

C E E J A



MUNDO DO  
TRABALHO

# FÍSICA

CADERNO DO ESTUDANTE

ENSINO MÉDIO  
**VOLUME 1**

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. 1)

Conteúdo: v. 1. 1ª série do Ensino Médio.

ISBN: 978-85-8312-110-7 (Impresso)

978-85-8312-088-9 (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, Cláudia Beatriz de Castro N. Ometto, Elen Cristina S. K. Vaz Döppenschmitt, Emily Hohokawa Dias, Fabiana de Cássia Rodrigues, Fernando Manzieri

Heder, Herbert Rodrigues, Jonathan Nascimento, Laís Schalch, Liliane Bordignon de Souza, Marcos Luis Gomes, Maria Etelvina R. Balan, 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 e Jucimeire de Souza Bispo; *Língua Portuguesa*: Claudio Bazzoni e Giulia Murakami Mendonça; *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, Alícia 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 Letícia 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 Carolline 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

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.

## COMO SE APRENDE A ESTUDAR?

É importante saber que também se aprende a estudar. No entanto, se buscarmos em nossa memória, dificilmente nos lembraremos de aulas em que nos ensinaram a como fazer.

Afinal, como grifar um texto, organizar uma anotação, produzir resumos, fichamentos, resenhas, esquemas, ler um gráfico ou um mapa, apreciar uma imagem etc.? Na maioria das vezes, esses procedimentos de estudo são solicitados, mas não são ensinados. Por esse motivo, nem sempre os utilizamos adequadamente ou entendemos sua importância para nossa aprendizagem.

Aprender a estudar nos faz tomar gosto pelo estudo. Quando adquirimos este hábito, a atitude de sentar-se para ler e estudar os textos das mais diferentes disciplinas, a fim de aprimorar os conhecimentos que já temos ou buscar informações, torna-se algo prazeroso e uma forma de realizar novas descobertas. E isso acontece mesmo com os textos mais difíceis, porque sempre é tempo de aprender.

Na hora de ler para aprender, todas as nossas experiências de vida contam muito, pois elas são sempre o ponto de partida para a construção de novas aprendizagens. Ler amplia nosso vocabulário e ajuda-nos a pensar, falar e escrever melhor.

Além disso, quanto mais praticamos a leitura e a escrita, desenvolvemos melhor essas capacidades. Para isso, conhecer e utilizar adequadamente diferentes procedimentos de estudo é fundamental. Eles lhe servirão em uma série de situações, dentro e fora da escola, caso você resolva prestar um concurso público, por exemplo, ou mesmo realizar alguma prova de seleção de emprego.

Por todas essas razões, os procedimentos de estudo e as oportunidades de escrita são priorizados nos materiais, que trazem, inclusive, seções e dois vídeos de *Orientação de estudo*.

Por fim, é importante lembrar que todo hábito se desenvolve com a frequência. Assim, é essencial que você leia e escreva diariamente, utilizando os procedimentos de estudo que aprenderá e registrando suas conclusões, observações e dúvidas.

# CONHECENDO O CADERNO DO ESTUDANTE

O Caderno do Estudante do Programa EJA – Mundo do Trabalho/CEEJA foi planejado para facilitar seus momentos de estudo e de aprendizagem, tanto fora da escola como quando for participar das atividades ou se encontrar com os professores do CEEJA. A ideia é que você possa, em seu Caderno, registrar todo processo de estudo e identificar as dúvidas que tiver.

## O SUMÁRIO

Ao observar o Sumário, você perceberá que todos os Cadernos se organizam em Unidades (que equivalem a capítulos de livros) e que estas estão divididas em Temas, cuja quantidade varia conforme a Unidade.

Essa subdivisão foi pensada para que, de preferência, você estude um Tema inteiro de cada vez. Assim, conhecerá novos conteúdos, fará as atividades propostas e, em algumas situações, poderá assistir aos vídeos sobre aquele Tema. Dessa forma, vai iniciar e finalizar o estudo sobre determinado assunto e poderá, com o professor de plantão, tirar suas dúvidas e apresentar o que produziu naquele Tema.

