

# LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

Prof. Tiago Bueno de Moraes

*tiago.moraes@usp.br*



**ENGENHARIA DE  
BIOSSISTEMAS**  
USP - ESALQ

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” – ESALQ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS (LEB)



**ESALQ**

2023/01

## LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

### Programa:

1. Grandezas Físicas e Sistemas de Unidades;
2. Leis da Termodinâmica;
3. Leis da Radiação Solar;
4. Umidade Relativa do Ar;
5. Física da água no solo.

2023/01

#### **Professores Ministrantes:**

Prof. Tiago Bueno de Moraes      e-mail: [tiago.moraes@usp.br](mailto:tiago.moraes@usp.br)  
Prof. Jarbas Honorio de Miranda      e-mail: [jhmirand@usp.br](mailto:jhmirand@usp.br)

Sala Prof. Tiago (ESALQ): 3447-5041  
Sala Prof. Jarbas (ESALQ): 3447-5040

#### **Estagiária PAE:**

Mestranda Bruna Marques de Queiroz  
(Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas – PPGESA)  
Email: [bruna.marques.queiroz@usp.br](mailto:bruna.marques.queiroz@usp.br)

## Turma de Segunda e Sexta

### Horário:

Segunda-feira e Sexta-Feira: 10:00 às 11:40

**Local das aulas:** Anfiteatro do Pavilhão de Engenharia (Depto. de Engenharia de Biosistemas)

**Período Letivo:** 13/03/2023 a 15/07/2023

### Avaliação:

Os estudantes serão avaliados por Exercícios e **3 Provas** que ocorrerão nas seguintes datas:

Atividade	Data	Peso
Exercícios		10%
PROVA 1	17/04/2023 (segunda-feira)	30%
PROVA 2	19/05/2023 (sexta-feira)	30%
PROVA 3	30/06/2023 (sexta-feira)	30%
PROVA SUBSTITUTIVA	07/07/2023 (sexta-feira)	(substituirá a menor nota das provas ao longo do semestre)

## Turma de Terça e Quinta

### Horário:

Terça-feira e Quinta-Feira: 14:00 às 15:40

**Local das aulas:** Anfiteatro do Pavilhão de Engenharia (Depto. de Engenharia de Biosistemas)

**Período Letivo:** 13/03/2023 a 15/07/2023

### Avaliação:

Os estudantes serão avaliados por Exercícios e **3 Provas** que ocorrerão nas seguintes datas:

Atividade	Data	Peso
<b>Exercícios</b>		10%
<b>PROVA 1</b>	18/04/2023 (terça-feira)	30%
<b>PROVA 2</b>	18/05/2023 (quinta-feira)	30%
<b>PROVA 3</b>	29/06/2023 (quinta-feira)	30%
<b>PROVA SUBSTITUTIVA</b>	06/07/2023 (quinta-feira)	(substituirá a menor nota das provas ao longo do semestre)

## 3 Provas

- P1 → abril (30%)
- P2 → maio (30%)
- P3 → junho (30%)

+ Lista de exercícios (10%)

Será aprovado se:

**Frequência  $\geq 70\%$**

**Nota Final  $\geq 5$  pontos**

# LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

Mês	Dia	Assunto	Aula
Março	13	Início das Aulas (Apresentação da Disciplina)	Prof. Tiago
	17	Aula 1 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	20	Aula 2 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	24	Aula 3 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	27	Aula 4 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	31	Aula 5 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
Abril	03	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	07	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	10	Aula 6 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
	14	Aula 7 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos + Exercícios	Prof. Tiago
	17	<b>Prova P1</b>	Prof. Tiago
	21	<i>Feriado Tiradentes. Não haverá aula.</i>	-
	24	Aula 9 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
	28	Aula 10 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
Maio	01	<i>Feriado dia do Trabalho. Não haverá aula.</i>	-
	05	Aula 11 – Termodinâmica - Processo Adiabático (Exercícios)	Prof. Tiago
	08	Aula 12 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	12	Aula 13 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	15	Aula 14 – Leis da Radiação <u>Térmica</u> + Exercícios	Prof. Jarbas
	19	<b>Prova P2</b>	Prof. Jarbas

Seg-Sex

# LEB0200 - Física do Ambiente agrícola

## Calendário

Ter-Qui

Mês	Dia	Assunto	Aula
Março	14	Início das Aulas (Apresentação da Disciplina)	Prof. Tiago
	16	Aula 1 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	21	Aula 2 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	23	Aula 3 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	28	Aula 4 – Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
	30	Aula 5 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
Abril	04	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	06	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	11	Aula 6 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
	13	Aula 7 – Termodinâmica de Sistemas Gasosos + Exercícios	Prof. Tiago
	18	<b>Prova P1</b>	Prof. Tiago
	20	Aula 9 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
	25	Aula 10 – Termodinâmica - Processo Adiabático	Prof. Tiago
	27	Aula 11 – Termodinâmica Proc. Adiabático + Exercícios	Prof. Tiago
	02	Aula 12 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	04	Aula 13 – Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	09	Aula 14 – Leis da Radiação Térmica + Exercícios	Prof. Jarbas

## **Observação importante sobre faltas:**

Não há abono de faltas, pois a frequência de alunos é obrigatória (Parágrafo 3º. do Artigo 47º. /Capítulo 4º da LDB da Educação Nacional, Lei no. 9394 de 20/12/1996).

\* Serão contabilizadas em função do número de aulas lecionadas e dias de prova (70% de frequência)

## **Maiores informações:**

Com o Docente da Disciplina ou com a Secretaria de Graduação do Depto. de Engenharia de Biosistemas (LEB).

## **Literatura Recomendada:**

- Acervo da Biblioteca Central da ESALQ
- GARCIA, E.A.C. Biofísica. Sarvier, 2002. 387p.
- MOURÃO JÚNIOR, C.A.; ABRANOV, D.M. Curso de Biofísica. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2008.
- OKUNO, E.; I.L. CALDAS & C. CHOW. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. HARPER & ROW do Brasil, São Paulo, 1982. 490 pp.
- SERWAY, R.A. & JEWETT Jr., J.W. Princípios de Física, volumes 1 e 2. Thomson, São Paulo, 2004.
- SERWAY, R.A. & JEWETT Jr., J.W. Física para Cientistas e Engenheiros – v. 2 – Oscilações, Ondas e Termodinâmica. Cengage Learning, 2011.
- Moodle USP: e-Disciplinas (Moodle do Stoa)



# Aviso Monitoria:

## Estagiário(a) PAE:

Mestranda Bruna Marques de Queiroz

(Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas – PPGESA)

Email: [bruna.marques.queiroz@usp.br](mailto:bruna.marques.queiroz@usp.br)

Doutorando Marcelo Camponez do Brasil Cardinali

(Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas – PPGESA)

Email: [marcelo.cardinali@ifsp.edu.br](mailto:marcelo.cardinali@ifsp.edu.br)

Bruna:

**Quartas-feiras** das 13h às 14h30.

Monitoria LEB0200: <https://meet.google.com/tdd-umfq-dcy>

Contato: [bruna.marques.queiroz@usp.br](mailto:bruna.marques.queiroz@usp.br)

Marcelo:

**Quintas-feiras** das 12h30 às 14h00

Monitoria LEB0200: <https://meet.google.com/khz-wjox-cdc>

Contato: [marcelo.cardinali@usp.br](mailto:marcelo.cardinali@usp.br)

Sistema de Unidades  
Análise dimensional  
Conversão de Unidades

...

# Conceitos fundamentais

## Força

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Unidades de medida:

Sist. Int: [ Newton ]

CGS: [ Dina ]

Sist. Inglês: [ libra.força ]



*30 homens contra 1  
trator, quem vence?*

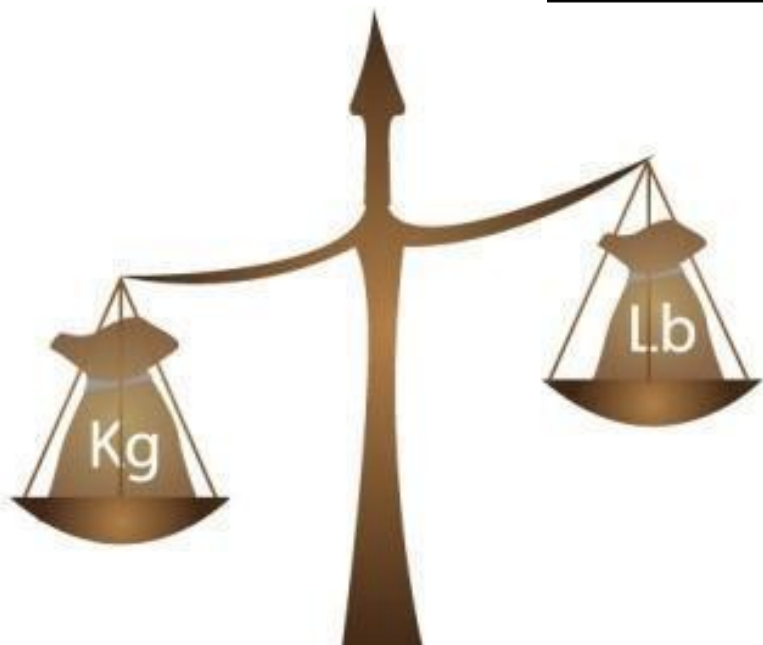
# Massa

Libra (**lb**) é a unidade de Massa do sistema inglês

Inglês: ( **pound** )

## MASSA

Unidade	SI	Multiplicar por
.g	kg	0,001
Ton	kg	1000
lb <sub>m</sub> →	kg	0,45359237
oz (onça)	kg	$28,35 \cdot 10^{-3}$
Grão	kg	$6,48 \cdot 10^{-6}$
Tonelada (ingl)	kg	1016
Utm	kg	9,80665
Arroba	kg	15



$$1 \text{ libra} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0,45359237 \text{ Kg}$$

$$x = ? \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 500 \text{ Kg}$$

$$x = 1102,3 \text{ Kg}$$

# Massa

## MASSA

Unidade	SI	Multiplicar por
.g	kg	0,001
Ton	kg	1000
lb <sub>m</sub>	kg	0,45359237
oz (onça)	kg	$28,35 \cdot 10^{-3}$
Grão	kg	$6,48 \cdot 10^{-6}$
Tonelada (ingl)	kg	1016
Utm	kg	9,80665
Arroba →	kg	15

1 Arroba \_\_\_\_\_ 15 Kg

x = ? \_\_\_\_\_ 500 Kg



### Evolução do valor da arroba

Preço médio da arroba segundo os contratos negociados na B3 (em R\$/@)




Fonte: B3; Elaboração: Portal DBO

# Força

**Libra.força (lbf)** é a unidade de Força do sistema inglês

## FORÇA

Unidade	SI	Multiplicar por
Dina	N	$10^{-5}$
Kgf	N	9,80665
libra força (lbf) 	N	4,45
Poundals	N	0,13825


Exemplo:

Converta 7,5 libra.força (lbf) em Newtons ?

$$\begin{array}{l} 1 \text{ lbf} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 4,45 \text{ N} \\ 7,5 \text{ lbf} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x \end{array}$$

$$x = 33,375 \text{ Newtons}$$

## FORÇA

Unidade	SI	Multiplicar por
Dina	N	$10^{-5}$
Kgf 	N	9,80665
libra força (lbf)	N	4,45
Poundals	N	0,13825

Exemplo:

