

## SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Texto original: [Wikipédia, a enciclopédia livre](#)

Julho/2012

Ampliação e ilustrações: [Iran Carlos Stalliviere Corrêa-IG/UFRGS](#)



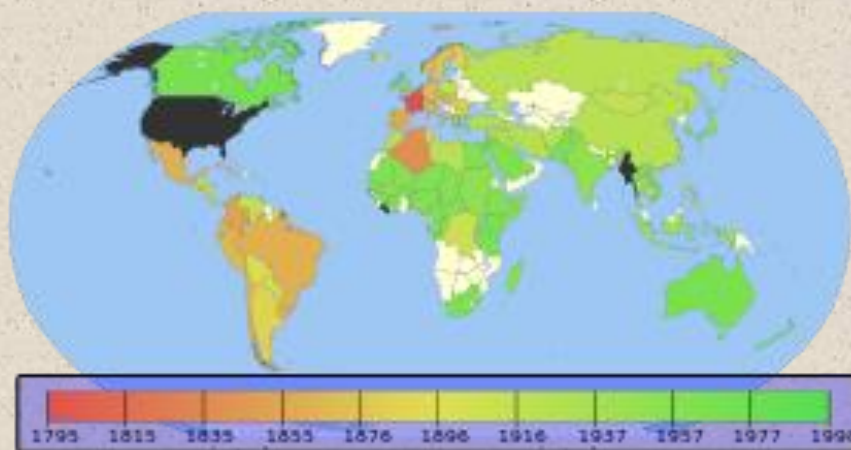
**Sistema Internacional de Unidades** (sigla **SI** do francês *Système international d'unités*) é a forma moderna do sistema métrico e é geralmente um sistema de unidades de medida concebido em torno de sete unidades básicas e da conveniência do número dez. É o sistema mais usado do mundo de medição, tanto no comércio como na ciência. O **SI** é um conjunto sistematizado e padronizado de definições para as unidades de medida, utilizado em quase todo o mundo moderno, que visa a uniformizar e facilitar as medições e as relações internacionais.

O antigo **sistema métrico** incluía vários grupos de unidades. O **SI** foi desenvolvido em 1960 a partir do antigo sistema metro-quilograma-segundo, ao invés do sistema centímetro-grama-segundo, que, por sua vez, teve algumas variações. O **SI** não é estático, as unidades são criadas e as definições são modificadas por meio de acordos

internacionais entre as várias nações que o adotam, conforme a tecnologia de medição avança e a precisão das medições aumenta.

O sistema tem sido quase universalmente adotado. Existe apenas três países que não o adotam: Myanmar, Libéria e Estados Unidos. O Reino Unido adotou oficialmente o Sistema Internacional de Unidades, mas não com a intenção de substituir totalmente as medidas habituais.

## História



*Países por data de metrificação. As cores do verde ao vermelho mostram o padrão do sistema métrico entre 1795-1998. A cor preta identifica os países que não adotaram o sistema métrico como o seu sistema primário de medição. A cor branca identifica os países que já utilizavam o sistema métrico no momento em que conquistaram a sua independência.*

Para se efetuar medidas é necessário fazer uma padronização, escolhendo unidades para cada grandeza a ser medida. Antes da instituição do **Sistema Métrico Decimal** (no final do século XVIII, exatamente a 7 de Abril de 1795), as unidades de medida eram definidas de maneira arbitrária, variando de um país para outro, dificultando as transações comerciais e o intercâmbio científico entre eles.

As **unidades de comprimento**, por exemplo, eram quase sempre derivadas das partes do corpo do rei de cada país: a jarda, o pé, a polegada e outras. Até hoje, estas unidades são usadas nos Estados Unidos, embora definidas de uma maneira menos individual, mas através de padrões restritos às dimensões do meio em que vivem e não mais as variáveis desses indivíduos.

