

C E E J A



MUNDO DO  
TRABALHO

# FÍSICA

CADERNO DO ESTUDANTE

ENSINO MÉDIO  
**VOLUME 2**

Nos Cadernos do Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho/CEEJA são indicados sites para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram verificados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação não garante que os sites indicados permaneçam acessíveis ou inalterados após a data de consulta impressa neste material.

A Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias do País, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos\* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

\* Constituem “direitos autorais protegidos” todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas neste material que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Física : caderno do estudante. São Paulo: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (SDECTI) : Secretaria da Educação (SEE), 2015.  
il. - - (Educação de Jovens e Adultos (EJA) : Mundo do Trabalho modalidade semipresencial, v. 2)

Conteúdo: v. 2. 2ª série do Ensino Médio.  
ISBN: 978-85-8312-111-4 (Impresso)  
978-85-8312-089-6 (Digital)

1. Física – Estudo e ensino. 2. Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Ensino Médio. 3. Modalidade Semipresencial. I. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação. II. Secretaria da Educação. III. Título.

CDD: 372.5

FICHA CATALOGRÁFICA  
Tatiane Silva Massucato Arias – CRB-8 / 7262



**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Geraldo Alckmin

*Governador*

**Secretaria de Desenvolvimento Econômico,  
Ciência, Tecnologia e Inovação**

Márcio Luiz França Gomes

*Secretário*

Cláudio Valverde

*Secretário-Adjunto*

Maurício Juvenal

*Chefe de Gabinete*

Marco Antonio da Silva

*Coordenador de Ensino Técnico,  
Tecnológico e Profissionalizante*

**Secretaria da Educação**

Herman Voorwald

*Secretário*

Cleide Bauab Eid Bochixio

*Secretária-Adjunta*

Fernando Padula Novaes

*Chefe de Gabinete*

Ghisleine Trigo Silveira

*Coordenadora de Gestão da Educação Básica*

Mertila Larcher de Moraes

*Diretora do Centro de Educação de Jovens e Adultos*

Adriana Aparecida de Oliveira, Adriana dos Santos  
Cunha, Durcilene Maria de Araujo Rodrigues,  
Gisele Fernandes Silveira Farisco, Luiz Carlos Tozetto,  
Raul Ravanelli Neto, Sabrina Moreira Rocha,  
Virginia Nunes de Oliveira Mendes  
*Técnicos do Centro de Educação de Jovens e Adultos*

## Concepção do Programa e elaboração de conteúdos

### Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação

*Coordenação Geral do Projeto*  
**Ernesto Mascellani Neto**

*Equipe Técnica*  
**Cibele Rodrigues Silva, João Mota Jr. e Raphael Lebsa do Prado**

### Fundação do Desenvolvimento Administrativo – Fundap

**Wanderley Messias da Costa**  
*Diretor Executivo*

**Márgara Raquel Cunha**  
*Diretora Técnica de Formação Profissional*

*Coordenação Executiva do Projeto*  
**José Lucas Cordeiro**

*Coordenação Técnica*  
**Impressos: Dilma Fabri Marão Pichoneri**  
**Vídeos: Cristiane Ballerini**

*Equipe Técnica e Pedagógica*  
**Ana Paula Alves de Lavos, Carlos Ricardo Bifi, Elen Cristina S. K. Vaz Döppenschmitt, Emily Hozokawa Dias, Fabiana de Cássia Rodrigues, Fernando Manzieri Heder, Herbert**

**Rodrigues, Jonathan Nascimento, Laís Schalch, Liliane Bordignon de Souza, Maria Helena de Castro Lima, Paula Marcia Ciacco da Silva Dias, Rodnei Pereira, Selma Borghi Venco e Walkiria Rigolon**

*Autores*  
**Arte: Roseli Ventrella e Terezinha Guerra; Biologia: José Manoel Martins, Marcos Egelstein, Maria Graciete Carramate Lopes e Vinicius Signorelli; Filosofia: Juliana Litvin de Almeida e Tiago Abreu Nogueira; Física: Gustavo Isaac Killner; Geografia: Roberto Giansanti e Silas Martins Junqueira; História: Denise Mendes e Márcia Juliana Santos; Inglês: Eduardo Portela; Língua Portuguesa: Kátia Lomba Brakling; Matemática: Antonio José Lopes; Química: Olímpio Salgado; Sociologia: Dilma Fabri Marão Pichoneri e Selma Borghi Venco**

## Gestão do processo de produção editorial

### Fundação Carlos Alberto Vanzolini

**Mauro de Mesquita Spínola**  
*Presidente da Diretoria Executiva*

**José Joaquim do Amaral Ferreira**  
*Vice-Presidente da Diretoria Executiva*

#### Gestão de Tecnologias em Educação

*Direção da Área*  
**Guilherme Ary Plonski**

*Coordenação Executiva do Projeto*  
**Angela Sprenger e Beatriz Scavazza**

*Gestão do Portal*  
**Luis Marcio Barbosa, Luiz Carlos Gonçalves, Sonia Akimoto e Wilder Rogério de Oliveira**

*Gestão de Comunicação*  
**Ane do Valle**

*Gestão Editorial*  
**Denise Blanes**

*Equipe de Produção*  
**Editorial: Carolina Grego Donadio e Paulo Mendes**  
**Equipe Editorial: Adriana Ayami Takimoto, Airton Dantas de Araújo, Alcía Toffani, Amarilis L. Maciel, Ana Paula S. Bezerra, Andressa Serena de Oliveira, Bárbara Odria Vieira, Carolina H. Mestriner, Caroline Domingos de Souza, Cíntia**

**Leitão, Cláudia Leticia Vendrame Santos, David dos Santos Silva, Eloiza Mendes Lopes, Érika Domingues do Nascimento, Fernanda Brito Bincoletto, Flávia Beraldo Ferrare, Jean Kleber Silva, Leonardo Gonçalves, Lorena Vita Ferreira, Lucas Puntel Carrasco, Luiza Thebas, Mainã Greeb Vicente, Marcus Ecclissi, Maria Inez de Souza, Mariana Padoan, Natália Kessuani Bego Maurício, Olivia Frade Zambone, Paula Felix Palma, Pedro Carvalho, Polyanna Costa, Priscila Risso, Raquel Benchimol Rosenthal, Tatiana F. Souza, Tatiana Pavanelli Valsi, Thaís Nori Cornetta, Thamires Caroline Balog de Mattos e Vanessa Bianco Felix de Oliveira**

*Direitos autorais e iconografia: Ana Beatriz Freire, Aparecido Francisco, Fernanda Catalão, José Carlos Augusto, Larissa Polix Barbosa, Maria Magalhães de Alencastro, Mayara Ribeiro de Souza, Priscila Garofalo, Rita De Luca, Roberto Polacov, Sandro Carrasco e Stella Mesquita*

*Apoio à produção: Aparecida Ferraz da Silva, Fernanda Queiroz, Luiz Roberto Vital Pinto, Maria Regina Xavier de Brito, Natália S. Moreira e Valéria Aranha*

*Projeto gráfico-editorial e diagramação: R2 Editorial, Michelangelo Russo e Casa de Ideias*

*CTP, Impressão e Acabamento*  
**Imprensa Oficial do Estado de São Paulo**

## Caro(a) estudante

É com grande satisfação que a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, em parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação, apresenta os Cadernos do Estudante do Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho para os Centros Estaduais de Educação de Jovens e Adultos (CEEJAs). A proposta é oferecer um material pedagógico de fácil compreensão, que favoreça seu retorno aos estudos.

Sabemos quanto é difícil para quem trabalha ou procura um emprego se dedicar aos estudos, principalmente quando se parou de estudar há algum tempo.

O Programa nasceu da constatação de que os estudantes jovens e adultos têm experiências pessoais que devem ser consideradas no processo de aprendizagem. Trata-se de um conjunto de experiências, conhecimentos e convicções que se formou ao longo da vida. Dessa forma, procuramos respeitar a trajetória daqueles que apostaram na educação como o caminho para a conquista de um futuro melhor.

Nos Cadernos e vídeos que fazem parte do seu material de estudo, você perceberá a nossa preocupação em estabelecer um diálogo com o mundo do trabalho e respeitar as especificidades da modalidade de ensino semipresencial praticada nos CEEJAs.

Esperamos que você conclua o Ensino Médio e, posteriormente, continue estudando e buscando conhecimentos importantes para seu desenvolvimento e sua participação na sociedade. Afinal, o conhecimento é o bem mais valioso que adquirimos na vida e o único que se acumula por toda a nossa existência.

Bons estudos!

Secretaria da Educação  
Secretaria de Desenvolvimento  
Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação

## APRESENTAÇÃO

Estudar na idade adulta sempre demanda maior esforço, dado o acúmulo de responsabilidades (trabalho, família, atividades domésticas etc.), e a necessidade de estar diariamente em uma escola é, muitas vezes, um obstáculo para a retomada dos estudos, sobretudo devido à dificuldade de se conciliar estudo e trabalho. Nesse contexto, os Centros Estaduais de Educação de Jovens e Adultos (CEEJAs) têm se constituído em uma alternativa para garantir o direito à educação aos que não conseguem frequentar regularmente a escola, tendo, assim, a opção de realizar um curso com presença flexível.

Para apoiar estudantes como você ao longo de seu percurso escolar, o Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho produziu materiais especificamente para os CEEJAs. Eles foram elaborados para atender a uma justa e antiga reivindicação de estudantes, professores e sociedade em geral: poder contar com materiais de apoio específicos para os estudos desse segmento.

Esses materiais são seus e, assim, você poderá estudar nos momentos mais adequados – conforme os horários que dispõe –, compartilhá-los com sua família, amigos etc. e guardá-los, para sempre estarem à mão no caso de futuras consultas.

Os Cadernos do Estudante apresentam textos que abordam e discutem os conteúdos propostos para cada disciplina e também atividades cujas respostas você poderá registrar no próprio material. Nesses Cadernos, você ainda terá espaço para registrar suas dúvidas, para que possa discuti-las com o professor sempre que for ao CEEJA.

Os vídeos que acompanham os Cadernos do Estudante, por sua vez, explicam, exemplificam e ampliam alguns dos assuntos tratados nos Cadernos, oferecendo informações que vão ajudá-lo a compreender melhor os conteúdos. São, portanto, um importante recurso com o qual você poderá contar em seus estudos.

Além desses materiais, o Programa EJA – Mundo do Trabalho tem um site exclusivo, que você poderá visitar sempre que desejar: <<http://www.ejamundodotrabalho.sp.gov.br>>. Nele, além de informações sobre o Programa, você acessa os Cadernos do Estudante e os vídeos de todas as disciplinas, ao clicar na aba **Conteúdo CEEJA**. Já na aba **Conteúdo EJA**, poderá acessar os Cadernos e vídeos de Trabalho, que abordam temas bastante significativos para jovens e adultos como você.

Os materiais foram produzidos com a intenção de estabelecer um diálogo com você, visando facilitar seus momentos de estudo e de aprendizagem. Espera-se que, com esse estudo, você esteja pronto para realizar as provas no CEEJA e se sinta cada vez mais motivado a prosseguir sua trajetória escolar.

TENHO DÚVIDAS JÁ ESTUDEI 

<b>Unidade 1 – Energia mecânica.....</b>	<b>9</b>		
Tema 1 – Energia.....	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – Energia mecânica.....	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Conservação da energia mecânica.....	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4 – Geração de energia elétrica.....	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Unidade 2 – Energia térmica.....</b>	<b>35</b>		
Tema 1 – O que é temperatura.....	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – O calor e sua propagação.....	42	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Efeitos do calor.....	53	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4 – Máquinas térmicas.....	64	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Unidade 3 – Som e energia sonora.....</b>	<b>70</b>		
Tema 1 – Ondas e suas características.....	70	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – Som: energia sonora.....	81	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Audição e fala.....	90	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4 – Geração de energia elétrica por meio de ondas.....	95	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Unidade 4 – Luz: energia luminosa.....</b>	<b>99</b>		
Tema 1 – A luz e suas propriedades.....	99	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – Fenômenos ópticos.....	108	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Visão e cores dos objetos.....	122	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4 – Luz: fonte de energia elétrica.....	131	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Caro(a) estudante,

Neste Volume, você vai estudar um conceito muito importante para a ciência em geral e a Física em particular: o conceito de energia.

Na Unidade 1, o assunto será a energia. Nela, você vai explorar a construção do conceito de energia e seus diversos tipos. Em seguida, estudará um dos tipos mais conhecidos e utilizados de energia, a energia mecânica, que está ligada diretamente ao movimento ou à capacidade de realizá-lo. Vai ver, também, que a ideia de energia está relacionada à possibilidade de realizar trabalho.

Na Unidade 2, o tema será a energia térmica. Nela, você vai estudar essa forma de energia, bastante utilizada pela humanidade desde tempos bem remotos, seus efeitos sobre os materiais e seus vários usos. Vai estudar, também, como a utilização da energia térmica revolucionou a história da humanidade, possibilitando a construção de máquinas térmicas.

A energia sonora será o tema da Unidade 3. Nela você vai ver o que é o som e como ele é produzido, analisando suas propriedades e como elas podem ser utilizadas para diferenciar um som de outro. Vai explorar, também, como se mede a intensidade sonora de uma fonte e seus efeitos sobre o corpo humano.

Finalmente, o assunto da Unidade 4 será a energia luminosa, em que você vai estudar a luz e os fenômenos ópticos, como reflexão e refração, o que vai permitir analisar os instrumentos ópticos e como ocorre a visão. Vai estudar, ainda, quais são os principais problemas da visão e como corrigi-los.

Tudo isso vai ajudar você a se apropriar dos conhecimentos físicos como instrumentos de leitura de mundo e resolução de problemas. Ao possibilitar um olhar diferenciado para o mundo, esses instrumentos permitirão que você se posicione criticamente frente a situações-problema.

Bons estudos!



## TEMAS

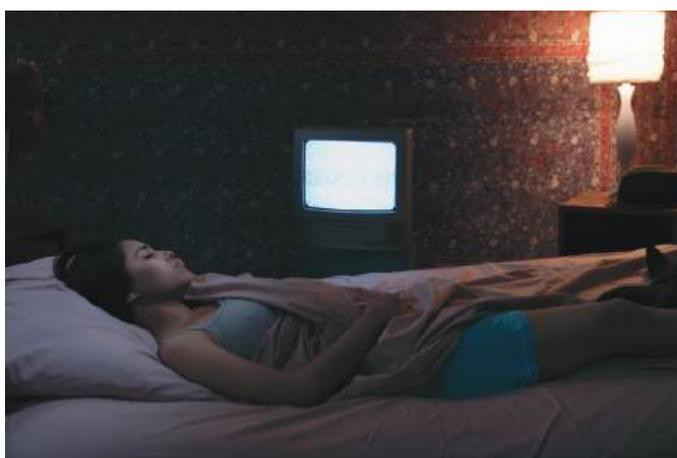
1. Energia
2. Energia mecânica
3. Conservação da energia mecânica
4. Geração de energia elétrica

## Introdução

Nesta Unidade, você vai estudar o conceito de energia e verificar que, embora bastante utilizado, esse conceito é novo e de difícil definição, tendo sido difundido somente ao longo do século XX.

## Energia TEMA 1

Para se manter vivo, respirar, movimentar-se, ler este texto, pensar e fazer todas as demais atividades do seu dia a dia, você utiliza energia. Essa energia é obtida dos alimentos e pode ser usada de várias formas, dependendo daquilo que se deseja realizar. Neste tema, você vai estudar o conceito de energia e algumas de suas formas, além de analisar como essas diferentes formas podem ser transformadas entre si.

 O QUE VOCÊ JÁ SABE?

© Steve Prezanti/Blend Images/Getty Images

A pessoa que você observa na imagem acima está dormindo. Sobre essa e outras situações de seu cotidiano, responda a seguir:

- Enquanto uma pessoa dorme, ela consome energia?



- Que atividades humanas você acha que consomem energia?
- Quais objetos que você observa na imagem precisam de energia para funcionar?
- Quais são os tipos de energia que você conhece?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---



## O conceito de energia

No senso comum, energia pode ter vários significados, inclusive místicos, como energia negativa, energia dos minerais, energia dos chacras, energia vital etc.

A ciência associa energia à **capacidade que um corpo ou sistema tem de realizar algum trabalho ou transformar a matéria**. Energia é uma grandeza física que todo corpo ou sistema material possui. Ela pode mudar de forma, ser transmitida e atuar sobre outros sistemas ou corpos, gerando neles processos de transformação.

Um aparelho que pode ilustrar isso é o ventilador. Quando é ligado, ele transforma a energia elétrica, que recebe da tomada, em energia mecânica, que faz as pás da hélice girarem, produzindo o vento. Outro exemplo é o secador de cabelos: uma parte da energia elétrica que chega às casas, por meio dos fios da rede elétrica, faz aquecer o ar, e outra parte faz as pás do secador girarem, produzindo o vento. O vento aquecido gerado pelo secador faz os cabelos secarem mais rapidamente.

A unidade utilizada para medir energia no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o joule (J), mas também é comum se utilizar o quilowatt-hora (kWh) para medir energia elétrica; e a caloria (cal), principalmente para medir energia térmica.

### ATIVIDADE

#### 1

### Unidades de energia

Observe a tabela a seguir: é o rótulo de uma embalagem de leite condensado. Nele é possível identificar o valor energético de uma porção de 20 g em duas unidades de energia: quilocalorias (kcal), que equivale a 1.000 cal, e quilojoules (kJ),





que equivale a 1.000 J. Com base nesses dados, qual é a relação entre essas unidades? Ou seja, uma caloria equivale a quantos joules?

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 20 g (2 colheres de sobremesa)		
Quantidade por porção		
Valor energético	63 kcal = 265 kJ	3%
Carboidratos	4,0 g	1%
Proteínas	8,0 g	11%
Gorduras totais	6,0 g	11%
Gorduras saturadas	3,6 g	16%
"Não contém quantidade significativa de gorduras trans e fibra alimentar."		

\* % Valores diários com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

ANVISA. Rotulagem Nutricional Obrigatória. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/rotulos/leite/condensado.htm>>. Acesso em: 17 out. 2014.

## ATIVIDADE 2 Utilizando energia

Desde a hora que você acorda até a hora em que vai dormir, utiliza uma série de máquinas e aparelhos que precisam de energia para funcionar. Seja uma lâmpada ou no transporte utilizado, a energia se faz presente. Faça uma lista de máquinas ou aparelhos que você utiliza num dia comum e que, em sua opinião, precisam de energia para funcionar.

---



---



---



---



---



---





## MOMENTO CIDADANIA

### O acesso à energia

Todo ser vivo precisa de energia para realizar atividades essenciais para sua sobrevivência, como respiração, movimento, metabolismo, digestão etc., pois todas elas consomem energia. Por isso, é preciso se alimentar (os alimentos são o “combustível” do corpo). Quando falta alimento, falta energia, e, se isso acontecer por muito tempo, o corpo acaba sucumbindo.

Além disso, o ser humano consome energia para melhorar sua qualidade de vida em hospitais, transporte, meios de comunicação (como computadores e TVs), iluminação, aquecimento etc. Em sua opinião, todos têm acesso à energia no Brasil?

O decreto nº 7.520, de 8 de julho de 2011, estabelece, em seu artigo 1º, que:

Fica instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – ‘LUZ PARA TODOS’, para o período de 2011 a 2014, destinado a propiciar o atendimento em energia elétrica à parcela da população do meio rural que não possui acesso a esse serviço público.

Você acha que o Estado está cumprindo sua função, como determina o decreto? Em sua opinião, o que poderia ser feito para ampliar o acesso da população brasileira aos benefícios trazidos pela energia elétrica?



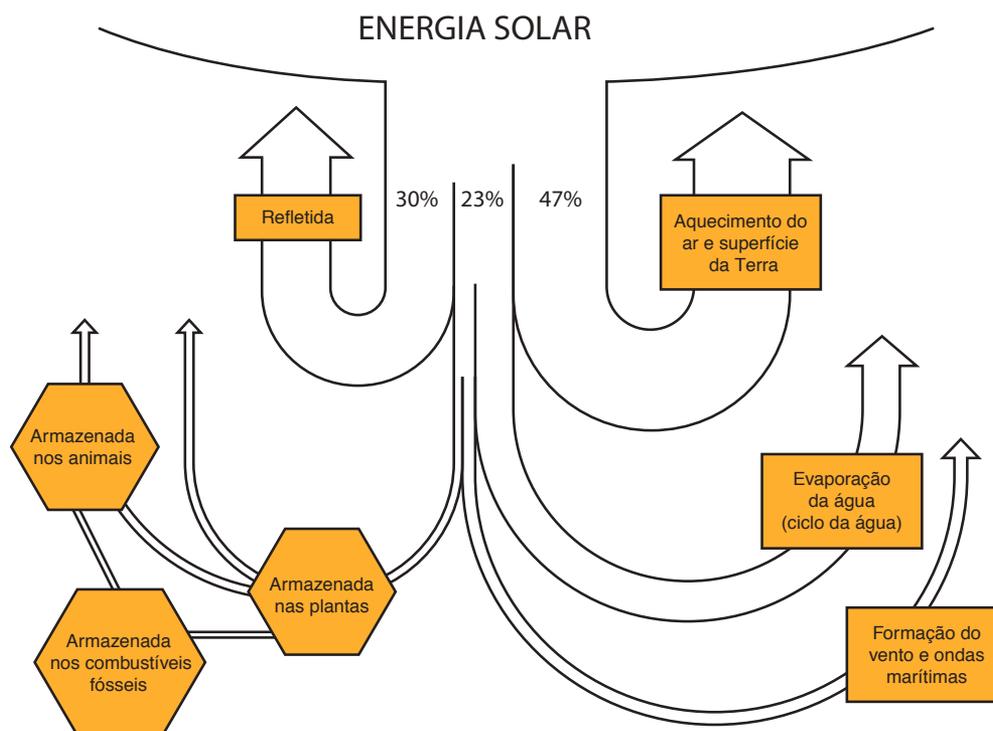
### Transformação e conservação de energia

A energia não pode ser criada nem destruída, ou seja, ela se conserva e pode apenas ser transformada de uma forma em outra. Por isso, sempre que uma forma de energia é utilizada para realizar algum trabalho ou qualquer atividade, pode-se questionar: de onde veio essa energia?

Aqui na Terra, praticamente toda energia utilizada vem do Sol, sendo a energia nuclear uma das exceções. O Sol emite uma grande quantidade de energia, que atravessa o espaço. Uma parte dela incide sobre a Terra, sendo nossa fonte primária de energia, que ilumina o planeta, aquece a atmosfera e viabiliza a vida. Esse aquecimento também gera os ventos e alimenta o ciclo da água e do carbono, entre outros. A energia que vem do Sol é absorvida pelas plantas, que realizam fotossíntese, transformando essa energia solar em energia química. Essa energia química é armazenada nas ligações entre as moléculas que as constituem. Essas plantas, por sua vez, servem de fonte de energia para outros seres vivos.



## Absorção e reflexão da energia solar que chega à Terra



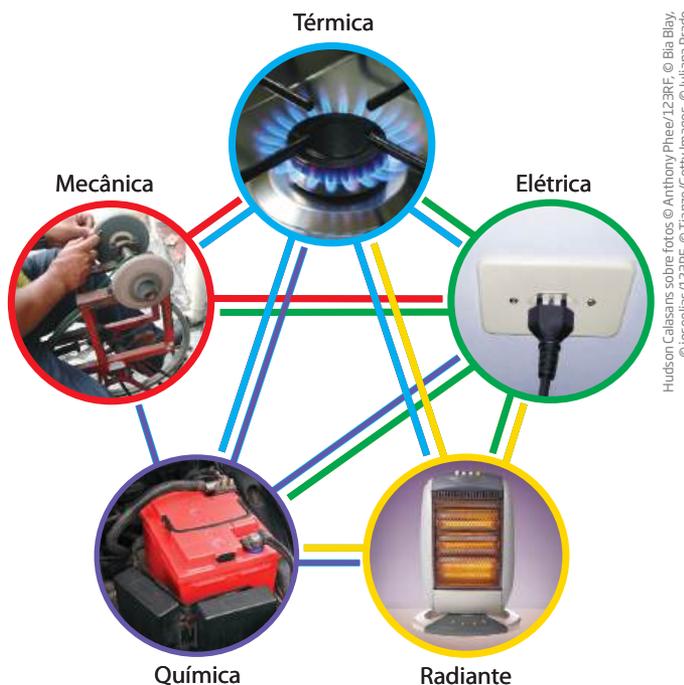
Por esse motivo, os alimentos podem ser considerados “combustíveis” para os seres vivos. Quando comemos, ingerimos esses alimentos e transformamos a energia química armazenada neles em calor, para regular a temperatura do corpo, e em energia mecânica, que nos permite realizar movimentos voluntários e involuntários, como andar, manter o sangue circulando, digerir, respirar, ver, ouvir, piscar etc. Se não conseguimos consumir toda a energia que ingerimos, começamos a armazenar o que sobrou principalmente na forma de gorduras, cujo excesso pode fazer mal à saúde.

Outros combustíveis, extraídos da biomassa fóssil ou atual, como o petróleo e seus derivados, o álcool, o biodiesel, entre outros, também têm como fonte a energia que vem do Sol, armazenada nas ligações químicas que se estabelecem entre suas moléculas. Quando o motor de um carro é acionado, por exemplo, ele transforma a energia química do combustível em energia térmica, que esquenta o motor, e em energia mecânica, que faz as rodas girarem, movimentando o carro.

Pilhas e baterias são objetos que armazenam energia química e a convertem em energia elétrica. Se as pilhas estiverem em uma lanterna, por exemplo, essa energia elétrica será transformada em energia luminosa por meio de uma lâmpada. Já uma célula fotoelétrica (por exemplo, um painel solar) faz a transformação contrária, convertendo a luz solar em energia elétrica, que depois pode ser transformada e armazenada em energia química por meio de um carregador de baterias. Dizer que uma pilha



descarregou significa dizer que ela simplesmente não consegue mais transformar a energia química que estava nela armazenada em outras formas de energia, como energia elétrica, mecânica ou térmica. Por isso, sempre que observar algo acontecendo, você pode se questionar: de onde vem a energia para que isso aconteça?



Hudson Calabans sobre fotos: © Anthony Phee/123RF, © Bia Blay, © Joseellas/123RF, © Tjanze/Getty Images, © Juliana Prado

A energia não é criada nem destruída; ela se transforma e pode ser transferida de um sistema a outro.

## ATIVIDADE

### 3

## Absorção e reflexão da energia solar

Observe a figura *Absorção e reflexão da energia solar que chega à Terra* (p. 13), que mostra a energia que vem do Sol e atinge a Terra, e responda:

**1** Qual é a porcentagem da energia que vem do Sol e é refletida pela Terra?

---

**2** Se a porcentagem de energia refletida pela Terra fosse maior, o que aconteceria com a temperatura da Terra? E se essa porcentagem fosse menor?

---



---



---



---



---









## Energia mecânica: cinética + potencial

A energia mecânica é uma das formas de energia mais conhecidas e utilizadas pela humanidade. Essa forma de energia está associada ao movimento ou à possibilidade de produzir algum tipo de movimento. Quando a energia está armazenada ou acumulada para ser utilizada, como em uma represa ou numa bateria, ela é chamada de **energia potencial**. Quando ela está movimentando algo, é chamada de **energia cinética**. Em outras palavras, a energia cinética está associada ao movimento, enquanto a energia potencial está associada à possibilidade de gerar ou modificar um movimento.

### Energia cinética

A energia é necessária tanto para iniciar como para manter um movimento. A energia que um corpo possui quando está em movimento é chamada de energia cinética.

As principais grandezas que caracterizam a facilidade ou a dificuldade de um corpo para se movimentar são sua massa e sua velocidade. Por isso, a energia cinética ( $E_c$ ) de um corpo em movimento depende destes dois fatores:

- a **massa (m)** do corpo;
- a **velocidade (v)** do corpo.

Pode-se sintetizar isso na equação:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$E_c$ : energia cinética (medida em J);  
 $m$ : massa do corpo (em kg);  
 $v$ : velocidade do corpo (em m/s).

Assim, se um carro de massa 800 kg se movimentar com velocidade de 72 km/h (20 m/s), sua energia cinética ( $E_c$ ) será de  $800 \cdot \frac{20^2}{2} = 800 \cdot \frac{400}{2} = 160.000 \text{ J}$  ou 160 kJ.



Quanto maior forem a massa e a velocidade da atleta em movimento, mais energia cinética ela terá.

## ATIVIDADE 1 Energia cinética

Um caminhão de massa 2.000 kg move-se com velocidade de 54 km/h (15 m/s), e um carro de massa 800 kg move-se com velocidade de 90 km/h (25 m/s). Qual deles possui mais energia cinética?

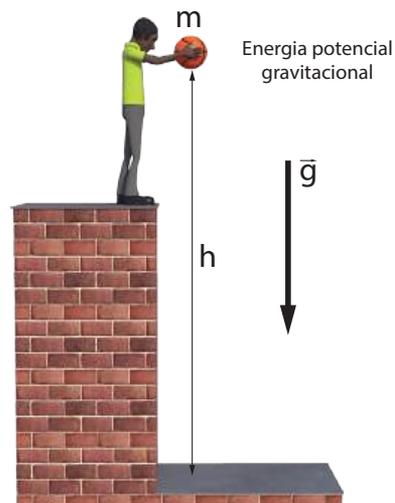
### Energia potencial gravitacional

Um objeto abandonado em um ponto mais elevado em relação a outro ponto cai, porque o planeta Terra o atrai com uma força chamada de força gravitacional. Por causa da força gravitacional, a velocidade dos corpos em queda aumenta com aceleração constante (igual ao valor da aceleração da gravidade da Terra, desprezando-se a resistência do ar). Sendo assim, um objeto, mesmo que esteja parado, mas a certa distância do solo (ou nível de referência), tem energia **potencial**, pois, se ele for solto, entrará em movimento. A energia que um corpo tem por estar a certa distância em relação ao nível de referência é chamada de **energia potencial gravitacional**.

#### Grandezas que influem na energia potencial gravitacional

A energia potencial gravitacional depende de três fatores (observe a figura ao lado):

- da **massa ( $m$ )** do corpo: quanto maior a massa, maior a energia armazenada por ele;
- da **altura ( $h$ )** do objeto em relação ao solo: quanto mais alto, maior a energia armazenada;
- da **aceleração da gravidade ( $g$ )**: quanto maior a gravidade, mais energia o corpo armazena.



A energia potencial gravitacional depende da altura  $h$ , da massa  $m$  e da aceleração da gravidade  $g$ .

A representação da energia potencial gravitacional é dada pela seguinte equação:

$$E_g = m \cdot g \cdot h$$

$E_g$ : energia potencial gravitacional;  
 $m$ : massa do corpo;  
 $g$ : aceleração da gravidade;  
 $h$ : altura do corpo em relação a um ponto (nível) de referência.

Quando um corpo está acima do nível de referência, ele tem energia potencial positiva em relação a esse nível, mas, se estiver abaixo, terá energia potencial negativa, sendo a referência de escolha livre em cada caso.