Converta 3,2 Kgf em Newtons ?

$$1 \text{ Kgf} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 9,80665 \text{ N}$$

$$3,2 \text{ Kgf} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x$$

$$x = 31,3813 \text{ Newtons}$$

Cuidado que muitos texto “abreviam” as conversões “9,8”

**Physics**

**1 kgf = 9.8  
Newton**

# Unidade de Energia: libra-força-pé ( lbf.ft )

Unidade: **libra-força-pé** → [ força ] x [ distância ] ~ [N].[m]

Energia

ou

Torque

**libra-força-pés**

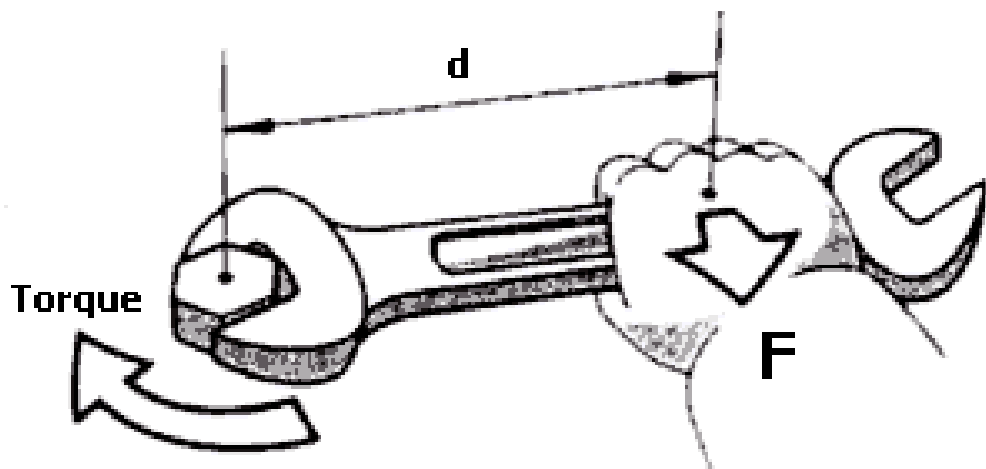
em inglês: **pound-force-foot** [ lbf.ft ]

ou ( **foot-pound** ) [ ft.lbf ]



# Unidade de Torque

Torque é a Força (F) multiplicado pela distância (d)



Torque

$$\tau = d \times F$$

Force acting on the direction of rotation

Length of Arm  
(Distance between the pivot and Acting Point)

Unidade:     $\rightarrow$     [ distância ] x [ Força ]    = [ N ] x [ m ]

ou    libra-força-pés [ lbf.ft ]

Potência

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

*“Energia por tempo”*

Unidades de medida:

[ **W** ] = [ J/s ] → Watts

[ **cv** ] → cavalo-valor

[ **hp** ] → horsepower

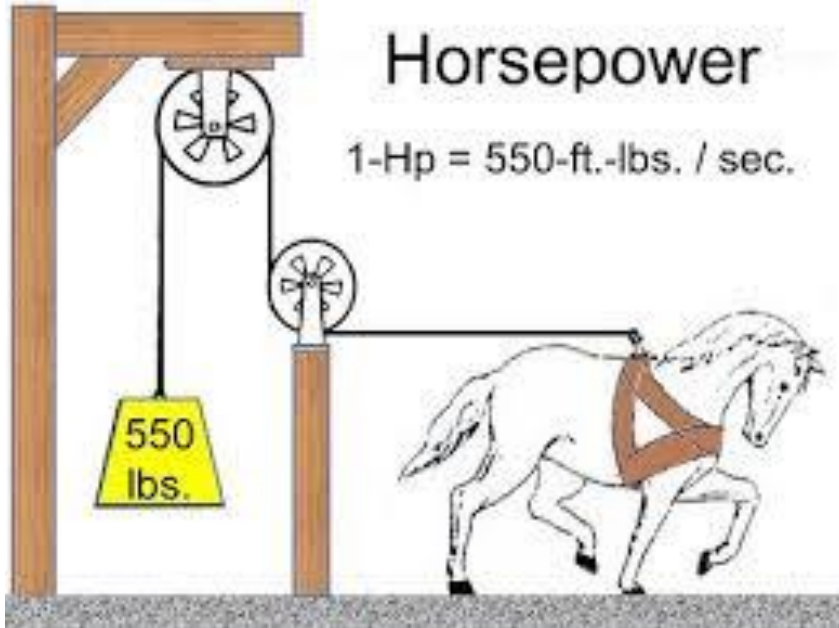
Unidade de Potência: pé-libra-força / s ( ft.lbf / s )

Unidade de Potência no Sistema Inglês:

$$\text{pé.libra-força / segundo} \rightarrow \frac{[\text{distância}] \times [\text{Força}]}{[\text{tempo}]}$$

[ ft.lbf / s ]

Potência!



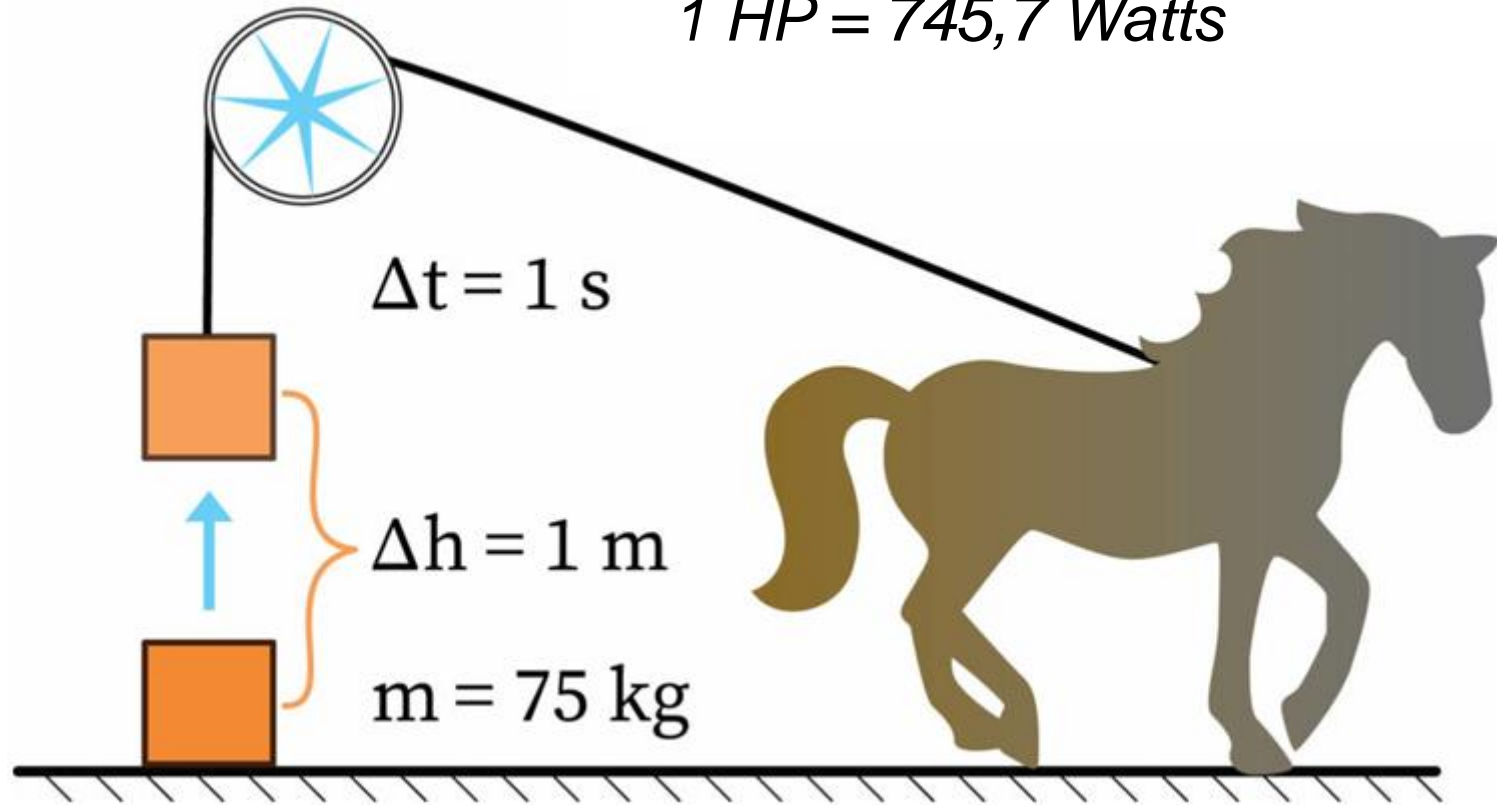
1 Horsepower is equal to  
550 foot-pounds per second

# Conceitos fundamentais

A unidade de Potência 1 cv (cavalo-vapor) corresponde à 1,01387 HP (horsepower) e correspondem à:

$$1 \text{ cv} = 735,5 \text{ Watts}$$

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ Watts}$$



ou seja, “em 1 segundo, um cavalo elevando um bloco de ~75 Kg por 1 metro”

# Conceitos fundamentais

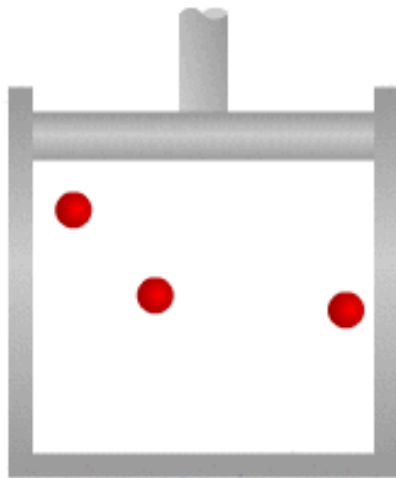
## Pressão

$$P = \frac{\vec{F}}{A}$$

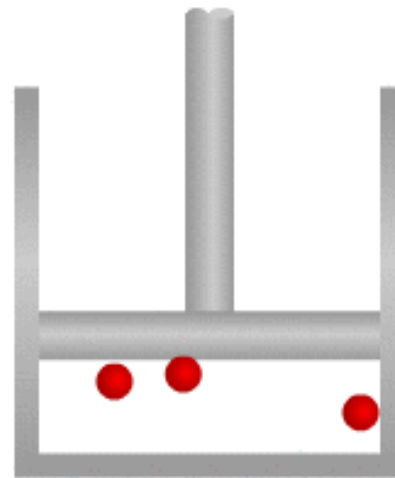
“Força atuando em uma área A”

Unidades de medida:

[ N/m<sup>2</sup> ] ; [ Pascal ] ; [ Bar ] ;  
[ atm ] ; [ Psi ] , etc..