Cada Unidade é identificada por uma cor, o que vai ajudá-lo no manuseio do material. Além disso, para organizar melhor seu processo de estudo e facilitar a localização do que gostaria de discutir com o professor do CEEJA, você pode indicar, no Sumário, os Temas que já estudou e aqueles nos quais tem dúvida.



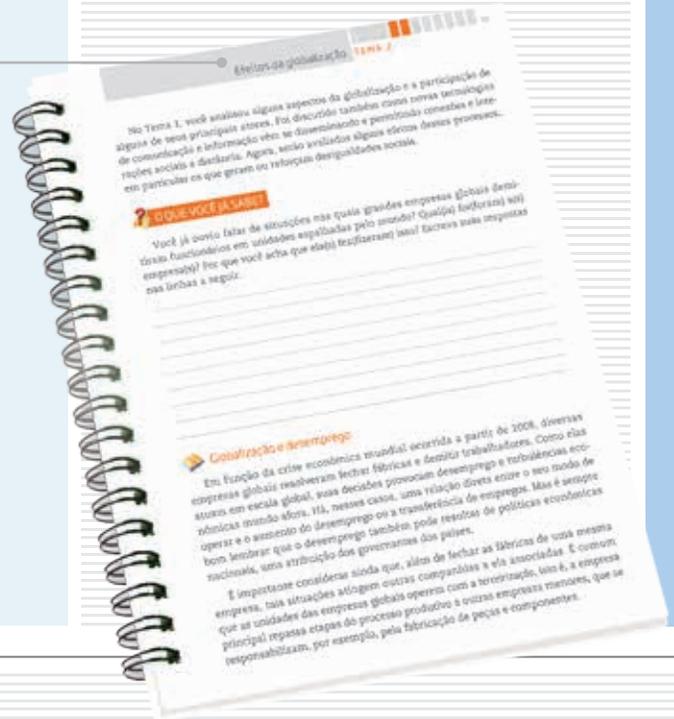
## AS UNIDADES

Para orientar seu estudo, o início de cada Unidade apresenta uma breve introdução, destacando os objetivos e os conteúdos gerais trabalhados, além de uma lista com os Temas propostos.

## OS TEMAS

A abertura de cada Tema é visualmente identificada no Caderno. Você pode perceber que, além do título e da cor da Unidade, o número de caixas pintadas no alto da página indica em qual Tema você está. Esse recurso permite localizar cada Tema de cada Unidade até mesmo com o Caderno fechado, facilitando o manuseio do material.

Na sequência da abertura, você encontra um pequeno texto de apresentação do Tema.



## As seções e os boxes

Os Temas estão organizados em diversas seções que visam facilitar sua aprendizagem. Cada uma delas tem um objetivo, e é importante que você o conheça antes de dar início aos estudos. Assim, saberá de antemão a intenção presente em cada seção e o que se espera que você realize.

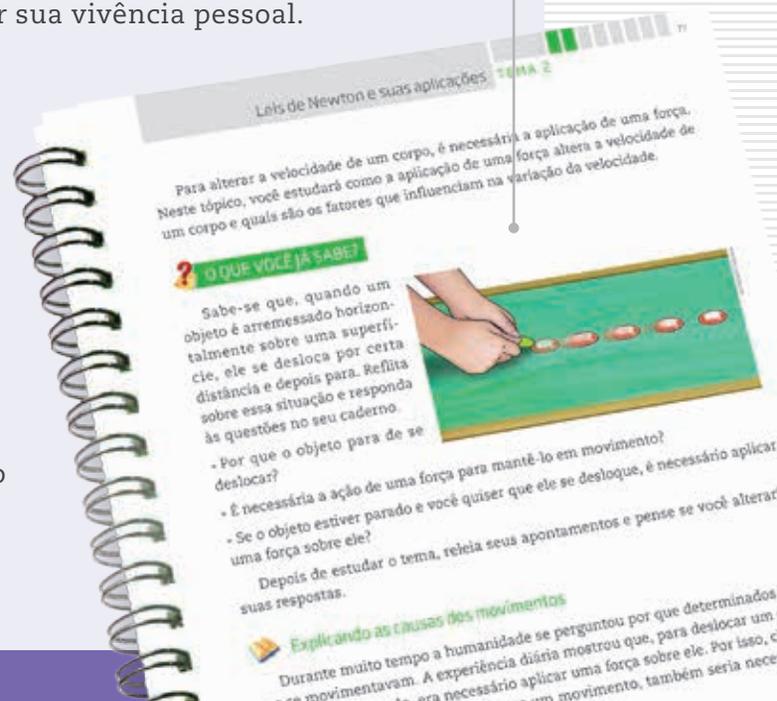
Algumas seções estão presentes em todos os Temas!