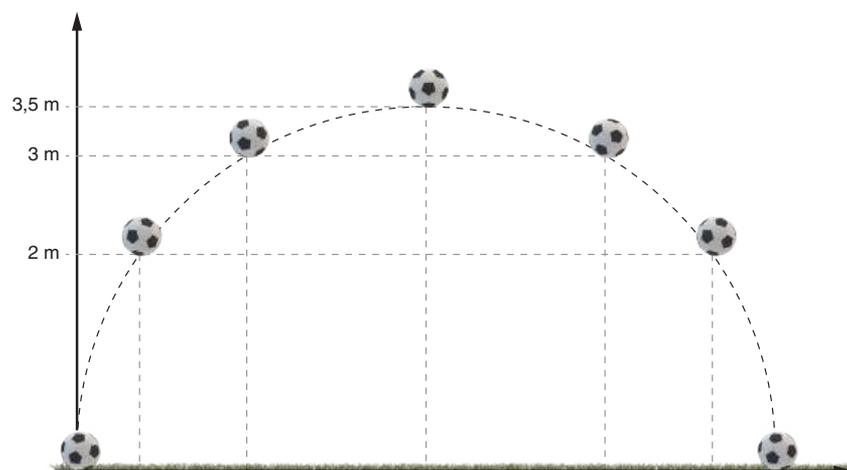
Para subir com uma caixa em uma escada será necessário que alguém realize um trabalho motor para a caixa ganhar energia potencial, mas, para descer com esta caixa, será necessário que alguém realize um trabalho resistente, para a energia gravitacional da caixa diminuir, conforme a caixa desce, mas sem acelerar. A força peso “ajuda” a caixa a descer (a força peso realiza trabalho motor na descida), enquanto na subida ela “freia” a caixa (a força peso realiza trabalho resistente na subida).



Uma pessoa no 2º andar do edifício tem energia potencial gravitacional negativa em relação a outra que estiver no 3º andar, mas tem energia positiva em relação a quem estiver no 1º andar, por exemplo.

### Exemplo 1

Uma bola de futebol, cuja massa é de 450 g (0,450 kg), é chutada para o alto, como mostra a figura.



a) Qual é a energia potencial gravitacional da bola nas alturas indicadas em relação ao solo?



Como a energia gravitacional é calculada pela equação  $E_g = m \cdot g \cdot h$ , adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , tem-se:

- para a altura de 2 m,  $E_g = 0,450 \cdot 10 \cdot 2 = 9 \text{ J}$ ;
- para a altura de 3 m,  $E_g = 0,450 \cdot 10 \cdot 3 = 13,5 \text{ J}$ ;
- para a altura 3,5 m,  $E_g = 0,450 \cdot 10 \cdot 3,5 = 15,75 \text{ J}$ .

b) Qual é a energia potencial da bola na posição 3 m em relação à altura de 2 m?

Para isso, basta subtrair as energias de cada altura, ou seja,  $E_{g_{3,2}} = 13,5 - 9 = 4,5 \text{ J}$ .

### Exemplo 2

A figura mostra uma caixa-d'água de 250 L colocada no forro de uma casa a 4 m do solo. Sabendo que a densidade da água é de 1 kg/L, determine a energia potencial gravitacional armazenada nessa caixa-d'água. Considere que a massa da caixa-d'água vazia é desprezível e que ela está completamente cheia.

Como a caixa tem 250 L, então ela tem 250 kg de água (250 L = 250 kg), e a energia potencial gravitacional armazenada será  $E_g = m \cdot g \cdot h = 250 \cdot 10 \cdot 4 = 10.000 \text{ J}$  ou 10 kJ.



## ATIVIDADE 2 Energia potencial gravitacional

1 Imagine que um bate-estacas que tem massa de 40 kg está a 6 m do solo. A aceleração da gravidade vale  $10 \text{ m/s}^2$ . Determine a energia potencial dessa massa em relação ao solo.



2 Uma caixa-d'água de 500 L está localizada a 15 m de altura do solo. Calcule a energia potencial gravitacional que ela armazena nessa situação. Lembre-se de





que 1 L de água tem massa equivalente a 1 kg e considere que a massa da caixa-d'água é desprezível e que ela está completamente cheia.

## Energia potencial elástica

Outra forma de armazenar energia é utilizar objetos flexíveis ou elásticos. Os estilingues usados pelas crianças para lançar objetos têm uma tira de borracha, que é um material elástico. Para usá-lo, basta colocar um objeto junto à tira de borracha e esticá-la, fazendo-a armazenar energia. A essa energia armazenada na tira de borracha dá-se o nome de **energia potencial elástica**. Quando for solta, antes de retornar ao seu tamanho original, a borracha transfere essa energia potencial elástica para o objeto (uma pedra, por exemplo) sob a forma de energia cinética.

Outros sistemas que também podem armazenar energia potencial elástica são os arcos, as camas elásticas, os colchões em geral etc.



© Album/Alq-Images/LatinStock

O arco indígena é um sistema que pode armazenar energia potencial elástica e transferi-la para a flecha, que ganha energia cinética e se movimenta pelo espaço. [Jean-Baptiste Debret. *Caboclo, índio civilizado*, 1834.]



Imagem do acervo do Projeto Peritinari. Reprodução autorizada por João Candido Portinari.

Candido Portinari. *Menino com estilingue*, 1947.





## DESAFIO

O salto com vara é, sem dúvida, uma das disciplinas mais exigentes do atletismo. Em um único salto, o atleta executa cerca de 23 movimentos em menos de 2 segundos. Na última Olimpíada de Atenas a atleta russa, Svetlana Feofanova, bateu o recorde feminino, saltando 4,88 m.

A figura a seguir representa um atleta durante um salto com vara, em três instantes distintos.



Assinale a opção que **melhor** identifica os tipos de energia envolvidos em cada uma das situações I, II, e III, respectivamente.

- a) – cinética – cinética e gravitacional – cinética e gravitacional
- b) – cinética e elástica – cinética, gravitacional e elástica – cinética e gravitacional
- c) – cinética – cinética, gravitacional e elástica – cinética e gravitacional
- d) – cinética e elástica – cinética e elástica – gravitacional
- e) – cinética e elástica – cinética e gravitacional – gravitacional

Universidade Federal Fluminense (UFF), 2005. Disponível em: <[http://www.coseac.uff.br/vest2005/provas/UFF\\_Vestibular\\_2005\\_1aEtapa.pdf](http://www.coseac.uff.br/vest2005/provas/UFF_Vestibular_2005_1aEtapa.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2015.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Energia cinética

Utilizando a fórmula  $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$  e substituindo as incógnitas pelos valores dados, têm-se:

- para o caminhão:  $E_c = \frac{2.000 \cdot 15^2}{2} = 225.000 \text{ J};$
- para o carro:  $E_c = \frac{800 \cdot 25^2}{2} = 250.000 \text{ J};$

Portanto, o carro tem mais energia cinética do que o caminhão.

### Atividade 2 - Energia potencial gravitacional

**1** A energia gravitacional pode ser calculada pela fórmula  $E_g = m \cdot g \cdot h$ .

Como  $m = 40 \text{ kg}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e  $h = 6 \text{ m}$ , substituindo os valores na equação, tem-se que:

$$E_g = 40 \cdot 10 \cdot 6 = 2.400 \text{ J}$$

Sendo assim, a massa tem +2.400 J de energia em relação ao solo, pois está acima dele.

**2** A energia gravitacional pode ser calculada pela fórmula  $E_g = m \cdot g \cdot h$ . Como  $m = 500 \text{ kg}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e  $h = 15 \text{ m}$ , substituindo os valores na equação, tem-se que:  $E_g = 500 \cdot 10 \cdot 15 = 75.000 \text{ J}$ . Assim, a caixa-d'água tem +75.000 J de energia em relação ao chão (rua), pois está acima dele, ou seja, ela armazena 75 mil J de energia potencial gravitacional.

### Desafio

Alternativa correta: c. Na figura I, a atleta está correndo (energia cinética); na figura II, está em movimento ascendente (energia cinética), a uma certa altura (energia gravitacional), e a vara está flexionada (energia elástica); e, na figura III, a atleta está caindo, portanto tem movimento (energia cinética), e está em determinada altura (energia gravitacional).





Quando um corpo é abandonado de certa altura, ele cai e vai aumentando sua velocidade durante a queda. Então, você pode se perguntar: de onde vem a energia cinética que esse corpo ganha durante a queda?

Neste tema, você vai estudar um importante princípio que ajuda a responder a essa questão: o princípio da conservação da energia.

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A figura ao lado mostra um menino se divertindo ao descer por um tobogã. Reflita sobre a situação e responda:

- Que tipo de energia ele tem quando está na parte mais alta do tobogã?
- Que tipo de energia mecânica ele possui durante a descida?
- Qual energia ele possui ao chegar na água?



Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---



---

### Energia mecânica e sua conservação

Quando um corpo está num local mais alto do que outro, ele possui energia potencial gravitacional. Essa energia pode ser utilizada para gerar movimento, fazendo o corpo se deslocar do ponto mais alto para o mais baixo.

Nesse processo, a energia potencial gravitacional vai se transformando em energia cinética durante a descida. Na parte mais baixa, essa energia potencial acaba totalmente transformada em energia cinética. Portanto, **se não houver forças de atrito, a energia mecânica do sistema será totalmente conservada**, ou seja, a soma das energias cinética e potencial será sempre a mesma nas diferentes

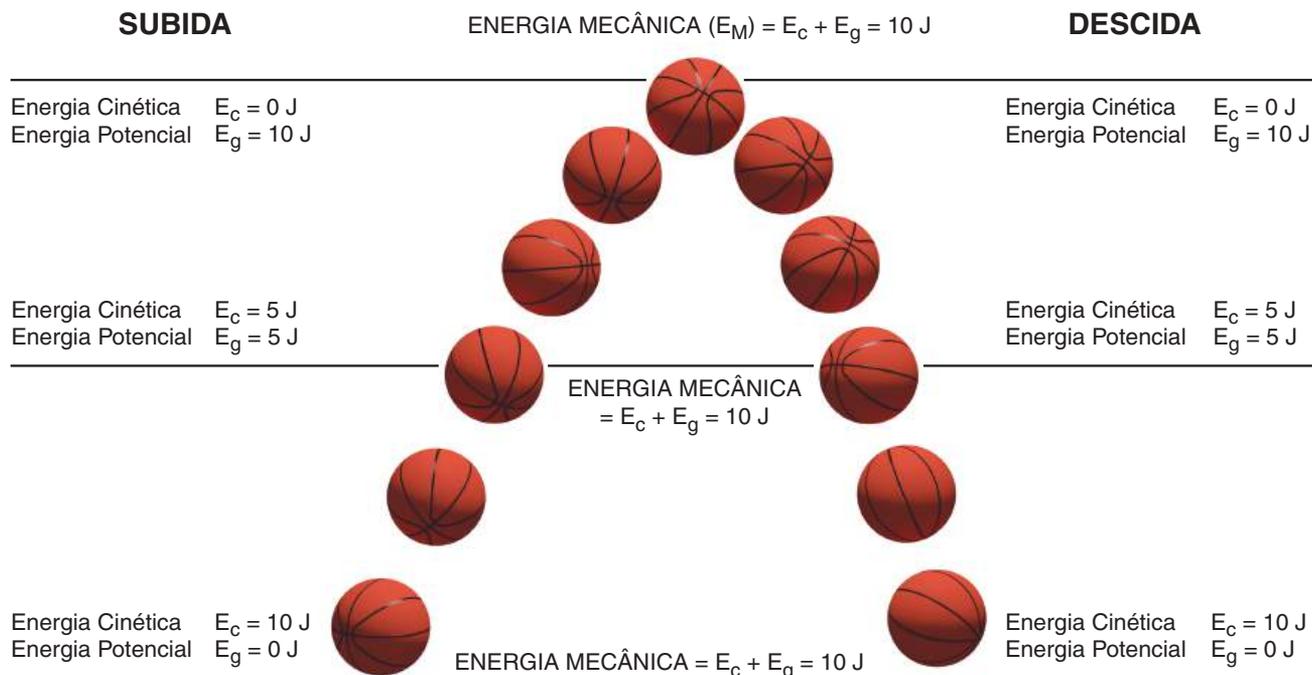
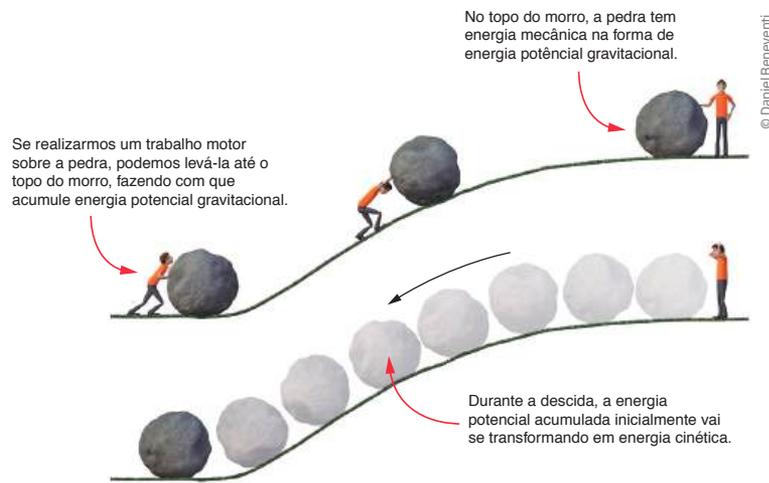


partes do movimento. Nesse caso, o sistema é chamado de **conservativo**, já que conserva a energia mecânica.

A energia cinética de um corpo pode ser facilmente transformada em outras formas de energia mecânica, como a gravitacional ou a elástica. Se você lançar um objeto para o alto, verá que, enquanto ele sobe, sua velocidade diminui até atingir a altura máxima. Nesse instante, ele para e começa a cair.

Enquanto o objeto sobe, ocorre a transformação da energia cinética em potencial gravitacional, e, quando desce, ocorre o inverso, com a transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética. Por isso, sua velocidade aumenta durante a queda.

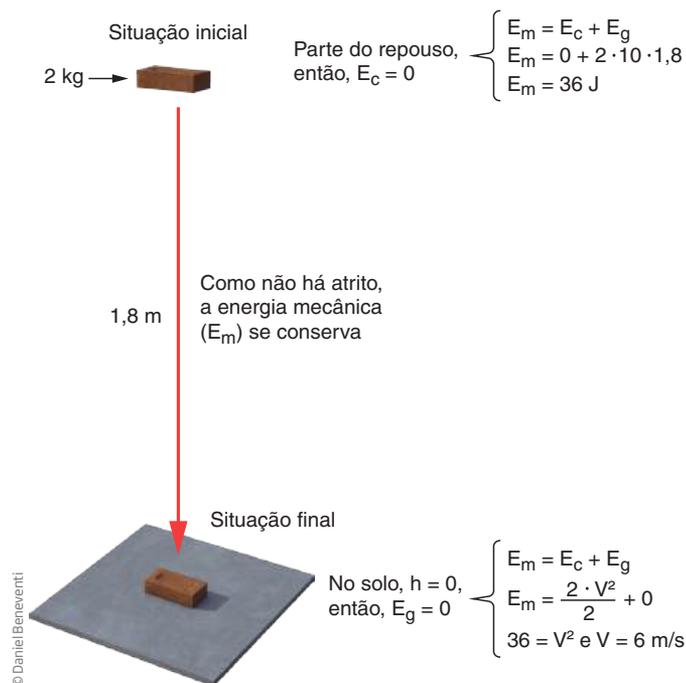
Da mesma forma, a energia cinética de um atleta pode ser transformada em energia potencial elástica ao, por exemplo, deformar uma cama elástica.



Energia mecânica no lançamento de uma bola.

## Exemplo

Um corpo de massa 2 kg é abandonado a partir do repouso de uma altura de 1,8 m em relação ao solo. Determine a velocidade do corpo ao atingir o solo. Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Despreze atritos e resistência do ar.



## Dissipação da energia mecânica

Quando forças de atrito agem, uma parte da energia mecânica é dissipada, geralmente transformada em energia térmica (calor) e energia sonora (barulho). É o que acontece, por exemplo, quando você bate palmas ou esfrega as mãos para aquecê-las. Nesse caso, o sistema é **dissipativo**, porque a energia se dissipa e a variação da energia mecânica ( $\Delta E_m$ ) corresponde ao trabalho da força de atrito ( $\tau_{fat}$ ), ou seja,  $\Delta E_m = \tau_{fat}$ , em que  $\Delta E_m$  é a variação entre a energia mecânica final e a inicial ( $E_f - E_i$ ).

O símbolo “ $\Delta$ ” (lê-se “delta”) é utilizado para indicar variação de determinada grandeza.



**ASSISTA!**

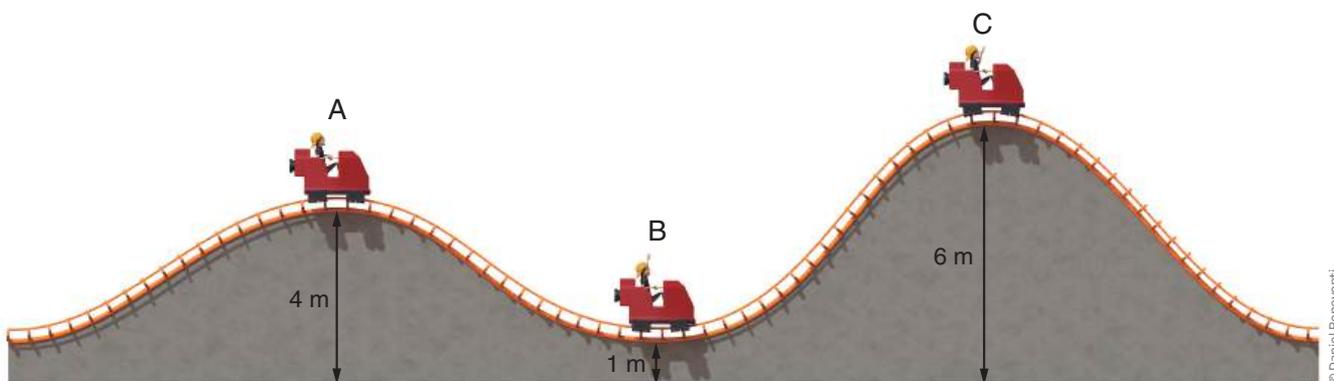
Física – Volume 2

*Energia: movimento e transformação*

Esse vídeo apresenta o conceito de energia, especifica e aprofunda as diversas formas de energia mecânica e sua conservação. Como faz uma síntese dos temas estudados, ele pode ajudá-lo a problematizar e a sistematizar os conhecimentos construídos durante seus estudos.

**ATIVIDADE 1** Montanha-russa

Em um parque de diversões, um carrinho com 10 kg de massa passeia por um trecho de uma montanha-russa, passando por A com velocidade de 8 m/s, por B com velocidade de 9 m/s, e por C com velocidade de 5 m/s, conforme mostra a figura a seguir.



**1** Determine os valores da energia cinética, potencial gravitacional e mecânica do carrinho nos pontos A, B e C indicados na figura, anotando os resultados no quadro a seguir.

Ponto	Energia cinética (J)	Energia potencial gravitacional (J)	Energia mecânica (J)
A			
B			
C			

**2** O sistema é conservativo? Justifique sua resposta.

---

---

---



## DESAFIO

Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:

Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que

- a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.



Enem 2011. Prova azul. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2011/01\\_AZUL\\_GAB.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2011/01_AZUL_GAB.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Montanha-russa

1 Utilizando a fórmula  $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$  e substituindo os valores dados, então

- para o ponto A:  $E_c = \frac{10 \cdot 8^2}{2} = 320 \text{ J}$ ;
- para o ponto B:  $E_c = \frac{10 \cdot 9^2}{2} = 405 \text{ J}$ ;
- para o ponto C:  $E_c = \frac{10 \cdot 5^2}{2} = 125 \text{ J}$ .

Nesse caso, a energia potencial é gravitacional e pode ser calculada pela fórmula  $E_g = m \cdot g \cdot h$ . Substituindo os valores dados:

- para o ponto A:  $E_g = 10 \cdot 10 \cdot 4 = 400 \text{ J}$ ;
- para o ponto B:  $E_g = 10 \cdot 10 \cdot 1 = 100 \text{ J}$ ;
- para o ponto C:  $E_g = 10 \cdot 10 \cdot 6 = 600 \text{ J}$ .





A geração de energia elétrica é uma questão muito importante no mundo moderno. Existem várias formas de obtê-la a partir da transformação de outros tipos de energia. Neste tema, você vai estudar como isso pode ser feito por meio da energia gravitacional.



### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Refleta e responda: Como seria sua vida sem acesso à energia elétrica?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria sua resposta.

---



---



---



---



### A energia elétrica

A energia sempre foi fundamental para a nossa existência. Sem luz e calor, providos pelo Sol, sequer haveria vida na Terra. Ao longo de milhares de anos, a humanidade aprendeu a dominar e a utilizar diferentes formas de energia, a fim de ter mais conforto e desenvolvimento.

Depois do domínio do fogo e da construção das máquinas a vapor, foi o controle da energia elétrica que mais transformou a vida do ser humano. É ela que, atualmente, torna possível acessar computadores, internet e celulares para comunicação; TV, *video games* e cinema para entretenimento, embora, há um século, já garantisse a operação de eletrodomésticos para as tarefas caseiras, lâmpadas para iluminação, aparelhos médicos em hospitais etc.

#### ATIVIDADE

#### 1 Noite na América do Sul

**1** A figura a seguir mostra um registro da América do Sul à noite, construído por meio de fotomontagem com imagens sem nuvens obtidas por um satélite. Reflita sobre a imagem a seguir e responda às questões.



a) O que representam os pontos claros na imagem?

---

---

b) Eles se distribuem de maneira uniforme?

---

c) É possível estabelecer alguma relação entre essas áreas mais claras à noite e as maiores cidades do Brasil?

---

---

---

**2** Como é gerada a energia que produz e alimenta as áreas mais claras na imagem?

---

---

---



## Geração de energia elétrica

Gerar energia elétrica é um desafio constante, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, cujo consumo energético não para de crescer. A energia usada para suprir as necessidades da industrialização, que se intensificou a partir dos anos 1950, veio, na maior parte, de usinas hidroelétricas (ou hidrelétricas). Mas a necessidade de diversificar as fontes de energia levou, a partir dos anos 1960, à construção de várias outras usinas termoelétricas (ou termelétricas), movidas a energia nuclear ou combustíveis fósseis, como carvão mineral, óleo diesel e gás natural.

### Produção de energia elétrica

Para produzir eletricidade em grandes quantidades, utiliza-se um método básico: giram-se as hélices de uma turbina, que, por sua vez, movimentam um gerador. É o gerador que transforma outras formas de energia em energia elétrica, daí o seu nome. O que diferencia uma usina de outra é a fonte de energia que faz essas hélices girarem:

- a energia gravitacional das águas represadas, que vai gerar a ação das águas em queda (nas usinas hidroelétricas);

- a energia térmica, que gera a ação do vapor de água (nas usinas termoeletricas – entre elas, as usinas nucleares); ou
- a energia cinética dos ventos (nas usinas eólicas).

### Usina hidroelétrica



Usina hidroelétrica Tucuruí (PA).

### Usina termoeletrica



Usina termoeletrica na Islândia.

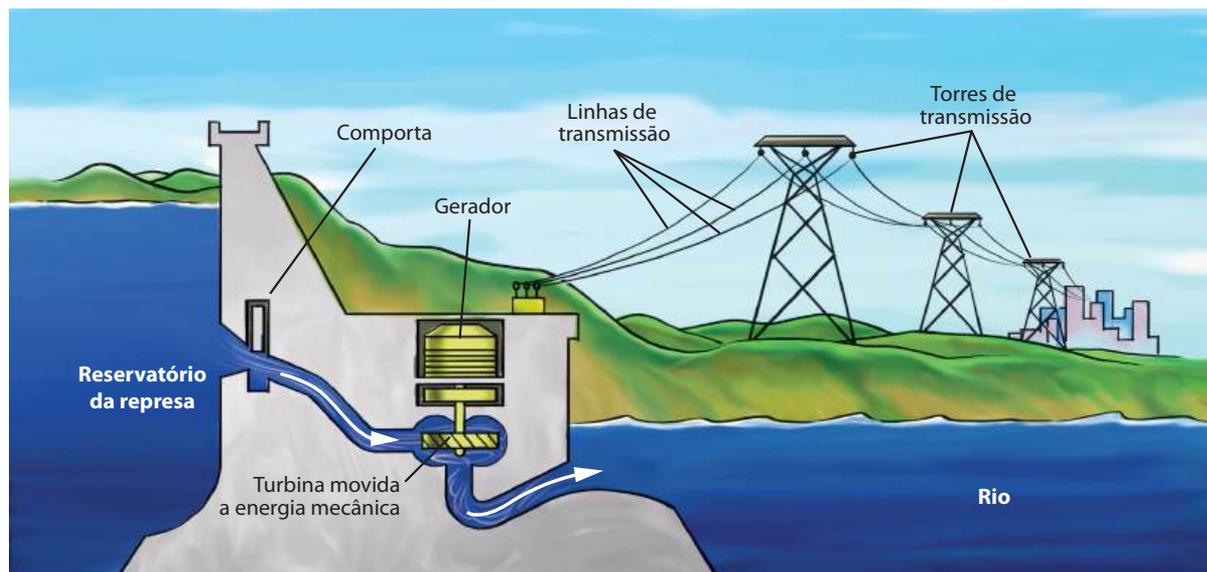
### Usina eólica



Parque eólico de Osório (RS).

A energia potencial gravitacional pode ser acumulada em grandes reservatórios de água. Então, se no percurso de um rio for construída uma barragem que forme um lago alto, a água acumulada armazenará energia potencial gravitacional, que poderá ser convertida em energia elétrica na usina hidroelétrica.

Se for feita uma abertura na barragem, próxima ao fundo do lago, a água vai sair com grande pressão e jorrar com muita velocidade – portanto, com muita energia cinética. Assim, ela movimentará rodas-d'água, chamadas **turbinas**, ligadas ao **gerador** por um eixo. O gerador é a máquina que transforma a energia cinética da água em energia elétrica, justamente o contrário do que faria um motor elétrico de uma bomba-d'água.



As usinas hidroelétricas transformam a energia potencial gravitacional acumulada nas águas em energia elétrica, que é levada até as casas pelas linhas de transmissão.

## ATIVIDADE 2 Energia elétrica

Como é produzida a energia elétrica que você consome? Que tipo de usina você acha que a produz? Justifique sua resposta.

---



---



---

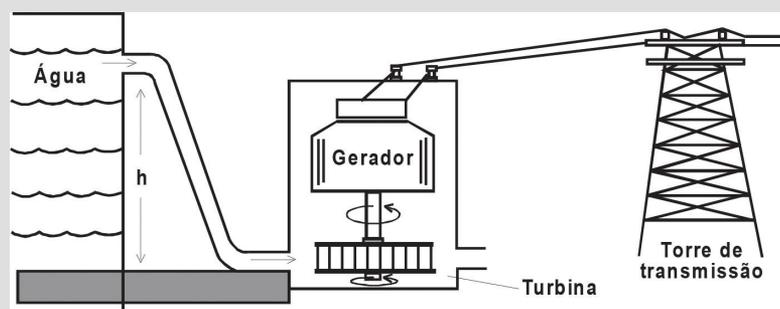


---



### DESAFIO

Na figura abaixo está esquematizado um tipo de usina utilizada na geração de eletricidade.



No processo de obtenção de eletricidade, ocorrem várias transformações de energia. Considere duas delas:

- I. cinética em elétrica
- II. potencial gravitacional em cinética

Analisando o esquema, é possível identificar que elas se encontram, respectivamente, entre:

- |   |   |
|---|---|
| a) I – a água no nível h e a turbina,       | II – o gerador e a torre de distribuição. |
| b) I – a água no nível h e a turbina,       | II – a turbina e o gerador.               |
| c) I – a turbina e o gerador,               | II – a turbina e o gerador.               |
| d) I – a turbina e o gerador,               | II – a água no nível h e a turbina.       |
| e) I – o gerador e a torre de distribuição, | II – a água no nível h e a turbina.       |

Enem 1998. Prova amarela. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/1998/1998\\_amarela.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/1998/1998_amarela.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.



As usinas hidroelétricas não produzem muitos gases do efeito estufa, mas inundam vastas áreas e estão sujeitas ao regime de chuvas. Reflita: você acha que elas são uma boa opção como fonte de energia elétrica para o Brasil? Como você justificaria sua resposta para uma pessoa que conhece pouco esse tema?



## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Noite na América do Sul

**1**

- a) Os pontos claros na imagem são luzes.
- b) Eles não se distribuem de maneira uniforme, pois há maior quantidade de pontos luminosos em algumas áreas da imagem, enquanto outras apresentam menor concentração desses pontos.
- c) É possível, sim, estabelecer alguma relação entre essas áreas mais claras à noite e as maiores cidades do Brasil, como o Rio de Janeiro e São Paulo, entre outras, pois há maior concentração populacional.

**2** Há várias formas possíveis de geração de energia. A principal forma no Brasil são as usinas hidroelétricas.

### Atividade 2 - Energia elétrica

No Estado de São Paulo, quase toda a energia utilizada é produzida em usinas hidroelétricas. Essa energia é gerada por meio da movimentação das turbinas pela água de represas. A água movimenta as turbinas, gerando eletricidade.

### Desafio

Alternativa correta: **d**. A energia cinética da água faz a turbina girar, acionando o gerador; o acúmulo da água faz sua altura aumentar e, assim, também aumenta sua energia potencial. A queda dessa água movimentará as turbinas.



### Registro de dúvidas e comentários

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## TEMAS

1. O que é temperatura
2. O calor e sua propagação
3. Efeitos do calor
4. Máquinas térmicas

## Introdução

Nesta Unidade, você vai estudar o conceito de calor. Vai ver que calor é uma manifestação de uma forma de energia, chamada energia térmica. Também estudará como o calor se propaga e quais são seus efeitos na matéria. Finalmente, vai analisar como funcionam as máquinas térmicas, nas quais o calor leva à realização de trabalho.

O que é temperatura **TEMA 1**

Neste tema, você vai conhecer a diferença entre temperatura e sensação térmica e estudar como se mede a temperatura e quais são as unidades mais utilizadas para medi-la.

**? O QUE VOCÊ JÁ SABE?**

A figura a seguir mostra uma funcionária em seu escritório. Pensando sobre esta e outras situações de seu cotidiano, responda:

- Qual é a função do ventilador na sala?
- O ventilador ligado faz que a temperatura do ambiente diminua?
- A roupa no varal seca mais rápido quando há vento ou quando não há vento?
- Por que, quando uma pessoa sente frio nas mãos, esfrega uma na outra para aquecê-las?



© Cary Doak/Alamy/Clow Images



Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---

### Temperatura e sensação térmica

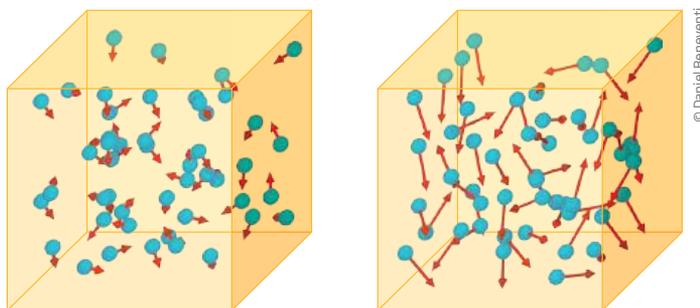
Em nosso dia a dia, o conceito de temperatura é associado à sensação térmica de quente e frio, o que pode gerar estimativas equivocadas de temperatura. A sensação térmica é a percepção da temperatura pelo indivíduo, que é influenciada pela temperatura ambiente e também por outros fatores, como estado de saúde, umidade do ar e velocidade do vento. A sensação térmica varia de uma pessoa para a outra, e até a mesma pessoa pode ter sensações térmicas distintas em uma mesma situação.