Greater Volume  
Lower Pressure



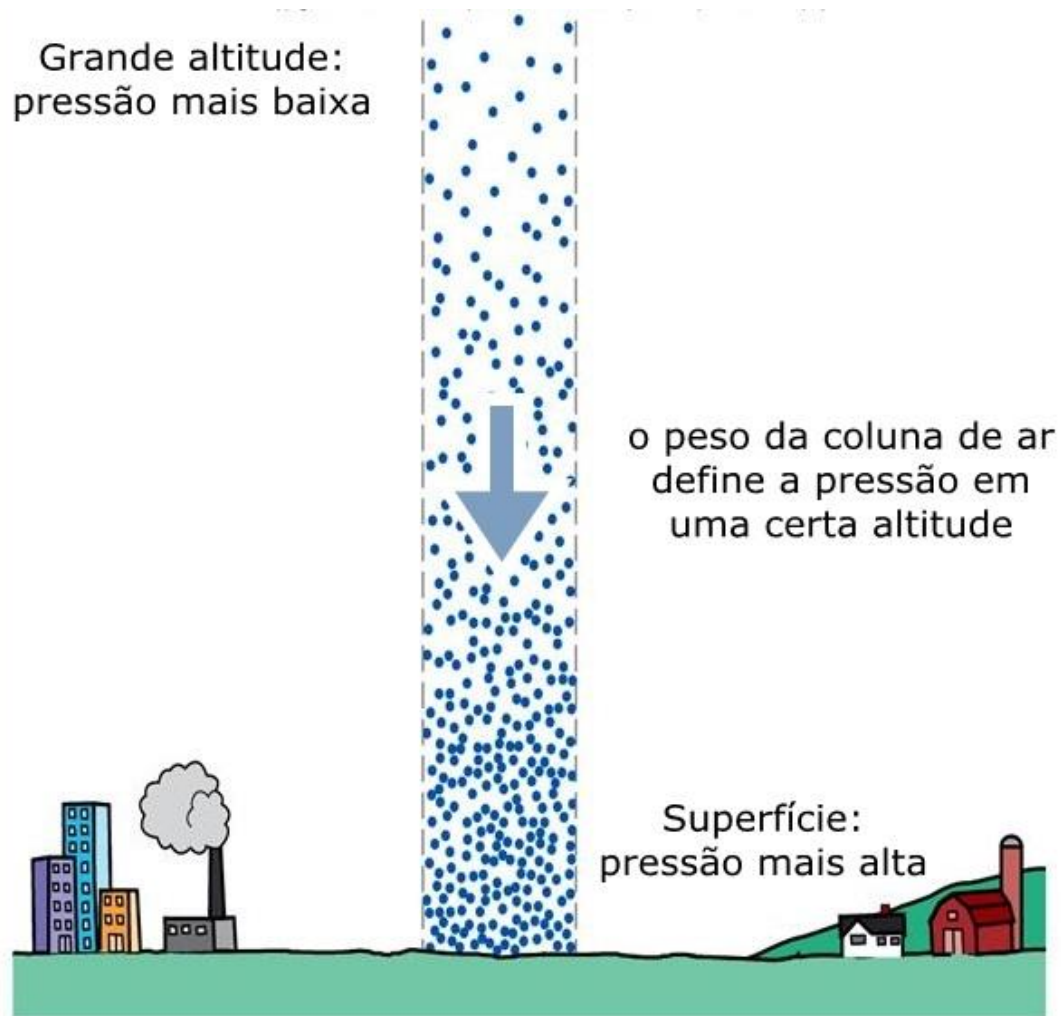
Less Volume  
Higher Pressure

● = Air Particle



# Conceitos fundamentais

## Pressão atmosférica



Porque jatos com distâncias diferentes?



# Conceitos fundamentais

## Pressão atmosférica



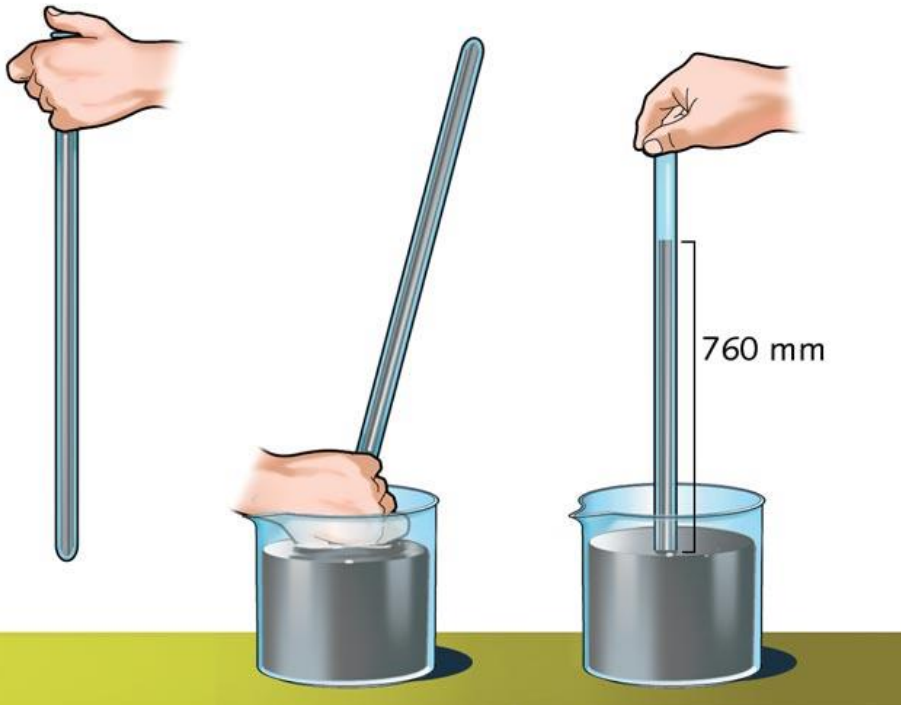
## Pressão no oceano

# Pressão

Unidades de pressão e fatores de conversão

	Pa	bar	at	atm	Torr	psi
1 Pa	$\equiv 1 \text{ N/m}^2$	$= 10^{-5} \text{ bar}$	$\approx 10,2 \cdot 10^{-6} \text{ at}$	$\approx 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ atm}$	$\approx 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$	$\approx 145 \cdot 10^{-6} \text{ psi}$
1 bar	$= 100\,000 \text{ Pa}$	$\equiv 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	$\approx 1,02 \text{ at}$	$\approx 0,987 \text{ atm}$	$\approx 750 \text{ Torr}$	$\approx 14,504 \text{ psi}$
1 at	$= 98\,066,5 \text{ Pa}$	$= 0,98 \text{ bar}$	$\equiv 1 \text{ kgf/cm}^2$	$\approx 0,968 \text{ atm}$	$\approx 736 \text{ Torr}$	$\approx 14,223 \text{ psi}$
1 atm	$= 101\,325 \text{ Pa}$	$= 1,01325 \text{ bar}$	$\approx 1,033 \text{ at}$	$\equiv 101\,325 \text{ Pa}$	$= 760 \text{ Torr}$	$\approx 14,696 \text{ psi}$
1 Torr	$\approx 133,322 \text{ Pa}$	$\approx 1,333 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$	$\approx 1,360 \cdot 10^{-3} \text{ at}$	$\approx 1,316 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$	$\approx 1 \text{ mmHg}$	$\approx 19,337 \cdot 10^{-3} \text{ psi}$
1 psi	$\approx 6894,757 \text{ Pa}$	$\approx 68,948 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$	$\approx 70,307 \cdot 10^{-3} \text{ at}$	$\approx 68,046 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$	$\approx 51,7149 \text{ Torr}$	$\equiv 1 \text{ lbf/in}^2$

1 atm = 760 mmHg



Exemplo:

Converta 2,5 Pascal em atm ?

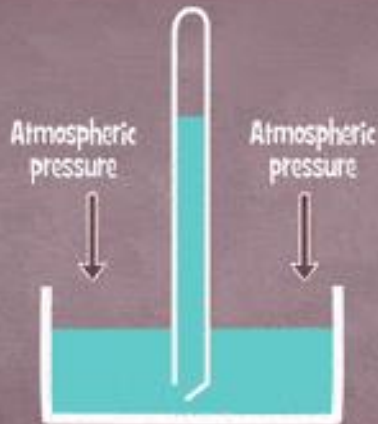
$$\begin{array}{r} 1 \text{ atm} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 101325 \text{ Pa} \\ \times \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 2,5 \text{ Pa} \end{array}$$

$$x = 2,46731 \cdot 10^{-5} \text{ atm}$$



# Pressão: Barômetro de Torricelli

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$



O **barômetro** é um instrumento científico utilizado em meteorologia para medir a pressão atmosférica.

Assista: Hidrostática | Experimentos - Barômetro de mercúrio

<https://www.youtube.com/watch?v=ZcPGeQ5nkec>

# Volume

## VOLUME

Unidade	SI	Multiplicar por
barril (petróleo) →	m <sup>3</sup>	0,159
cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	10 <sup>-6</sup>
gal (galão americano)	m <sup>3</sup>	3,785.10 <sup>-3</sup>
gal (galão imperial)	m <sup>3</sup>	4,545963.10 <sup>-3</sup>
litro (L)	m <sup>3</sup>	10 <sup>-3</sup>
Pé cúbico (ft <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	0,028317
Polegada cúbica (in <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	0,00001639

1 barril \_\_\_\_\_ 0,159 m<sup>3</sup>

3 barril \_\_\_\_\_ x



# Massa específica (densidade)

## Densidade

$$\rho = \frac{m}{V}$$

*Densidade ou “massa específica”*

*Ovo flutuando em água com sal*



*“Quanto de massa tem em um volume”*

**Unidades de medida:**  
[ Kg/m<sup>3</sup> ] ; [ g/cm<sup>3</sup> ]

Sistema Inglês:  
Libras / polegadas<sup>3</sup>

[ lb/in<sup>3</sup> ]

ou Libras / pés<sup>3</sup>

[ lb/ft<sup>3</sup> ]

# Unidade Densidade

Exercícios:

Converta:  $12 \text{ g/cm}^3$  em  $\text{Kg/m}^3$

R:  $12000 \text{ Kg/m}^3$

agora converta para  $[\text{lb/in}^3]$

R:  $0,4335275 \text{ lb/in}^3$

Sistema Internacional (SI):  $[\text{Kg}] / [\text{m}^3]$

Sistema CGS:  $[\text{g}] / [\text{cm}^3]$

Sistema Inglês:  $[\text{lb}] / [\text{in}^3]$   
 $[\text{libras} / \text{polegadas}^3]$

# Densidade da água

A densidade da água líquida é de  $1,00 \text{ g/cm}^3$ .

A densidade do gelo é de  $0,92 \text{ g/cm}^3$ .

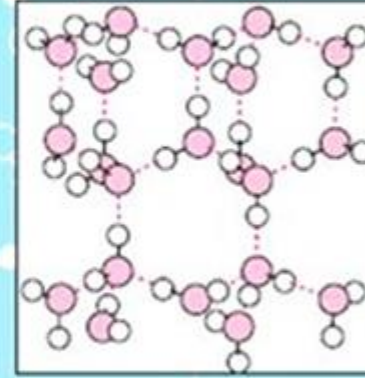
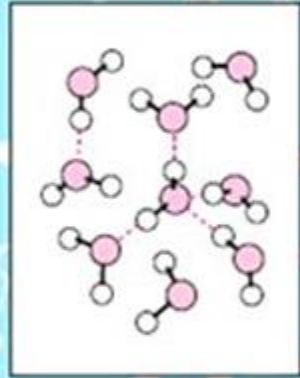


Gelo flutua na água!

Estrutura da água e do gelo

Água líquida  
densidade  $1 \text{ g/cm}^3$

Gelo  
densidade  $0,92 \text{ g/cm}^3$



# Peso Específico ( $\gamma$ )

*Peso específico* ( $\gamma$ ) é definido como o Peso de uma substância, dividida pelo seu Volume:

$$\gamma = \frac{\textit{Peso}}{\textit{Volume}}$$

Unidades de medida:

$$[ \text{N} ] / \text{m}^3$$

$$[ \text{dina} / \text{cm}^3 ]$$

$$[ \text{Kgf} / \text{m}^3 ]$$

etc..