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Essa seção sempre aparece no início de cada Tema. Ela tem o objetivo de ajudá-lo a reconhecer o que você já sabe sobre o conteúdo a ser estudado, seja por estudos anteriores, seja por sua vivência pessoal.

Em nossa vida cotidiana, estamos o tempo todo utilizando os conhecimentos e as experiências que já temos para construir novas aprendizagens. Ao estudar, acontece o mesmo, pois lembramos daquilo que já sabemos para aprofundar o que já conhecíamos. Esse é sempre um processo de descoberta.

Essa seção pode ser composta por algumas perguntas ou um pequeno texto que o ajudarão a buscar na memória o que você já sabe a respeito do conteúdo tratado no Tema.

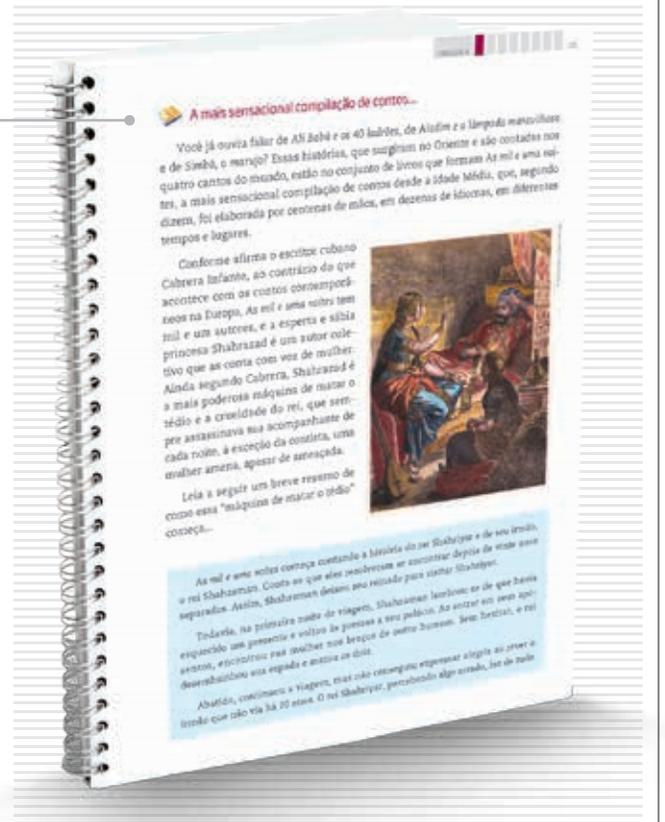


## Textos

Os textos apresentam os conteúdos e conceitos a serem aprendidos em cada Tema. Eles foram produzidos, em geral, procurando dialogar com você, a partir de uma linguagem clara e acessível.

Imagens também foram utilizadas para ilustrar, explicar ou ampliar a compreensão do conteúdo abordado.