Assim, a sensação térmica não é um indicador preciso para decidir a condição térmica em um sistema. O conceito de temperatura será fundamental para isso.

### Energia térmica

A matéria é constituída de partículas muito pequenas, os átomos, que podem se agrupar em moléculas. Estas, por sua vez, estão em constante movimento e possuem, portanto, energia cinética.

De forma simplificada, pode-se dizer que **a soma da energia cinética de todas as partículas que constituem um corpo é a sua energia térmica**. Portanto, a energia térmica é a energia cinética do movimento dos átomos e moléculas que constituem um corpo.



Os átomos e as moléculas que constituem a matéria estão em constante movimento.

© Daniel Beneventi



A temperatura de um objeto é uma medida de seu estado térmico. Quanto mais alta a temperatura, mais intenso é o movimento das partículas. Quanto mais baixa a temperatura, menor é o movimento das partículas.



Quando são misturadas duas substâncias de temperaturas diferentes, a substância mais quente cede energia para a mais fria.

Sendo assim, quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, aquele que tem temperatura mais alta transfere energia térmica para o que está mais frio, até que a temperatura se equilibre. Quando isso acontece, o sistema formado por esses dois corpos entra em **equilíbrio térmico**, ou seja, fica com uma mesma temperatura. Essa energia térmica, que é transmitida de um corpo para o outro pela diferença de temperatura entre eles, é chamada de calor. Portanto, **calor é energia trocada por diferença de temperatura**.

### ATIVIDADE 1 Para onde vai o calor?

É possível perceber que, quando dois corpos com temperaturas diferentes são postos em contato, o objeto que possui temperatura mais alta esfria, enquanto aquele que possui temperatura mais baixa esquenta, até ambos ficarem à mesma temperatura (em equilíbrio térmico). É o corpo mais quente que transfere energia para o corpo mais frio, e este se aquece, ou é o corpo mais frio que transfere energia para o corpo mais quente, e este esfria?

---

---

---

---

---

## ATIVIDADE

## 2

## Quanto mais agitado, mais espaço!

Você já reparou que, quanto mais as pessoas se movimentam, “mais espaço elas ocupam”? O mesmo acontece com átomos e moléculas. Pensando nisso, explique por que os objetos se dilatam ao serem aquecidos e se contraem ao serem resfriados.

---

---

---

---



## Medindo a temperatura

Para minimizar erros e imprecisões da sensação térmica na medida da temperatura de um sistema, foram desenvolvidos instrumentos chamados **termômetros**.



Diferentes tipos de termômetros.

Vários termômetros utilizam uma escala termométrica que é definida com base em dois importantes fenômenos: **fusão** (o ponto de derretimento do gelo) e **ebulição** (o ponto de fervura) da água, ao nível do mar. Esses fenômenos constituem os **pontos fixos** da escala. O que muda de uma escala para a outra são os valores de temperatura atribuídos aos pontos fixos e a quantidade de divisões, geralmente chamadas de graus.

Existem três escalas de temperatura que são as mais utilizadas:

- **Celsius** ( $^{\circ}\text{C}$ ) ou centígrada, mais difundida no mundo todo e amplamente utilizada no Brasil;
- **Kelvin** (**K**), utilizada principalmente pelos cientistas;
- **Fahrenheit** ( $^{\circ}\text{F}$ ), utilizada em países de língua inglesa, como Estados Unidos, Austrália e Inglaterra.

#### Escalas termométricas

Escala \ Ponto fixo	Fusão	Ebulição
Celsius	0	100
Fahrenheit	32	212
Kelvin	273	373

Valores atribuídos para o ponto de fusão e ebulição da água, ao nível do mar (pressão de 1 atmosfera), em diferentes escalas.



#### VOCÊ SABIA?

O termo “centígrado” significa estar dividido em 100 graus. Sendo assim, a escala Kelvin também é centígrada, mas não usa essa nomenclatura.

#### ATIVIDADE

### 3 Quente ou frio

Olhe o quadro *Escalas termométricas* apresentado anteriormente e diga se é possível uma pessoa saudável sentir frio quando a temperatura é de 41 graus. Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

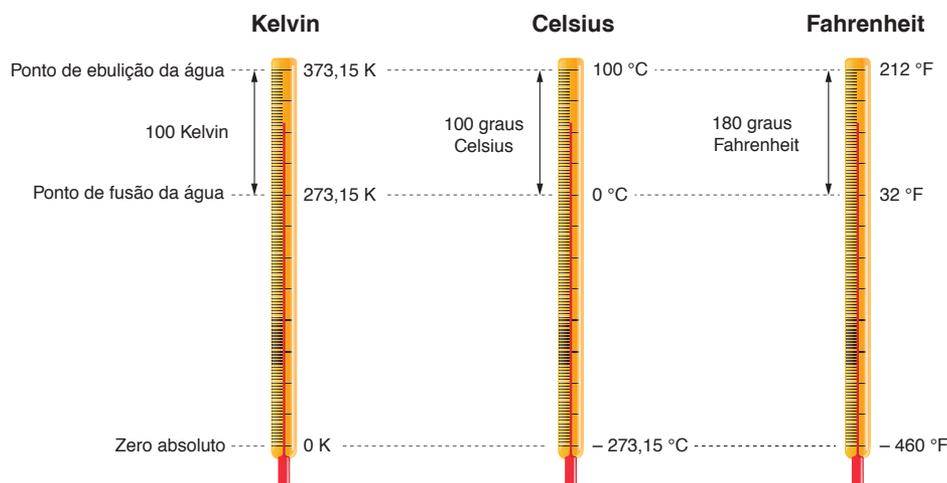


© Elisa Rodrigues/Futura Press



## Zero Kelvin

Como a temperatura de um corpo está associada ao movimento de suas moléculas, se toda a energia cinética delas fosse retirada, elas permaneceriam paradas; então, esse corpo teria a menor temperatura possível. Essa temperatura (na prática inatingível) na qual as moléculas permanecem paradas corresponde a 0 K (zero Kelvin), ou zero absoluto. Por isso, na escala Kelvin não existem valores negativos.



© Daniel Benevisti

O zero absoluto, ou zero Kelvin (0 K), corresponde à menor temperatura prevista teoricamente no Universo. A essa temperatura, as moléculas estariam completamente paradas, sem movimento e, portanto, sem energia térmica.



## DESAFIO

Lord Kelvin (título de nobreza dado ao célebre físico William Thompson, 1824-1907) estabeleceu uma associação entre a energia de agitação das moléculas de um sistema e a sua temperatura. Deduziu que a uma temperatura de  $-273,15\text{ °C}$ , também chamada de zero absoluto, a agitação térmica das moléculas deveria cessar. Considere um recipiente com gás, fechado e de variação de volume desprezível nas condições do problema e, por comodidade, que o zero absoluto corresponde a  $-273\text{ °C}$ . É correto afirmar:

- O estado de agitação é o mesmo para as temperaturas de  $100\text{ °C}$  e  $100\text{ K}$ .
- À temperatura de  $0\text{ °C}$  o estado de agitação das moléculas é o mesmo que a  $273\text{ K}$ .
- As moléculas estão mais agitadas a  $-173\text{ °C}$  do que a  $-127\text{ °C}$ .
- A  $-32\text{ °C}$  as moléculas estão menos agitadas que a  $241\text{ K}$ .
- A  $273\text{ K}$  as moléculas estão mais agitadas que a  $100\text{ °C}$ .

Fatec 2000. Disponível em: <<http://www.cneonline.com.br/exames-educacionais/vestibular/provas/sp/fatec/2000/2o-semester-fase-unica/fatec-2000-2-0a-fisica.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Para onde vai o calor?

A energia flui do corpo que tem maior temperatura (mais energia) para o que tem menor temperatura (menos energia).

### Atividade 2 - Quanto mais agitado, mais espaçoso!

Quando um objeto recebe calor, sua temperatura aumenta. Isso significa que ele possui mais energia térmica, e suas moléculas, mais energia cinética, ou seja, elas começam a se movimentar mais. Quando se movimentam mais, passam a ocupar um espaço maior, explicando por que a maioria dos materiais aumentam de tamanho nessas condições.

Quando é resfriado, um objeto perde energia térmica (cinética) e suas moléculas perdem energia cinética, movimentando-se menos e ocupando um espaço menor. Por isso, ele diminui de tamanho. Uma exceção é a água, que se dilata quando está próxima do congelamento (entre  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### Atividade 3 - Quente ou frio

Sim. Como não está especificada a escala, a temperatura poderia ser de  $41\text{ }^{\circ}\text{F}$ , o que corresponde a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ou ainda ser de  $41\text{ K}$ , o que corresponde a  $-232,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ou seja, pode estar frio se a temperatura for medida em graus Fahrenheit ou em Kelvin. Além disso, se a pessoa estiver doente, ela pode sentir frio mesmo se fossem  $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Desafio

Alternativa correta: b.

- a) Incorreta:  $100\text{ K}$  é uma temperatura muito menor do que  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- b) Verdadeira:  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $273\text{ K}$  correspondem à mesma temperatura.
- c) Incorreta:  $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$  é mais frio do que  $-127\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e as moléculas têm menos energia; logo, se movimentam menos.
- d) Incorreta:  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$  equivale a  $241\text{ K}$ , e as moléculas têm a mesma energia.
- e) Incorreta:  $273\text{ K}$  correspondem a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que é bem menor do que  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Logo, as moléculas estão menos agitadas.



### Registro de dúvidas e comentários

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



O domínio do fogo foi um grande passo na história da humanidade. Além de iluminar as cavernas e ajudar a proteger os hominídeos, o fogo possibilitou a produção de calor, fundamental para a sobrevivência em climas frios, além da preparação de alimentos e a produção de utensílios, inicialmente de cerâmica e, mais tarde, de metal.

Neste tema, você vai estudar o conceito físico de calor e como ele se propaga.

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A imagem a seguir mostra uma pessoa se aquecendo perto de uma fogueira. Sobre esta e outras situações cotidianas, responda a seguir:

- As pessoas conseguem se aquecer mesmo sem encostar as mãos no fogo?
- Como você acha que o calor do fogo chega até as pessoas, se elas não encostam nele?
- As roupas usadas para proteger do frio esquentam? Elas produzem calor?



© Zanone Fraissat/Folhapress

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---



---



---

### Calor

A energia térmica pode ser transferida de um corpo para outro. Quando ela está passando de um corpo ou de um lugar para outro, ela recebe o nome de calor. Na linguagem da Física, **calor** é a forma pela qual a energia é **transmitida** de um corpo ou de um lugar para outro em função da diferença de temperatura entre eles.



Como o calor também é uma forma de energia, sua unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o Joule (J). Contudo, historicamente, a unidade mais utilizada de calor é a caloria (cal) ou também a quilocaloria (kcal), que equivale a mil calorias.

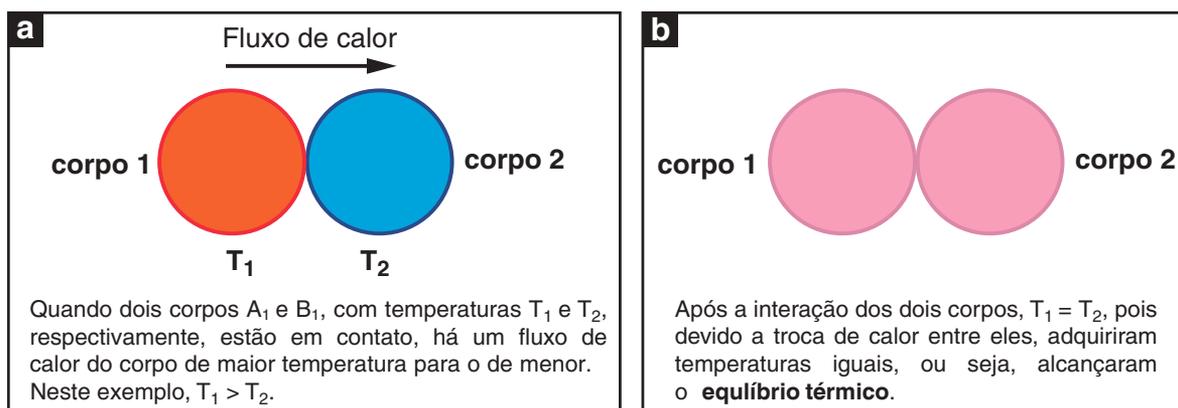
Atualmente, com a globalização e a necessidade de padronização imposta pelo comércio internacional, o Joule ou o quilojoule (kJ) vêm sendo cada vez mais utilizados. Na prática, adota-se que 1 cal equivale a aproximadamente 4 J (mais exatamente: 4,18 J). Assim, uma refeição que forneça 2.500 cal, ou 2,5 kcal, tem aproximadamente 10.000 J, ou 10 kJ de energia.

### Princípio fundamental da termologia

Quando dois ou mais corpos com temperaturas diferentes são postos em contato, o sistema formado por eles tende ao equilíbrio, ou seja, naturalmente ocorre uma transferência de energia térmica entre eles, na forma de calor, até que todos os corpos fiquem com a mesma temperatura.

A temperatura dos corpos determina a direção do fluxo de calor entre eles. O calor sempre flui espontaneamente do mais quente (de temperatura mais alta) para o mais frio (de temperatura mais baixa). Por isso, a energia térmica só pode ser chamada de calor **enquanto flui de um corpo para o outro**. Depois de transferida, volta a ser energia térmica, não podendo mais ser chamada de calor.

### Equilíbrio térmico



O princípio fundamental da termologia afirma que, quando dois ou mais corpos que estão a temperaturas diferentes são postos em contato (a), a energia térmica flui na forma de calor, dos corpos de maior temperatura para os de menor temperatura até que elas se igualem. Quando isso acontece, diz-se que os corpos estão em equilíbrio térmico (b).



## A propagação do calor

Quando dois corpos ou dois pontos do espaço estão com temperaturas diferentes, o calor se propaga de um corpo para o outro. Essa propagação pode ocorrer de três formas: por **condução**, **convecção** ou **radiação**.



### Condução

A **condução** só ocorre em meios materiais. A energia térmica é transferida de uma partícula (átomo, molécula etc.) para aquelas que estão a sua volta por meio da colisão entre elas. Por isso, a parte do objeto que está próxima da fonte de calor (do fogo, por exemplo) fica mais quente do que aquela que está mais afastada.

Quanto à condução térmica, classificam-se os materiais em **condutores**: aqueles que transmitem facilmente o calor por condução; ou **isolantes térmicos**: aqueles que não transmitem bem o calor.

As roupas que são usadas em dias frios são feitas de isolantes térmicos (lã, náilon, lona etc.) a fim de minimizar as perdas de calor para o meio externo (já que nosso corpo está mais quente que o ambiente). Já as panelas são feitas de metal, um bom condutor térmico. A grandeza física que caracteriza essa propriedade (ser bom ou mau condutor térmico) é a **condutibilidade térmica** do material. Quanto maior o valor da condutibilidade térmica do material, com mais facilidade o calor é transmitido por ele.

**ATIVIDADE 1** Condutibilidade térmica

**1** O quadro a seguir mostra a condutibilidade térmica de alguns materiais.

Materiais	Condutibilidade térmica W/m·K
Concreto	1,75
Concreto celular	0,22
Tijolo maciço	0,70
Tijolo furado	0,55
Terra crua (adobe)	0,14
Pedra (calcário médio)	1,00
Vidro	1,10
Aço	52,00
Alumínio	230,00
Argamassa de cimento	1,15
Estuque (gesso)	0,35
Madeira (pinho)	0,15
Aglomerado negro de cortiça	0,045
Poliestireno expandido moldado	0,04
Solo (pesado)	1,39
Água	0,58

Fonte: PROTOLAB. Disponível em: <[http://www.protolab.com.br/Artigos\\_Tecnicos.htm](http://www.protolab.com.br/Artigos_Tecnicos.htm)>. Acesso em: 17 out. 2014.

Note as unidades:

- **W** (Watt) é o mesmo que  $J/s$  (energia por unidade de tempo);
- **m** (metro) mede a espessura do material;
- **K** (Kelvin) mede a diferença de temperatura.

**a)** Se você fosse construir uma casa com bom isolamento térmico, qual material seria melhor para revestir as paredes? Justifique.

---

---

---

---

---

b) Por que as panelas são feitas de alumínio, mas os cabos são, em geral, feitos de plástico ou de madeira?

---



---



---

2 Se dois blocos idênticos de gelo que estejam à mesma temperatura forem expostos ao Sol, estando um deles embrulhado num cobertor e o outro totalmente exposto, qual deles derreterá mais rápido? Por quê?



© Jakub Stepien/123RF

---



---



---

## Convecção

Assim como a condução, a **convecção** é uma forma de transmissão do calor que só ocorre em meios materiais – no caso deste tipo de transmissão, entre fluidos (líquidos e gases) –, mas, diferentemente do que ocorre na condução, na **convecção** a propagação do calor se dá por meio do movimento do fluido envolvendo também o movimento de matéria.

Convecção do ar  
na atmosfera



Convecção da água  
na chaleira



Convecção do ar  
na geladeira



© Hudson Calasans

Durante o aquecimento da água na panela, o líquido que está mais perto da fonte de calor se aquece mais rápido do que aquele que está na superfície. Uma vez aquecido, o líquido quente fica menos denso e se desloca para cima, carregando uma quantidade de calor que vai aquecer a parte superior da panela.

Ao mesmo tempo, a água mais fria que está na superfície desce, ocupando o lugar da água quente que subiu. Esse processo é chamado de convecção e ocorre de maneira semelhante na atmosfera, onde o ar quente sobe e o ar frio desce, distribuindo o calor, gerando os ventos e movendo o ciclo da água.

Isso também explica por que os aquecedores são colocados no chão, mas aparelhos de ar-condicionado ficam na parte superior do ambiente, e congeladores, na parte superior da geladeira.

## ATIVIDADE 2 Convecção térmica

Leia o texto abaixo e responda às questões que seguem.

### Inversão térmica traz riscos para o coração, diz especialista

Com as bruscas mudanças de temperatura nos grandes centros urbanos, entre o outono e o inverno, as inversões térmicas são cada vez mais frequentes em metrópoles como São Paulo. Caracterizado por uma troca na ordem das camadas de ar quente e frio na atmosfera, o fenômeno, ocorrido principalmente no inverno, compromete bastante a qualidade do ar ao impedir a dispersão de poluentes através das camadas atmosféricas mais elevadas. “Isso potencializa não só a ocorrência de doenças respiratórias, mas também de problemas cardiovasculares, já que a poluição do ar é um importante fator de risco para as doenças do coração”, diz Abrão Cury, cardiologista do Hospital do Coração.

Segundo o médico, a concentração de poluentes no ambiente causada pelas inversões térmicas afeta o organismo, ocasionando aumento da coagulação do sangue, trombozes, aumento na propensão a arritmias cardíacas, vasoconstrição aguda das artérias, reações inflamatórias em diferentes partes do corpo, além do desenvolvimento de aterosclerose crônica. “Isso ocorre porque a poluição do ar afeta de maneira significativa a pressão arterial, principalmente no caso de hipertensos e idosos. Tanto que em períodos de maior concentração de poluentes no ar, como no inverno, o atendimento a pacientes hipertensos triplica”, observa o cardiologista.

Cury explica que o crescente número de veículos nas grandes capitais só agrava o problema, já que isso aumenta a concentração de gases nocivos à saúde na atmosfera, como é o caso do monóxido de carbono. Considerado como um dos principais poluentes emitidos pelos automóveis, o gás altera o endotélio (camada de revestimento interno) das artérias e, também, afeta o coração. “Já é possível associar a liberação dessa e de outras substâncias, como o óxido de nitrogênio e o dióxido de enxofre, provocada pelos automóveis, com o aumento dos casos de hipertensão arterial



registrados no país. A doença afeta de 30% a 35% da população brasileira e é um dos principais fatores de risco para a ocorrência de derrames e infartos do miocárdio”, alerta o cardiologista.

**Cuide do coração e da saúde.** Nos meses mais frios do ano, as inversões térmicas fazem com que o ar fique ainda mais seco e poluído. Por isso, confira algumas dicas do cardiologista do HCor para cuidar da saúde e do coração nos períodos mais frios do ano:

- procure evitar locais e horários onde se pode encontrar maior quantidade de poluentes no ar, como os engarrafamentos, por exemplo;
- evite correr, andar de bicicleta ou caminhar perto de vias congestionadas ou com muito trânsito;
- sempre que possível, visite locais mais distantes das grandes cidades, onde o ar é menos poluído;
- feche as janelas para proteger o ambiente da poluição;
- se for hipertenso, mantenha-se aquecido para manter a pressão arterial em níveis saudáveis;
- monitore e controle a pressão nessa época do ano. Se possível, consulte um especialista para fazer um *check-up*.

INVERSÃO térmica traz riscos para o coração, diz especialista. *Jornal da Manhã*, 22 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.jmonline.com.br/novo/?noticias,7,SAUDE,97208>>. Acesso em: 17 out. 2014.

**1** Quais são as consequências da inversão térmica para a saúde?

---



---



---



---



---

**2** O que poderia ser feito para minimizar tais consequências?

---



---



---



---



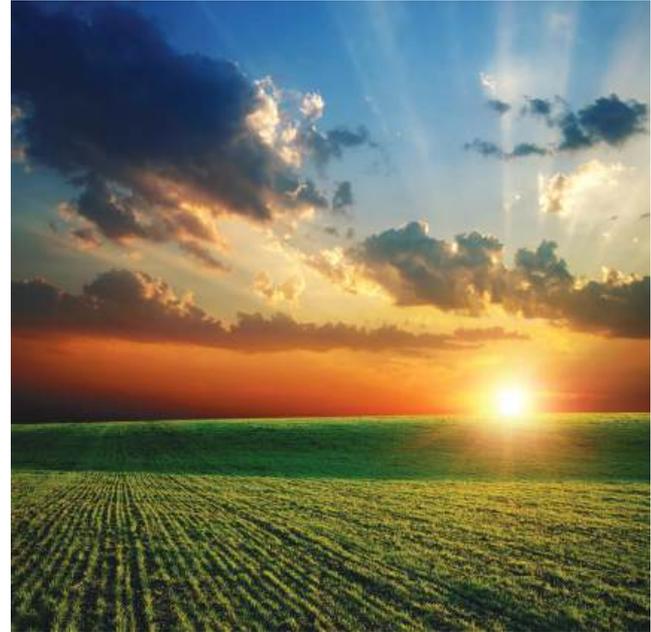
---



## Radiação

A **radiação** é um processo de transferência de calor no qual a energia térmica transita de uma região do espaço para outra por meio de ondas eletromagnéticas, chamadas de radiação infravermelha. Diferente da condução e da convecção, a radiação é uma forma de transmissão de calor que não precisa de meios materiais para ocorrer. Como se dá por ondas eletromagnéticas, ela acontece também no vácuo.

Devido à agitação térmica de suas moléculas, todos os corpos emitem continuamente ondas eletromagnéticas na frequência do infravermelho, também denominadas radiação ou irradiação térmica.



© Mazuryk Mykola/123RF

O Sol irradia calor para a Terra. A luz e o calor gerados se propagam pelo espaço vazio (vácuo) entre ambos os astros por meio de ondas eletromagnéticas.



© Edward Kinsman/Photo Researchers, Inc./Latinstock

A imagem é a composição de duas fotos produzidas com uma máquina comum (a metade da esquerda) e uma máquina infravermelha (a metade da direita). As cores mais claras na foto da direita indicam as partes que mais irradiam calor para o exterior da casa.

## A garrafa térmica

As garrafas térmicas são recipientes que minimizam a troca de calor entre o líquido que está em seu interior e o meio externo por condução e por radiação. Para refletir a radiação, elas têm uma dupla parede interna de vidro, espelhada, com ar rarefeito entre as duas camadas, o que diminui a transmissão de calor por condução. A tampa evita as trocas de calor com o meio externo por ambas as formas.



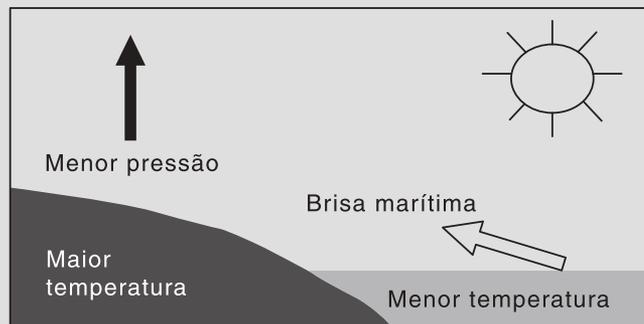
Esquema simplificado de uma garrafa térmica.

© Daniel Benevisti

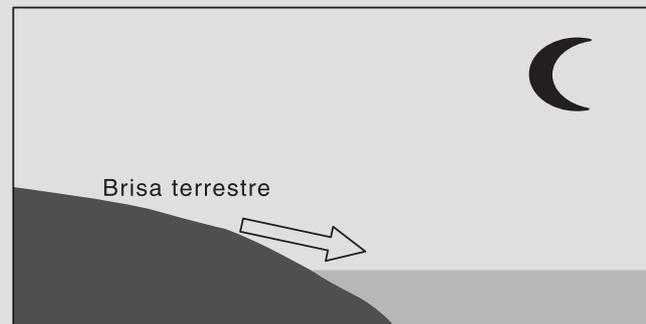


## DESAFIO

Numa área de praia, a brisa marítima é uma consequência da diferença no tempo de aquecimento do solo e da água, apesar de ambos estarem submetidos às mesmas condições de irradiação solar. No local (solo) que se aquece mais rapidamente, o ar fica mais quente e sobe, deixando uma área de baixa pressão, provocando o deslocamento do ar da superfície que está mais fria (mar).



À noite, ocorre um processo inverso ao que se verifica durante o dia



Como a água leva mais tempo para esquentar (de dia), mas também leva mais tempo para esfriar (à noite), o fenômeno noturno (brisa terrestre) pode ser explicado da seguinte maneira:

- O ar que está sobre a água se aquece mais; ao subir, deixa uma área de baixa pressão, causando um deslocamento de ar do continente para o mar.
- O ar mais quente desce e se desloca do continente para a água, a qual não conseguiu reter calor durante o dia.
- O ar que está sobre o mar se esfria e dissolve-se na água; forma-se, assim, um centro de baixa pressão, que atrai o ar quente do continente.
- O ar que está sobre a água se esfria, criando um centro de alta pressão que atrai massas de ar continental.
- O ar sobre o solo, mais quente, é deslocado para o mar, equilibrando a baixa temperatura do ar que está sobre o mar.

Enem 2002. Prova amarela. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2002/2002\\_amarela.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2002/2002_amarela.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Condutibilidade térmica

1

a) Pensando apenas no isolamento térmico, o melhor material seria aquele que apresenta MENOR condutibilidade térmica, ou seja, o poliestireno expandido moldado. Porém, ele é inflamável. Considerando isso, como também não se quer que a parede pegue fogo, poderia ser utilizada a terra crua (adobe), o estuque (gesso) ou o concreto celular (já que a madeira – pinho – também poderia pegar fogo).

b) O corpo da panela é de alumínio, pois, além de leve e relativamente barato, é um excelente condutor térmico, o que permite o rápido aquecimento dos alimentos em seu interior. Já o cabo da panela é de madeira ou de plástico justamente por serem bons isolantes térmicos, impedindo que a pessoa que estiver cozinhando se queime.

2 O cobertor é feito de um material isolante térmico (lã ou flanela, por exemplo). Portanto, ele impede o fluxo de calor de um lado para o outro. Num dia frio, o cobertor não permite que o calor saia do corpo e vá para o meio externo. Se o gelo estiver no cobertor, este não permitirá que o calor externo, do Sol, “entre” no cobertor, mantendo o gelo mais tempo frio. Portanto, ele vai demorar mais para derreter. O cobertor não produz energia térmica; ele apenas isola termicamente aquilo que está cobrindo. Assim, o gelo que não está coberto derreterá mais rapidamente.

### Atividade 2 - Convecção térmica

1 Doenças respiratórias e problemas cardiovasculares.

2 Evitar locais e horários onde se pode encontrar maior quantidade de poluentes no ar; evitar correr, andar de bicicleta ou caminhar perto de vias congestionadas ou com muito trânsito; sempre que possível, visitar locais mais distantes das grandes cidades, onde o ar é menos poluído; fechar as janelas para proteger o ambiente da poluição; se for hipertenso, manter-se aquecido para manter a pressão arterial em níveis saudáveis e monitorar e controlar a pressão nessa época do ano.

### Desafio

Alternativa correta: a. À noite, a água demora mais para esfriar do que o continente, ficando mais quente. O ar que está em contato com a água também fica mais quente e menos denso, portanto sobe, dando espaço para o ar frio que vem do continente e gera a brisa noturna, do continente para o mar.



### Registro de dúvidas e comentários

---

---

---

---

---

---





O calor tem dois efeitos fundamentais sobre a matéria: pode alterar sua temperatura e seu tamanho ou mudar seu estado físico, entrando em ebulição, condensando, derretendo ou congelando substâncias. Neste tópico, você vai estudar com mais detalhes esses efeitos do calor sobre a matéria.

**? O QUE VOCÊ JÁ SABE?**

A imagem ao lado mostra latinhas de bebidas gelando numa caixa térmica com gelo. Reflita e responda:



- Se o dia for de Sol, o gelo absorve energia dele?
- O que acontece com o gelo quando ele está recebendo a energia solar?
- As bebidas na lata absorvem a luz e o calor que vêm do Sol?
- Toda vez que é fornecido calor a uma substância, ela muda de temperatura?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---



---



---



---



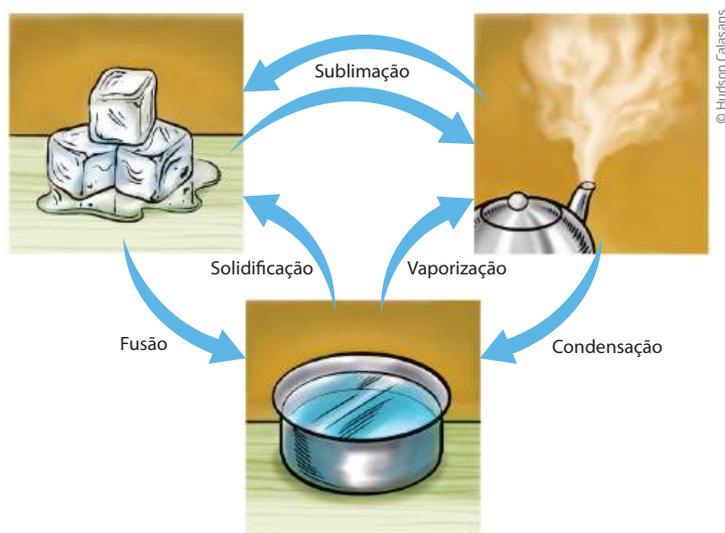
---

**📖 Mudanças de estado físico da matéria**

O estado físico de uma substância é determinado pela ligação entre as moléculas que a constituem. Dependendo da maior ou menor associação entre elas, a matéria é encontrada em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.



