ dm}^2$

$100\text{ cm} \times 100\text{ cm} = 10000\text{ cm}^2$

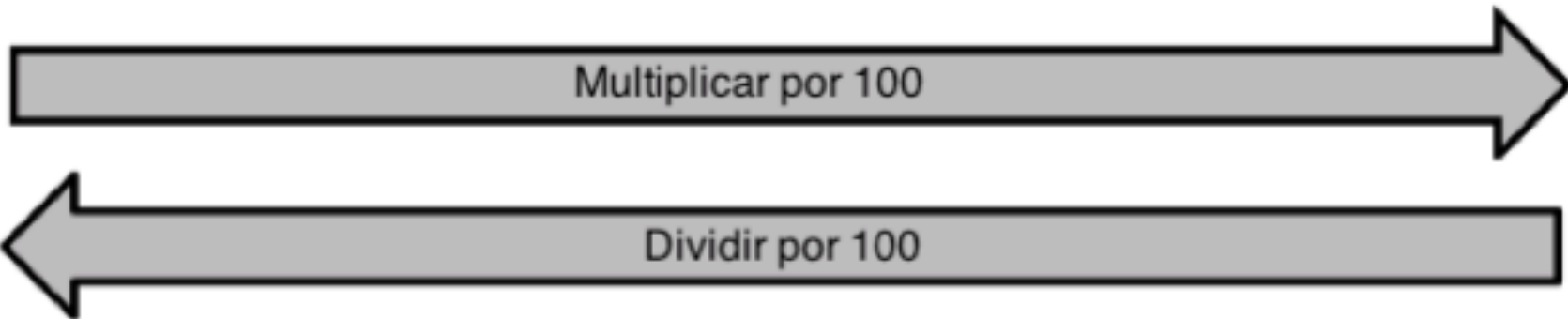
Portanto:

$1\text{ m}^2 = 100\text{ dm}^2 = 10.000\text{ cm}^2$



Conversão de medidas de área

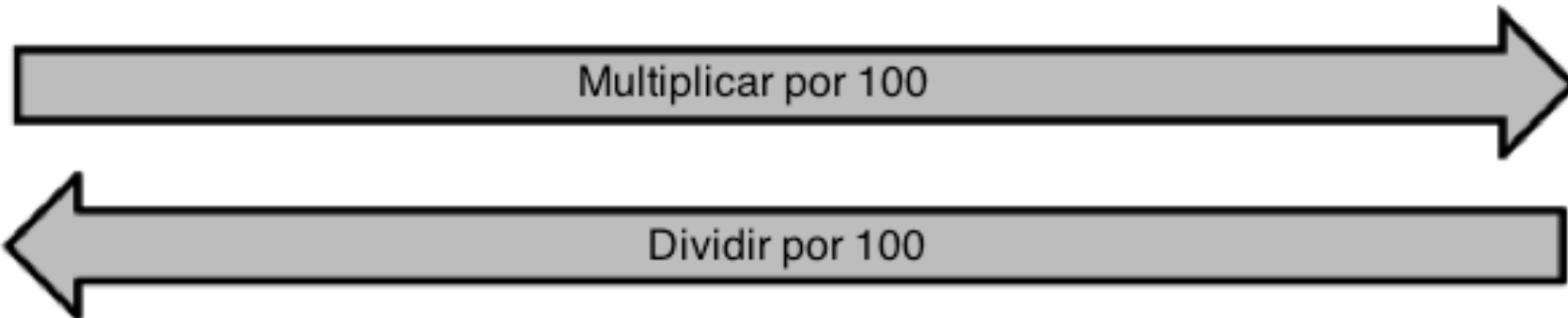
km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
0,000001	0,0001	0,01	1	100	10.000	1.000.000



Para converter	Em	Fazemos	Resultado
$3,2 km^2$	Metros quadrados		
$45 mm^2$	Centímetros quadrados		
$0,17 hm^2$	Decímetros quadrados		