Em 20 de maio de 1875 um tratado internacional conhecido como **Convention du Mètre** (Convenção do Metro), foi assinado por 17 Estados. Este tratado estabeleceu as seguintes organizações para



conduzir as atividades internacionais em matéria de um sistema uniforme de medidas:

- **Conférence Générale des Poids et Mesures** (CGPM), uma conferência intergovernamental de delegados oficiais dos países membros e da autoridade suprema para todas as ações;
- **Comité international des poids et mesures** (CIPM), composto por cientistas e metrologistas, que preparam e executam as decisões da CGPM e é responsável pela supervisão do Bureau International de Pesos e Medidas;
- **Bureau International des Poids et mesures** (BIPM), um laboratório permanente e centro mundial da metrologia científica, as atividades que incluem o estabelecimento de normas de base e as escalas das quantidades de capital físico e manutenção dos padrões protótipo internacional.

Até 1995, havia duas unidades *suplementares*: o **radiano** e o **esferorradiano** (*esterradiano*, em Portugal). Uma resolução da CGPM (*Conferência Geral de Pesos e Medidas*) de então tornou-as *derivadas*.

## Unidades do SI

### Básicas

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
Intensidade luminosa	candela	cd

Definiram-se **sete grandezas físicas** postas como básicas ou fundamentais. Por conseguinte, passaram a existir sete unidades básicas correspondentes — **as unidades básicas do SI** — descritas na tabela acima. A partir delas, podem-se derivar todas as outras unidades existentes.

### Derivadas

Todas as unidades existentes podem ser derivadas das unidades básicas do **SI**. Entretanto, consideram-se unidades derivadas do **SI** apenas aquelas que podem ser expressas através das unidades básicas do **SI** e sinais de multiplicação e divisão, ou seja, *sem qualquer fator*

*multiplicativo ou prefixo com a mesma função.* Desse modo, há apenas uma unidade do **SI** para cada grandeza. Contudo, para cada unidade do **SI** pode haver várias grandezas. Às vezes, dão-se nomes especiais para as unidades derivadas.

Segue uma tabela com as **unidades SI derivadas** que recebem um nome especial e símbolo particular:

Grandeza	Unidade	Símbolo	Dimensional analítica	Dimensional sintética
Ângulo plano	radiano	rad	1	m/m
Ângulo sólido	esferorradiano	sr	1	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Atividade catalítica	katal	kat	mol/s	---
Atividade radioativa	becquerel	Bq	1/s	---
Capacitância	farad	F	A <sup>2</sup> ·s <sup>2</sup> ·s <sup>2</sup> /(kg·m <sup>2</sup> )	A·s/V
Carga elétrica	coulomb	C	A·s	---
Condutância	siemens	S	A <sup>2</sup> ·s <sup>3</sup> /(kg·m <sup>2</sup> )	A/V
Densidade de fluxo magnético	tesla	T	kg/(s <sup>2</sup> ·A)	Wb/m <sup>2</sup>
Dose absorvida	gray	Gy	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	J/kg
Dose equivalente	sievert	Sv	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	J/kg
Energia	joule	J	kg·m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	N·m
Fluxo luminoso	lúmen	lm	cd	cd·sr
Fluxo magnético	weber	Wb	kg·m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> ·A)	V·s
Força	newton	N	kg·m/s <sup>2</sup>	---
Freqüência	hertz	Hz	1/s	---
Indutância	henry	H	kg·m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> ·A <sup>2</sup> )	Wb/A
Luminosidade	lux	lx	cd/m <sup>2</sup>	lm/m <sup>2</sup>
Potência	watt	W	kg·m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>	J/s
Pressão	pascal	Pa	kg/(m·s <sup>2</sup> )	N/m <sup>2</sup>
Resistência elétrica	ohm	Ω	kg·m <sup>2</sup> /(s <sup>3</sup> ·A <sup>2</sup> )	V/A
Temperatura em Celsius	grau Celsius	°C	---	---
Tensão elétrica	volt	V	kg·m <sup>2</sup> /(s <sup>3</sup> ·A)	W/A

É fácil perceber que, em tese, é possíveis de se ter incontáveis ("infinitas") unidades derivadas do **SI** (por exemplo; **m<sup>2</sup>**, **m<sup>3</sup>**, etc.), tantas quantas se possam imaginar com base nos princípios constitutivos fundamentais. As tabelas que se seguem não pretendem ser uma lista exaustiva. São, tão-somente, uma apresentação organizada, tabulada, das unidades do **SI** das principais grandezas, acompanhadas dos respectivos nomes e símbolos.