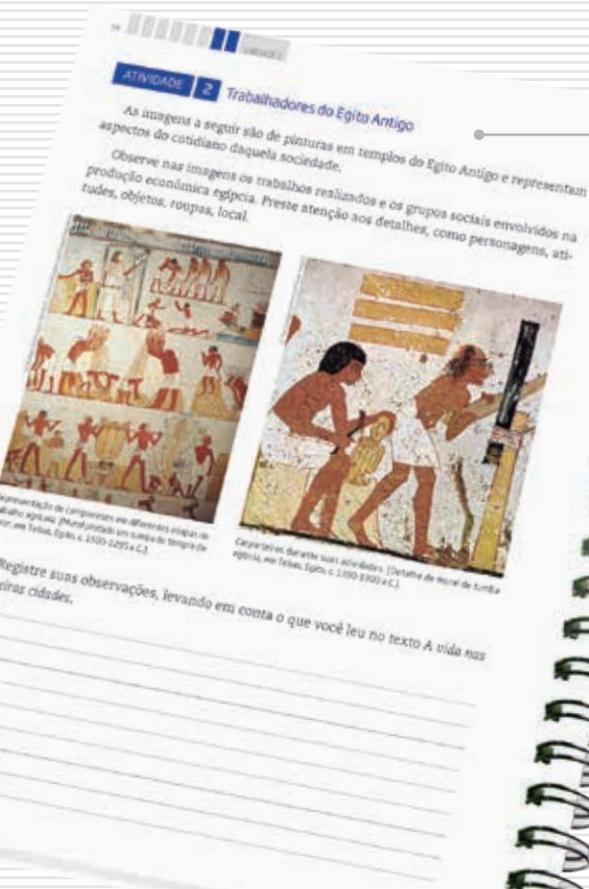
Para ampliar o estudo do assunto tratado, boxes diversos ainda podem aparecer articulados a esses textos.



## ATIVIDADE

As atividades antecipam, retomam e ampliam os conteúdos abordados nos textos, para que possa perceber o quanto já aprendeu. Nelas, você terá a oportunidade de ler e analisar textos de outros autores, mapas, gráficos e imagens, de modo a ampliar sua compreensão a respeito do que foi apresentado nos textos. Lembre-se de ler atentamente as orientações antes de realizar os exercícios propostos e de sempre anotar suas dúvidas.

Para facilitar seus estudos, assim como os encontros com o professor do CEEJA, muitas dessas atividades podem ser realizadas no próprio Caderno do Estudante.