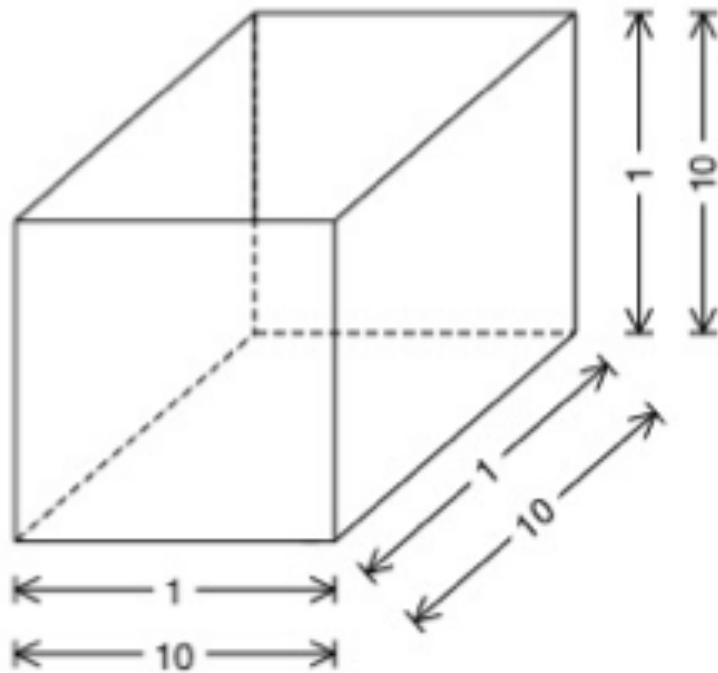
Conversão de medidas de área

km^2	hm^2	dam^2	m^2	dm^2	cm^2	mm^2
0,000001	0,0001	0,01	1	100	10.000	1.000.000



Para converter	Em	Fazemos	Resultado
$3,2 km^2$	Metros quadrados	$3,2 \times 100 \times 100 \times 100$	$3.200.000$ $= 3,2 \times 10^6 m^2$
$45 mm^2$	Centímetros quadrados	$\frac{45}{100}$	$0,45 cm^2$
$0,17 hm^2$	Decímetros quadrados	$0,17 \times 100 \times 100 \times 100$	170000 $= 1,7 \times 10^5 dm^2$

Medidas de volume no SI



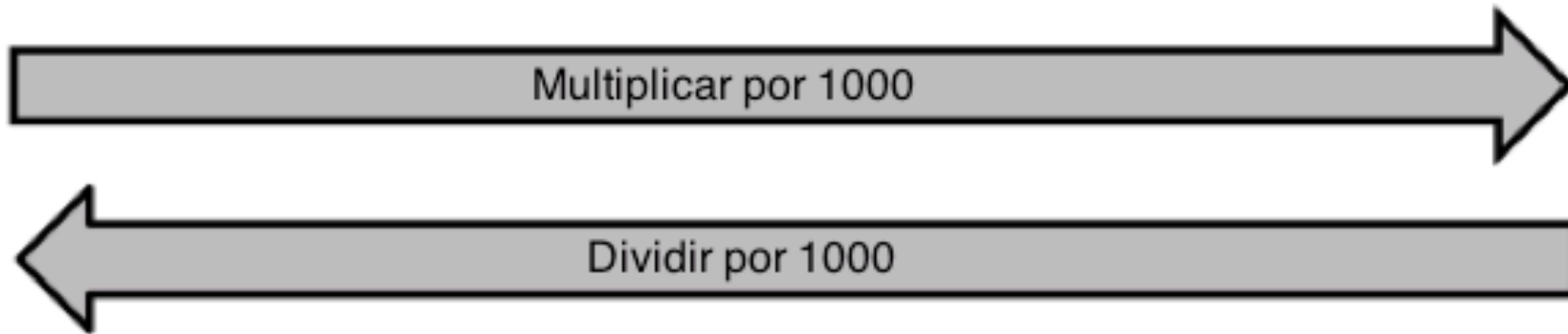
Para calcular o volume em m^3 , basta multiplicar $1 m \times 1 m \times 1 m = 1 m^3$

Como $1 m = 10 dm$, isso é o mesmo que fazer: $10 dm \times 10 dm \times 10 dm = 1000 dm^3$

Assim, é possível afirmar que: $1 m^3 = 1000 dm^3$

Conversão de medidas de volume

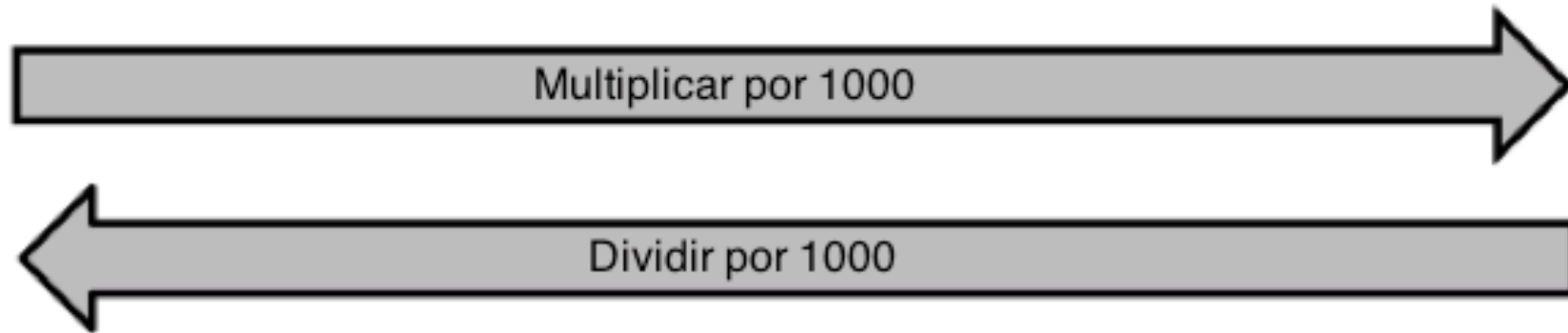
km^3	hm^3	dam^3	m^3	dm^3	cm^3	mm^3
0,000.000.001	0,000.001	0,001	1	1000	1000000	1.000.000.000