A primeira tabela, apresenta unidades que não fazem uso das unidades com nomes especiais:

Grandeza	Unidade	Símbolo
Área	metro quadrado	m <sup>2</sup>
Volume	metro cúbico	m <sup>3</sup>
Número de onda	por metro	1/m
Densidade de massa	quilograma por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
Concentração	mol por metro cúbico	mol/m <sup>3</sup>
Volume específico	metro cúbico por quilograma	m <sup>3</sup> /kg
Velocidade	metro por segundo	m/s
Aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s <sup>2</sup>
Densidade de corrente	ampère por metro ao quadrado	A/m <sup>2</sup>
Campo magnético	ampère por metro	A/m

A segunda tabela apresenta as que fazem uso na sua definição das unidades com nomes especiais.

Grandeza	Unidade	Símbolo	<u>Dimensional analítica</u>	<u>Dimensional sintética</u>
Velocidade angular	radiano por segundo	rad/s	1/s	Hz
Aceleração angular	radiano por segundo por segundo	rad/s <sup>2</sup>	1/s <sup>2</sup>	Hz <sup>2</sup>
Momento de força	newton metro	N·m	kg·m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	----
Densidade de carga	coulomb por metro cúbico	C/m <sup>3</sup>	A·s/m <sup>3</sup>	----
Campo elétrico	volt por metro	V/m	kg·m/(s <sup>3</sup> ·A)	W/(A·m)
Entropia	joule por kelvin	J/K	kg·m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> ·K)	N·m/K
Calor específico	joule por quilograma por kelvin	J/(kg·K)	m <sup>2</sup> /(s <sup>2</sup> ·K)	N·m/(K·kg)
Condutividade térmica	watt por metro por kelvin	W/(m·K)	kg·m/(s <sup>3</sup> ·K)	J/(s·m·K)
Intensidade de radiação	watt por esferorradiano	W/sr	kg·m <sup>2</sup> /(s <sup>3</sup> ·sr)	J/(s·sr)

## Unidades aceitas pelo SI

O **SI** aceita várias unidades que **não pertencem ao sistema**. As primeiras unidades deste tipo são unidades muito utilizadas no cotidiano:



Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com o SI
Tempo	minuto	min	1 min = 60 s
Tempo	hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
Tempo	dia	d	1 d = 24 h = 86 400 s
Ângulo plano	grau	°	1° = $\pi/180$ rad
Ângulo plano	minuto	'	1' = $(1/60)^\circ = \pi/10\,800$ rad
Ângulo plano	segundo	"	1" = $(1/60)'$ = $\pi/648\,000$ rad
Volume	litro	l ou L	1 l = 0,001 m <sup>3</sup>
Massa	tonelada	t	1 t = 1000 kg
Argumento logarítmico ou Ângulo hiperbólico	neper	Np	1 Np = 1
Argumento logarítmico ou Ângulo hiperbólico	bel	B	1 B = 1

A relação entre o **neper** e o **bel** é:  $1\text{ B} = 0,5 \ln(10)\text{ Np}$ . Outras unidades também são aceitas pelo **SI**, mas possuem uma relação com as unidades do **SI** determinada apenas por experimentos:

Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com o SI
Energia	elétron-volt	eV	1 eV = $1,602\,176\,487(40) \times 10^{-19}$ J
Massa	unidade de massa atômica	u	1 u = $1,660\,538\,782(83) \times 10^{-27}$ kg
Comprimento	Unidade astronômica	ua	1 ua = $1,495\,978\,706\,91(30) \times 10^{11}$ m

Por fim, tem-se unidades que são aceitas temporariamente pelo **SI**. Seu uso é desaconselhado.

Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com o SI
Comprimento	milha marítima	----	1 milha marítima = 1852 m
Velocidade	nó	----	1 nó = 1 milha marítima por hora = $1852/3600$ m/s
Área	are	a	1 a = 100 m <sup>2</sup>
Área	hectare	ha	1 ha = 10 000 m <sup>2</sup>
Área	acre	----	40,47 a
Área	barn	b	1 b = $10^{-28}$ m <sup>2</sup>
Comprimento	ångström	Å	1 Å = $10^{-10}$ m
Pressão	bar	bar	1 bar = 100 000 Pa

## Prefixos oficiais do SI

Os **prefixos do SI** permitem escrever quantidades sem o uso da notação científica, de maneira mais clara para quem trabalha em uma determinada faixa de valores. Os prefixos oficiais são:

10 <sup>n</sup>	Prefixo	Símbolo	Desde	Escala curta	Escala longa	Equivalente decimal
10 <sup>24</sup>	yotta	Y	1991	Septilhão	Quadrilião	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>21</sup>	zetta	Z	1991	Sextilhão	Milhar de trilião	1 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>18</sup>	exa	E	1975	Quintilhão	Trilião	1 000 000 000 000 000 000
10 <sup>15</sup>	peta	P	1975	Quadrilhão	Milhar de bilião	1 000 000 000 000 000
10 <sup>12</sup>	tera	T	1960	Trilhão	Bilião	1 000 000 000 000
10 <sup>9</sup>	giga	G	1960	Bilhão	Milhar de milhão	1 000 000 000
10 <sup>6</sup>	mega	M	1960	Milhão	Milhão	1 000 000
10 <sup>3</sup>	quilo	k	1795	Milhar	Milhar	1 000
10 <sup>2</sup>	hecto	h	1795	Centena	Centena	100
10 <sup>1</sup>	deca	da	1795	Dezena	Dezena	10
10 <sup>0</sup>	<i>nenhum</i>	<i>nenhum</i>		Unidade	Unidade	1
10 <sup>-1</sup>	deci	d	1795	Décimo	Décimo	0,1
10 <sup>-2</sup>	centi	c	1795	Centésimo	Centésimo	0,01
10 <sup>-3</sup>	mili	m	1795	Milésimo	Milésimo	0,001
10 <sup>-6</sup>	micro	μ (mu) <sup>1</sup>	1960	Milionésimo	Milionésimo	0,000 001
10 <sup>-9</sup>	nano	n	1960	Bilionésimo	Milésimo de milionésimo	0,000 000 001
10 <sup>-12</sup>	pico	p	1960	Trilionésimo	Bilionésimo	0,000 000 000 001
10 <sup>-15</sup>	femto	f	1964	Quadrilionésimo	Milésimo de bilionésimo	0,000 000 000 000 001
10 <sup>-18</sup>	atto	a	1964	Quintilionésimo	Trilionésimo	0,000 000 000 000 000 001
10 <sup>-21</sup>	zepto	z	1991	Sextilionésimo	Milésimo de trilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 001
10 <sup>-24</sup>	yocto	y	1991	Septilionésimo	Quadrilionésimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Para utilizá-los, basta juntar o prefixo aportuguesado e o nome da unidade, sem mudar a acentuação, como em nanometro, micrometro, miliampere e deciwatt. Para formar o símbolo, basta juntar os símbolos básicos: nm, μm, mA e dW.

## Exceções

- Unidades **segundo** e **radiano**: é necessário dobrar o **r** e o **s**. Exemplos: **milissegundo**, **deciradiano**, etc.
- Especiais: múltiplos e submúltiplos do metro: quilômetro, hectômetro, decâmetro, decímetro, centímetro e milímetro; também nanômetro, picômetro, etc..