# Exemplo de Unidades: Energia Específica

## 8.1 ENERGIA POTENCIAL

Apostila – Física do Ambiente Agrícola  
Cap. 8 Potenciais da água no solo

A grandeza **Energia** (unidade Joule no SI) pode ser classificada de diversas formas. Uma subdivisão comum para os diferentes tipos de energia é a classificação como **energia potencial** ou **energia cinética**. A energia cinética de um corpo deve-se à sua velocidade instantânea, enquanto a energia potencial de um corpo é devida à sua posição instantânea em relação a um campo de forças. Em relação à água no solo, ela se move através do sistema poroso do solo a velocidades baixas e sua energia cinética é quase sempre desprezível se comparada com suas energias potenciais.

Para a descrição do estado energético da água no solo é conveniente expressá-lo por unidade de quantidade de matéria, por exemplo por volume, mol, massa, peso. A grandeza resultante é chamada **energia específica**, e possui as unidades  $\text{J m}^{-3}$  (por volume),  $\text{J mol}^{-1}$  (por mol),  $\text{J kg}^{-1}$  (por massa),  $\text{J N}^{-1}$  (por peso), ou outra.

Verifica-se facilmente que a unidade da energia específica por volume equivale à unidade de pressão (Pascal), ao mesmo tempo em que a unidade da energia específica por peso equivale a um comprimento (metro):

$$\text{Energia por volume: } \frac{\text{J}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N.m}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa (pressão)}$$

$$\text{Energia por peso: } \frac{\text{J}}{\text{N}} = \frac{\text{N.m}}{\text{N}} = \text{m (distância, altura)}$$

Por essa razão é muito comum expressar a energia específica em unidades de pressão (Pa, atm, bar) ou de comprimento (m, cm). É importante lembrar que elas, de fato, significam respectivamente  $\text{J m}^{-3}$  ou  $\text{J N}^{-1}$ .

## *Energia Específica*

$$E_{esp.v} = \frac{E}{Vol.}$$

$$E_{esp.p} = \frac{E}{Peso}$$

# Viscosidade



SAE 40

maior número

maior viscosidade

escoamento mais lento

SAE 10

menor número

menor viscosidade

escoamento mais rápido

**Figura 11.17** Comparação de viscosidades. A Sociedade dos Engenheiros Automotivos dos Estados Unidos (SAE) estabeleceu uma escala numérica para indicar a viscosidade do óleo de motor.

## VISCOSIDADE

Unidade	SI	Multiplicar por
Centipoise (cp)	kg/(m.s)	$10^{-3}$
Poise (P)	kg/(m.s)	0,1
$\text{lb}_m/(\text{ft.h})$	kg/(m.s)	2,1491
$\text{Lb}_m/(\text{ft.s})$	kg/(m.s)	$6,7197 \cdot 10^{-4}$
$\text{Kg}/(\text{h.m})$	kg/(m.s)	0,0036

**Tabela 11.3** Viscosidade de alguns líquidos comuns a 20°C

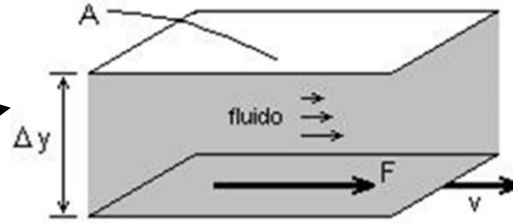
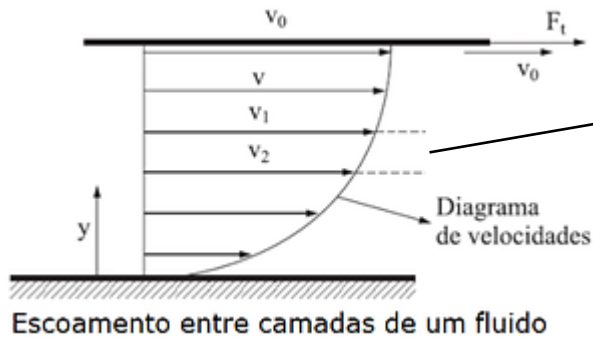
Líquido	Viscosidade ( $\text{N s/m}^2$ )*
Acetona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )	$3,16 \times 10^{-4}$
Água ( $\text{H}_2\text{O}$ )	$1,01 \times 10^{-3}$
Benzeno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	$6,25 \times 10^{-4}$
Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	$1,20 \times 10^{-3}$
Éter dietílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ )	$2,33 \times 10^{-4}$
Glicerol ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ )	1,49
Mercúrio (Hg)	$1,55 \times 10^{-3}$
Sangue	$4 \times 10^{-3}$
Tetracloro de carbono ( $\text{CCl}_4$ )	$9,69 \times 10^{-4}$

\* No sistema de unidades SI, as viscosidades são expressas em newton-segundo por metro quadrado.



# Análise dimensional Viscosidade

Lei de Newton para Viscosidade ( $\mu$ ):



$$\frac{F}{A} = \mu \frac{v}{\Delta y}$$

$F$  – força;  $A$  – área;  $v$  – velocidade fluído;  
 $\Delta y$  – largura da camada

## Exercício:

Demonstre que viscosidade dinâmica ( $\mu$ ) que tem unidade [ **N.s / m<sup>2</sup>** ] no Sistema Internacional, pode ser expressa em: [ **Pa.s** ] (pressão x tempo) ou ainda em [ **Kg / m.s** ]

# Conceitos fundamentais

Vazão (Q)

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\Delta t}$$

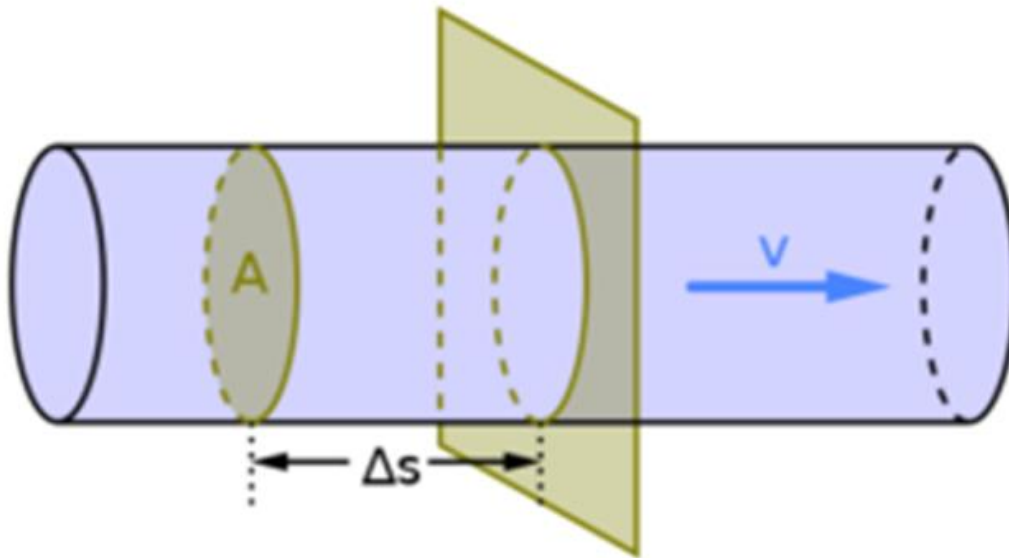
“Quanto de volume  
que passa por  
intervalo de tempo”

Unidades de medida:

[ m<sup>3</sup>/s ] ;

[ Litros/h ] ;

[ in<sup>3</sup>/s ]



$$\text{Volume} = A * \Delta S$$

$$Q = \frac{A * \Delta S}{\Delta t}$$

$$Q = A * \vec{v}$$

“área x velocidade”

# Conceitos fundamentais

Vazão (Q)

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\Delta t} = (\vec{V}_{\text{eloc}}\acute{a}\text{gua}) * \acute{A}\text{rea}$$

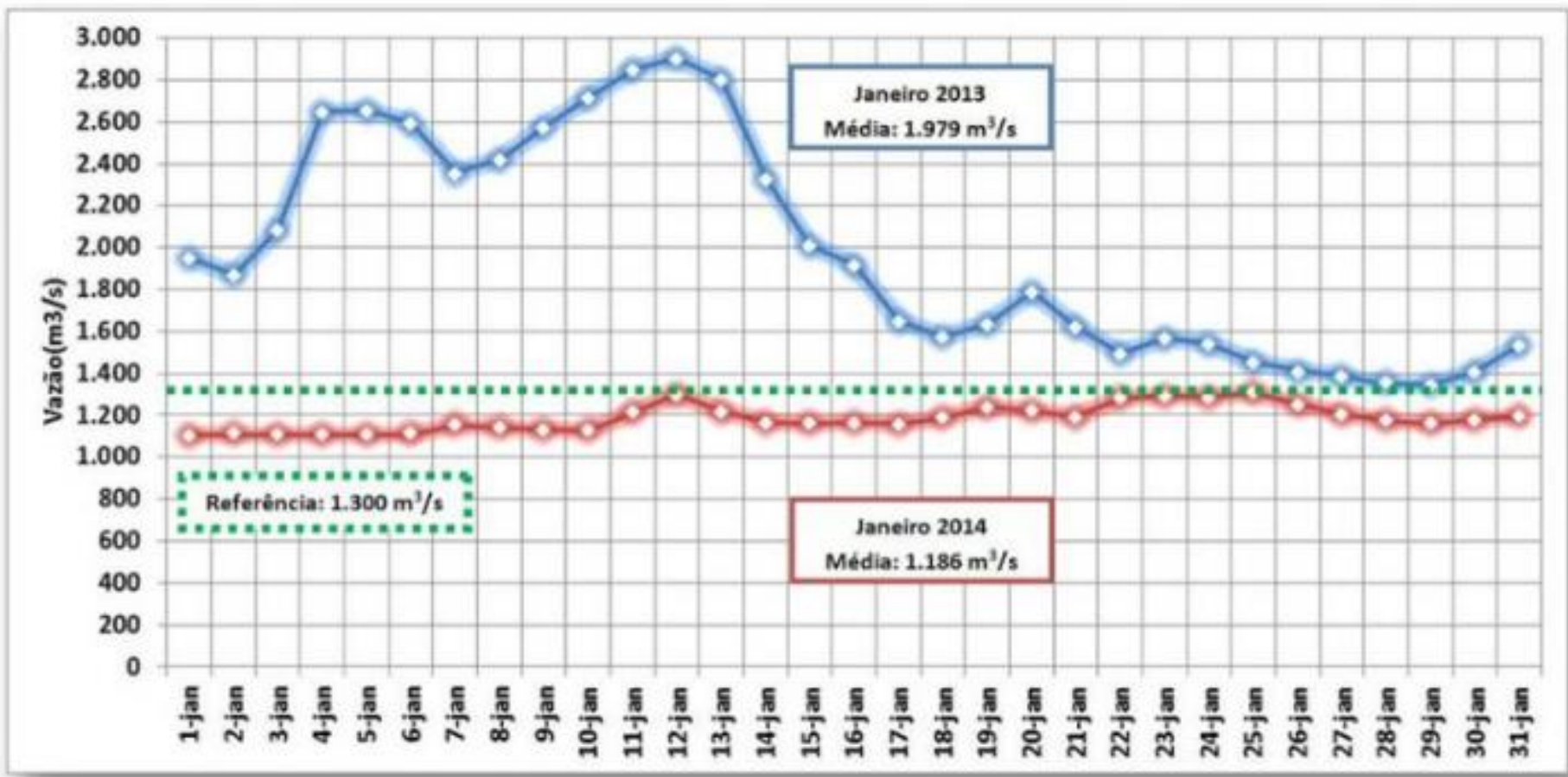


# Bacia do São Francisco



# Conceitos fundamentais

Comparação de vazões médias (Baixo São Francisco) para anos diferentes.