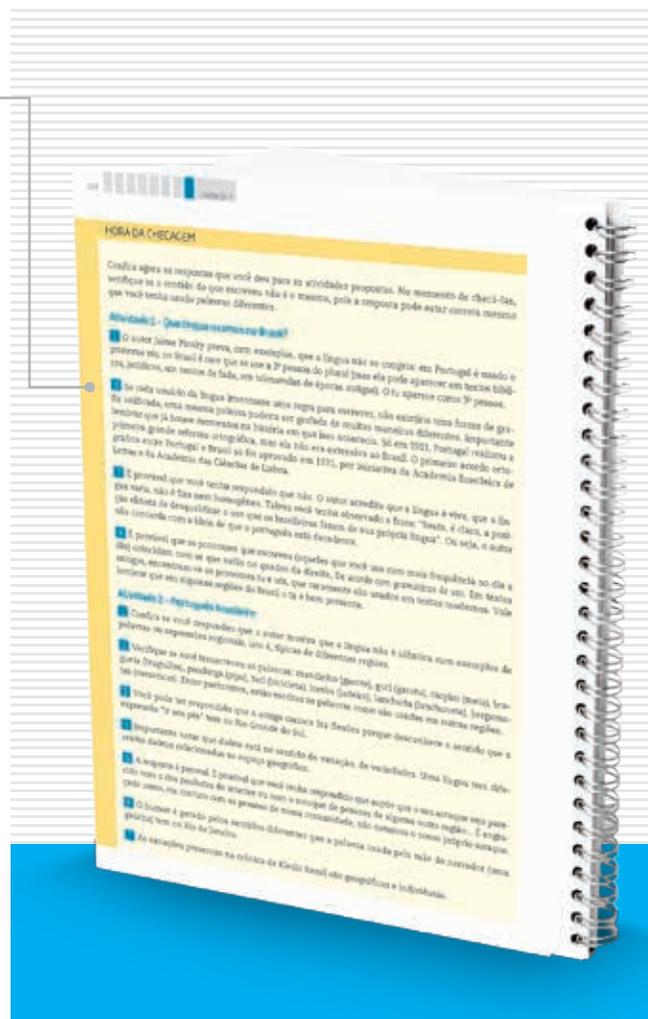


## HORA DA CHECAGEM

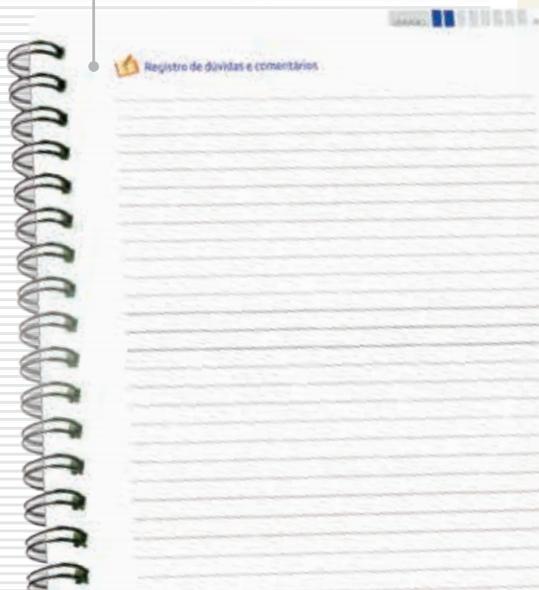
Essa seção apresenta respostas e explicações para todas as atividades propostas no Tema. Para que você a localize com facilidade no material, ela tem um fundo amarelo que pode ser identificado na margem lateral externa do Caderno. É nela que você vai conferir o resultado do que fez e tirar suas dúvidas, além de ser também uma nova oportunidade de estudo. É fundamental que você leia as explicações após a realização das atividades e que as compare com as suas respostas. Analise se as informações são semelhantes e se esclarecem suas dúvidas, ou se ainda é necessário completar alguns de seus registros.

Mas, atenção! Lembre-se de que não há apenas um jeito de organizar uma resposta correta. Por isso, você precisa observar seu trabalho com cuidado, perceber seus acertos, aprender com as correções necessárias e refletir sobre o que fez, antes de tomar sua resposta como certa ou errada.

É importante que você apresente o que fez ao professor do CEEJA, pois ele o orientará em seus estudos.



## REGISTRO DE DÚVIDAS E COMENTÁRIOS



Essa seção é proposta ao final de cada Tema. Depois de você ter estudado os textos, realizado as atividades e consultado as orientações da *Hora da checagem*, é importante que você registre as dúvidas que teve durante o estudo.

Registrar o que se está estudando é uma forma de aprender cada vez mais. Ao registrar o que aprendeu, você relembra os conteúdos – construindo, assim, novas aprendizagens – e reflete sobre os novos conhecimentos e sobre as dúvidas que eventualmente teve em determinado assunto.

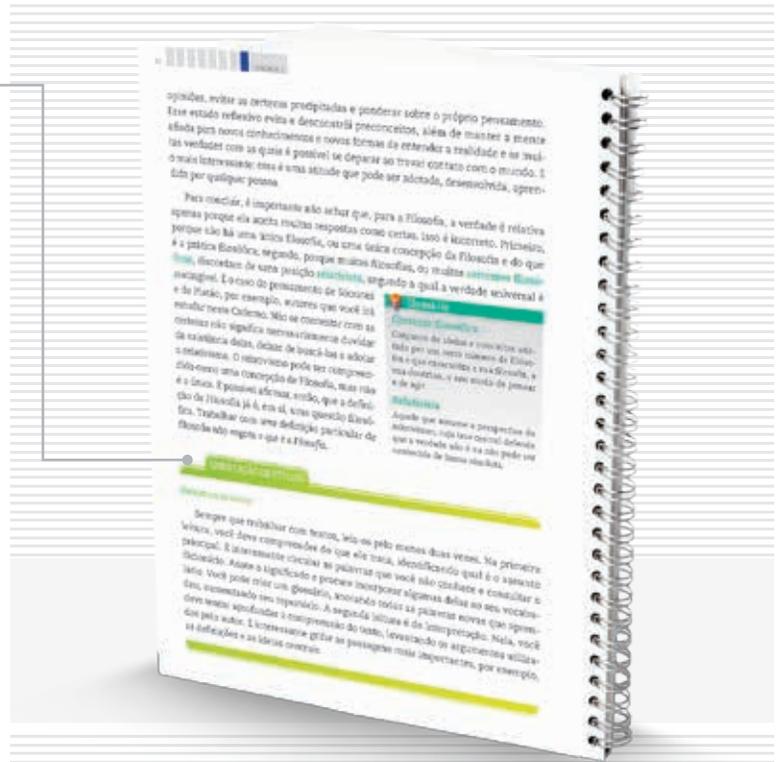
Sistematizar o que aprendeu e as dúvidas que encontrou é uma ferramenta importante para você e o professor, pois você organizará melhor o que vai perguntar a ele, e o professor, por sua vez, poderá acompanhar com detalhes o que você estudou, e como estudou. Assim, ele poderá orientá-lo de forma a dar prosseguimento aos estudos da disciplina.