No estado sólido, as moléculas estão mais próximas e mais presas entre si do que no estado líquido. Já no estado gasoso, as moléculas que constituem o gás estão praticamente soltas no espaço. Quando uma substância muda de estado, sofre alterações em suas características macroscópicas (volume, forma etc.) e microscópicas (arranjo das partículas), mas não em sua composição. Observe a tabela a seguir, que apresenta alguns exemplos:



### Propriedades dos estados físicos da matéria

Propriedade	Sólido	Líquido	Gás (vapor)
Forma	Definida	Indefinida	Indefinida
Volume	Definido	Definido	Indefinido
Interação molecular	Muito forte (pouco movimento)	Forte	Fraca
Exemplos (à temperatura ambiente)	NaCl (sal) C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (glicose)	H <sub>2</sub> O (água) Hg (mercúrio)	H <sub>2</sub> (hidrogênio) CO <sub>2</sub> (gás carbônico)

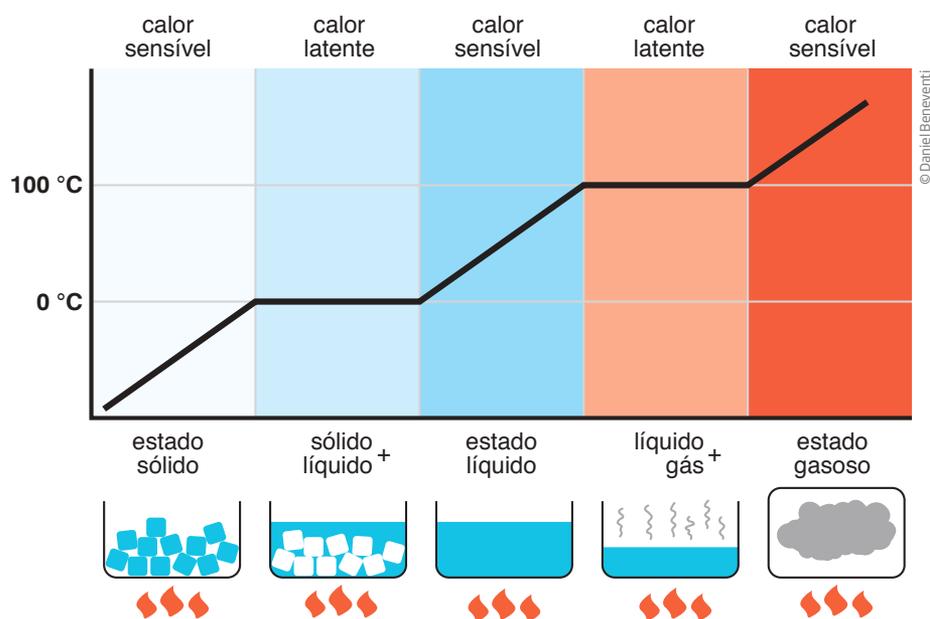
### Calor sensível e calor latente

O calor fornecido a uma substância pode ser utilizado para elevar sua temperatura pelo aumento da energia cinética de suas moléculas ou para reorganizar toda a estrutura molecular do material, alterando seu estado físico. Nesse caso, sua temperatura permanece constante até que se complete a transição. Por isso, podem-se distinguir duas formas de calor: o **calor sensível** e o **calor latente**.

O calor trocado entre diferentes substâncias pode ser **sensível**, quando sua temperatura varia e seu estado físico não se altera, ou pode ser **latente**, quando sua temperatura permanece constante e seu estado físico se altera (fusão ou ebulição, ao ganhar energia, ou condensação e solidificação, ao perder energia).

Para mudar de estado físico, uma substância precisa estar a uma temperatura específica, chamada ponto de fusão (ou solidificação) ou de ponto de ebulição

(ou condensação). No caso da água, para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP), essa temperatura é de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  para o ponto de fusão (ou solidificação) e de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  para o ponto de vaporização (ou condensação).



O gráfico acima mostra qualitativamente como a temperatura das pedras de gelo varia em função da quantidade de calor que elas recebem.

## Calor sensível

Para cozinhar, pode-se colocar água em uma panela, geralmente à temperatura ambiente, para esquentar no fogão. Durante algum tempo, a água recebe do fogo uma quantidade de calor sensível, fazendo que ela se aqueça. O calor sensível é a energia térmica utilizada para alterar a energia cinética das moléculas que compõem a água, alterando sua temperatura.

### Quantidade de calor sensível

Quando é fornecido calor a uma substância e ela muda de temperatura, mas continua no mesmo estado, a energia recebida se chama calor sensível. Para produzir uma variação de temperatura em um corpo, a quantidade de calor sensível trocada depende de três fatores:

- I. **massa do corpo ( $m$ ):** quanto maior a massa, menor será a variação na temperatura;
- II. **calor específico do material, que constitui o corpo ( $c$ ):** aquecer um  $1\text{ kg}$  de água é diferente de aquecer  $1\text{ kg}$  de ferro, por exemplo;

III. **variação de temperatura produzida ( $\Delta T$ ):** quanto maior a quantidade de calor envolvida, maior a variação de temperatura e mais calor será trocado.

Sintetiza-se a relação entre esses fatores na seguinte equação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

**Q:** quantidade de calor (medida em cal);

**m:** massa do corpo (medida em g);

**c:** calor específico do material que constitui o corpo (em cal/g · °C);

**$\Delta T$ :** variação de temperatura (em °C).

O calor específico (**c**) informa se é fácil ou difícil variar a temperatura de um material. Quanto maior o calor específico de uma substância, mais difícil será alterar sua temperatura, ou seja, será necessária mais energia para aquecê-la ou resfriá-la. O calor específico informa também quantas calorias são necessárias para aquecer (ou resfriar) 1 g de uma substância em 1 °C. Por definição, o calor específico da água é 1 cal/g · °C, ou seja, é preciso 1 cal para que 1 g de água seja aquecido a 1 °C.

### Exemplo 1

Qual é a quantidade de calor necessária para aquecer 200 g de água de 25 °C a 75 °C? A água deve receber ou perder essa quantidade de calor?

Como  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , então  $Q = 200 \cdot 1 \cdot (75 - 25) = 200 \cdot 50 = 10.000 \text{ cal} = 10 \text{ kcal}$ .

Como a água precisa de energia para se aquecer, ela recebe calor (representado pelo valor positivo de calorias, **Q**, na equação).

### Exemplo 2

Se forem retiradas 2.500 cal de 50 g de água que está a 80 °C, qual será sua nova temperatura?

Retirar 2.500 cal significa que a água perderá calor, ou seja, a quantidade de calor será negativa (**Q** será negativo na equação).

Como  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , então:

$$-2.500 = 50 \cdot 1 \cdot (T_f - 80) \Rightarrow \frac{-2.500}{50} = (T_f - 80) \Rightarrow -50 = T_f - 80; \text{ logo, } T_f = 30 \text{ °C.}$$

## ATIVIDADE 1 Calor específico

**1** Uma pessoa foi ao mercado e comprou 1 L de água e outro de leite, 200 g de queijo, de manteiga, de carne de vaca, de tomates e de presunto. Ao chegar

em sua casa, colocou tudo na geladeira para resfriar. Consultando a tabela a seguir, responda:

Substância	Calor específico (cal/g · °C)
Água	1,00
Gelo	0,50
Cobre	0,09
Ferro	0,11
Aço	0,12
Alumínio	0,22
Madeira	0,60
Vidro	0,16
Manteiga	0,60
Ovos	0,76
Laranja	0,89
Leite	0,94
Queijo	0,70
Carne de porco	0,50
Carne de galinha	0,80
Carne de vaca	0,77
Peixe	0,84
Presunto	0,70
Tomate	0,97
Batata	0,78
Mel	0,36
Ar	0,24
Sorvete	0,70
Vapor de água	0,45

PORTAL da Refrigeração. Disponível em:  
<[http://www.refrigeracao.net/Topicos/calor\\_temperatura.htm](http://www.refrigeracao.net/Topicos/calor_temperatura.htm)>. Acesso em: 27 jan. 2015.

Qual desses líquidos, água ou leite, vai resfriar mais rapidamente? Justifique.

---

---

---

---

---



**2** Utilizando a equação dada, calcule a quantidade necessária de calor para aquecer 500 g de água de 20 °C a 80 °C.

## Calor latente

Quando uma substância está mudando de fase, ela utiliza energia térmica para reorganizar sua estrutura molecular, mantendo sua temperatura constante. Chama-se de **calor latente** a energia térmica utilizada para modificar a estrutura molecular de uma substância, sem alterar sua temperatura.

### Quantidade de calor latente

A quantidade de calor necessária para que uma substância mude de fase depende de dois fatores:

- I. **massa do corpo (m)**: quanto maior a massa, maior será a quantidade necessária de calor para modificar sua estrutura;
- II. **material que constitui o corpo (L)**: é diferente derreter 1 kg de ferro e 1 kg de gelo.

Sintetiza-se a relação entre esses fatores na seguinte equação:

**Q**: quantidade de calor latente (medida em cal);

$Q = m \cdot L$     **m**: massa do corpo (em g);

**L**: calor latente de mudança de fase do material que constitui o corpo (em cal/g).

O calor latente de mudança de fase do material que constitui o corpo (**L**) informa a quantidade de energia necessária para alterar o estado físico da unidade de massa de uma substância. Na realidade, há diferentes calores latentes para diferentes transições. Por exemplo, o calor latente na transição do gelo para a água é diferente do calor latente na transição da água para o vapor.

Quanto maior for o calor latente de uma substância, mais difícil será alterar seu estado físico, ou seja, será necessária mais energia para alterá-lo. Quando se tem,



por exemplo, que o calor latente de fusão da água vale 80 cal/g, isso quer dizer que, para derreter (ou congelar) 1 g de água será preciso fornecer (ou retirar) 80 cal. Já para 1 g de água entrar em ebulição será preciso fornecer 539 cal/g.

### Exemplo 1

Qual é a quantidade de calor que deve ser fornecida a uma pedra de gelo de 50 g, a 0 °C, para que ela derreta completamente?

Como  $Q = m \cdot L$ , então:  $Q = 50 \cdot 80 = 4.000 \text{ cal} = 4 \text{ kcal}$ .

### Exemplo 2

Qual é a quantidade de calor que deve ser fornecida a uma pedra de gelo de 40 g, a 0 °C, para que ela se transforme em água a 30 °C?

Inicialmente será preciso derreter o gelo. Para isso, são necessárias 3.200 cal, pois  $Q = m \cdot L = 40 \cdot 80 = 3.200 \text{ cal}$ .

Agora, o gelo derreteu e virou água a 0 °C. Então, para aquecer essa água a 30 °C, será necessário:  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 40 \cdot 1 \cdot (30 - 0) = 40 \cdot 30 = 1.200 \text{ cal}$ .

Portanto, ao todo serão necessárias 3.200 cal para derreter o gelo mais 1.200 cal para aquecer a água de 0 °C a 30 °C, ou seja,  $3.200 + 1.200 = 4.400 \text{ cal} = 4,4 \text{ kcal}$ .

## ATIVIDADE 2 Calor latente

O quadro abaixo indica os valores do calor latente de algumas substâncias.

Material	Calor latente de fusão (cal/g)	Calor latente de ebulição (cal/g)
Ferro	64,4	1.515
Cobre	51	1.290
Ouro	15,8	377
Chumbo	5,5	208
Estanho	14	721
Enxofre	9,1	78
Água	79,71	539,6
Mercúrio	2,82	68
Etanol	24,9	204
Nitrogênio	6,09	47,6
Oxigênio	3,3	50,9

Fonte: GRUPO de Reelaboração do Ensino de Física. *Leituras de Física: Física Térmica*. São Paulo: Instituto de Física, 1998, p. 58. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termo/termo3.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2014.



1 Qual desses materiais derrete mais facilmente? Qual deles ferve mais facilmente? Justifique.

---

---

---

---

2 Qual transformação consome mais energia: congelar ou ferver a água? Justifique.

---

---

---

---

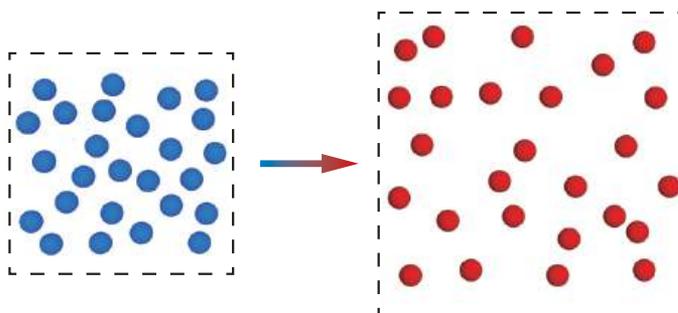
3 Quantas calorias seriam necessárias para derreter 0,5 kg de gelo que já está à temperatura de 0 °C?



## A dilatação dos corpos

Quando um corpo recebe calor, suas moléculas passam a vibrar com mais energia e, como consequência, ocupam mais espaço. Por isso, um dos efeitos mais evidentes do aquecimento dos corpos é o aumento de tamanho. Esse aumento no volume dos corpos é chamado de **dilatação** (você já viu um pouco a respeito desse assunto nesta Unidade, na Atividade 2 – *Quanto mais agitado, mais espaçoso!*, do Tema 1). A dilatação dos materiais tem sido utilizada inclusive para a construção de diversos tipos de termômetro.

Sólidos, líquidos e gases dilatam-se de maneira diversa, de acordo com as características de cada um. Em geral, os sólidos se dilatam menos do que os líquidos, e estes menos do que os gases.



A dilatação térmica é resultado do aumento na energia de vibração das moléculas. Com o aumento de sua movimentação, cada átomo ou molécula necessita de mais espaço livre e, com isso, empurra outro átomo ou molécula, fazendo que o tamanho do corpo aumente.



A dilatação e a contração térmica dos sólidos e dos líquidos dependem de três fatores:

**I. do tamanho original do objeto ( $\ell_0$ ):** quanto maior o tamanho ( $\ell_0$ ), maior será a dilatação;

**II. do material do qual o objeto é feito:** a dilatação e a contração térmica apresentam maior efeito em alguns materiais do que em outros. Essa facilidade com que uma substância se dilata ou se contrai é expressa pelo seu coeficiente de dilatação  $\alpha$  (lê-se “alfa”). Quanto maior o coeficiente de dilatação de um corpo, mais facilmente ele se dilata ou se contrai;

**III. da variação de temperatura do material ( $\Delta T$ ):** quanto maior a variação de temperatura, maior a variação no tamanho do objeto.

Assim, para uma barra metálica de comprimento inicial  $\ell_0$ , a variação de tamanho será:

$$\Delta \ell = \ell_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Em sólidos e líquidos,  $\alpha$  varia bem pouco com a temperatura. Em gases, o volume cresce linearmente com a temperatura e decresce com a pressão.

### ATIVIDADE 3 Dilatação

Lâminas bimetálicas são dispositivos compostos de duas lâminas de materiais diferentes, presas uma na outra, por meio de solda ou arrebites. Quando aquecidas, elas se curvam em razão da diferença na dilatação dos materiais que as compõem. O quadro a seguir mostra uma lâmina bimetálica na qual um dos materiais é o chumbo. Consultando-o, identifique qual é o material que compõe a outra lâmina. Justifique sua resposta.

Material	Coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ ) em $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Aço	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Alumínio	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Chumbo	$2,9 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Ferro	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Zinco	$6,4 \cdot 10^{-5}$
Latão	$2,0 \cdot 10^{-5}$

Fonte: CONEXÃO Física. Disponível em: <<http://www.cultura.ufpa.br/petfisica/conexaofisica/termo/025.html>>. Acesso em: 17 out. 2014.




---



---



---



---



---



---



---

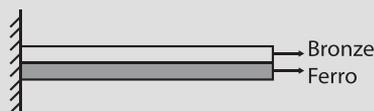


© Daniel Beneventi

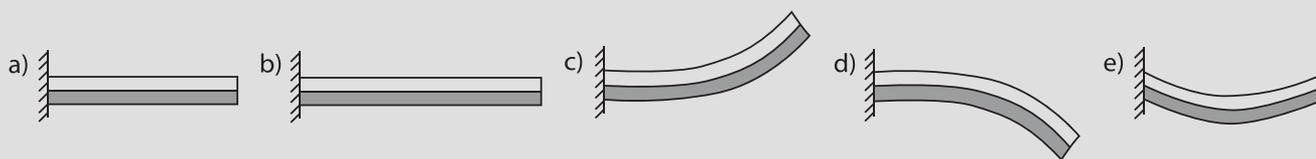


## DESAFIO

Uma lâmina bimetálica de bronze e ferro, na temperatura ambiente, é fixada por uma de suas extremidades, como visto na figura abaixo. Nessa situação, a lâmina está plana e horizontal.



A seguir, ela é aquecida por uma chama de gás. Após algum tempo de aquecimento, a forma assumida pela lâmina será mais adequadamente representada pela figura:



### NOTE E ADOTE:

O coeficiente de dilatação linear do ferro é:  $1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

O coeficiente de dilatação linear do bronze é:  $1,8 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Após o aquecimento a temperatura da lâmina é uniforme.

Fuvest 2014. Disponível em: <[http://www.fuvest.br/vest2014/provas/prova\\_fuv2014\\_1fase.pdf](http://www.fuvest.br/vest2014/provas/prova_fuv2014_1fase.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Calor específico

**1** O leite, pois tem menor calor específico. Ele precisa de 0,94 cal para cada grama variar  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , enquanto a água precisa de um pouco mais: 1 cal para cada  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

**2** Por meio da equação, determina-se quanta energia seria consumida para aquecer 0,5 kg de água de  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $80 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Consultando a tabela fornecida, constata-se que o calor específico da água vale  $1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ .





Então:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = 500 \cdot 1 \cdot (80 - 20) \Rightarrow Q = 30.000 \text{ cal.}$$

### Atividade 2 - Calor latente

**1** O mercúrio derrete mais facilmente, pois possui o menor calor latente de fusão; e o nitrogênio ferve mais facilmente, pois possui o menor calor latente de ebulição.

**2** A ebulição, pois o calor latente de ebulição da água é maior.

**3** Consultando o quadro fornecido na atividade, pode-se constatar que o calor latente de fusão do gelo vale 79,71 cal/g, então:

$$Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 500 \cdot 79,71 \Rightarrow Q = 39.855 \text{ cal} \cong 40 \text{ kcal.}$$

### Atividade 3 - Dilatação

Zinco, pois é o único que tem coeficiente de dilatação maior que o do chumbo, fazendo que essa parte do par bimetálico se curve nessa direção.

### Desafio

Alternativa correta: **d**. Observe os dados apresentados em *Note e adote*, na questão. Como o bronze dilata mais do que o ferro, a barra vira para baixo.



### Registro de dúvidas e comentários

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





A Revolução Industrial, que ocorreu durante os séculos XVIII e XIX, foi influenciada pelo desenvolvimento científico e pelas técnicas de produção e de controle de máquinas movidas a vapor de água. Neste tema, você vai estudar como e quanto calor pode ser convertido em trabalho.

### ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A imagem abaixo reproduz um selo lançado no Brasil em 2002. Nele pode-se ver a famosa maria-fumaça, utilizada no Brasil na passagem do século XIX para o século XX.



Responda a seguir:

- Qual era a fonte de energia dessa locomotiva?
- Em sua opinião, a fonte de energia das locomotivas e de outros meios de transporte atuais ainda é a mesma?
- Como se transforma energia térmica em energia mecânica?
- Você conhece máquinas que utilizem energia térmica como fonte de energia? Quais?



Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Calor como forma de energia

Como você viu, quando um sistema recebe calor, ele pode se expandir (aumentar de volume) ou absorver essa energia e se aquecer.

Se esse sistema for composto por um **pistão** com algum gás dentro do cilindro, esse gás poderá se expandir e movimentar o pistão, além de também se aquecer, acumulando parte dessa energia térmica. Como ele acumula energia em si mesmo, ela recebe o nome de energia interna do gás. Tem-se, assim, o princípio da conservação de energia térmica: o calor fornecido a um sistema ( $Q$ ) fica acumulado na forma de variação da energia interna ( $\Delta U$ ) ou é utilizado para gerar movimento, realizando um trabalho  $\tau$  (lê-se “tau”), ou gerando deslocamento.

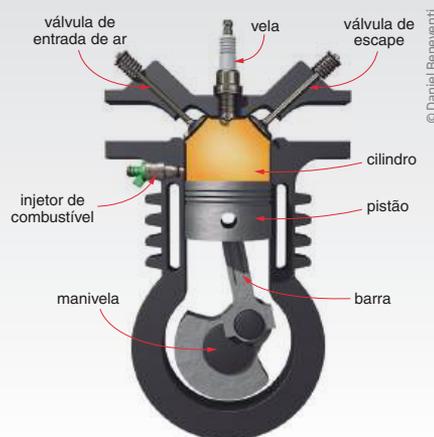
Na linguagem matemática, pode-se escrever:

$$Q = \tau + \Delta U$$

A 1ª lei da termodinâmica,  $Q = \tau + \Delta U$ , é o princípio da conservação de energia aplicado à termodinâmica. Define-se a eficiência ou o rendimento ( $R$ ) de uma

#### Pistão

Também chamado êmbolo, é uma peça que se move dentro de um cilindro.



máquina como a relação entre o trabalho ( $\tau$ ) que ela realiza e a quantidade de calor ( $Q$ ) necessária para isso.

Na linguagem matemática, escreve-se:

$$R = \frac{\tau}{Q}$$

### Exemplo

Uma máquina térmica recebe 2.000 cal e realiza um trabalho de 2.000 J.

a) Quantas calorias ela armazenou na forma de energia interna?

Inicialmente, devem-se acertar as unidades, pois o trabalho realizado está dado em Joules. Como 1 cal equivale a 4 J, então 2.000 J são 500 cal.

De acordo com a 1ª lei da termodinâmica,  $Q = \tau + \Delta U$ , então:  $2.000 = 500 + \Delta U$ . Logo,  $\Delta U = 1.500$  cal.

b) Qual é o rendimento (eficiência) dessa máquina térmica?

Como o rendimento é definido por  $R = \frac{\tau}{Q}$ , então:

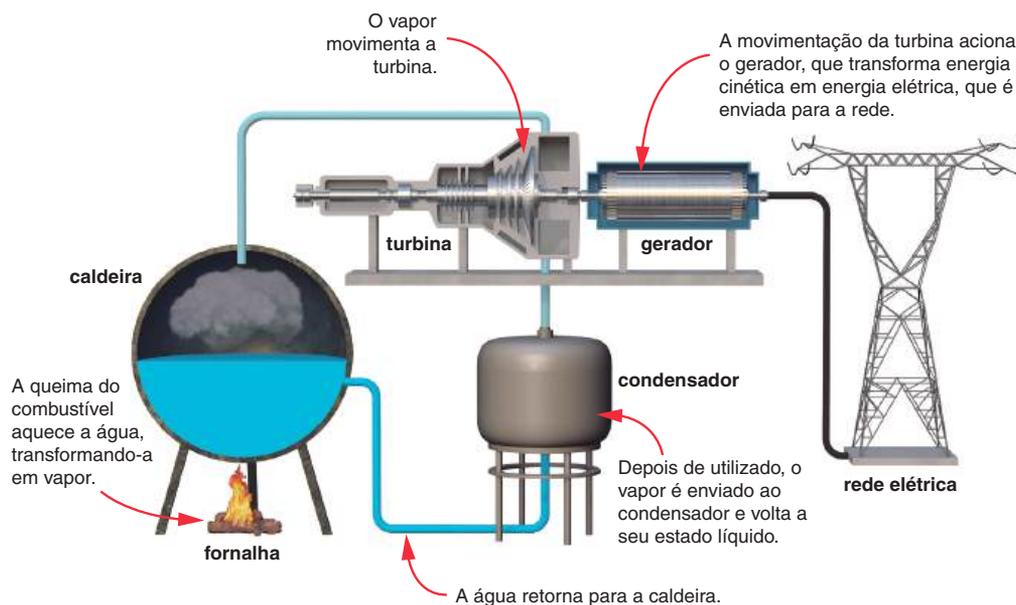
$$R = \frac{500}{2.000} = 0,25 = \frac{25}{100} \text{ ou } 25\%.$$

## ATIVIDADE 1 Calor e trabalho

Uma máquina térmica, como um motor a explosão, recebe 1.000 J de energia e esquenta, acumulando uma energia interna de 400 J. Qual será o trabalho realizado por esse motor?

## Termoelétricas

As usinas termoelétricas (ou termelétricas) são aquelas que transformam energia térmica em energia elétrica. O esquema a seguir ilustra o funcionamento de uma delas.



O calor fornecido pela fornalha é absorvido por todo o sistema, particularmente pela água na caldeira, que esquentada até produzir um vapor a altíssima pressão. Esse vapor é soprado em uma turbina, que move o gerador, gerando energia elétrica.

### ATIVIDADE 2 Rendimento

Uma usina termoelétrica utiliza o diesel como combustível. O poder calorífico do diesel é de 9.000 cal/kg. Sabe-se que, para manter um aparelho funcionando, seria necessário o consumo de 450 kcal. Se a usina utiliza 100 kg de combustível apenas para manter esse aparelho funcionando, qual será sua eficiência (rendimento)?



As usinas térmicas emitem gases do efeito estufa, mas podem transformar energia térmica em elétrica durante o ano todo, pois não estão sujeitas à influência do clima. Você acredita que essas usinas são uma boa opção para a geração de energia elétrica?

### HORA DA CHECAGEM

#### Atividade 1 - Calor e trabalho

Como  $Q = \tau + \Delta U$ , então  $1.000 = \tau + 400 \Rightarrow \tau = 600 \text{ J}$ .

Portanto, o motor só utilizou 600 J dos 1.000 que tinha disponíveis, o que mostra que o rendimento da máquina térmica é baixo, apenas 60%  $\left( R = \frac{600}{1.000} = \frac{60}{100} \right)$ .

#### Atividade 2 - Rendimento

Se 1 kg de diesel libera 9.000 cal, então 100 kg vão liberar 900.000 cal. Manter o aparelho em uso utilizou 450.000 cal das 900.000 cal de que dispunha; logo, sua eficiência foi de 50%.



### Registro de dúvidas e comentários

Lined area for writing notes or comments.





## TEMAS

1. Ondas e suas características
2. Som: energia sonora
3. Audição e fala
4. Geração de energia elétrica por meio de ondas

## Introdução

Nesta Unidade, você vai estudar o som. Vai ver que o som é um processo mecânico e conhecerá como ele pode ser produzido por meio de outras formas de energia. Também vai explorar as características das ondas sonoras, que permitem distinguir um som de outro. Finalmente, vai analisar como funciona a audição e alguns instrumentos musicais.

## TEMA 1 Ondas e suas características

A energia pode ser transportada de um ponto a outro de diversas formas. Ela pode ser carregada por objetos, como a energia química armazenada numa bateria ou num bужão de gás, mas também pode ir de um local a outro, mesmo que os objetos não saiam do lugar, por meio das ondas.

Nesta Unidade, você vai conhecer um pouco mais sobre as ondas, como som, luz e calor, que transportam energia de um local para outro, sem precisar que a matéria seja levada junto.

 O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A imagem ao lado mostra uma jangada à beira do mar. Sobre essa situação, responda a seguir:

- É possível observar ondas nessa praia? Onde?
- De onde vêm as ondas do mar?
- O que produz o som da rebentação das ondas?
- Como o som se propaga no ar?



Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---



## Que onda é essa?

Quando o assunto é ondas, a primeira ideia que vem à mente são ondas na água, seja no mar, nos rios ou nos lagos. Porém, existem várias outras formas e tipos de ondas, algumas que você percebe, outras que você não consegue ver, ouvir ou sentir.

Você vive mergulhado num mundo de ondas. Além de se divertir com as ondas do mar, pode ouvir música por meio das ondas sonoras, enxergar com as ondas luminosas, aquecer alimentos com as micro-ondas, e também ouvir rádio, assistir à TV e falar ao telefone com as ondas de alta frequência. Mas o que há de comum a todas essas ondas? O que é uma onda?

Uma onda é uma perturbação (uma modificação) realizada num ponto qualquer do espaço, que se propaga para outro local, transportando energia sem transportar matéria.

Como existem vários tipos de onda, costuma-se classificá-las de acordo com o meio no qual elas se propagam. Desse modo, com relação à sua natureza, as ondas podem ser mecânicas ou eletromagnéticas.

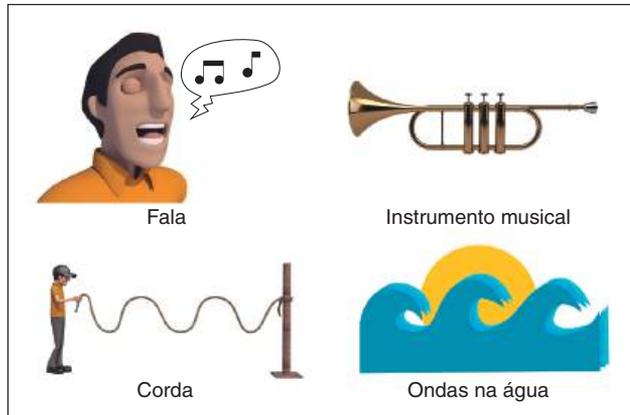
Apesar de não transportar matéria, existem ondas que precisam de meios materiais para se propagar. As ondas do mar, por exemplo, precisam da água para se propagar, assim como o som precisa de algum meio (em geral, o ar) para existir. Essas ondas são chamadas de **ondas mecânicas**. As ondas mecânicas, que alternam energia potencial e energia cinética, se propagam apenas em meios materiais, nunca no **vácuo** (ausência de matéria).

As ondas que transportam energia elétrica, térmica e luminosa são **ondas eletromagnéticas**. Diferentemente das ondas mecânicas, além de se propagarem nos

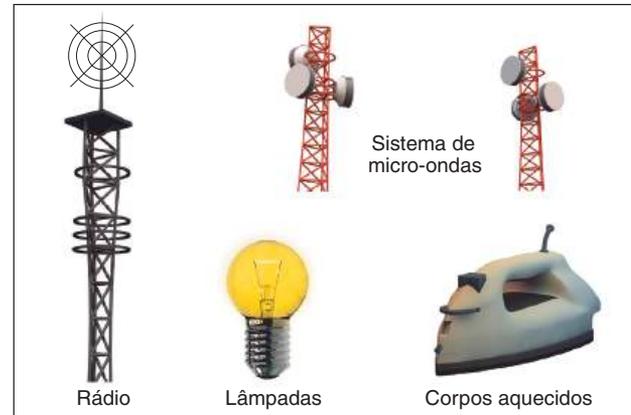


Quando uma gota de chuva cai na superfície da água, ela provoca uma perturbação e transfere energia, produzindo um pulso de onda.

meios materiais (como ar, vidro, água etc.), as ondas eletromagnéticas também se propagam no vácuo.



Ondas sonoras, ondas numa corda ou na superfície da água são exemplos de ondas mecânicas.