Comparação de vazões médias (Baixo São Francisco) para anos diferentes. Gráfico: Edson L. Menezes Neto | InfoSãoFrancisco. Fonte | ANA

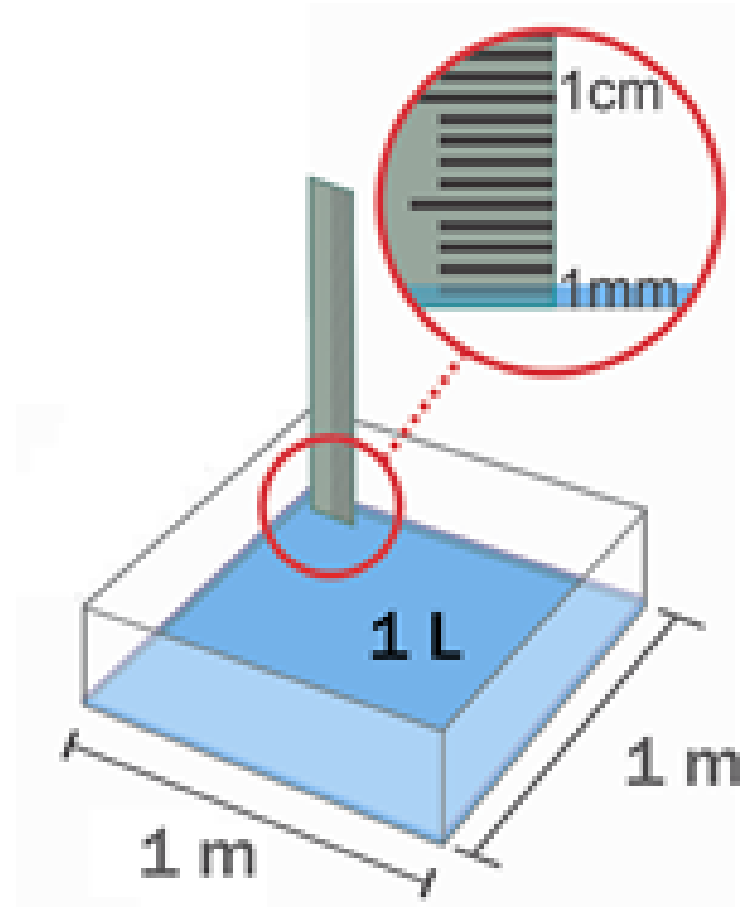
<https://infosaofrancisco.canoadetolda.org.br/artigos/explicando/entenda-o-que-e-serie-historica-de-vazoes-de-um-rio/>

# Milímetros de chuva

## Cálculo do volume de água de chuva

Uma pluviosidade de 1 mm (altura da lâmina) equivale ao volume de 1 litro (L) de água de chuva que se acumulou sobre uma superfície de 1 m<sup>2</sup>. Ou seja, em se tratando de pluviosidade 1 mm = 1 L/m<sup>2</sup>.

$$1 \text{ mm} = 1 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}$$



# Exercícios

Choveu **0,1 m dia<sup>-1</sup>** em uma área de 100 m<sup>2</sup>. Considerando que a duração da chuva, nesse dia, foi de 8 horas, quantos litros por hora atingiram essa área?

Choveu um volume total de:  $100 \text{ m}^3$  nesta área.

Lembre que:

$$1 \text{ mm} = 1 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ l} \underline{\hspace{2cm}} 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$X \underline{\hspace{2cm}} 100 \text{ m}^3$$

$$X = 10^4 \text{ litros}$$

$$\frac{10^4 \text{ litros}}{8 \text{ horas}} = 1250 \text{ Litros/hora}$$

Resposta: 1250 L h<sup>-1</sup>

# Comparação Unidades de fórmulas de Energias

## Exercício:

Demonstre que todos abaixo tem unidade em Joules [J] no SI

Energia cinética:  $E_c = \frac{mv^2}{2}$

Energia potencial gravitacional:  $E_p = mgh$

Energia na forma de Trabalho:  $W = F \cdot d$

Fórmula do Einstein:  $E = mc^2$



# Exercícios

**Tarefa:** preencher tabela

Imprimir Tabela: Moodle USP e-Disciplinas

DESIGNAÇÃO		DIMENSÕES		CGS	SI	ST
		M L T	F L T	(M, L, T)	(M, L, T)	(F, L, T)
Unidades Fundamentais	Comprimento	L	L	centímetro (cm)	metro (m)	metro (m)
	Massa	M	$F L^{-1} T^2$	grama (g)	quilograma (kg)	U.T.M
	Tempo	T	T	segundo (s)	segundo (s)	segundo (s)

MLT – (Massa; Comprimento; Tempo)

FLT – (Força; Comprimento; Tempo)

ST – Sistema técnico de Unidades

Unidade Técnica de Massa (UTM)

1 UTM equivale a 9,80665 quilogramas

# Grandezas Físicas

Tabela 1.4 – Dimensões, grandezas físicas e unidades de medidas no Sistema CGS (centímetro, grama, segundo), Sistema Internacional (SI) e Sistema Técnico (ST)

DESIGNAÇÃO		DIMENSÕES		SISTEMA DE UNIDADES		
				CGS	SI	ST
		M L T	F L T	(M, L, T)	(M, L, T)	(F, L, T)
<b>Unidades Fundamentais</b>	Comprimento	L	L	Centímetro (cm)	Metro (m)	Metro (m)
	Massa	M	$F L^{-1} T^2$	Grama (g)	Quilograma (kg)	U.T.M
	Tempo	T	T	Segundo (s)	Segundo (s)	Segundo (s)
<b>Unidades Derivadas</b>	Área	$L^2$	$L^2$	$cm^2$	$m^2$	$m^2$
	Volume	$L^3$	$L^3$	$cm^3$	$m^3$	$m^3$
	Velocidade	$L T^{-1}$	$L T^{-1}$	$cm s^{-1}$	$m s^{-1}$	$m s^{-1}$
	Aceleração	$L T^{-2}$	$L T^{-2}$	$cm s^{-2}$	$m s^{-2}$	$m s^{-2}$
	Força	$MLT^{-2}$	F	Dina (dyn) $g cm s^{-2}$	Newton (N) $kg m s^{-2}$	Quilograma Força (kgf)

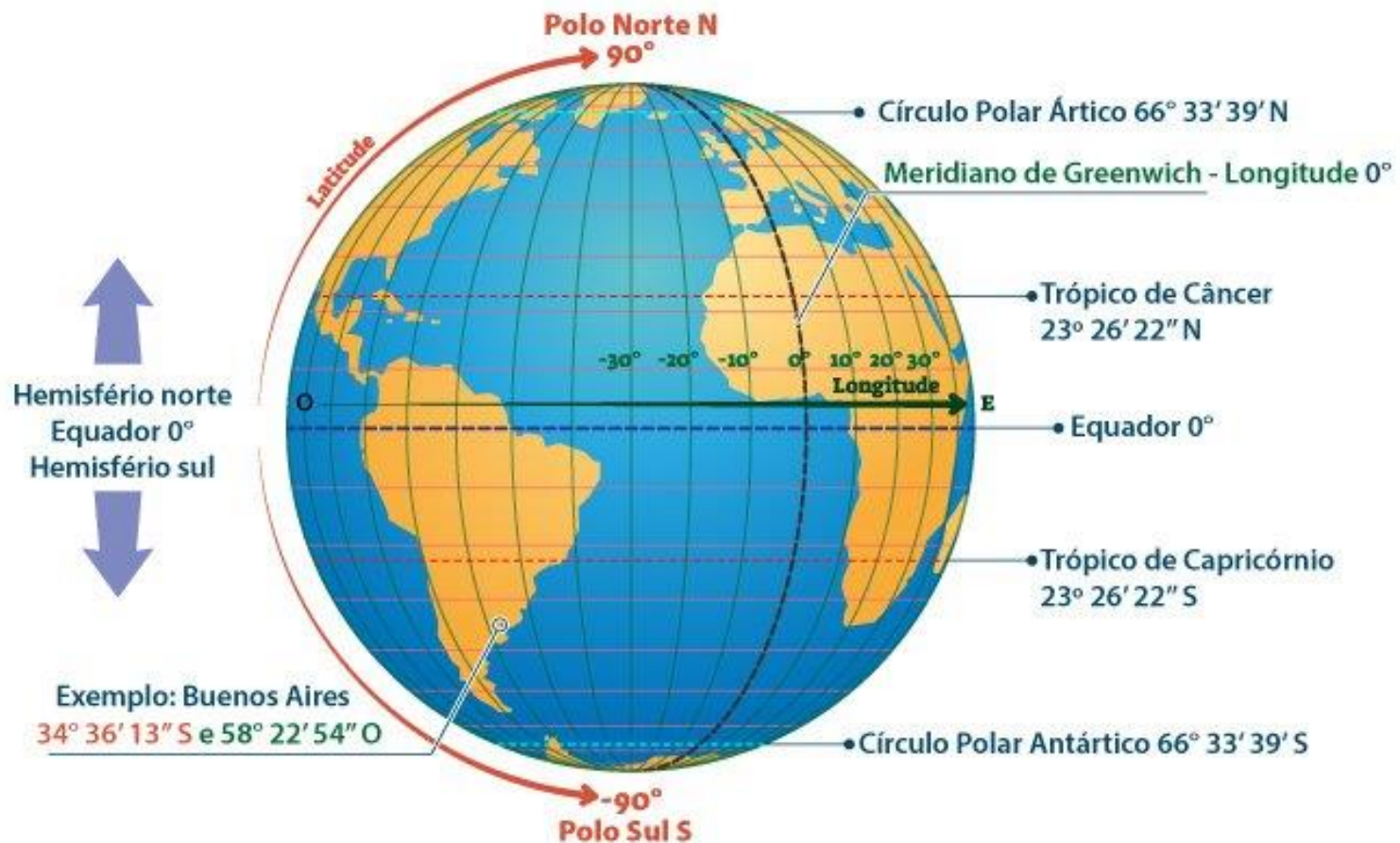
# Grandezas Físicas

Unidades Derivadas	Força	$MLT^{-2}$	F	Dina (dyn) $g\ cm\ s^{-2}$	Newton (N) $kg\ m\ s^{-2}$	Quilograma Força (kgf)
	Trabalho	$ML^2\ T^{-2}$	FL	Erg dyn.cm $g\ cm^2\ s^{-2}$	Joule (J) $N\ m$ $kg\ m^2\ s^{-2}$	<u>Quilogrâmetro</u> (kgf m)
	Potência	$ML^2\ T^{-3}$	FLT <sup>-1</sup>	erg s <sup>-1</sup> $g\ cm^2\ s^{-3}$	Watt (W) J.s <sup>-1</sup> $kg\ m^2\ s^{-3}$	<u>Quilogrâmetro</u> kgf m s <sup>-1</sup>
	Pressão	$ML^{-1}\ T^{-2}$	FL <sup>-2</sup>	<u>dyn</u> cm <sup>-2</sup>	Pascal (N m <sup>-2</sup> )	Kgf m <sup>-2</sup>
	Massa Específica (ρ)	$ML^{-3}$	FL <sup>-4</sup> T <sup>2</sup>	$g\ cm^{-3}$	$kg\ m^{-3}$	UTM m <sup>-3</sup>
	Peso Específico (γ)	$ML^{-2}\ T^{-2}$	FL <sup>-3</sup>	<u>dyn</u> cm <sup>-3</sup>	N m <sup>-3</sup>	Kgf m <sup>-3</sup>
	Vazão	$L^3\ T^{-1}$	$L^3\ T^{-1}$	cm <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
	Momento	$MLT^{-1}$	FT	$g\ cm\ s^{-1}$	$kg\ m\ s^{-1}$	UTM m s <sup>-1</sup>
	Viscosidade	$ML^{-1}\ T^{-1}$	FTL <sup>-2</sup>	$g\ cm^{-1}\ s^{-1}$	$kg\ m^{-1}\ s^{-1}$	UTM m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>