## Observações

- O **k** usado em "**quilo**", em unidades como quilômetro (**km**) e quilograma (**kg**), deve ser grafado em letra minúscula. É errado escrevê-lo em maiúscula.
- Em informática, o símbolo "**K**" que pode preceder as unidades bits e bytes (*grafado em letra maiúscula*), não se refere ao fator multiplicativo 1000, mas sim a 1024 unidades da grandeza citada (*para correção a IEC definiu o chamado prefixo binário onde 1:1024 e o uso dos prefixos da SI passaram a valer 1:1000*).
- Em unidades como **km<sup>2</sup>** e **km<sup>3</sup>** é comum ocorrerem erros de conversão.  $1 \text{ km}^2 = 1\,000\,000 \text{ m}^2$ , porque  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km} = 1 \text{ km}^2$ ,  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ ,  $1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 1\,000\,000 \text{ m}^2$ . Para fazer conversões nesses casos, devem-se colocar mais dígitos por casa numérica: em metros, cada casa tem um dígito (exemplo:  $1\,000 \text{ m} = 1 \text{ km}$ ); em metros quadrados (2), cada casa numérica tem dois dígitos (exemplo:  $1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 01\,00\,00\,00 \text{ m}^2 = 1 \text{ km}^2$ ); em metros cúbicos (3), cada casa numérica tem três dígitos (exemplo:  $1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} \times 1000 \text{ m} = 001\,000\,000\,000 \text{ m}^3 = 1 \text{ km}^3$ ).

## Escrita correta de unidades SI

### Nome de unidade

O nome das unidades deve ser sempre escrito em letra minúscula.

Exemplos:

- Correto: quilograma, newton, metro cúbico.
- Exceção: quando o nome estiver no início da frase e em "grau Celsius"

Somente o nome da unidade aceita o plural

É importante saber que somente o nome da unidade de medida aceita o plural. As regras para a formação do plural (no Brasil) para o nome das unidades de medida seguem a Resolução Conmetro 12/88, conforme ilustrado abaixo:



## Principais unidades SI

Grandeza	Nome	Plural	Símbolo
comprimento	metro	metros	m
área	metro quadrado	metros quadrados	m <sup>2</sup>
volume	metro cúbico	metros cúbicos	m <sup>3</sup>
ângulo plano	radiano	radianos	rad
tempo	segundo	segundos	s
freqüência	hertz	hertz	Hz
velocidade	metro por segundo	metros por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo por segundo	metros por segundo por segundo	m/s <sup>2</sup>
massa	quilograma	quilogramas	kg
massa específica	quilograma por metro cúbico	quilogramas por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
vazão	metro cúbico por segundo	metros cúbicos por segundo	m <sup>3</sup> /s
quantidade de matéria	mol	mols	mol
força	newton	newtons	N
pressão	pascal	pascals	Pa
trabalho, energia quantidade de calor	joule	joules	J
potência, fluxo de energia	watt	watts	W
corrente elétrica	ampère	ampères	A
carga elétrica	coulomb	coulombs	C
tensão elétrica	volt	volts	V
resistência elétrica	ohm	ohms	$\Omega$
condutância	siemens	siemens	S
capacitância	farad	farads	F
temperatura Celsius	grau Celsius	graus Celsius	°C
temp. termodinâmica	kelvin	kelvins	K
intensidade luminosa	candela	candelas	cd
fluxo luminoso	lúmen	lúmens	lm
iluminamento	lux	lux	lx

## Algumas unidades em uso com o SI, sem restrição de prazo

Grandeza	Nome	Plural	Símbolo	Equivalência
volume	litro	litros	l ou L	0,001 m <sup>3</sup>
ângulo plano	grau	graus	°	$\pi/180$ rad
ângulo plano	minuto	minutos	'	$\pi/10\ 800$ rad
ângulo plano	segundo	segundos	''	$\pi/648\ 000$ rad
massa	tonelada	toneladas	t	1 000 kg
tempo	minuto	minutos	min	60 s
tempo	hora	horas	h	3 600 s
velocidade angular	rotação por minuto	rotações por minuto	rpm	$\pi/30$ rad/s

## Algumas unidades fora do SI, admitidas temporariamente

Grandeza	Nome	Plural	Símbolo	Equivalência
pressão	atmosfera	atmosferas	atm	101 325 Pa
pressão	bar	bars	bar	10 <sup>5</sup> Pa
pressão	milímetro de mercúrio	milímetros de mercúrio	mmHg	133,322 Pa aprox.
quantidade de calor	caloria	calorias	cal	4,186 8 J
área	hectare	hectares	ha	10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
força	quilograma-força	quilogramas-força	kgf	9,806 65 N
comprimento	milha marítima	milhas marítimas		1 852 m
velocidade	nó	nós		(1852/3600)m/

Para a pronúncia correta do nome das unidades, deve-se utilizar o acento tônico sobre a **unidade** e não sobre o **prefixo**.