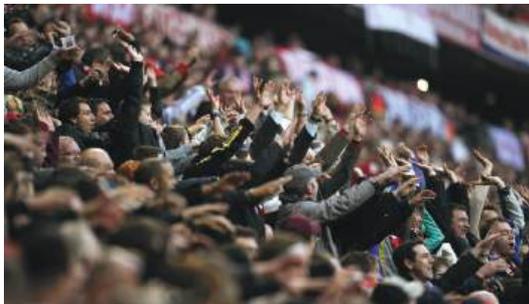


Ondas de rádio, luz, calor e micro-ondas são exemplos de ondas eletromagnéticas.

## ATIVIDADE 1 Ondas e mais ondas

1 Identifique, nas imagens a seguir, se a onda é mecânica ou eletromagnética.

a) Ola humana numa partida de futebol.



© MIS/Imago Sport/Latinstock

c) Luz ultravioleta.



© Sion Toung/Getty Images

b) Tsunami que atingiu o Japão em 2011.



© Jiji Press/AFP/Getty Images

d) Raio-X.



© L. Basset/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

2 Faça uma relação das várias ondas que podem estar ao seu redor neste momento.

---

---

---

---

---

---

---

---

### A formação das ondas

Como a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada, você pode se perguntar: De onde vem a energia que a onda carrega? Qual é a fonte de energia de uma onda?

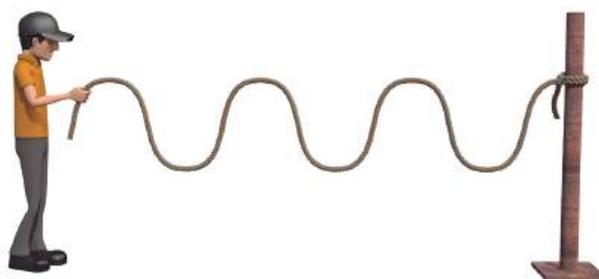
Toda onda tem uma fonte. Uma pedra que cai ou o vento que sopra deformam (perturbam) a superfície da água, funcionando como fonte de energia que transfere energia cinética para a água, produzindo um **pulso**. É essa energia que será transportada, então, pela onda.

Quando essa fonte realiza um movimento oscilatório, que se repete em intervalos de tempo regulares, a onda produzida é chamada de **onda periódica**. Uma onda periódica é o resultado de uma sucessão de pulsos com o mesmo formato e a mesma duração, que se repetem em intervalos de tempo regulares.



© Luísa Henriqueta/Laeti Images

Quando uma pessoa balança uma corda esticada, transfere energia cinética para ela e produz um pulso que se propaga pela corda. A fonte desse pulso e da energia cinética que ele carrega é a pessoa, por meio do movimento realizado.



© Daniel Beneventi



## ATIVIDADE 2 Fonte de onda

Identifique a fonte de energia das ondas mostradas nas figuras a seguir.

a) Ondas do mar.



© Galyna Andrushko/123RF

c) Som do piano.



© Blazej Lyjak/123RF

b) Ondas na piscina.



© Thomas Dutour/123RF

d) Luz da lâmpada.



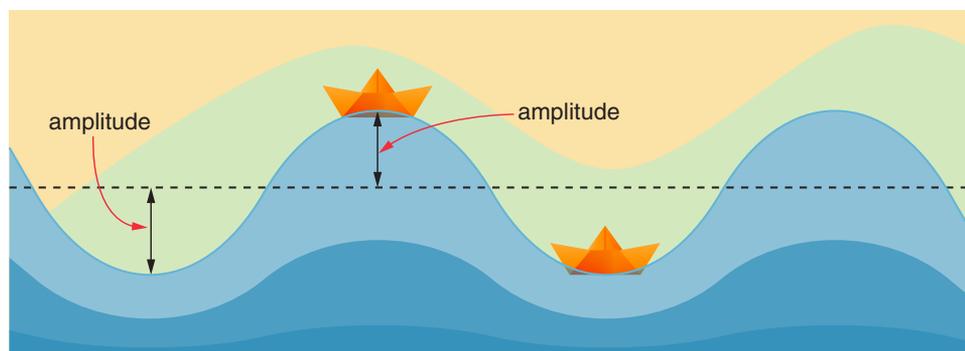
© Wavebreak Media Ltd/123RF



## Características de uma onda

### Amplitude

Quando uma pedra cai numa superfície líquida, ela produz um pulso que vai se movimentando na superfície da água. Quanto maior for a energia transferida pela pedra à superfície, maior será a sua deformação e, portanto, a altura do pulso.

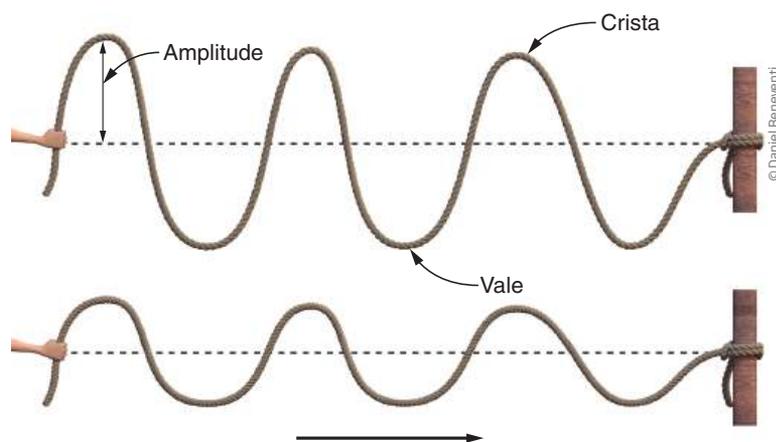


© Daniel Beneventi

A amplitude da onda depende de sua energia: quanto mais energia, maior a amplitude.



O mesmo acontece com as ondas do mar: quanto maior a onda, maior a quantidade de energia que ela transporta. À altura da onda, medida a partir do ponto que representa a superfície antes da perturbação, dá-se o nome **amplitude**. Portanto, a amplitude da onda é definida pelo movimento da fonte que a produz e está associada à energia da onda.



© Daniel Beneventi

Numa onda, existem pontos nos quais a amplitude é máxima. Esses pontos podem estar acima ou abaixo da posição natural da superfície (aquela em que ela está antes da passagem da onda). Os pontos mais altos da onda, nos quais a amplitude é máxima, são chamados de **cristas da onda**, e os pontos mais baixos, nos quais a amplitude também é máxima, são chamados **vales da onda**.

### ATIVIDADE 3 Quanta energia?

A figura ao lado mostra três ondas se propagando no mesmo meio, com amplitudes diferentes. Qual delas carrega mais energia? Justifique.

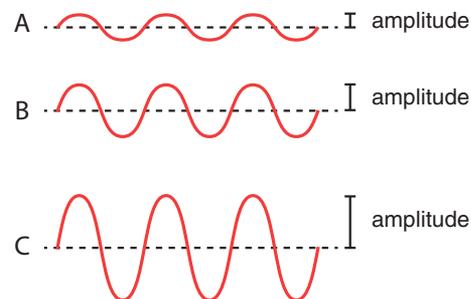
---



---



---



### Frequência (f) e período (T) de uma onda

A frequência (**f**) de uma onda mede o número de pulsos produzidos pela fonte em cada segundo. Portanto, a **frequência de uma onda é a mesma frequência da fonte que a produz**. Já o período (**T**) de uma onda é a medida do tempo necessário para que duas cristas ou dois vales consecutivos passem por um mesmo ponto do espaço. Assim como a frequência, **o período de uma onda coincide com o período da fonte que produz a onda**. A relação entre frequência e período é:

$$f = \frac{1}{T}$$

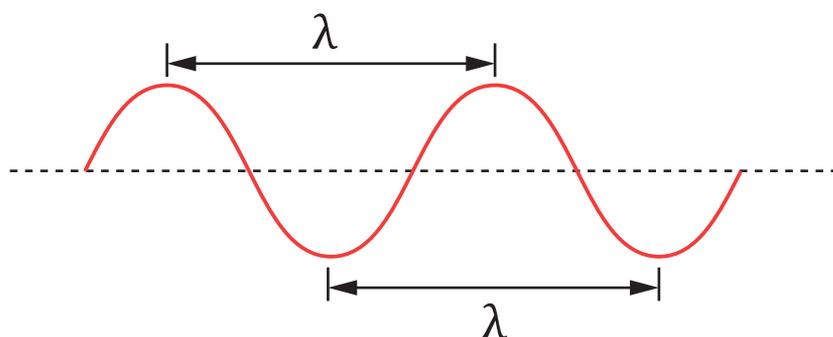
**f**: frequência. Medida em unidade inversa ao segundo (1/s); ou seja,  $s^{-1}$ . Essa unidade ( $s^{-1}$ ) recebe o nome de hertz (Hz);

**T**: medida de tempo. No Sistema Internacional de Unidades (SI), ele é medido em segundos.



## Comprimento de onda ( $\lambda$ )

Ao se propagar em um meio, um pulso tem velocidade constante. Assim, a distância percorrida em determinado período também será constante. O **comprimento de onda**, representado pela letra grega  $\lambda$  (lê-se “lambda”), é a distância que a onda percorre num intervalo de tempo correspondente a um período.

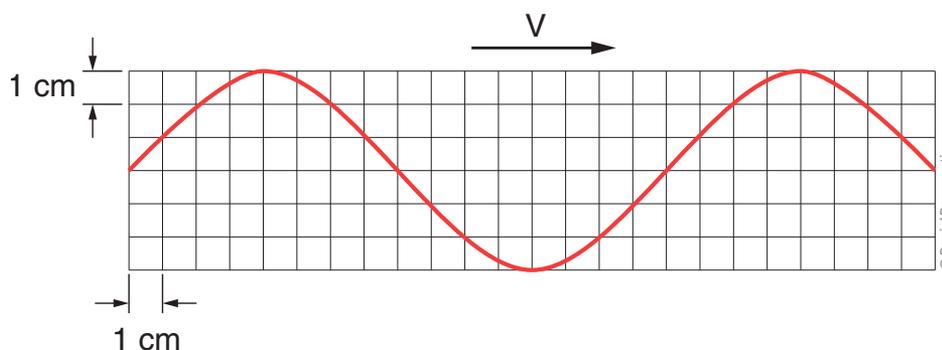


© Daniel Beneventi

O comprimento de onda pode ser visualizado como a distância entre dois pontos consecutivos de amplitude máxima de uma onda periódica (duas cristas ou dois vales).

### ATIVIDADE 4 Características da onda

A figura a seguir mostra a onda de uma corda em dado momento. O pulso percorre 24 cm em 3 s. Com a ajuda da figura, sabendo que o lado de cada quadrado corresponde a 1 cm, determine:



© Daniel Beneventi

**1** a amplitude da onda.

---



---



---



2 o comprimento de onda.

---



---

3 seu período e frequência.

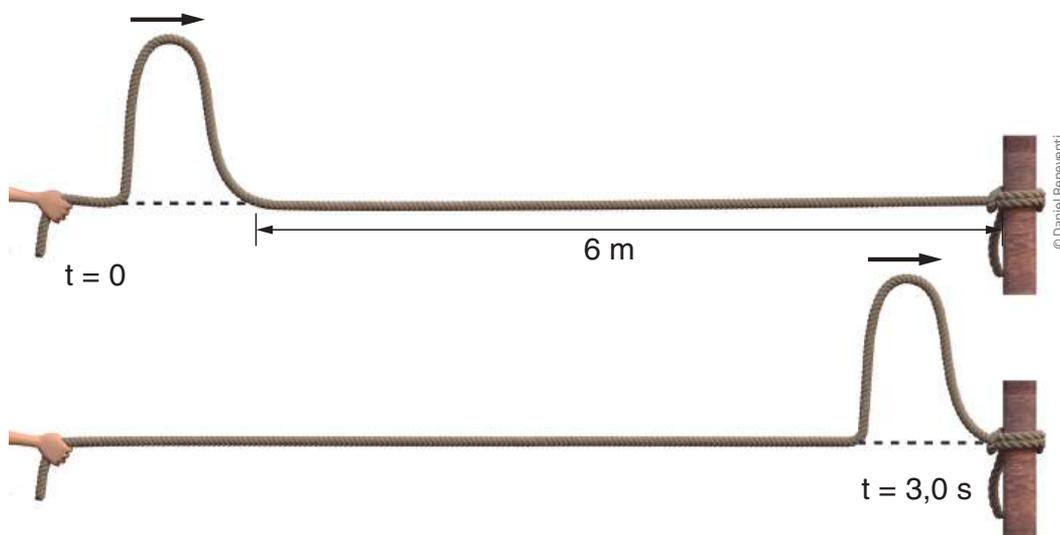
---



---

### Velocidade de propagação de uma onda

A velocidade de propagação de uma onda é a velocidade de propagação de um pulso qualquer dessa onda. Para determinar sua velocidade, portanto, basta utilizar a definição de velocidade: dividir a distância que o pulso percorreu pelo tempo gasto. A velocidade de propagação das ondas depende de vários fatores, principalmente das características do meio no qual ela está se propagando.



A velocidade de uma onda pode ser calculada a partir de um pulso qualquer. No caso mostrado na figura, a velocidade da onda é de 2,0 m/s.

Partindo da definição de comprimento de onda (distância que a onda percorre em um período), percebe-se que existe uma relação entre a velocidade ( $v$ ) e o comprimento de onda ( $\lambda$ ):

$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \lambda \cdot f$$

$v$ : velocidade da onda;

$\lambda$ : comprimento de onda;

$T$ : período da onda;

$f$ : frequência da onda.



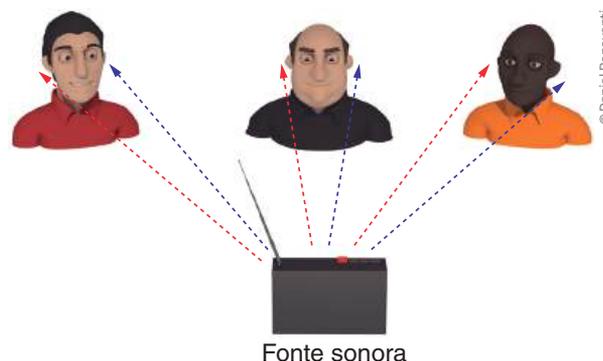






## Ondas sonoras

Além de ondas eletromagnéticas, como a luz, as ondas de rádio e TV e outras, você está mergulhado em um verdadeiro mar de ondas mecânicas de vibração do ar. Pessoas falando, ronco dos motores dos automóveis, telefones celulares e alto-falantes em geral são fontes de um tipo de energia mecânica bastante familiar, que é a energia sonora.

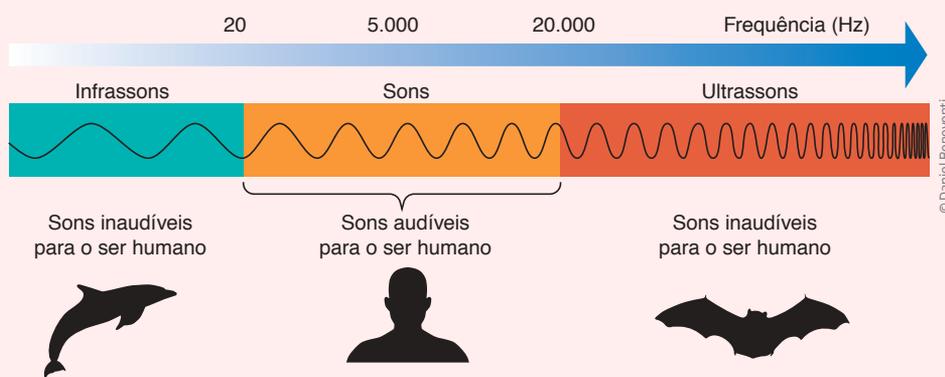


Som é uma onda mecânica longitudinal (ou seja, a oscilação da pressão do ar se dá na mesma direção de propagação do som), que se propaga em sólidos, líquidos e gases, mas não se propaga no vácuo. As frequências audíveis para o ser humano variam de 20 Hz a 20.000 Hz.

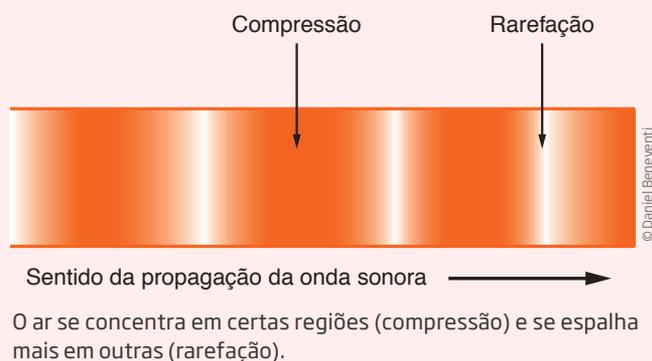


### VOCÊ SABIA?

O som é uma onda mecânica cuja frequência varia entre 20 Hz e 20.000 Hz. A percepção do som é diferente para distintas espécies vivas e também pode variar com a idade, no caso dos seres humanos.

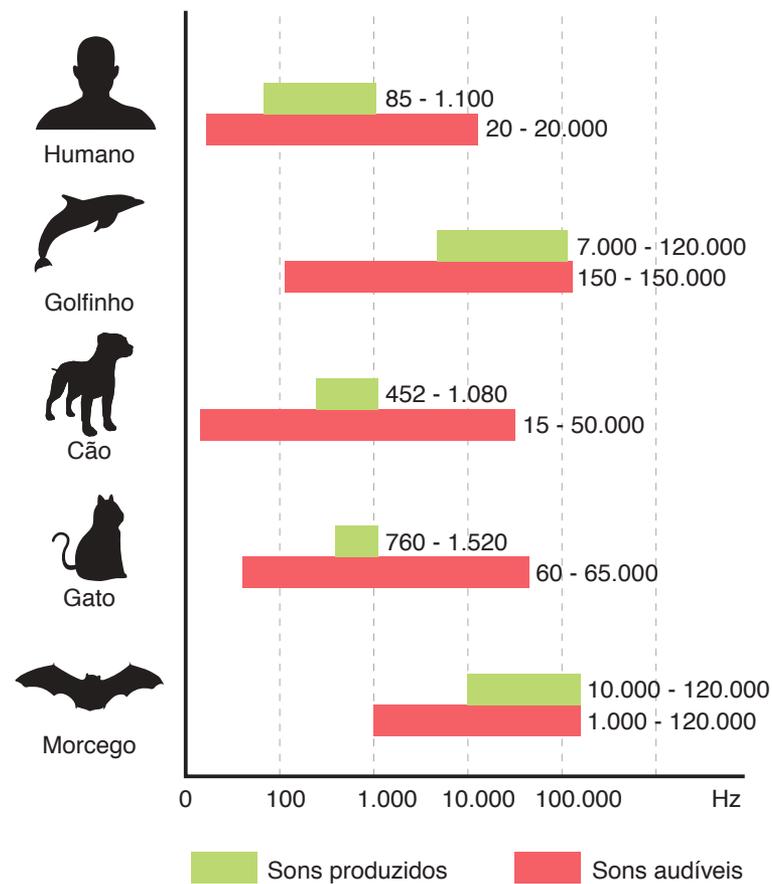


A onda sonora é uma onda longitudinal, ou seja, a propagação das ondas se dá na mesma direção da perturbação.



## ATIVIDADE 1 Dá para ouvir?

A imagem a seguir indica algumas faixas de frequência dos sons emitidos e captados por alguns animais. Analisando a figura, responda: Quais desses animais emitem sons que são audíveis pelo ser humano? Justifique.




---



---



---



---



---



---

### Como se produz o som

Todos os sons resultam de vibrações de algum objeto. Por exemplo, quando você fala, a voz resulta da vibração das pregas vocais, assim como ocorre com as cordas de um violão ou as membranas de um alto-falante.

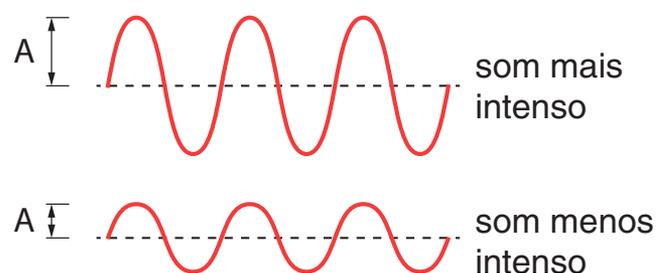
Quando algum objeto vibra de forma completamente desordenada, diz-se que o som produzido é um ruído, um som indesejado. Sons agradáveis em geral são constituídos por vibrações periódicas; já ruídos são constituídos por vibrações não periódicas.

## Características de uma onda sonora

Os diferentes tipos de som podem ser caracterizados por sua **intensidade**, **altura** e **timbre**.

### Intensidade do som

A **intensidade sonora** é chamada, no senso comum, de volume do som. É a propriedade que permite distinguir os **sons fortes (mais intensos) dos fracos (menos intensos)**, sendo uma propriedade ligada à energia e à amplitude de vibração da onda. Ao que se chama som com volume alto, os físicos chamam de som com forte ou muita intensidade. Grandes amplitudes de onda dão origem a sons muito intensos, enquanto pequenas amplitudes dão origem a sons pouco intensos.



Quanto maior a amplitude da onda, maior será sua intensidade (volume).

A intensidade do som está ligada à quantidade de energia sonora que atravessa uma unidade de área. Essa intensidade está diretamente vinculada à amplitude da onda. Quanto menor a intensidade sonora, menores serão a energia e a amplitude da onda. Se a energia carregada pela onda sonora for muito pequena, ela não conseguirá sensibilizar as orelhas e não poderá ser escutada, ou seja, existe um mínimo de energia necessária para que se possa ouvir um som.

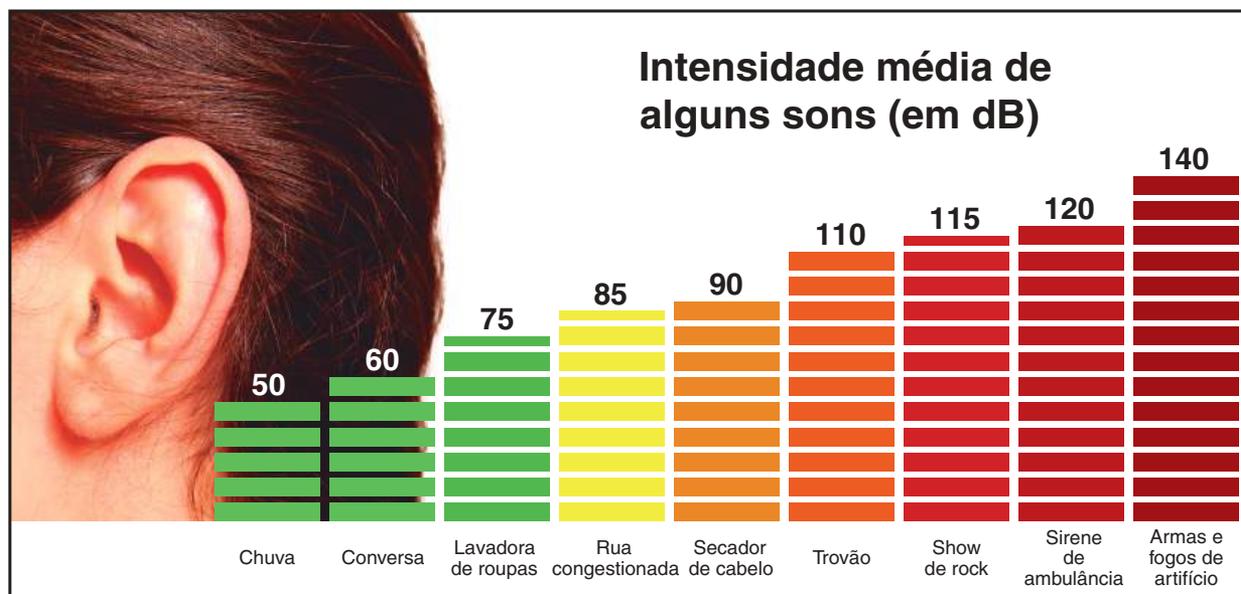
Determina-se, então, o nível de intensidade sonora comparando a energia carregada por determinada onda sonora com o mínimo de energia sonora necessário para que se possa ouvir esse som.

A unidade de medida do nível de intensidade sonora do Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Bel (**B**), mas o decibel (**dB** – um décimo de Bel) é mais utilizado. Quando um som tem 10 vezes mais energia do que o outro, ele tem 1 B ou 10 dB a mais. Quando tem 100 vezes mais energia, ele terá 20 dB a mais.

Como a escala B é logarítmica, 100 vezes mais são  $10^2$  vezes mais, portanto, 2 B, ou seja, 20 dB a mais.

A orelha humana precisa de uma energia mínima para vibrar. Essa energia é denominada limiar de audição (10 dB) e suporta uma energia máxima (limiar de dor), a partir da qual passa a sentir sensações desconfortáveis (80 dB).

80 dB = 8 B, ou seja,  $10^8$ , 100 milhões de vezes o limiar de 1 B.



Fontes: DANGEROUS Decibels. Disponível em: <<http://www.dangerousdecibels.org/education/information-center/decibel-exposure-time-guidelines/>>; BERSAN, Fernando. O decibel e seus mistérios - Parte II. Disponível em: <<http://www.somaovivo.org/artigos/o-decibel-e-seus-misterios-parte-ii/>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

O gráfico mostra diferentes intensidades sonoras conhecidas. Um MP3 player no volume máximo pode prejudicar a audição tanto quanto um trovão. A energia sonora que ele transfere para a orelha é dez vezes maior do que a de um show de rock e mil vezes maior do que a do trânsito intenso de uma grande cidade.

## PARA SABER MAIS



### Poluição sonora

A poluição sonora é fruto do ruído e pode se tornar uma das formas mais graves de agressão ao homem e ao meio ambiente. Como a poluição sonora não deixa resíduos, existindo apenas no momento em que é produzida, é uma forma de poluição frequentemente negligenciada. No entanto, a exposição repetida a essa forma de agressão pode produzir efeitos crônicos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.

Quando submetidos a sons muito intensos por tempo prolongado, a grande quantidade de energia sonora exerce sobre o tímpano uma pressão muito forte, podendo gerar vários distúrbios de saúde relativos ao estresse, como irritação, dificuldade de dormir etc. Por isso, é importante combater também a poluição sonora.

## ATIVIDADE 2 Estresse sonoro

1 A tabela abaixo mostra alguns impactos do ruído na saúde.

### Impactos do ruído na saúde

Nível	Reação	Efeitos negativos	Exemplos de locais
Até 50 dB(A)*	Confortável (limite da OMS).	Nenhum.	Rua sem tráfego.
Acima de 50 dB(A)	O organismo humano começa a sofrer o impacto do ruído.		
de 55 a 65 dB(A)	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Diminui o poder de concentração e prejudica o trabalho intelectual.	Grandes escritórios e empresas.
de 65 a 70 dB(A) (início das patologias ligadas ao ruído)	O organismo tenta reagir para se adequar ao ambiente, minando as defesas.	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente. É por isso que muitas pessoas só conseguem dormir em ambientes silenciosos com o rádio ou a TV ligados. Aumenta a concentração de colesterol no sangue.	Terminais rodoviários.
Acima de 70 dB(A)	O organismo fica sujeito a estresse degenerativo além de abalar o equilíbrio emocional.	Aumentam os riscos de enfarte e infecções, entre outras doenças sérias.	Ruas de tráfego intenso.

\*dB(A) é um dos tipos de filtro usados para fazer medições em dB. Sua utilidade é adaptar a resposta sonora que um ser humano terá para determinado som.

Fonte: SÃO PAULO (cidade). Prefeitura Municipal. GEO Cidade de São Paulo. Disponível em: <[http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio\\_ambiente/projetos\\_acoes/0004/capitulo5.pdf](http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio_ambiente/projetos_acoes/0004/capitulo5.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.

Analise a tabela e responda:

a) A partir de qual nível de intensidade sonora o som passa a prejudicar a saúde?

---



---



---

b) Quais são os principais sintomas causados pelo excesso de exposição sonora?

---



---



---



---

2 No seu dia a dia, você fica exposto a níveis altos de intensidade sonora? O que pode ser feito para evitar isso?

---

---

---

---

---

---

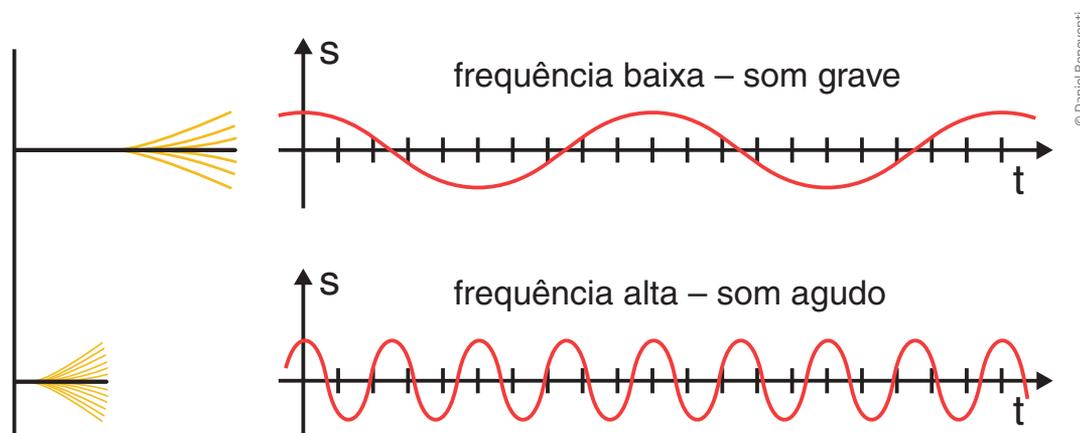
---

---

## Altura

Diferentemente do sentido popular, em que se confundem as expressões altura, volume e intensidade sonora, na Física, a **altura do som está ligada exclusivamente a sua frequência**. É ela que permite distinguir os **sons baixos ou graves, de baixa frequência, dos sons altos ou agudos, ou de alta frequência**. A altura ou o tom de um som depende apenas da frequência da onda sonora, e é a qualidade do som que permite à orelha distinguir um som agudo de um som grave.

O som mais baixo (mais grave) que se consegue ouvir corresponde à frequência de 20 Hz, e o som mais alto (mais agudo), à de 20.000 Hz. A frequência da voz masculina costuma variar entre 100 Hz e 200 Hz, e a da mulher, entre 200 Hz e 400 Hz. Portanto, a voz do homem costuma ser mais baixa – mais grave ou mais “grossa”, no senso comum –, enquanto a da mulher costuma ser mais aguda – mais alta ou “fina”.



A altura de um som depende apenas de sua frequência. O som representado na figura de cima seria mais grave ou mais baixo do que o som representado na figura de baixo, ainda que ambos tenham a mesma amplitude.

## ATIVIDADE 3 Altura do som

Analise a conversa da figura ao lado. Nela há uma contradição entre a fala dos dois personagens. Seria possível o som estar alto, mesmo com baixo volume?