# Parte 2

## Outras Unidades importantes..

## EQUADOR LATITUDE E LONGITUDE



(Graus, minutos, segundos)



15° 50' 00'' S

Lembre que:

$$1^\circ = 60 \text{ min} = 3600 \text{ segundos}$$

# Coordenadas geográficas



• **Brasília:**  $15^{\circ} 50' 00''$  S /  $48^{\circ} 02' 06''$  O

• **Hong Kong:**  $22^{\circ}16'42''$  N /  $114^{\circ}10'05''$  L

• **Tóquio:**  $35^{\circ} 42' 00''$  N /  $139^{\circ} 46' 12''$  L

• **Washington:**  $38^{\circ} 54' 00''$  N /  $77^{\circ} 01' 12''$  O

• **Berlim:**  $52^{\circ} 30' 00''$  N /  $13^{\circ} 25' 48''$  L

• **Sidnei:**  $33^{\circ}53'46''$  S /  $151^{\circ}12'21''$  L

# Coordenadas geográficas

- 1.2 Um nó é definido como uma milha náutica por hora. Uma milha náutica equivale à distância de 1 minuto de latitude. O perímetro da Terra é 40.000 km.
- a) A quantos metros equivale uma milha náutica? **R: 1851,8 m**
- b) Um navio anda na velocidade de 20 nós. Qual sua velocidade em m/s?  
**R: 10,3 m/s**



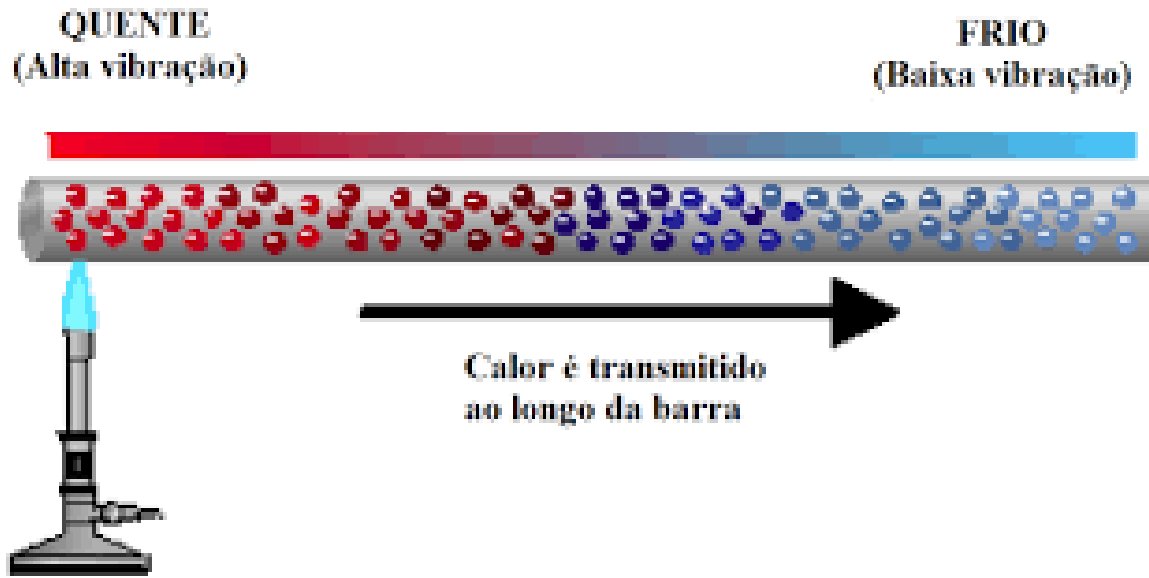
Resposta:

360° equivalem à 40.000 Km

....



# Gradiente térmico



*Gradiente térmico ( $G$ ) expressa a variação da temperatura com a distância*

*Unidades  $\rightarrow$  [ Kelvin / metro ]*

$$G = \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

# Fluxo de energia

## ➤ Fluxo de Calor

→ energia em movimento.. Calor (energia) por unidade de tempo:

$$\Phi \rightarrow \left[ \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo}} \right]$$

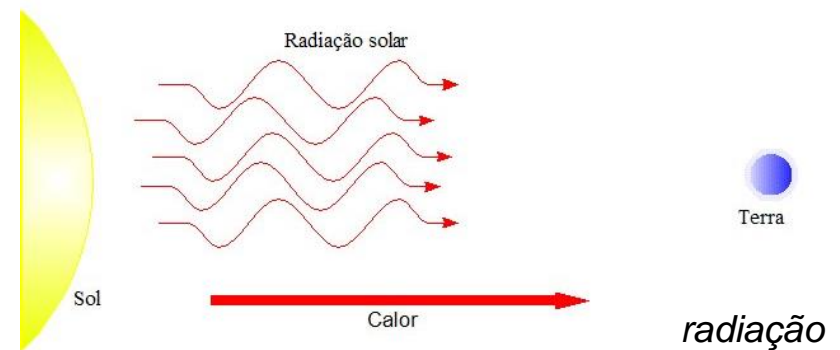
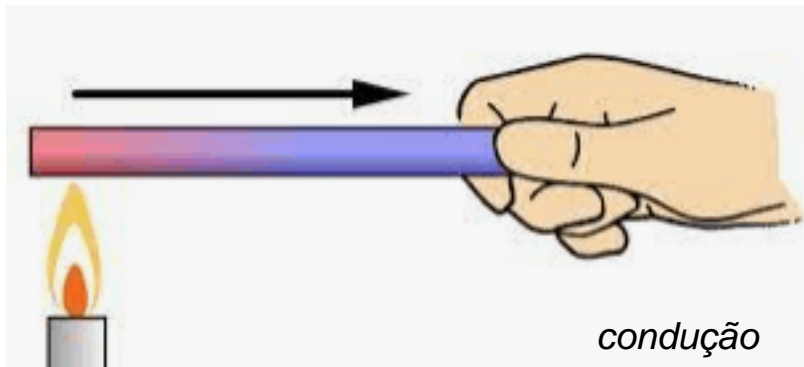
Unidades:

$$\left[ \frac{\text{Joules}}{\text{s}} \right]$$

$$\left[ \frac{\text{cal}}{\text{s}} \right]$$

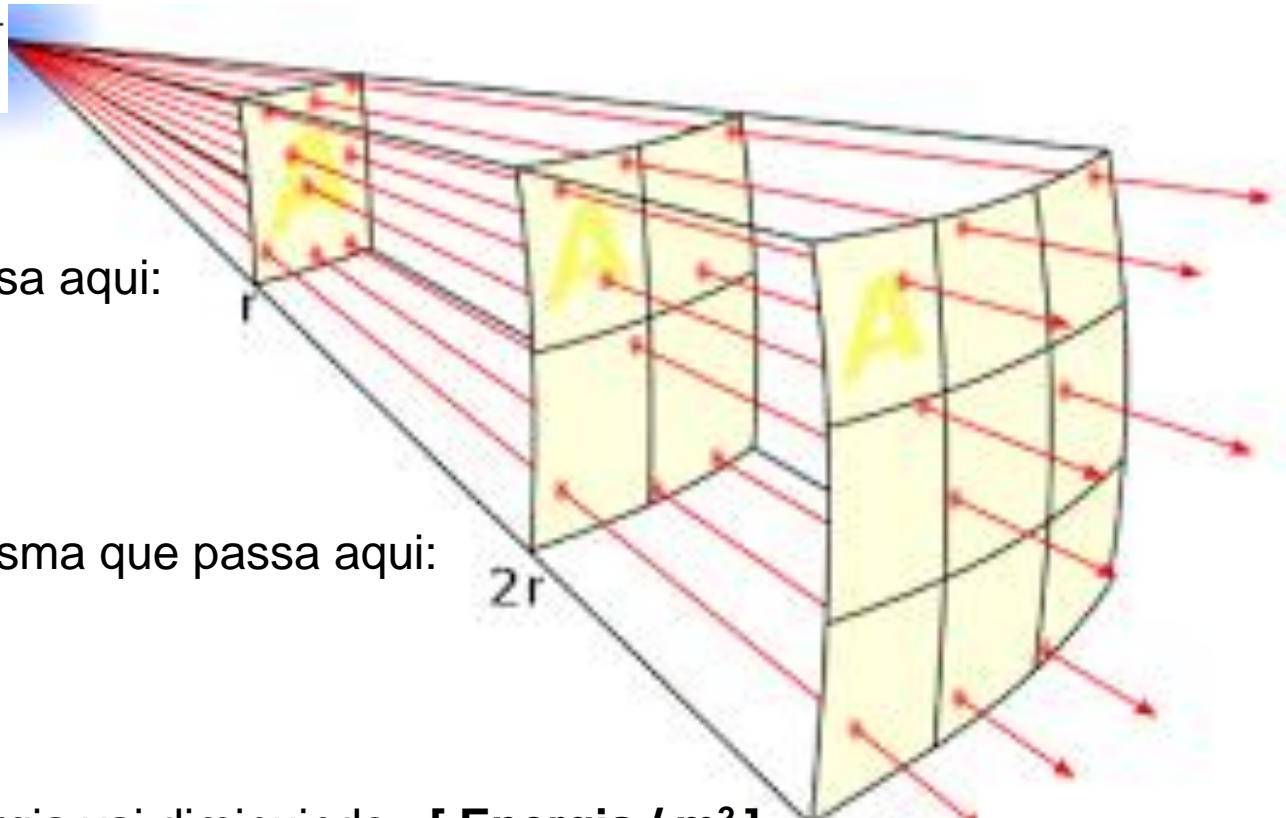
[Watts]

Exemplos:



# Energia / Área

Para uma fonte esférica, como uma lâmpada, conforme a distância vai aumentando, a densidade de energia por área vai diminuindo (energia total se conserva, porém está espalhada em uma área muito maior)



Energia total que passa aqui:

É a mesma que passa aqui:

Densidade de Energia vai diminuindo.. [ **Energia / m<sup>2</sup>** ]

# Densidade de Fluxo de energia

## ➤ Densidade de Fluxo de Calor

→ calor em movimento por área.. calor por unidade de tempo e área:

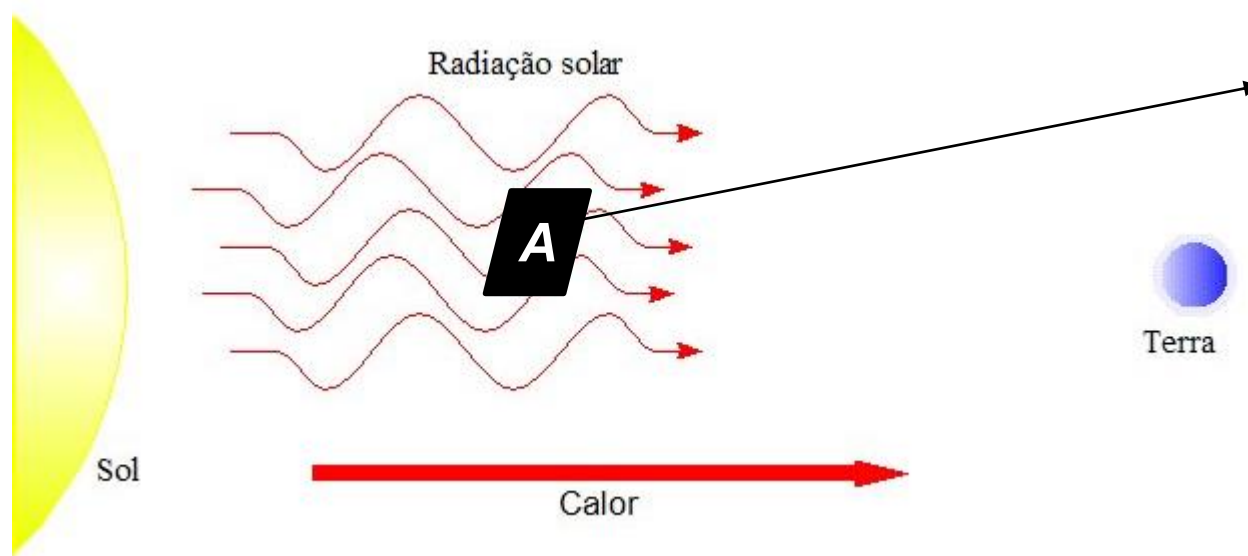
$$q = \frac{\Phi}{[\text{Área}]} \rightarrow \left[ \frac{\text{Energia}}{\text{Tempo. Área}} \right]$$

Unidades:

$$\left[ \frac{\text{Joule}}{\text{s. m}^2} \right]$$

$$\left[ \frac{\text{cal}}{\text{s. m}^2} \right]$$

$$\left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$



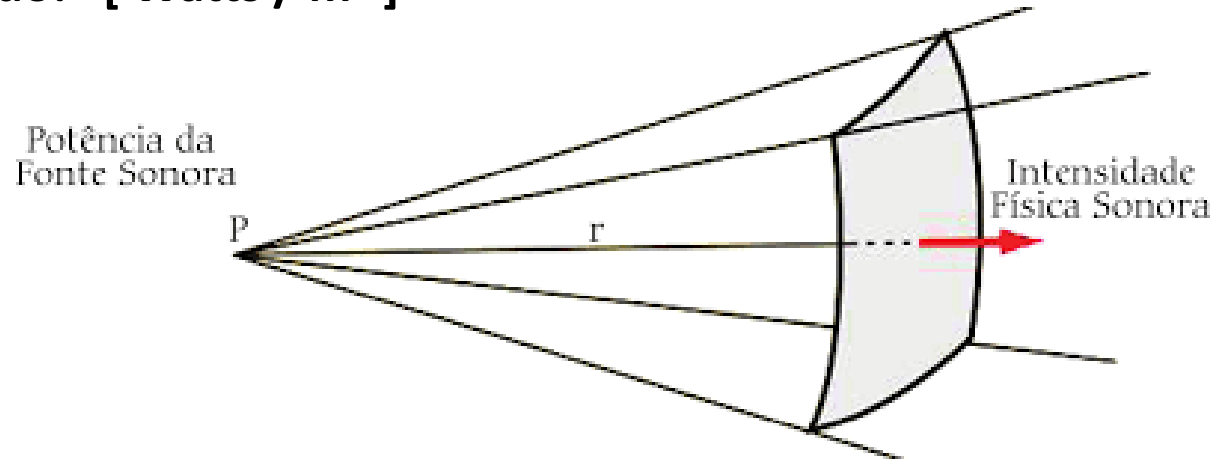
Serve para dizer:  
Quanto calor  
passa nessa área!

# Potência / Área

Potência por metro quadrado: [ Watts / m<sup>2</sup> ]

exemplos:

- energia sonora
- energia luminosa
- etc..



2) Faça as seguintes conversão

(lembre que 1 cal = 4,184 Joules):

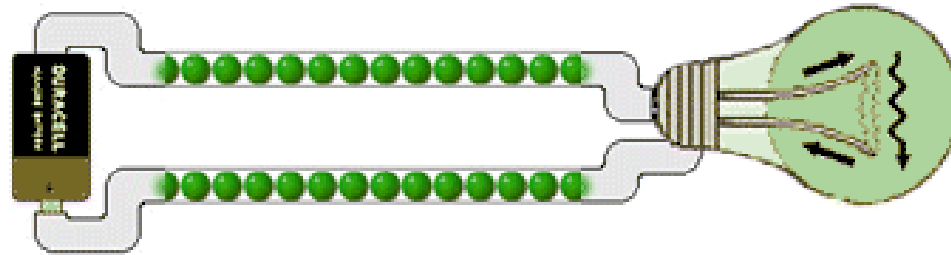
$$\frac{1 \text{ cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}} = ? \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Resposta: 697,3 W m<sup>-2</sup>

Mais Unidades importantes..

# Eletricidade

A corrente elétrica ( $I$ ) é o fluxo de cargas (elétrons)

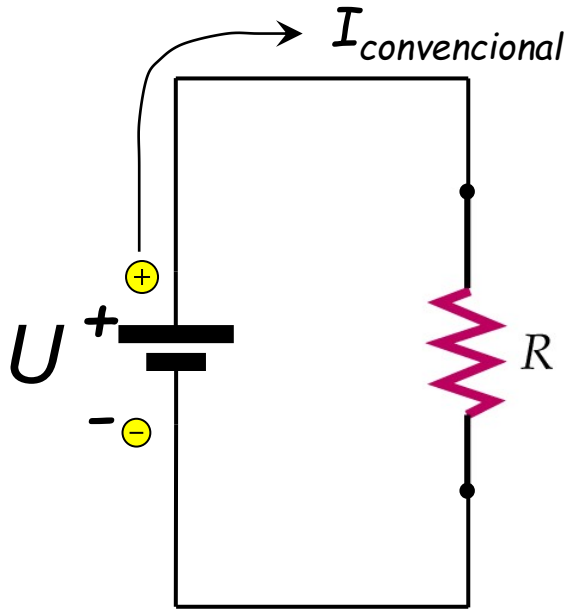


$$I = \frac{\textit{cargas passando}}{\textit{tempo}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Unidade de corrente:

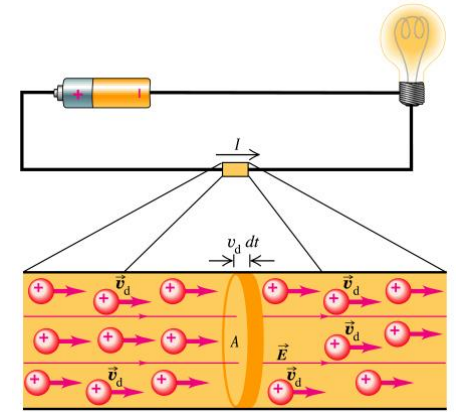
$$\frac{\textit{Coulomb}}{\textit{segundo}} = \frac{C}{s} = \textit{Ampère (A)}$$

Carga elétrica ( $Q$ ) é medida em Coulomb



## Lei de Ohm

$$U = R \cdot I$$



- **Tensão elétrica ( $U$ ):** medida em Volts (V)
- **Corrente elétrica ( $I$ ):** deslocamento dos elétrons através dos fios, é medida em Amperes (A)
- **Resistância ( $R$ ):** oposição do material à passagem de corrente, é medido em Ohm ( $\Omega$ )



# Diferença de potencial = d.d.p. = Volt

- *Tensão elétrica (U) ou ddp:*

*Tem unidade Volts = [ Energia / Carga ] = [ Joules / Coulomb ]*

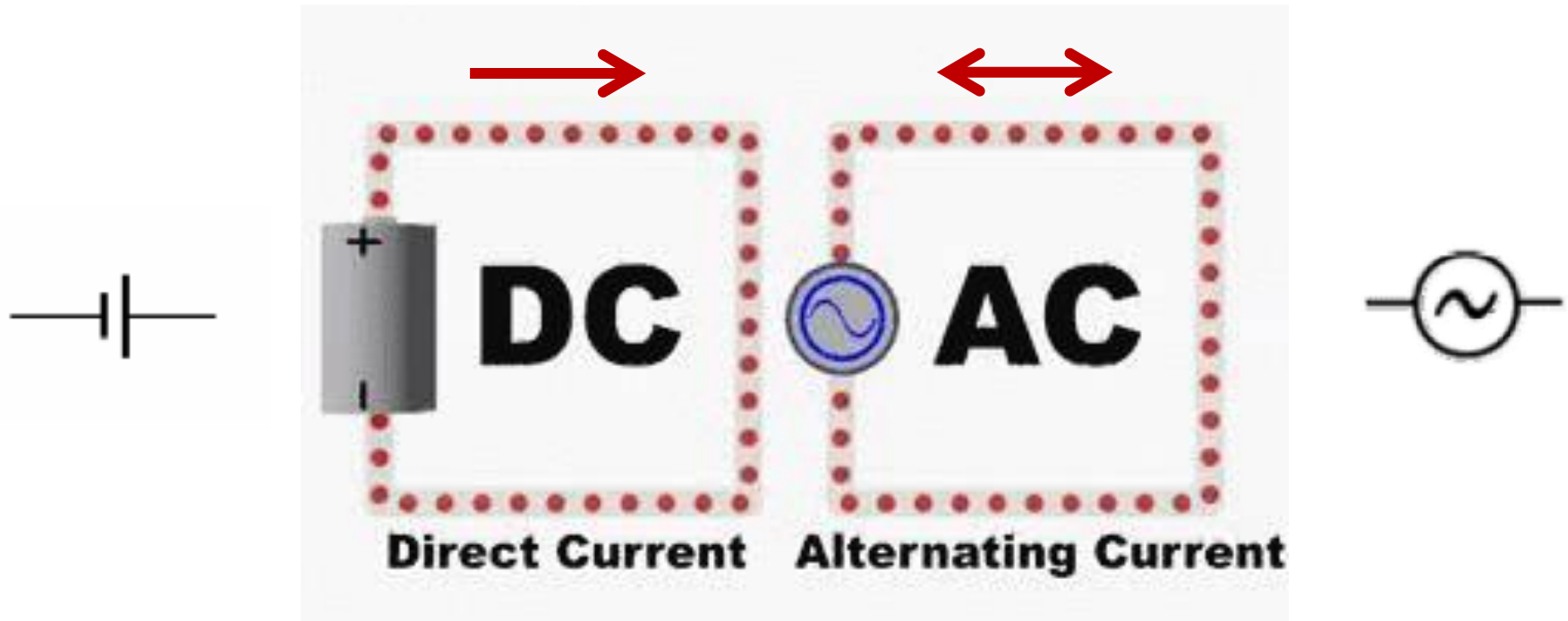
$$\text{Volt}(V) = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = \frac{J}{C}$$