- Exemplos: microm**etro**, hectol**itro**, milis**segundo**, centi**grama**, nano**metro**.
- Exceções: quilômetro, hectômetro, decâmetro, decímetro, centímetro e milímetro

Ao escrever uma unidade composta, não se deve misturar o nome com o símbolo da unidade.

	Certo	Errado
quilômetro por hora	km/h	quilômetro/h; km/hora
metro por segundo	m/s	metro/s; m/segundo

### Símbolo de unidade

As unidades do **SI** podem ser escritas por seus nomes ou representadas por meio de símbolos.

### Símbolo não é abreviatura.

É um sinal convencional e invariável utilizado para facilitar e universalizar a escrita e a leitura de significados — no caso, as unidades SI; logo, jamais deverá ser seguido de "ponto".

	Certo	Errado
segundo	s	s. ; seg.
metro	m	m. ; mtr.
quilograma	kg	kg.; kgr.
litro	L	l.; lts.
hora	h	h. ; hr.

## Símbolo não admite plural

Símbolo **não admite** plural. Como sinal convencional e invariável que é, utilizado para facilitar e universalizar a escrita e a leitura de significados, nunca será seguido de "s".

	Certo	Errado
cinco metros	5 m	5 ms
dois quilogramas	2 kg	2 kgs
oito horas	8 h	8 hs

## Representação

O resultado de uma medição deve ser representado com o valor numérico da medida, seguido de um espaço de até um caractere e, em seguida, o símbolo da unidade em questão.

Exemplo:

Valor numérico	prefixo da unidade
<b>240,2 cm</b>	
espaço de até um caractere	símbolo da unidade

Para a unidade de temperatura **grau Celsius**, haverá um espaço de até um caractere entre o valor e a unidade, porém não se porá espaço entre o símbolo do grau e a letra C para formar a unidade "grau Celsius".

Exemplo:

Valor numérico	símbolo da unidade grau Celsius
<b>25 °C</b>	
espaço de até um caractere	



Os símbolos das unidades de tempo hora (h), minuto (min) e segundo (s) são escritas com um espaço entre o valor medido e o símbolo. Também há um espaço entre o símbolo da unidade de tempo e o valor numérico seguinte.

Exemplo:

**8 h 35 min 20 s**  
| | | | |  
espaços de até um caracter

## Exceções

- Para os símbolo da unidade de ângulo plano grau ( $^{\circ}$ ), minuto(') e segundo("), não deve haver espaço entre o valor medido e as unidades, porém, deve haver um espaço entre o símbolo da unidade e o próximo valor numérico.

**109° 28' 1"**  
| | |  
espaços de até um caracter

## Referências

1. <http://www.nist.gov/ts/wmd/metric/upload/1136a.pdf>
2. <http://metricviews.org.uk/2010/01/will-the-european-commission-challenge-us-labelling-rules/>
3. Resolution of the International Bureau of Weights and Measures establishing the International System of Units
4. Essentials of the SI: Introduction
5. INMETRO. *Sistema Internacional de Unidades - SI*. 8. ed.(rev.) Rio de Janeiro, 2007. 114 p. <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/Si.pdf>. Último acesso em 10 de julho de 2012.
6. *Medidas de tempo*. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Página visitada em 10 de julho de 2012.
7. INMETRO Unidades legais de medida. Último acesso em 7 de julho de 2012.
8. Museu de Metrologia - O Sistema Internacional de Unidades (SI) Último acesso em 17 de junho de 2012.
9. Bureau International des Poids et Mesures
10. The NIST Reference for Constants, Units and Uncertainty