---



---

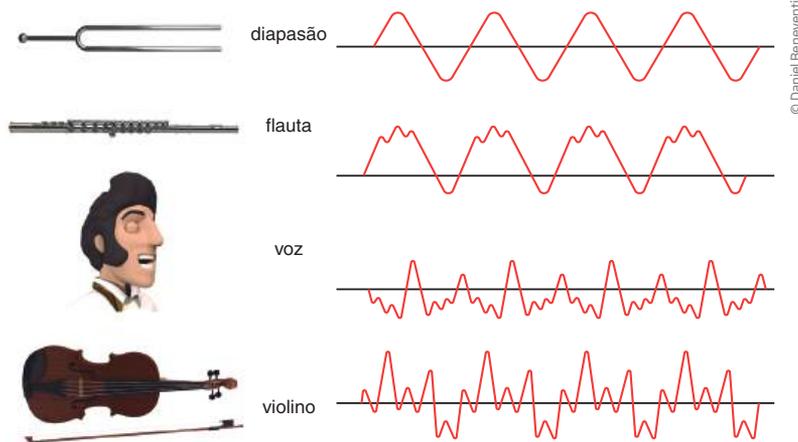


---



### Timbre

As pessoas conseguem distinguir a voz umas das outras ou os sons produzidos por diferentes instrumentos musicais, mesmo quando eles emitem a mesma nota, em função de uma característica das ondas sonoras, denominada timbre. O **timbre** funciona como uma “impressão digital” de um som, pois depende da fonte sonora e da forma de vibração que produz o som. Essa diferença na forma do pulso faz a energia transportada pela onda ser diferente, o que possibilita ao cérebro identificar a fonte da onda de seu timbre.



Cada instrumento faz o ar vibrar a sua volta de uma forma diferente. Isso torna possível distinguir o mesmo som emitido por diferentes fontes. Note que as ondas sonoras têm a mesma amplitude máxima, a mesma frequência e o mesmo comprimento de onda, mas os formatos de pulso são distintos.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Dá para ouvir?

Com exceção do morcego, que emite sons a partir do limite superior da audição humana, que corresponde ao valor de 20.000 Hz, todos os outros animais emitem sons audíveis (isto é, dentro do intervalo de frequência audível para o ser humano).

### Atividade 2 - Estresse sonoro

1

a) Acima de 50 dB.

b) Segundo a tabela, perda de concentração, diminuição da resistência a doenças, aumento do colesterol e dependência de endorfina.





Você vive numa sociedade audiovisual, na qual tanto a visão como a fala e a audição são supervalorizadas. A fala e a audição, particularmente, permitem a todos desenvolver a linguagem oral, tão utilizada como meio de comunicação pela humanidade, a ponto de gerar enormes dificuldades para aqueles que não a possuem.

Neste tópico, você vai estudar o mecanismo da audição e da fala humana.

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Pensando sobre a situação da foto e outras situações do seu cotidiano, responda a seguir:

- Como se produz a fala?
- Por que, em geral, a voz dos homens é mais grave do que a das mulheres?
- Como ocorre a audição?
- Por que as pessoas idosas escutam menos do que as mais jovens?



© Cathy Yeulet/123RF

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---



---

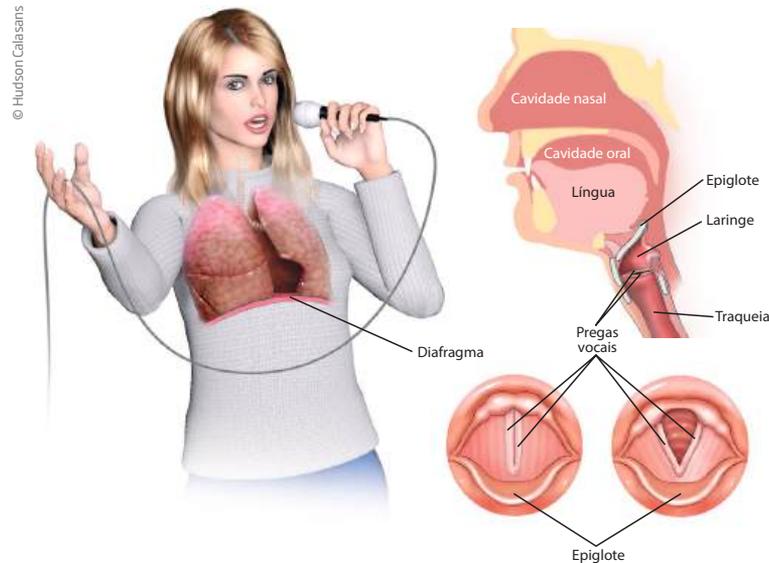
### A fala humana

Como você viu, para produzir sons, basta fazer algo vibrar em frequência audível. Pode-se fazer vibrar cordas, membranas, palhetas etc., e estas, por sua vez, fazem vibrar o ar que está a sua volta. A vibração do ar transmite o som de um local a outro do espaço.



A fala é um bem social que se constrói individualmente. O desenvolvimento da fala e da linguagem em geral foi fundamental para a evolução humana. Por intermédio dela, pode-se ensinar e aprender muito. A fala, somada à audição, é o principal instrumento de comunicação da espécie humana.

A fala resulta de um processo complexo que envolve a movimentação de aproximadamente uma dúzia de músculos, de forma articulada e concomitante.



- 1 Os pulmões ficam cheios de ar por meio da inspiração.
- 2 O músculo diafragma se movimenta, forçando a subida do ar.
- 3 O ar passa pela traqueia até chegar à laringe.
- 4 Na laringe, o ar passa pelas pregas vocais, antes chamadas “cordas vocais”.
- 5 As pregas vocais são, na verdade, membranas, que, vibrando pela passagem do ar, produzem sons.
- 6 A boca, junto com os lábios, a língua e os dentes, completa o aparelho sonoro, amplificando e modulando o som, que finalmente será emitido, permitindo a comunicação oral.
- 7 A cavidade nasal ajuda a amplificar os sons vindos da laringe.

## ATIVIDADE 1 Sem voz

A sociedade em que vivemos é bastante audiovisual, ou seja, está fortemente apoiada na possibilidade de se comunicar com os outros por meio da oralidade e da visão. Como é a vida de uma pessoa que não consegue se comunicar dessa forma? Como ela se comunica com as outras pessoas?

---

---

---

---

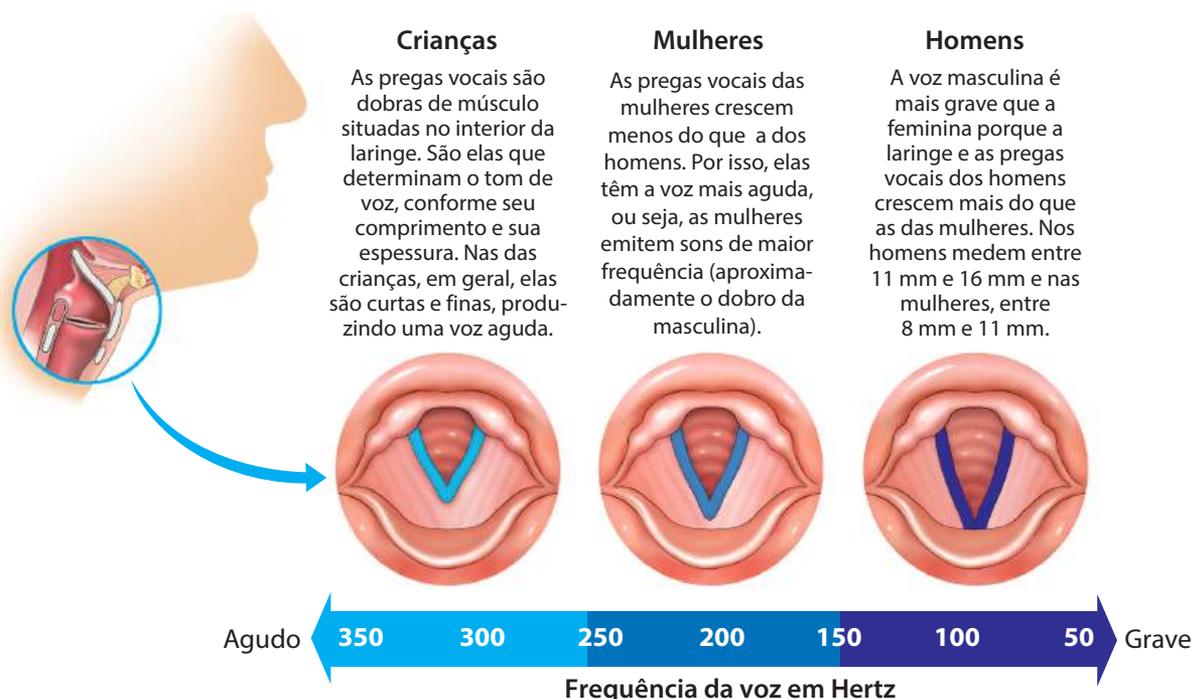
---



## Vozes humanas

A voz humana apresenta uma enorme variedade. Cada pessoa tem uma voz. O timbre da voz depende do tamanho e da potência dos pulmões e até do formato da boca. Contudo, as diferenças de timbre entre as vozes masculinas, femininas e das crianças podem ser explicadas pela formação das pregas vocais, que definem a frequência com que a voz será emitida pelas pessoas.

Com o envelhecimento, os pulmões, as pregas vocais e outros órgãos importantes no processo da fala vão se modificando, o que acarreta a mudança da voz dos idosos.



© Hudson Callesans

Crianças, homens e mulheres têm diferentes frequências de voz, devido a variações no desenvolvimento das pregas vocais, como foi representado na imagem acima. As regiões destacadas em azul indicam, aproximadamente, a borda e o formato das pregas vocais, mas há outros fatores que também interferem no tipo de som gerado por cada pessoa.



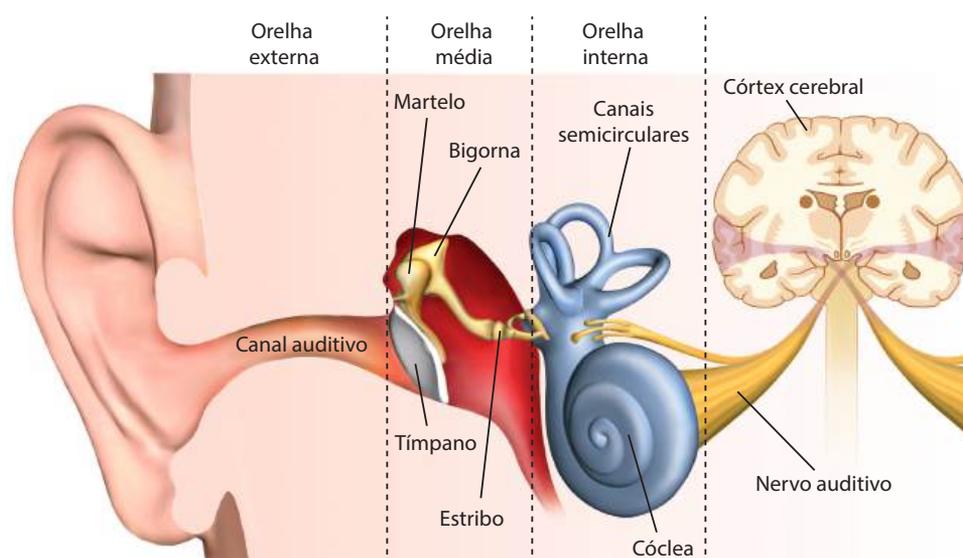
## Audição

Para estabelecer comunicação oral com as pessoas, tanto quanto conseguir falar, é importante também ouvir. A audição é outro processo humano que envolve uma série de músculos e um conjunto complexo de operações, que culmina com a interpretação do som pelo cérebro. É nele que começa a fala e termina a audição.

Na audição, as ondas sonoras entram pela orelha e chegam ao **canal auditivo**. No fim desse canal, fica a membrana do **tímpano**. Se a onda sonora tiver energia suficiente, a membrana vibra como um tambor quando atingida pelas ondas sonoras. O tímpano, por sua vez, transmite essas vibrações a três ossos bem pequenos (martelo, bigorna e estribo, que ficam em uma parte da orelha, chamada **orelha média**).

Primeiro, as vibrações chegam ao **martelo**. Ele bate na **bigorna**, que passa sua vibração ao **estribo**. Aí começa a **orelha interna**, formada pela cóclea e pelos canais semicirculares. A **cóclea** é um tubo em forma de caracol que recebe as vibrações do estribo e as transforma em impulsos nervosos que são enviados para o cérebro. O cérebro, baseado nos seus conhecimentos prévios sobre a realidade do indivíduo, interpreta o som.

A orelha (antes conhecida como ouvido), fundamental para a audição, é uma estrutura encontrada em todos os vertebrados. Ela é a responsável não apenas pela audição, mas também pelo equilíbrio do corpo. Os canais semicirculares, que ficam na região da cóclea são responsáveis pelo equilíbrio. Em seu interior há um líquido cujo movimento informa ao cérebro a posição da cabeça, além de mudanças súbitas de velocidade. Isso permite ao corpo perceber, por exemplo, que está caindo.



Estrutura do sistema auditivo.

## MOMENTO CIDADANIA

Além de causas biológicas e dos casos de surdez congênita, sons com altíssima intensidade, como explosões, ou mesmo prolongada exposição ao barulho em ambiente de trabalho, por exemplo, podem causar danos irreversíveis à audição.

O artigo 208 do parágrafo III da Constituição Federal diz que:

O dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de atendimento educacional especializado aos portadores de deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino.





Existem muitas formas de gerar energia elétrica. Além das mais conhecidas, como as usinas hidroelétricas e termoelétricas, também é possível gerar energia elétrica utilizando as ondas do mar. Neste tópico, você vai estudar como isso pode ser feito.



### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Analise a imagem a seguir e responda às questões:

- O que você imagina que seja essa estrutura vermelha boiando no mar?
- Você consegue imaginar algum mecanismo que possa utilizar a energia cinética das marés para produzir energia elétrica?
- Existem usinas que já geram energia elétrica por meio do movimento das marés?



© Ashley Cooper pics/Alamy/Glow Images

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---



---



---



---



---



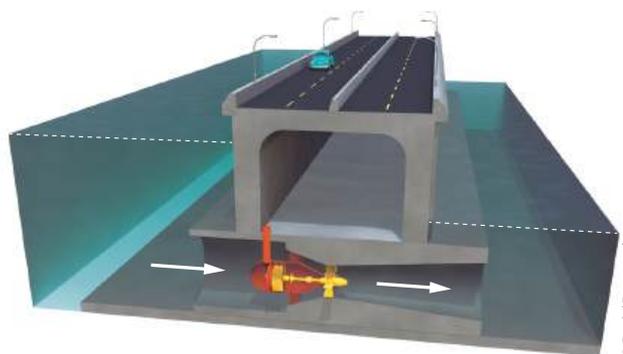
### Fontes alternativas de energia

A alternância diária entre as marés alta e baixa faz o nível da água do mar subir e descer todos os dias em até 15 m de altura, dependendo da região do planeta. Países como Portugal, França, Inglaterra, Japão e Estados Unidos já utilizam a energia das ondas para gerar energia elétrica.



Existem basicamente duas maneiras de aproveitar a energia das marés: pela alternância das marés e pela força das ondas.

No sistema de **alternância das marés**, a energia elétrica é obtida de forma parecida com o que ocorre numa usina hidrelétrica. Inicialmente, levanta-se uma barragem, formando uma represa junto ao mar. Quando a maré sobe, a água do mar enche o reservatório. Na maré baixa, a água é liberada e escoada por uma tubulação, movimentando uma turbina e gerando energia elétrica.



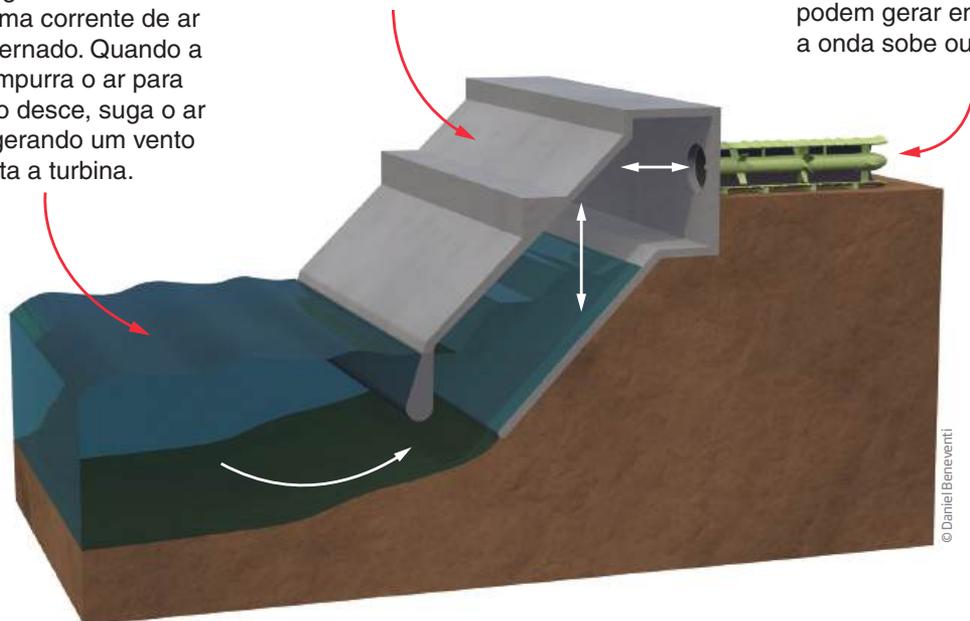
Quanto maior for o desnível, ou seja, a diferença de altura entre a maré alta e a maré baixa, maior será a geração de energia.

Outra maneira de aproveitar a energia das marés é pela **força das ondas**. Os ventos transferem parte de sua energia cinética para a água do mar, formando as ondas. Essa energia pode ser transformada em energia elétrica.

A coluna de água oscilante (CAO) gera uma corrente de ar de sentido alternado. Quando a onda sobe, empurra o ar para fora e, quando desce, suga o ar para dentro, gerando um vento que movimenta a turbina.

Dentro da câmara de captura, o movimento das ondas pressiona o ar, que movimenta as turbinas.

As turbinas são do tipo Wells, que giram sempre no mesmo sentido, independentemente da direção do fluxo de ar que a atravessa. Assim podem gerar energia quando a onda sobe ou desce.



Usina marítima de energia por compressão do ar.

Em um tipo de usina marítima de geração de energia elétrica, uma câmara de concreto construída na margem é aberta na extremidade do mar, de maneira que o nível da água dentro da câmara suba e desça a cada onda sucessiva. O ar acima da água é alternadamente comprimido e descomprimido, acionando uma turbina conectada a um gerador.

## ATIVIDADE 1 Qual fonte?

Muitas são as chamadas fontes alternativas de energia. Além da energia das marés, os biocombustíveis, o vento e a energia solar costumam ser lembrados como fontes alternativas. Entre elas, qual você imagina que seria possível utilizar em sua região? Por quê?

---

---

---

---



### DESAFIO

Não é nova a ideia de se extrair energia dos oceanos aproveitando-se a diferença das marés alta e baixa. Em 1967, os franceses instalaram a primeira usina “maremotriz”, construindo uma barragem equipada de 24 turbinas, aproveitando-se a potência máxima instalada de 240 MW, suficiente para a demanda de uma cidade com 200 mil habitantes. Aproximadamente 10% da potência total instalada são demandados pelo consumo residencial.

Nessa cidade francesa, aos domingos, quando parcela dos setores industrial e comercial para, a demanda diminui 40%. Assim, a produção de energia correspondente à demanda aos domingos será atingida mantendo-se

I. todas as turbinas em funcionamento, com 60% da capacidade máxima de produção de cada uma delas.

II. a metade das turbinas funcionando em capacidade máxima e o restante, com 20% da capacidade máxima.

III. quatorze turbinas funcionando em capacidade máxima, uma com 40% da capacidade máxima e as demais desligadas.

Está correta a situação descrita

- a) apenas em I.
- b) apenas em II.
- c) apenas em I e em III.
- d) apenas em II e em III.
- e) em I, II e III.

Enem 2006. Prova amarela. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2006/2006\\_amarela.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2006/2006_amarela.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.



As usinas maremotrizes são novidade no Brasil e podem produzir, atualmente, pouca energia. Reflita se o Brasil deve ou não investir nessa tecnologia de geração de energia elétrica e por quê.

### HORA DA CHECAGEM

#### Atividade 1 - Qual fonte?

Resposta pessoal. Procure refletir sobre as facilidades de utilizar essas fontes na região em que vive, como proximidade com o mar (energia das marés), existência de ventos constantes (energia eólica), produção de lixo orgânico (biocombustíveis) ou incidência de Sol ao longo do ano (energia solar).

#### Desafio

Alternativa correta: e.

I. Correta, pois a demanda aos domingos é 60% da capacidade total e 60% de 240 MW =  $0,6 \cdot 240 = 144$  MW.

II. Correta, pois cada turbina tem capacidade máxima de  $\frac{240}{24} = 10$  MW. Com metade delas funcionando, o total seria de 120 MW e faltariam 24 MW para completar os 144 MW. Se fosse utilizada a outra metade a 20%, o total seria de  $0,2 \cdot 120 = 24$  MW, que é o que falta.

III. Correta, pois, com catorze turbinas com capacidade máxima, teriam-se 140 MW, e 40% de uma turbina corresponde a 4 MW. Assim, obtêm-se os 144 MW necessários.



### Registro de dúvidas e comentários

Horizontal lines for writing notes and comments.



## TEMAS

1. A luz e suas propriedades
2. Fenômenos ópticos
3. Visão e cores dos objetos
4. Luz: fonte de energia elétrica

## Introdução

Nesta Unidade, você vai estudar a luz. Verá que luz é mais uma forma de energia, a energia luminosa, e que é uma pequena parte de toda a energia radiante que permeia o Universo.

No texto será apresentado o conceito do que é luz e de como ela pode ser produzida por meio de outras formas de energia. Você também vai estudar como a luz se propaga e quais são os fenômenos a ela associados. Finalmente, vai analisar como funcionam a visão e as cores.

A luz e suas propriedades **TEMA 1**

Neste tema, você conhecerá a definição de luz, estudará como é produzida e quais os principais fenômenos associados a ela.

**? O QUE VOCÊ JÁ SABE?**

A figura mostra um arco-íris formado próximo ao edifício do Congresso Nacional, em Brasília. Responda a seguir:

- Quando é possível observar um arco-íris?
- De onde vêm as cores que formam o arco-íris?
- Qual é a cor do edifício do Congresso Nacional?



© Salomon Cytrynowicz/Olhar Imagem

- Se o edifício do Congresso Nacional for iluminado à noite com luz verde e amarela, como já aconteceu, qual cor ele terá?

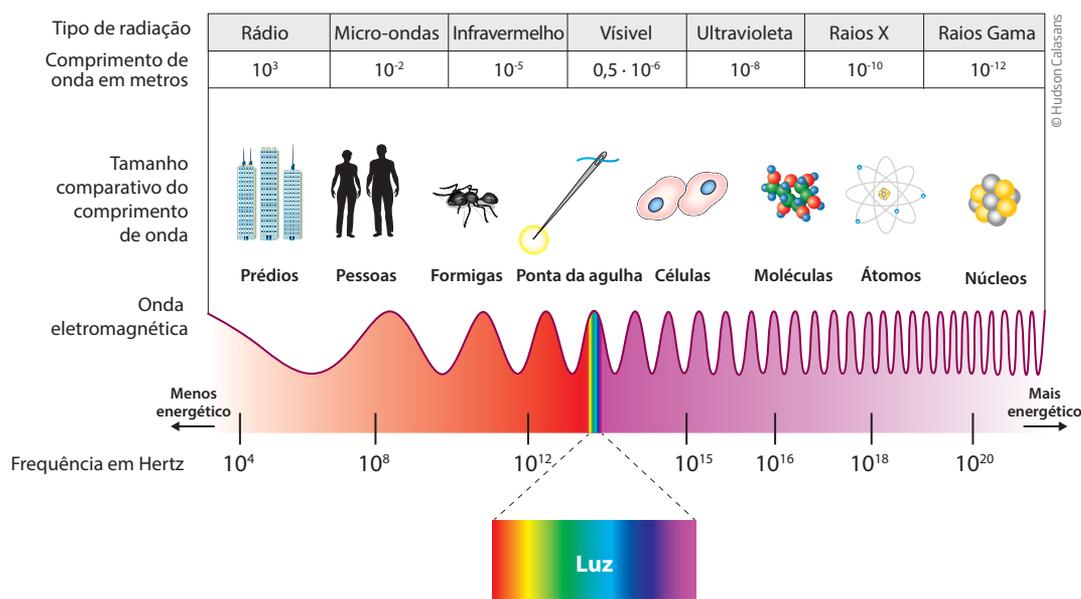
Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.



## Luz: energia luminosa como radiação eletromagnética

A visão é o sentido que permite às pessoas interagir com objetos mais distantes. O tato e o paladar necessitam de contato para que possam ser percebidos, enquanto o olfato e a audição permitem a interação com elementos relativamente próximos. Já a visão possibilita a percepção do que se vê diante do nariz até estrelas e galáxias muito distantes, a bilhões de anos-luz da Terra. Isso ocorre porque a energia luminosa carregada pela luz é suficiente para atravessar toda essa distância e ainda sensibilizar os olhos.

Embora exista muita energia radiante no Universo, o olho humano reconhece apenas uma parte dela, chamada de luz. **Luz é energia radiante capaz de sensibilizar os olhos**, ou seja, é uma radiação eletromagnética que não precisa de meio material para se propagar e cuja frequência se situa entre o infravermelho e o ultravioleta.



A luz corresponde a uma pequena parte do longo espectro de ondas eletromagnéticas existente.

A luz é uma forma de energia que pode ser produzida com base em outras formas de energia. O fogo, por exemplo, transforma a energia química em energia térmica e luminosa. O atrito entre duas superfícies também pode transformar energia mecânica em energia térmica e luminosa. Lâmpadas são dispositivos que transformam energia elétrica em energia luminosa. Já os vaga-lumes são insetos que transformam energia química em energia luminosa.

## ATIVIDADE 1 Energia radiante

Observe a figura do espectro eletromagnético (p. 100) apresentada anteriormente e responda:

**1** Quais são os tipos de radiação (energia radiante) identificados entre as ondas eletromagnéticas?

---

---

---

**2** Indique a fonte de energia envolvida na emissão de luz em cada caso apresentado.

a) Serra industrial.



---

c) Pulseira luminescente.



---

b) Vela acesa.



---

d) Lâmpada incandescente.



---



## Classificação dos meios ópticos

A luz é uma forma de energia que se propaga de diferentes maneiras nos diversos meios. Considerando a propagação da luz, classificam-se os meios como transparentes, translúcidos ou opacos.

### Meios transparentes

Ao observar uma paisagem rural, é possível vê-la com nitidez, pois o ar limpo é um meio que permite a propagação da energia luminosa de forma ordenada, sem alterar significativamente sua trajetória. Por isso, pode-se dizer que o ar é um meio transparente.



© Maurício Simonetti/Pulsar Imagens

O ar puro é um meio transparente e permite uma visão nítida da paisagem.

Meios transparentes são aqueles que permitem a propagação da luz e a visualização nítida dos objetos. Através dos meios transparentes, como ar, água pura e lentes, é possível enxergar nitidamente os objetos.

### Meios translúcidos

Meios translúcidos são aqueles que espalham a luz em várias direções, dificultando a visualização dos objetos. Ao observar um objeto através de meios translúcidos, como nevoeiro, neblina, vidros foscos ou jateados, ar ou água turvos, papel de seda etc., é possível ver os objetos, mas sem nitidez.



© Dwight Smith/123RF

Nos dias em que há nevoeiro ou neblina, a visibilidade fica prejudicada, pois o meio (ar) se torna translúcido, deixando de ser transparente.



## Independência dos percursos

Com tantas fontes de luz funcionando ao mesmo tempo, é fácil imaginar que a luz emitida por uma fonte acaba encontrando outros feixes de luz pelo caminho. Observa-se neste caso uma importante propriedade das ondas: quando dois feixes de luz em propagação se encontram, um não interfere na trajetória do outro, ou seja, a trajetória de um feixe de luz não é alterada pela trajetória de outro feixe de luz.



Quando dois ou mais feixes de luz se encontram, suas trajetórias não se alteram.

## Reversibilidade

O caminho que um raio de luz percorre não depende do sentido de propagação; esse princípio é facilmente observado quando duas pessoas conversam e se olham em um espelho.



Se a cabeleireira é capaz de ver o rosto da cliente no espelho, então a cliente também é capaz de ver o rosto da cabeleireira.

## Aplicações

### Sombras

A formação de sombras é consequência da propagação retilínea da luz. Sombra é a ausência de luz. É uma região não iluminada que se forma atrás de um objeto opaco posicionado no caminho da luz. Quando os objetos envolvidos são astros, como o Sol e a Lua, ocorre um eclipse.



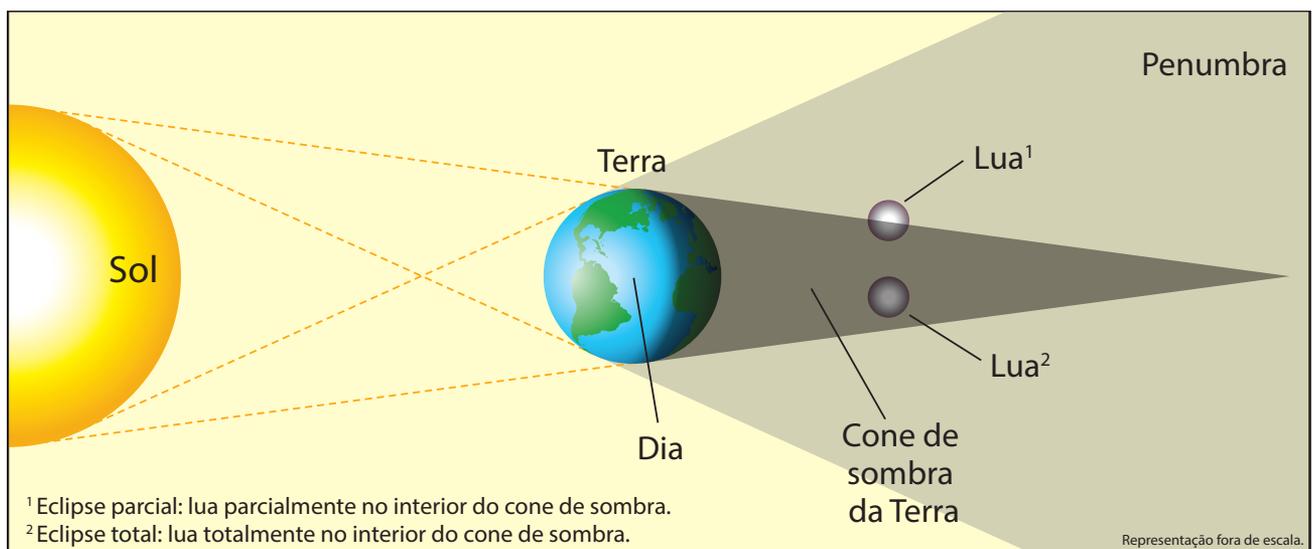
A sombra é a ausência de luz e pode ser explicada pelo princípio da propagação retilínea.

## Eclipses

Chama-se eclipse a passagem de um astro pela sombra de outro astro. Aqui na Terra, enxergam-se apenas dois eclipses a olho nu: o eclipse da Lua e o eclipse do Sol.