# Fontes de fem - Tipos

- Fonte de Corrente Contínua (CC ou DC em inglês)

- Fonte de Corrente Alternada (CA ou AC em inglês)



# Conceitos fundamentais

*Potência em circuitos elétricos:*

$$P = IU$$

*Watt = Volt.Ampere*

*W = V.A*

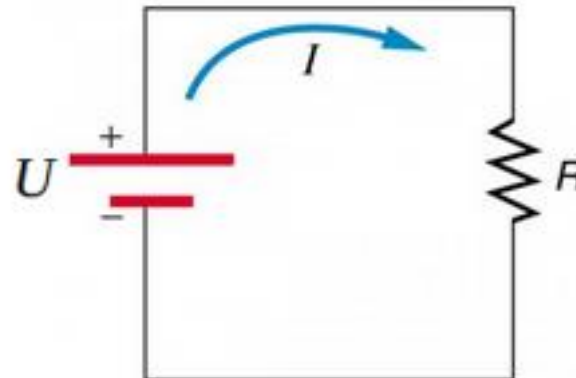
*I → Corrente elétrica passando na lâmpada (Unidade: Ampère)*

*U → Tensão elétrica na lâmpada (Unidade: Volts)*

*Circuito elétrico*



*Representação esquemática*



**Lei de Ohm**

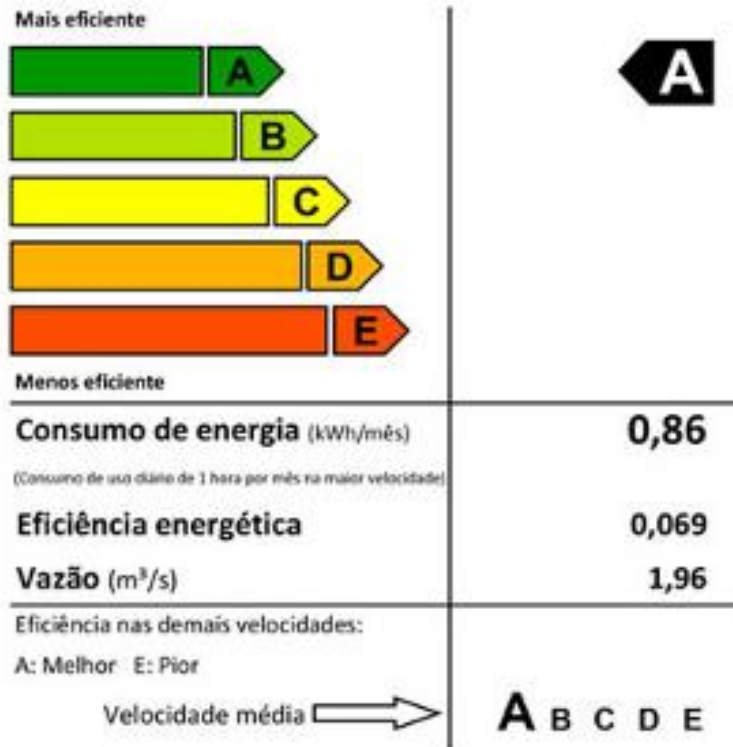
$$U = R \cdot I$$

*Ex: Pilha de U = 12 Volts, passando corrente de I = 0,5 Ampères, a potência emitida pela Lâmpada é P = 6 Watts*

## Potência elétrica

“Energia por tempo”

Unidade de medida:  
[ Watts ] = [ J/s ]



60 W



60 Watts →  
“consumindo 60  
joules de energia  
por segundo”

100 W



Quilowatt-hora (KWh) é uma unidade de Energia

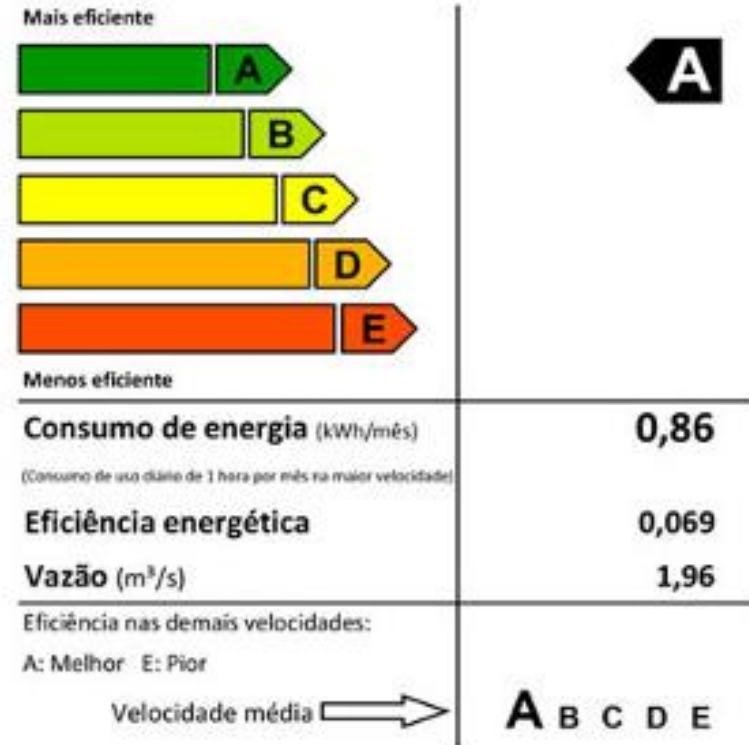
$$P = \frac{\varepsilon}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = P \cdot \Delta t$$

$$1kWh = (1kW) \cdot (1h)$$

$$1kWh = (10^3W) \cdot (3600s)$$

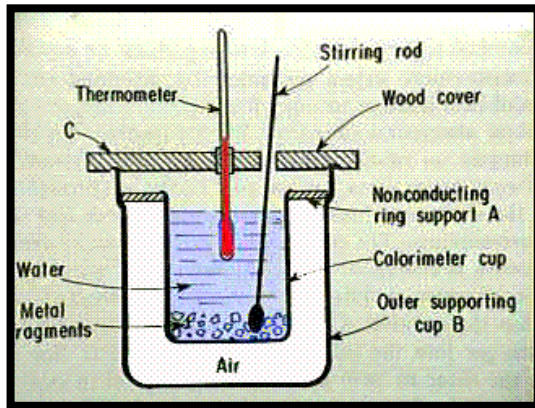
$$1kWh = 3,6 \cdot 10^6 J$$



O watt-hora (Wh) é a medida de energia usualmente utilizada em eletrotécnica. Um watt-hora é a quantidade de energia utilizada para alimentar uma carga com potência de um watt pelo período de uma hora. O valor de 1 Wh é equivalente a  $3,6 \times 10^3 J = 3,6 kJ = 3600 J$ .

# Exercício – Calorímetro (Parte 1)

Considere que uma resistência elétrica ( $R$ ) está imersa em um Calorímetro, e por essa resistência passa uma corrente elétrica de  $I = 2,33 \text{ A}$  [Coulomb/s] e está aplicada uma tensão elétrica de  $U = 25,11 \text{ Volts}$  [J/C] durante 1'40" (1 minuto e 40 segundos). Calcule a quantidade de Energia em Joules que a resistência elétrica fornece ao sistema:



Calorímetro

**Dados do Exercício:**  
 $U = 25,11 \text{ Volts}$  [J C<sup>-1</sup>]  
 $I = 2,33 \text{ Amperes}$  [C s<sup>-1</sup>]  
 $\Delta\text{Tempo} = 1'40''$

$$Pot = U \cdot I = (25,11) \cdot (2,33) = 58,5063 \text{ Watts}$$

$$Pot = \frac{E}{\Delta t} \rightarrow E = (Pot) \cdot \Delta t = (58,5063) \cdot (100 \text{ seg}) = 5850,63 \text{ Joules}$$

# Exercícios

a) Um animal ao ingerir uma ração com valor nutricional de 350 kCal fornecerá quantos kW.h ao organismo? Lembre que  $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ .

b) Por quanto tempo daria para manter uma lâmpada de 100 W acesa?

**Resposta:**

**a) 0,407 kW.h b) 4,07 h**

# Prefixos para unidades convenientes em fenômenos eletromagnéticos

Potencia de 10	Prefixos	Abreviaturas
$10^{-15}$	femto-	f
$10^{-12}$	pico-	p
$10^{-9}$	nano-	n
$10^{-6}$	micro-	$\mu$
$10^{-3}$	mili-	m
$10^{-2}$	centi-	c
$10^3$	quilo-	k
$10^6$	mega-	M
$10^9$	giga-	G



# Bateria × Etanol × Gasolina

Compare a densidade energética das baterias de lítio-íon com a de combustíveis tradicionais (em Wh/L)

690

Bateria de lítio-íon

6.260

Etanol hidratado

8.890

Gasolina comum

FONTE CPqD

FOTO LÉO RAMOS CHAVES

Enquanto as células de lítio armazenam cerca de 690 watts-hora (Wh) por litro (L), 1 litro de etanol hidratado possui aproximadamente 6.260 Wh de energia, e 1 litro de gasolina comum, cerca de 8.890 Wh.

“Esses números mostram que a energia contida em 1 litro de etanol ou gasolina é bem maior do que a presente em [um volume de] 1 litro de bateria”

<https://revistapesquisa.fapesp.br/2017/11/24/mais-energia/>

# Exercícios sobre Grandezas Físicas e Sistemas de Unidades...

# Transformação de Unidades Compostas



Exemplo 1: A quantos km/h equivalem 30 m/s ?

Como  $1000\text{ m} = 1\text{ km}$ , temos que  $1\text{ km} / 1000\text{ m} = 1$ ; Da mesma forma,  $1\text{ h} = 3600\text{ s}$  e, portanto,  $3600\text{ s} / 1\text{ h} = 1$ . Assim,

$$30 \frac{m}{s} = 30 \frac{m}{s} \cdot \frac{1\text{ km}}{1000\text{ m}} \cdot \frac{3600\text{ s}}{1\text{ h}} = \frac{30 \cdot 3600\text{ km}}{1000\text{ h}} = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

# Transformação de Unidades

**Exemplo 2:** Expressar a aceleração gravitacional ( $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ ) na unidade  $\text{km h}^{-2}$

**Exemplo 3:** Quantos litros existem em um metro cúbico?

# Tarefas

- Leia o Cap. 1 da Apostila:
  - Física do Ambiente Agrícola  
(tem no e-disciplinas pdf)
  
- Treine exercícios da Lista 1 e do Cap. 1

I beg young people to travel. If you don't have a passport, get one. Take a summer, get a backpack and go to Delhi, go to Saigon, go to Bangkok, go to Kenya. Have your mind blown, eat interesting food, dig some interesting people, have an adventure, be careful. Come back and you're going to see your country differently, you're going to see your president differently, no matter who it is. Music, culture, food, water. Your showers will become shorter. You're going to get a sense of what globalization looks like. It's not what Tom Friedman writes about, I'm sorry. You're going to see that global climate change is very real. And that for some people, their day consists of walking 12 miles for four buckets of water. And so there are lessons that you can't get out of a book that are waiting for you at the other end of that flight. A lot of people - Americans and Europeans - come back and go, "ohhhhh." And the lightbulb goes on.

Henry Rollins