Para converter	Em	Fazemos	Resultado
$3,2 km^3$	Metros cúbicos		
$45 mm^3$	Centímetros cúbicos		
$0,17 hm^3$	Decímetros cúbicos		

Conversão de medidas de volume

km^3	hm^3	dam^3	m^3	dm^3	cm^3	mm^3
0,000.000.001	0,000.001	0,001	1	1000	1000000	1.000.000.000



Para converter	Em	Fazemos	Resultado
$3,2 km^3$	Metros cúbicos	$3,2 \times 1000$ $\times 1000 \times 1000$	$3.200.000.000$ $= 3,2 \times 10^9 m^3$
$45 mm^3$	Centímetros cúbicos	$\frac{45}{1000}$	$0,045$ $= 4,5 \times 10^{-2} cm^3$
$0,17 hm^3$	Decímetros cúbicos	$0,17 \times 1000 \times$ 1000×1000	$170.000.000$ $= 1,7 \times 10^8 dm^3$

Conversão de medidas de volume

- O Sistema Internacional admite o uso do Litro como unidade de volume.
- $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$

Unidades métricas de volume	Correspondem a
1 m^3	1000 litros
1 dm^3	1 litro
1 cm^3	$1/1000 = 0,001$ litro, ou 1 ml (mililitro)

Outras unidades comuns (não do SI)

Grandeza	Unidade	Símbolo	Valor
Tempo	minuto	min	60 s
	hora	h	3600 s
Ângulo	grau	o	$1^\circ = \pi/180$
	minuto	'	1/60
	segundo	'	1/3600
Área	hectare	ha	$1 \text{ ha} = 1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$
Massa	tonelada	t	1000 kg
Volume	litro	l	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$

Grandeza	Unidade	Símbolo	Conversão
Comprimento	polegada	"	25,4 mm
	pé	ft	30,48 cm
	jarda	yd	0,9144 m
	milha	mi	1,61 km
Volume	galão	gal	3,79 litros
Massa	libra	lb	0,454 kg
	onça	oz	28,35 gramas

Conversão de unidades simples

- Pode ser feita com o uso da regra de três
- Por exemplo, quantos metros correspondem a 40 jardas?

$$\left| \begin{array}{l} 1 \text{ yd} \rightarrow 0,9144 \text{ m} \\ 40 \text{ yd} \rightarrow x \text{ m} \end{array} \right.$$

$$x = \frac{40 \times 0,9144}{1} \Rightarrow x = 37 \text{ m}$$

Conversão de unidades compostas

- As unidas compostas podem ser convertidas da seguinte forma:

Um automóvel desloca-se a 37 km/h. Transformar essa velocidade em metros por segundo.

$$37 \frac{km}{h} = 37 \frac{1000 m}{3600 s} = \frac{37000 m}{3600 s} = 10,28 \frac{m}{s}$$

A velocidade máxima numa estrada americana é de 60 milhas por hora. Isso corresponde a quantos quilômetros por hora?

$$60 \frac{milhas}{h} = 60 \frac{1,61 km}{1 hora} = 60 \cdot 1,61 \frac{km}{h} = 96,6 \frac{km}{h}$$

Conversão de unidades compostas

- Também é possível o uso da regra de três. Por exemplo, com unidades de pressão:

	Pa	bar	atm	torr	psi
Pa	1	0.00001	$9.8692 \cdot 10^{-6}$	0.007506	0.0001450377
bar	100000	1	0.98692	750.06	14.50377
atm	101325	1.01325	1	760	14.69594
torr	133.322	0.00133322	0.00131579	1	0.01933672
psi	6894.757	0.06894757	0.068046	51.7151	1

Pa: Pascal = Newtons per square meter.

bar: Bar = 10^5 Pascal.

atm: Atmosphere = 760 torr = 760 millimeters of mercury at 0°C.

torr: Torr = 1 millimeter of mercury at 0°C.

psi: Psi = Pounds per square inches.

Conversão de unidades compostas

- Por exemplo, faça as seguintes conversões

Converter	para	Resultado
30 PSI	Pa (N/m ²)	
5000 Torr	atm	
0,5 atm	Pa	

Resumo

- O histórico dos padrões de medidas
- O Sistema Internacional de Unidades
- Grandezas básicas e seus padrões
- Grandeza escalar e vetorial
- Grandezas secundárias
- Múltiplos e submúltiplos
- Conversões