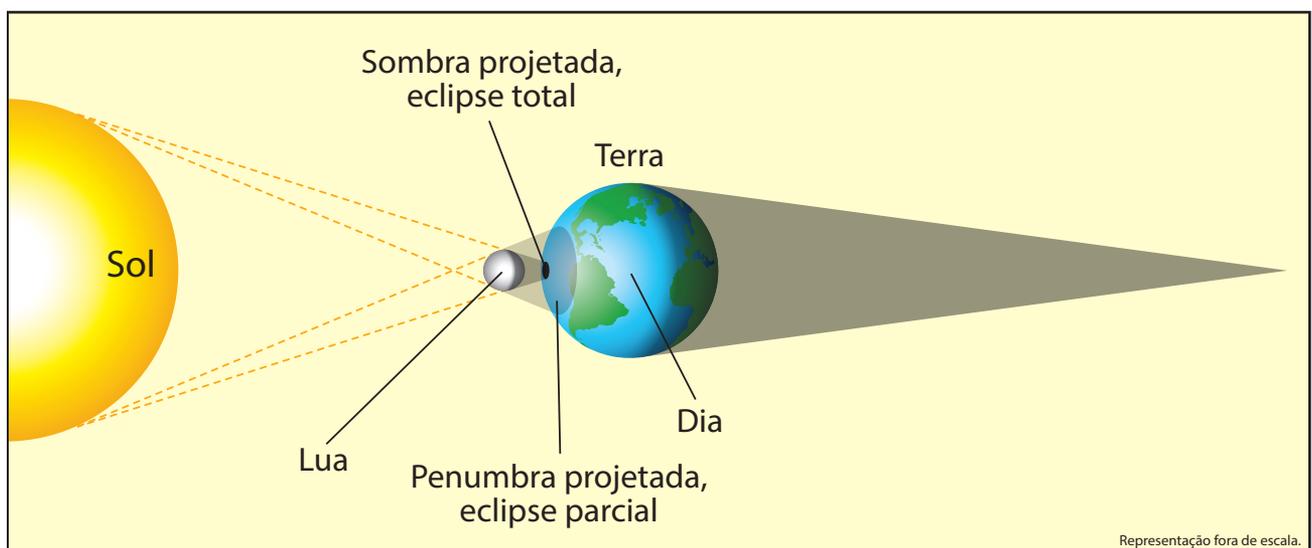
### Eclipse da Lua

Quando a Lua passa pela sombra da Terra, ela deixa de ser iluminada pelo Sol. Nesse caso, tem-se o eclipse da Lua.



### Eclipse do Sol

Durante o eclipse do Sol, a Lua projeta na Terra uma região de sombra e outra de penumbra. Na região de sombra, o eclipse é total, enquanto na penumbra ocorre o eclipse parcial.



## ATIVIDADE 3 Sombras

A figura a seguir mostra um menino e o tamanho de sua sombra em dois horários distintos de um dia. Sabendo que as duas sombras correspondem ao período da manhã, qual delas foi obtida mais cedo? Justifique.

---



---



---

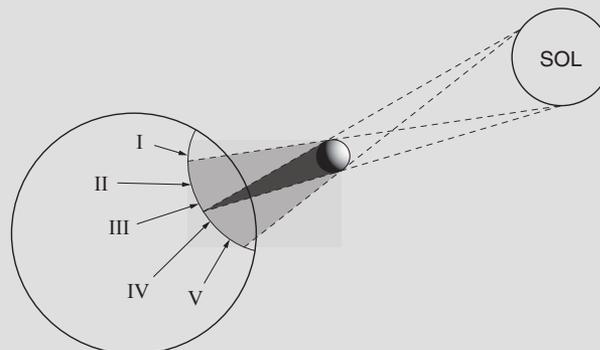


© Hudson Galasans

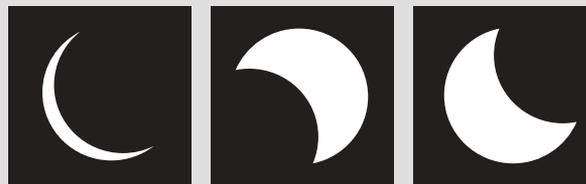


### DESAFIO

A figura abaixo mostra um eclipse solar no instante em que é fotografado em cinco diferentes pontos do planeta.



Três dessas fotografias estão reproduzidas abaixo.



As fotos poderiam corresponder, respectivamente, aos pontos:

- III, V e II.
- II, III e V.
- II, IV e III.
- I, II e III.
- I, II e V.

Enem 2000. Prova amarela. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2000/2000\\_amarela.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2000/2000_amarela.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.





Quando a luz se propaga pelo espaço, pode interagir com vários meios e objetos, podendo ocorrer, assim, diversos fenômenos. Neste tópico, você poderá estudar alguns deles.

### ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A figura ao lado mostra algumas pedras de gelo flutuando na água. Sobre essa situação, responda:

- A luz que ilumina o copo está sendo refletida dentro e fora da água pelo gelo?
- A luz que ilumina o copo está penetrando na água ou está sendo refletida pela superfície da água?
- O gelo está absorvendo a luz que ilumina o copo?
- A água está absorvendo a luz?



Photo courtesy photos-public-domain.com

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---

### 📖 Reflexão da luz

A reflexão da luz é o retorno da energia luminosa para a região de onde veio, depois de atingir uma superfície entre dois meios. Ocorre quando a luz incide sobre a superfície de separação entre dois meios e não tem energia suficiente para atravessá-la, acontecendo principalmente em superfícies opacas.



© Tim Davis/Corbis/Latinstock

A luz solar é refletida pelas aves em várias direções. Parte dela chega aos olhos do observador, permitindo que as aves sejam vistas. Outra parte produz o reflexo das aves na água.

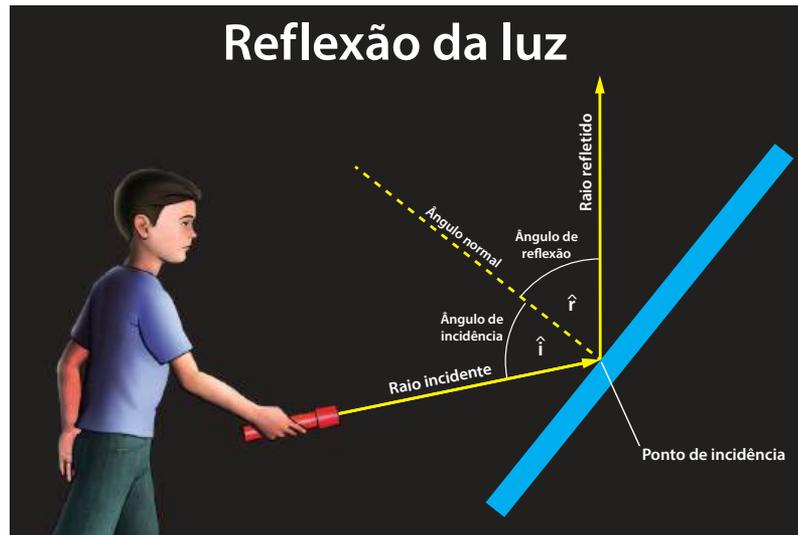


## As leis da reflexão da luz

Quando a luz incide numa superfície que separa dois meios e é refletida, podem-se observar dois fenômenos que sempre acontecem e que são sintetizados em duas leis, chamadas leis da reflexão da luz.

A **primeira lei da reflexão da luz** estabelece que o feixe de luz incidente, a reta normal e o feixe de luz refletido pertencem a um mesmo plano.

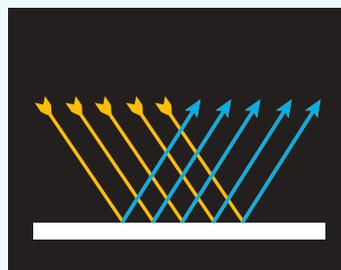
A **segunda lei da reflexão da luz** estabelece que, durante a reflexão da luz, o ângulo de incidência  $\hat{i}$  (formado entre o feixe de luz incidente e a reta normal) e o ângulo de reflexão  $\hat{r}$  (formado entre o raio refletido e a reta normal) têm sempre o mesmo valor. Matematicamente pode-se escrever:  $\hat{i} = \hat{r}$ .



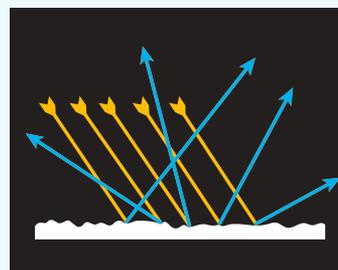
Elementos geométricos da reflexão da luz. A reta normal (tracejada) é perpendicular à superfície no ponto de incidência. O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão ( $\hat{i} = \hat{r}$ ).

### REFLEXÃO REGULAR E DIFUSA

Reflexão regular  
(superfícies microscopicamente lisas)



Reflexão difusa  
(superfícies microscopicamente rugosas)



A reflexão da luz pode ser regular, quando mantém o formato do feixe incidente, ou difusa, quando espalha a luz em várias direções. A difusão da luz é muito importante no processo de visão, pois possibilita que um objeto seja visto de lugares diferentes.



## Espelhos

Todos os dias, milhões de pessoas se olham no espelho, seja ao ajeitar os cabelos ou ao cuidar dos dentes. Espelhos são encontrados em carros, transportes coletivos,

garagens, e apresentam várias utilidades. O que valoriza muito um espelho é sua capacidade de produzir uma boa imagem.

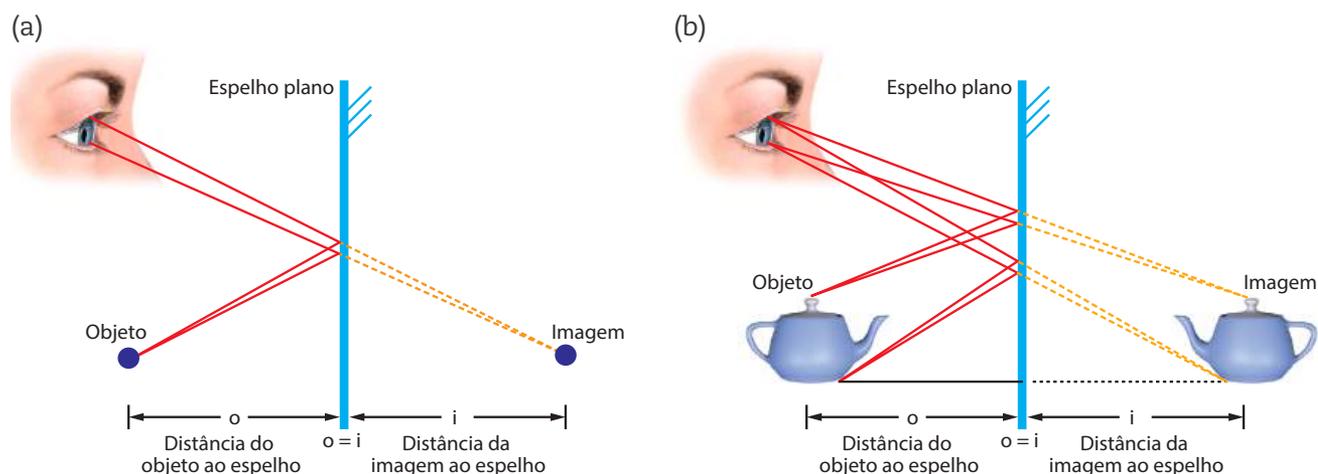
São chamadas de espelhos as superfícies lisas ou polidas nas quais ocorre a reflexão regular da luz, proporcionando a formação de imagens nítidas.

Dependendo do formato da superfície do espelho, eles podem ser planos ou esféricos (côncavos ou convexos), entre outros formatos possíveis.

## Espelhos planos

Os espelhos planos são relativamente fáceis de construir e produzem imagens nítidas e do mesmo tamanho do objeto que está à sua frente, motivo pelo qual são muito utilizados.

A imagem formada por um espelho plano é virtual, como se estivesse atrás do espelho. Por isso não é possível projetar a imagem gerada por um espelho plano numa parede ou tela.



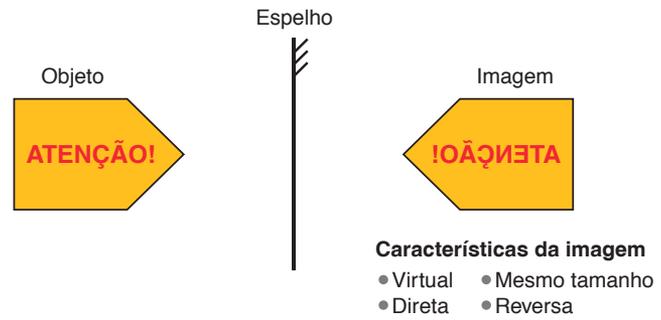
© Hudson Calasans

Aplicando as leis da reflexão, pode-se construir a imagem gerada para um ponto (a) ou para um objeto (b) por um espelho plano. Ela é simétrica em relação ao objeto, ou seja, a imagem parece estar atrás do espelho e à mesma distância do espelho do que o objeto está (c). Além disso, a imagem final é reversa, ou seja, os lados direito e esquerdo ficam invertidos.



© The Maas Gallery, London/Bridgeman Images/Keystone

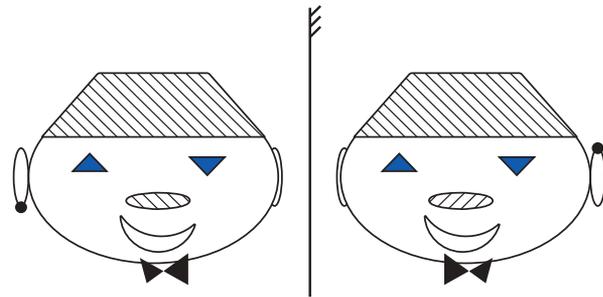
Aplicando as leis da reflexão, como nas imagens anteriores, conclui-se que a imagem gerada por um espelho plano é sempre virtual (formada atrás do espelho), direita (mantém o que estava embaixo no objeto na parte de baixo da imagem e o que estava em cima no objeto na parte de cima da imagem), do mesmo tamanho que o objeto que está à frente do espelho e reversa (troca o lado direito pelo esquerdo e vice-versa).



© Daniel Beneventi

## ATIVIDADE 1 Simetria

Numa revista em quadrinhos, um cartunista desenhou um menino em frente de um espelho plano, cometendo alguns erros. Assinale, na figura, quatro erros relacionados com as propriedades das imagens geradas por espelhos planos. Em seguida, escreva o nome deles, justificando sua resposta.



© Daniel Beneventi

---



---



---



---



---



---



---



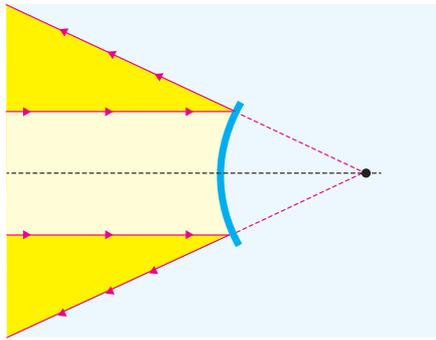
---

## Espelhos esféricos

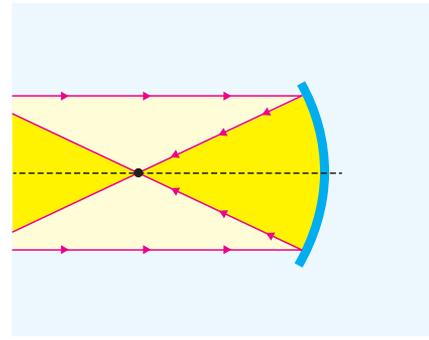
Espelhos esféricos são instrumentos de larga aplicação nos mais diversos sistemas que constituem o cotidiano. Faróis e retrovisores nos meios de transporte, espelhos de dentistas e esteticistas, telescópios etc. são exemplos de instrumentos que utilizam a reflexão da luz em superfícies esféricas.

Dependendo de sua curvatura, eles podem ser côncavos ou convexos. Os espelhos convexos sempre produzem imagens pequenas e diretas dos objetos, já os espelhos côncavos podem produzir vários tipos de imagens.

(a) **Espelho convexo**  
O feixe de luz refletido diverge



(b) **Espelho côncavo**  
O feixe de luz refletido converge



O espelho convexo espalha a luz (a) e produz imagens direitas e menores do que o objeto (c), enquanto o espelho côncavo concentra a energia luminosa (b) e pode ampliar a imagem (d).

## ATIVIDADE 2 Espelhos

Identifique o tipo de espelho utilizado para produzir cada imagem mostrada a seguir. Justifique sua resposta.



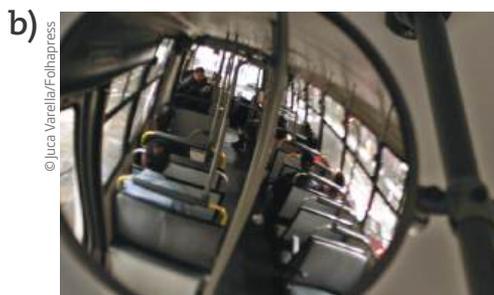

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

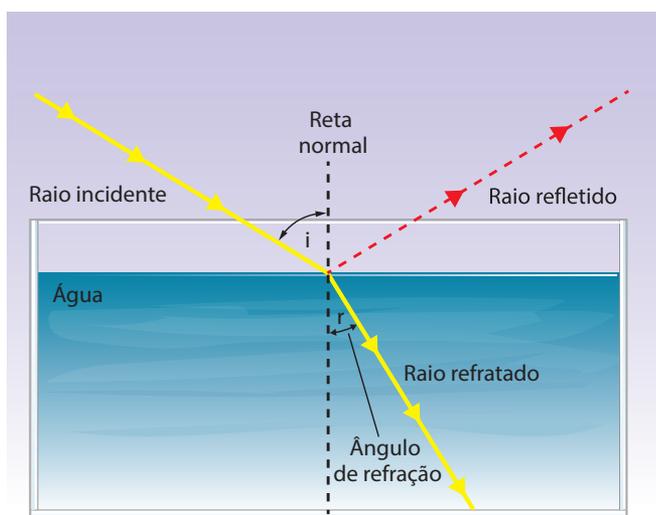
---

---

## Refração

Lentes, lupas, vidros, e mesmo o arco-íris e o olho humano, são exemplos de fenômenos associados à refração. A refração da luz é a passagem da luz de um meio para outro com propriedades físicas distintas. Em geral, ela vem acompanhada de uma mudança na direção e na velocidade de propagação da luz.

Na trajetória até nossos olhos, a luz muitas vezes acaba atravessando vários outros meios, além do ar, como as lentes de óculos ou de contato, a água, o vidro das janelas, celulares e relógios. Até mesmo dentro de nossos olhos ela atravessa



A refração da luz geralmente vem acompanhada por uma mudança na velocidade e na direção de propagação da luz. Quando a luz vai do ar para a água, ela se afasta da superfície, aproximando-se da reta normal, e diminuindo o ângulo de refração. Quando ela vai da água para o ar, acontece o contrário.

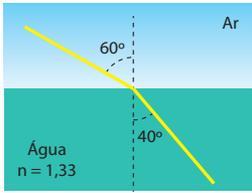
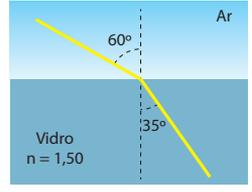
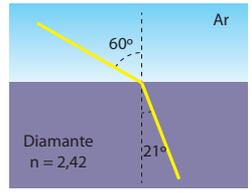
vários meios antes de formar uma imagem. Toda vez que a luz passa de um meio para outro, ela sofre uma refração.

## Índice de refração

A capacidade de um meio deixar a luz passar é medida por uma grandeza chamada índice de refração absoluto. Esse índice é representado pela letra **n**, e estabelece uma proporção entre a velocidade da luz no vácuo (**c**) e a velocidade da luz no meio (**v**).

$$n = \frac{c}{v}$$

Quanto maior for o índice de refração, menor será a velocidade da luz no meio e maior será o seu desvio.

Comportamento da luz			
Meio	Velocidade da luz (km/s)	n	Ângulo de refração
Ar	300.000	1,00	Não acontece refração em um mesmo meio.
Água	225.000	1,33	
Vidro	200.000	1,50	
Diamante	124.000	2,42	

Fonte: KNIGHT, Randall D. *Física: uma abordagem estratégica*, v. 2. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2009.

A velocidade da luz no ar é praticamente a mesma que no vácuo (299.900 km/s), enquanto materiais como o diamante podem reduzir a velocidade da luz em quase 60%. Além disso, quando a luz muda o meio de propagação, ela também altera sua direção de propagação. Note que, quanto maior o índice de refração, maior o desvio da luz.

### Exemplo

A luz vermelha se propaga em um determinado vidro com velocidade de 200.000 km/s. Sendo 300.000 km/s a velocidade da luz no vácuo, determine o índice de refração absoluto do vidro para a luz vermelha.

$$\text{Como } n = \frac{c}{v}, \text{ então: } n = \frac{300.000}{200.000} = 1,5.$$

### ATIVIDADE 3 Pescaria

Os indígenas, quando vão pescar, sabem que não devem arremessar a lança no local em que observam o peixe, pois desse modo não conseguem pegá-lo. Algumas etnias explicam tal fenômeno dizendo que é preciso acertar a alma do peixe, e não seu corpo, já que eles não andam juntos, mas próximos.



Supondo que o indígena esteja vendo o peixe conforme a figura acima, consulte a tabela *Comportamento da Luz* (p. 114) e responda: aonde ele deve arremessar a lança para acertar o peixe: à frente ou atrás da imagem que ele está enxergando?

### Dispersão da luz

A luz do Sol ou das lâmpadas que iluminam o ambiente é composta de diferentes cores que constituem a luz branca. Ao atravessar objetos, por exemplo, prismas ou cristais, a luz branca se separa em várias cores distintas. A dispersão da luz é um caso particular da refração.



© Daniel Beneventi

Dispersão da luz num prisma: quando um feixe de luz branca passa por um prisma, é possível observar a decomposição da luz branca em várias cores diferentes, como vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta, entre outras.

Isso também ocorre quando a luz atravessa uma mancha de óleo no chão. O arco-íris também é um exemplo de dispersão da luz nas gotas de água que compõem a chuva ou no ar próximo a uma cachoeira.



Dispersão da luz em mancha de óleo.



Dispersão da luz em gotas de água em uma cachoeira.



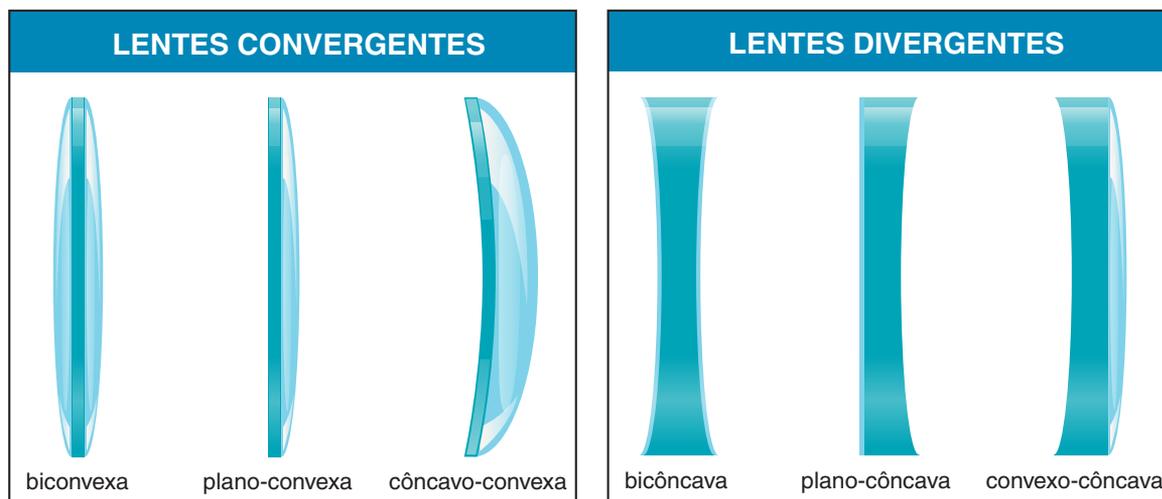
## Lentes

As lentes são os instrumentos ópticos de mais larga aplicação. Elas podem ser encontradas em óculos, binóculos, telescópios, microscópios, máquinas fotográficas, lunetas e vários outros aparelhos.

Lentes são elementos ópticos transparentes limitados por duas superfícies, sendo pelo menos uma delas esférica. Em geral, as lentes são de vidro ou acrílico.

### Tipos de lente

As lentes podem ser convergentes ou divergentes. Elas podem ter diferentes formatos, mas nas lentes convergentes a borda é sempre mais fina do que o centro. Já as lentes divergentes apresentam as bordas sempre mais grossas do que o centro.

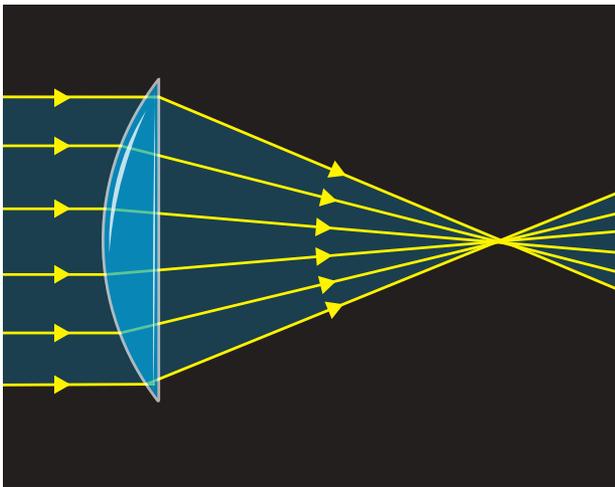


## Lentes convergentes

As lentes convergentes concentram o feixe paralelo da luz incidente num ponto, chamado foco da lente. Assim como os espelhos côncavos, elas podem produzir vários tipos de imagens, sendo que algumas delas podem ser projetadas numa tela. Por isso, são muito utilizadas em projetores de slides, filmes etc.

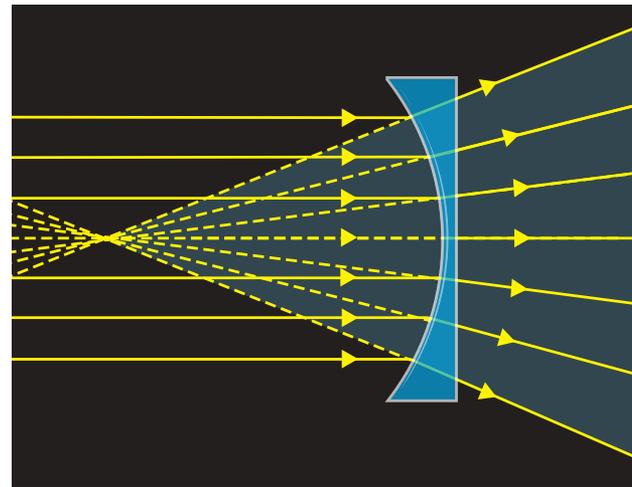
(a)

Lente convergente



(b)

Lente divergente



A lente convergente (a) concentra os raios paralelos de luz num ponto, chamado foco da lente, enquanto a lente divergente (b) espalha os raios de luz como se eles saíssem de um ponto.

## Lentes divergentes

As lentes divergentes espalham a luz no espaço, como se toda luz partisse do ponto chamado foco da lente. Assim como os espelhos convexos, elas só produzem imagens direitas e menores do que o objeto à sua frente, e não podem ser projetadas.

Lente convergente



Lente divergente



Devido a suas características distintas, as lentes produzem imagens diferentes de um mesmo objeto. As lentes convergentes, como os espelhos côncavos, produzem diferentes tipos de imagem, como a parte central da foto, que é maior e direita. As lentes divergentes produzem sempre uma imagem direita e menor do que o objeto.

**ATIVIDADE 4** Qual é a lente?

A figura a seguir mostra uma pessoa segurando duas lentes diferentes diante dos olhos. Identifique qual delas é convergente e qual delas é divergente. Justifique sua resposta.



© Eduardo Santalhestra

**Absorção**

A absorção da luz é um fenômeno muito importante para a manutenção da vida na Terra. As plantas verdes (que têm clorofila) absorvem a energia luminosa que vem do Sol e, por meio da fotossíntese, transformam-na em energia química, que será a base da alimentação de vários seres vivos na Terra. O ar, a água e o solo também absorvem a luz (assim como radiações de outras frequências) e a transformam em calor, ajudando a controlar a temperatura do planeta.

Na reflexão e na refração, a luz incidente continua como luz após refletir ou refratar. Já a absorção da luz envolve sua transformação em outra forma de energia. Ou seja, a energia luminosa transforma-se em energia térmica, química ou elétrica.



© Zig Koch/Opção Brasil Imagens



© NASA

A absorção permite o aquecimento de água nas casas e o funcionamento dos satélites artificiais.


**ASSISTA!**
**Física – Volume 2**
*Princípios da luz*

Esse vídeo trata de temas como o conceito e as propriedades da luz e discute, por meio de exemplos do dia a dia, alguns conceitos estudados, de modo a auxiliá-lo a compreender os conteúdos abordados nesta Unidade. Enquanto assiste, você pode anotar possíveis dúvidas e comentários para levar posteriormente aos professores do CEEJA.

**ATIVIDADE 5 Qual é o fenômeno?**

Identifique que tipo de fenômeno óptico está envolvido em cada situação a seguir.

a) Ampliação da imagem por uma lente.



c) Fotossíntese.



b) Imagem formada no capacete do astronauta.



d) Formação do arco-íris.



## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Simetria

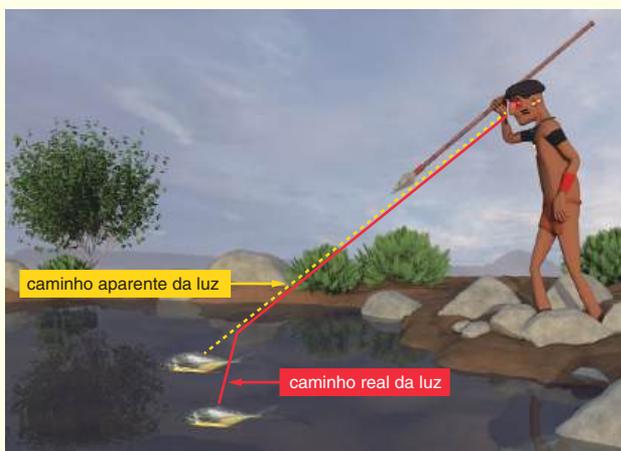
No chapéu as linhas não estão reversas; o olho esquerdo e o direito não estão reversos; o brinco na orelha está invertido; a boca não tem simetria.

### Atividade 2 - Espelhos

- a) Côncavo (imagem maior).
- b) Convexo (imagem menor e direita).
- c) Plano (imagem do mesmo tamanho).
- d) Côncavo (imagem maior).
- e) Côncavo (imagem invertida).

### Atividade 3 - Pescaria

O indígena deve atirar a lança um pouco antes da posição na qual ele enxerga o peixe, pois, quando a luz sai da água em direção aos olhos do indígena, sua direção se altera, ficando mais próxima da superfície, o que pode ser observado na figura do ângulo de refração, apresentada no exercício. Veja a seguir uma versão explicativa da mesma figura.



### Atividade 4 - Qual é a lente?

A lente do olho esquerdo é divergente, pois o olho parece pequeno. A lente do olho direito é convergente, pois o olho parece grande.

### Atividade 5 - Qual é o fenômeno?

- a) Refração da luz na lente convergente.
- b) Reflexão da luz no capacete.
- c) Absorção da luz na fotossíntese.
- d) Dispersão da luz no arco-íris.





Embora muita gente acredite que simplesmente “enxergamos com os olhos”, na verdade os olhos apenas captam e dirigem a luz. Enxergar, ou seja, dar sentido às imagens que os olhos captam, é uma função que não se realizaria sem o cérebro.

Neste tópico, você vai estudar como se enxergam os objetos e suas cores.

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A figura abaixo mostra um trabalhador puxando um carrinho com caixas de verdura num entreposto paulista.



Considerando a imagem e outras situações do cotidiano, responda:

- O trabalhador consegue enxergar as caixas sobre o carrinho que ele está puxando?
- E as verduras que estão do lado direito da imagem, ele consegue enxergar?
- O que é necessário para que ocorra a visão?
- Por que você não enxerga no escuro?
- Um objeto que você enxerga azul reflete ou absorve a cor azul?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

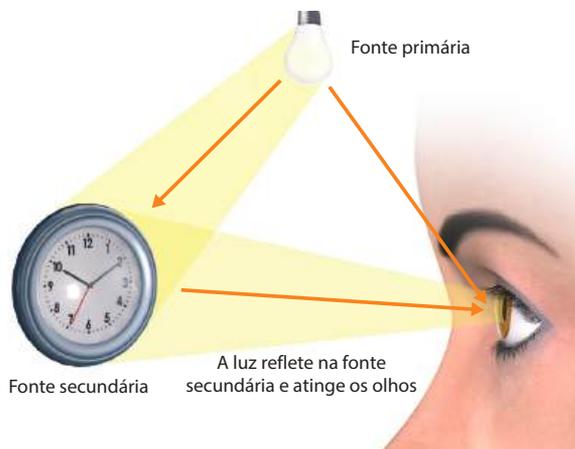
---





## Fontes de luz

Para que as pessoas consigam ver, é necessária a existência de uma fonte de luz. Por essa razão, não é possível enxergar no escuro. Nem todos os objetos são capazes de emitir luz; entretanto, num ambiente claro, é possível enxergá-los. Por isso, dividem-se os objetos visíveis em dois grupos:



© Hudson Calasans

I. aqueles que emitem luz (como o Sol, as estrelas, as lâmpadas acesas etc.) são chamados de **fontes primárias** de luz;

Só é possível enxergar a luz que atinge nossos olhos.

II. aqueles que não são capazes de emitir luz e apenas refletem a luz que os atinge (como a Lua, os planetas, uma lâmpada apagada, outros corpos e objetos em geral de nosso cotidiano), são chamados de **fontes secundárias** de luz.

### ATIVIDADE 1 Fontes de luz

Observe o ambiente ao seu redor e procure identificar quais são as fontes primárias e as fontes secundárias de luz.

---



---

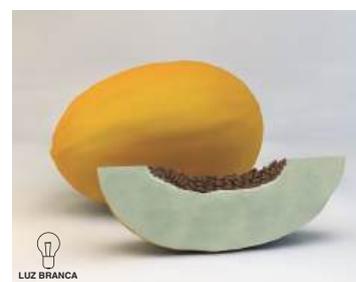
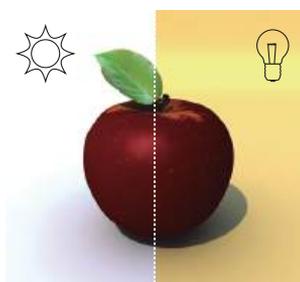


---



## Visão e cores dos objetos

Além de uma fonte de luz, para que ocorra a visão, é necessária a presença de um observador. A luz que você enxerga é aquela que atinge seus olhos, vinda de alguma fonte de luz, primária ou secundária. As cores dos objetos são dadas pelas cores da luz que são refletidas por eles.



© Daniel Beneventi

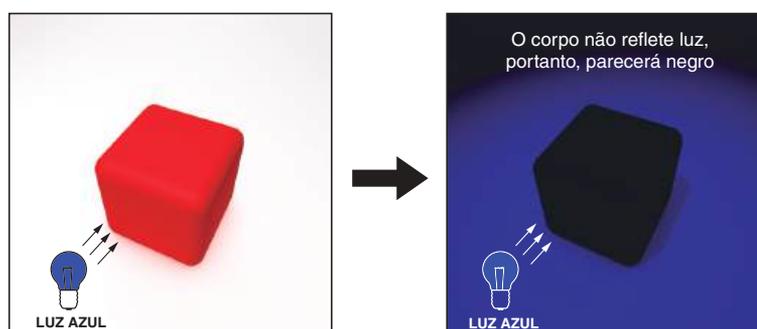
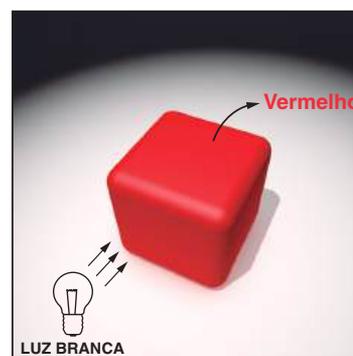
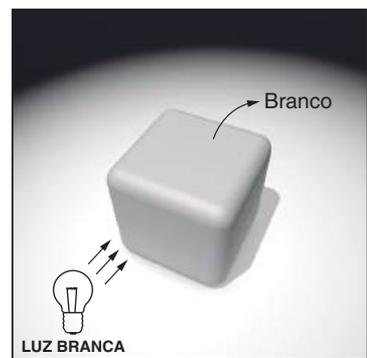
A imagem de um objeto depende da luz que nele incide, bem como das propriedades de reflexão e absorção desse objeto. A imagem da maçã pode depender do tipo de luz branca incidente (solar ou artificial), e a imagem do melão muda de acordo com a cor da luz utilizada, azul ou branca.

Assim, se um objeto iluminado com luz branca (que é uma mistura equilibrada de todas as cores de luz) parece branco, é porque ele reflete todas as cores, e a mistura delas parece branca. É por isso que as cores mais claras “esquentam” menos: elas refletem mais energia luminosa.

Se um objeto parece preto quando iluminado com luz branca, é porque ele absorve todas as cores e pouco reflete. É por isso que as cores mais escuras “esquentam” mais. Elas absorvem a energia luminosa, transformando-a em energia térmica.

Se um **objeto parece vermelho** quando iluminado com luz branca, é porque **ele absorve todas as cores menos a vermelha**, que é refletida, sendo a cor captada pelos olhos de um observador.

Se esse objeto for iluminado com luz amarela, por exemplo, ele vai absorvê-la e não vai refletir nada, tornando-se negro. A rigor, são os pigmentos, substâncias coloridas contidas nos objetos (e que definem suas cores), que possuem um poder seletor sobre as radiações luminosas que os atingem. Cada pigmento absorve, reflete ou refrata a luz incidente. Adicionando pigmentos com características de seleção diferentes, obtém-se uma maior subtração de radiações, até o caso da absorção total, que corresponde à visão do preto.



No cotidiano, como os objetos são pintados ou tingidos com misturas de pigmentos, quando se ilumina um objeto vermelho com luz azul, por exemplo, acaba-se vendo alguma cor, pois, mesmo sendo vermelho, o material apresenta alguns pigmentos de outras cores, que refletem um pouco de luz.

### ADIÇÃO E SUBTRAÇÃO DE CORES

Existem dois processos de mistura de cores: adição de cores, que ocorre quando se mistura luz, e subtração de cores, quando se misturam pigmentos (tinta). Na adição (a), a cor resultante é sempre mais clara que as duas misturadas (por isso chama-se adição; fica mais claro), e, na subtração (b), a cor resultante é, em geral, mais escura (por isso subtração, pois fica cada vez menos claro).

(a)



(b)



## ATIVIDADE 2 Quais cores?

Numa festa, visando criar um clima diferente, Jorge resolveu utilizar apenas lâmpadas com luz monocromática vermelha. Nessa situação, de que cores pareceria o vestido preto, branco e vermelho de Patrícia? Justifique sua resposta.

---



---



---



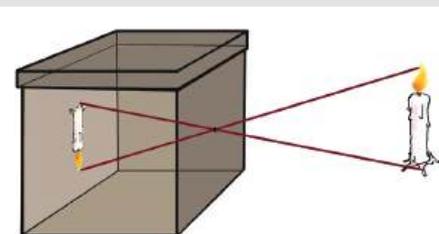
### O olho humano

Embora seja bastante complexo, o olho humano se comporta como uma **câmara escura** que possui uma lente convergente na sua entrada, focalizando a imagem na retina. Após passar pela córnea e penetrar no olho pela pupila, que funciona como



### Câmara escura

Caixa ou sala com um orifício que permite a entrada de luz, vinda de um lugar externo. Dentro da câmara, a imagem do ambiente externo será vista invertida.



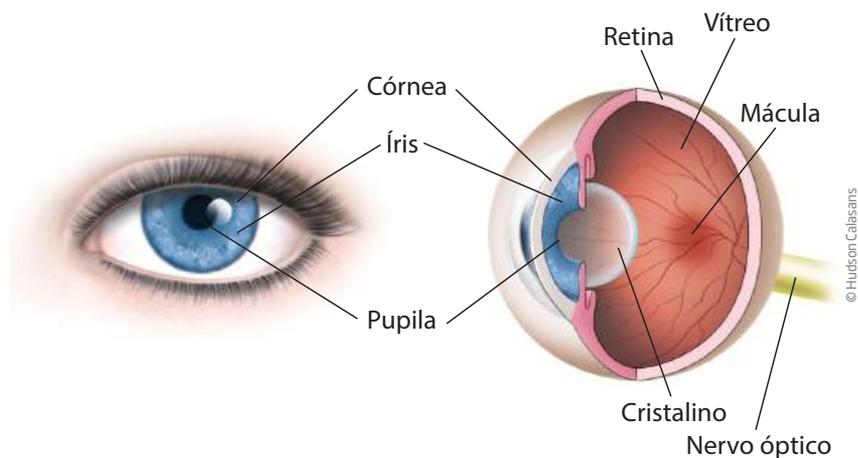
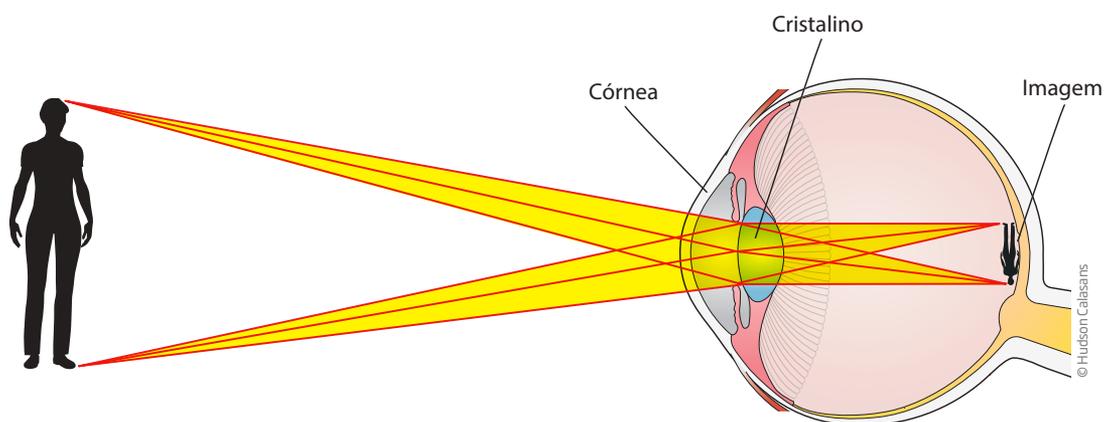
© Fernando Chui

um **diafragma**, a luz atravessa o cristalino, que funciona como uma lente convergente.

O cristalino focaliza e projeta a imagem na retina, que é como uma tela dentro do olho. Essa imagem formada é invertida. Na retina, a imagem é transformada em sinais elétricos que são transmitidos pelo nervo óptico ao cérebro, o qual interpreta a imagem corretamente.

### Diafragma

Dispositivo de máquinas fotográficas que abre e fecha para regular a quantidade de luz.



## ATIVIDADE 3 Nossos olhos

Quando você está num ambiente claro e entra num ambiente escuro, a princípio não consegue enxergar praticamente nada. Depois de algum tempo, passa a enxergar um pouco melhor.

**1** Por que isso ocorre?

---



---

**2** Qual parte do olho é responsável por isso?

---



---



---

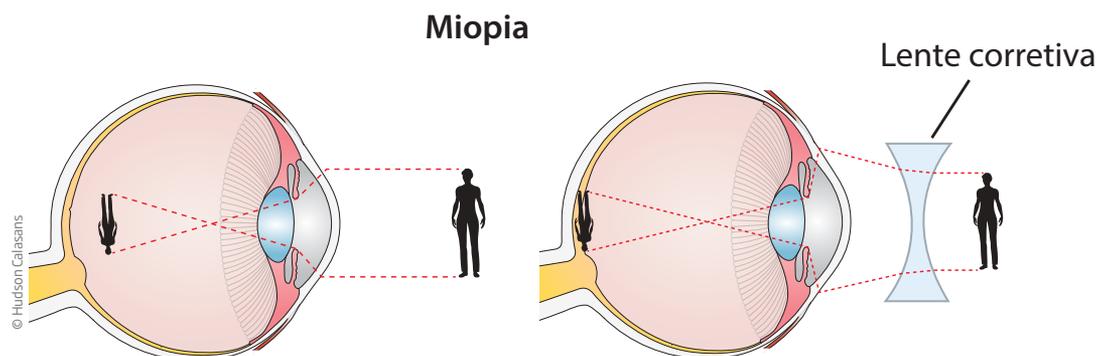
## Distúrbios da visão

Muitas pessoas apresentam alguma dificuldade para enxergar bem em razão de algum problema ocular. Dentre esses problemas, os mais comuns são a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo, associados a alguma anomalia no globo ocular.

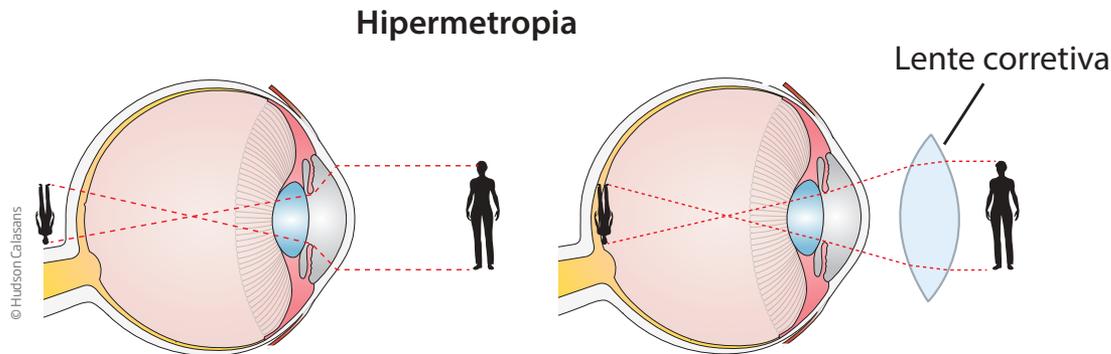


Como seria a visão míope, hipermélope e astigmática, comparada com uma visão sem qualquer problema.

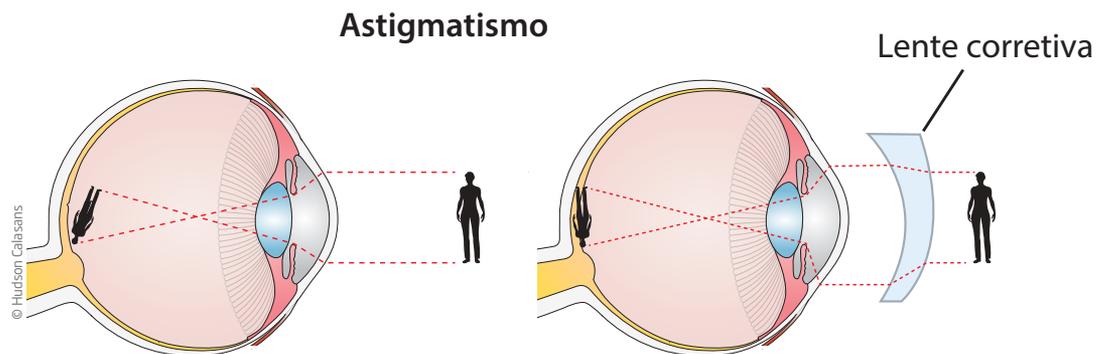
Na **miopia**, o olho é um pouco mais comprido do que a média, fazendo a imagem se formar antes da retina. Nesse caso, a pessoa enxerga bem o que está perto, mas não enxerga o que está longe.



No caso da **hipermetropia**, o olho é um pouco mais curto do que a média, fazendo a imagem se formar depois da retina. Nesse caso, a pessoa enxerga bem o que está longe, mas não o que está perto.



Já no **astigmatismo**, o problema está na má-formação da córnea, o que provoca o espalhamento da luz no olho, gerando várias imagens ou uma imagem distorcida do mesmo objeto. Nesse caso, a pessoa enxerga a imagem malformada ou com “fantasmas”.



Os distúrbios da visão podem ser corrigidos com o uso de lentes. Para a miopia, são indicadas as lentes divergentes; para a hipermetropia, as lentes convergentes; e, para o astigmatismo, lentes cilíndricas corretivas. É comum haver pessoas que precisam utilizar lentes que combinem correção esférica (de miopia ou hipermetropia) com a correção cilíndrica do astigmatismo.

## ATIVIDADE 4 Distúrbios da visão

Se você der um texto para uma criança ler e observar que ela aproxima demasiadamente o texto do rosto, poderá suspeitar de que existe uma grande possibilidade de ela ter um distúrbio da visão.

- 1 Qual seria esse distúrbio?

---

- 2 Que tipo de lente poderia ser recomendada?

---

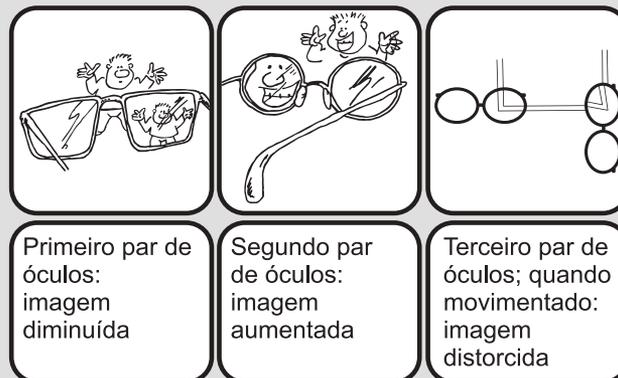
- 3 Qual seria a melhor solução para uma criança nessa situação? Justifique.

---




## DESAFIO

Certo professor de física deseja ensinar a identificar três tipos de defeitos visuais apenas observando a imagem formada através dos óculos de seus alunos, que estão na fase da adolescência. Ao observar um objeto através do primeiro par de óculos, a imagem aparece diminuída. O mesmo objeto observado pelo segundo par de óculos parece aumentado e apenas o terceiro par de óculos distorce as linhas quando girado. Através da análise das imagens produzidas por esses óculos podemos concluir que seus donos possuem, respectivamente,



- a) miopia, astigmatismo e hipermetropia.
- b) astigmatismo, miopia e hipermetropia.
- c) hipermetropia, miopia e astigmatismo.
- d) hipermetropia, astigmatismo e miopia.
- e) miopia, hipermetropia e astigmatismo.

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), 2009. Disponível em: <<http://www.cneconline.com.br/exames-educacionais/vestibular/provas/sp/puc-sp/2009/fase-unica/puc-sp-2009-1-prova-conhecimentos-gerais-c-gabarito.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Fontes de luz

Resposta pessoal. Seguem alguns exemplos: as fontes primárias podem ser o Sol, lâmpadas acesas, fogueiras e velas. As fontes secundárias são praticamente tudo o que você observa (menos as fontes primárias).





As formas de energia são intercambiáveis, ou seja, são geradas uma por meio da outra.

Neste tema, você vai estudar como transformar energia luminosa (radiante) em outras formas de energia, inclusive elétrica.

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A figura ao lado mostra uma usina que gera energia elétrica. Sobre essa situação, responda:



- Qual seria a fonte de energia dessa usina?
- Qual mecanismo que você conhece é capaz de transformar energia luminosa em energia elétrica?
- Você acha que seria possível fornecer energia elétrica para uma cidade como São Paulo utilizando como fonte apenas a energia solar?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---



---



---

### O uso das células fotoelétricas

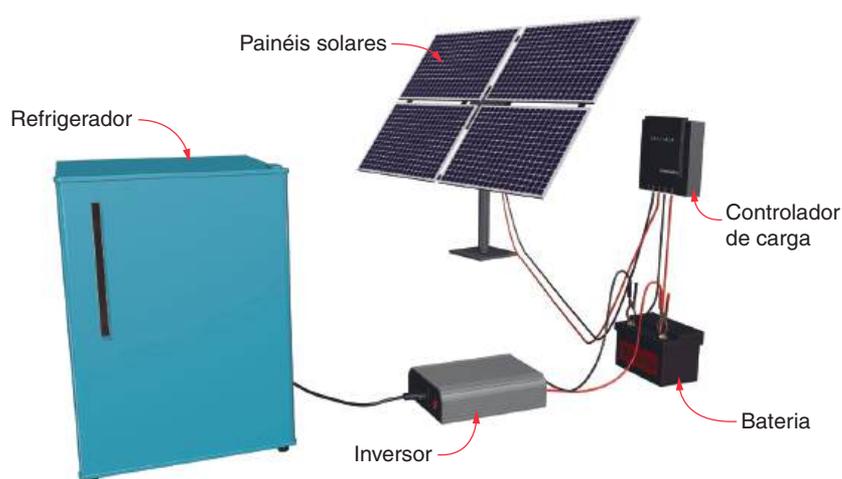
Assim como outras formas de energia, a luz também pode ser transformada em energia elétrica. No entanto, por ser relativamente cara, a conversão de energia solar em energia elétrica é mais utilizada em locais onde a energia elétrica não pode ser obtida de outra forma. Em países como Israel, que não têm muitas fontes de energia, aproximadamente 70% das residências têm coletores



solares. Outros, como a Alemanha, os Estados Unidos e o Japão, também utilizam essa fonte de energia em larga escala.

No Brasil, a utilização de energia solar ocorre principalmente em locais afastados de linhas de transmissão, como em aldeias indígenas e na zona rural, em geral como suporte às telecomunicações em locais remotos, à telefonia rural, à sinalização de estradas etc.

A maneira mais conhecida de gerar esse tipo de energia é com o uso de células fotoelétricas, feitas com materiais semicondutores, como o silício. Quando a energia luminosa incide sobre a célula solar, uma parte dessa energia é absorvida por dispositivos semicondutores que a transformam em energia elétrica. Desse lugar vai para o controlador de carga, que regula seu armazenamento numa bateria, de onde finalmente vai para o inversor e para a rede elétrica. O problema desse sistema é que sua produção é cara e sua eficiência é baixa, o que exige a implantação de muitas células desse tipo para produzir pouca energia.



## ATIVIDADE 1 Efeito fotoelétrico

A figura a seguir mostra uma miniusina fotoelétrica instalada em Thüngen, na Alemanha. Pode-se ver que, para alimentar o sistema elétrico local, uma grande área foi tomada pelos painéis solares. Além de ocupar espaço, eles acabam aquecendo mais o ar da região e gerando sombra embaixo deles.

Pensando nesses e em outros fatores, como a poluição e o impacto ambiental, reflita: Você acha que vale a pena investir nesse tipo de geração de energia elétrica? Justifique citando vantagens e/ou desvantagens.



© Ken Welsh/Alamy/Clow Images

---



---



---



---



---

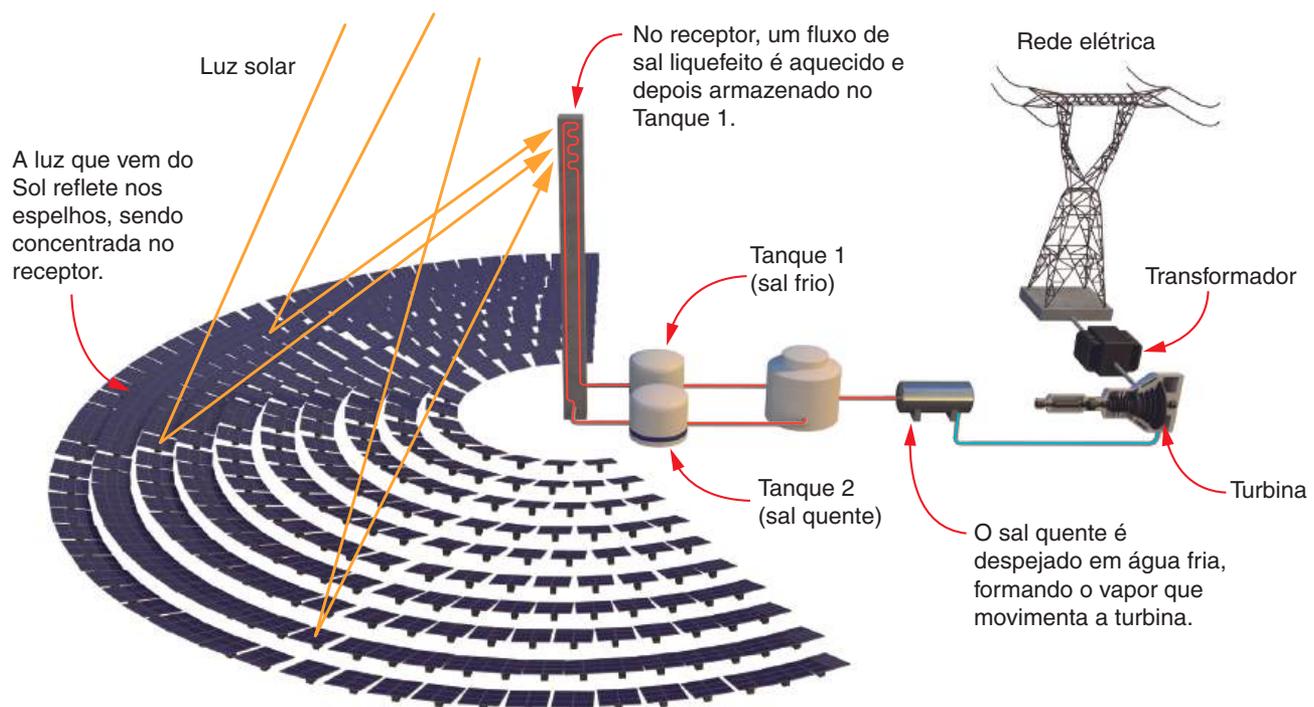


---



## Usinas termoelétricas solares

Há novas usinas solares que funcionam como qualquer usina termoelétrica, porém utilizando o Sol como fonte de calor. São formadas por um conjunto enorme de espelhos dispostos de tal forma que apontam todos para um mesmo receptor, situado no alto de uma torre. Por esse receptor passa um fluxo de sal liquefeito, que é aquecido continuamente. Esse líquido quente é armazenado num reservatório, que conserva calor por várias horas. Depois, o sal liquefeito é despejado num gerador. O vapor formado movimenta uma turbina, que gera energia elétrica. O sal liquefeito mais frio, depois de utilizado, retorna para o receptor.



© Daniel Benevise



## Conversão direta de energia solar para calor

Talvez a mais frequente utilização de energia solar seja para o aquecimento (ou preaquecimento) de água em residências e hospitais, por exemplo. São simples circuitos de canos escuros em uma caixa envidraçada que retém radiação térmica, onde a água circula por convecção, ligados a um reservatório (ou simplesmente a uma piscina, se for o caso).

### ATIVIDADE 2 Usina solar

As usinas solares ocupam uma enorme região e necessitam que o local de sua instalação seja aplainado e liberado de obstáculos. Essas usinas não funcionam à noite e, ao nascer e ao pôr do Sol, sua eficiência fica bem reduzida. Você acha que essa forma de usina é viável? Justifique.

---



---



---



---

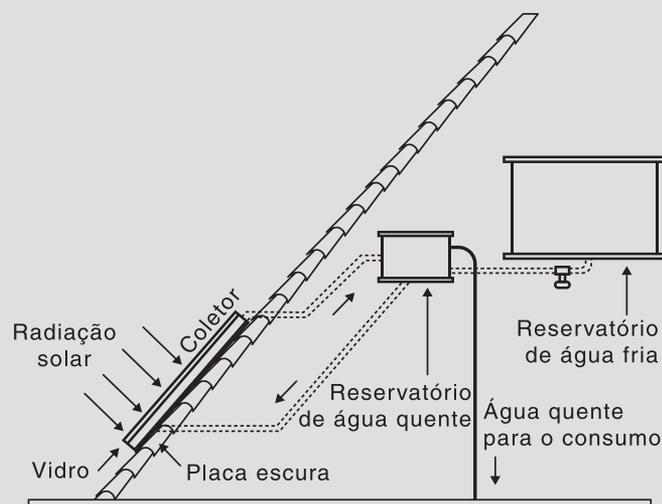


---



### DESAFIO

O resultado da conversão direta de energia solar é uma das várias formas de energia alternativa de que se dispõe. O aquecimento solar é obtido por uma placa escura coberta por vidro, pela qual passa um tubo contendo água. A água circula, conforme mostra o esquema abaixo.



Fonte: Adaptado de PALZ, Wolfgang. *Energia solar e fontes alternativas*. Hemus, 1981.

São feitas as seguintes afirmações quanto aos materiais utilizados no aquecedor solar:

- I. o reservatório de água quente deve ser metálico para conduzir melhor o calor.
- II. a cobertura de vidro tem como função reter melhor o calor, de forma semelhante ao que ocorre em uma estufa.
- III. a placa utilizada é escura para absorver melhor a energia radiante do Sol, aquecendo a água com maior eficiência.

Dentre as afirmações acima, pode-se dizer que, apenas está(ão) correta(s):

- a) I.
- b) I e II.
- c) II.
- d) I e III.
- e) II e III.

Enem 2000. Prova amarela. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2000/2000\\_amarela.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2000/2000_amarela.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2014.



A geração de energia elétrica por meio do Sol não gera poluição, mas a produção das placas ou painéis solares, sim. Pensando nisso, você acha que a opção por energia solar como fonte energética é válida? Como você justificaria a sua resposta em um debate sobre o assunto?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Efeito fotoelétrico

Resposta pessoal, mas vale lembrar que o custo das unidades tem caído e que seu uso depende das circunstâncias, não sendo possível competir com outras fontes de energia.

### Atividade 2 - Usina solar

Resposta pessoal, mas é justo apontar que elas têm caráter mais experimental e não têm sido competitivas.

### Desafio

Alternativa correta: e.

- I. Incorreta: se for metálico, permitirá maior transferência de calor para o exterior.
- II. Correta: o vidro é bem transparente para a luz, mas menos transparente para o infravermelho (radiação térmica).
- III. Correta: as cores escuras absorvem a luz e a transformam em energia térmica.