Por isso, é essencial que você sempre utilize o espaço reservado dessa seção ao concluir o estudo de cada Tema. Assim, não correrá o risco de esquecer seus comentários e suas dúvidas até o dia de voltar ao CEEJA.

Algumas seções não estão presentes em todas as Unidades, mas complementam os assuntos abordados!

## ORIENTAÇÃO DE ESTUDO

Essa seção enfoca diferentes procedimentos de estudo, importantes para a leitura e a compreensão dos textos e a realização das atividades, como grifar, anotar, listar, fichar, esquematizar e resumir, entre outros. Você também poderá conhecer e aprender mais sobre esses procedimentos assistindo aos dois vídeos de *Orientação de estudo*.

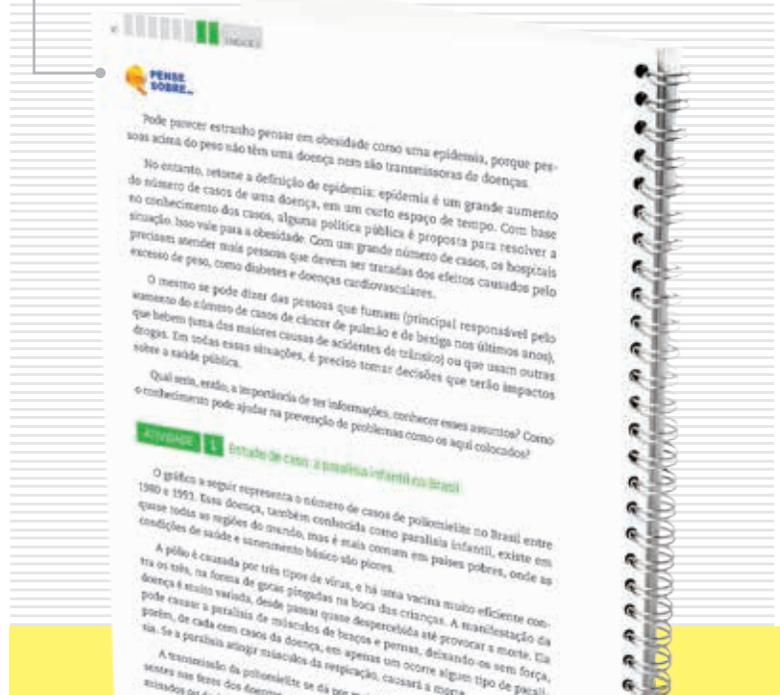


## DESAFIO

Essa seção apresenta questões que caíram em concursos públicos ou em provas oficiais (como Saesp, Enem, entre outras) e que enfocam o conteúdo abordado no Tema. Assim, você terá a oportunidade de conhecer como são construídas as provas em diferentes locais e a importância do que vem sendo aprendido no material. As respostas também estão disponíveis na *Hora da checagem*.

## PENSE SOBRE...

Essa seção é proposta sempre que houver a oportunidade de problematizar algum conteúdo desenvolvido, por meio de questões que fomentem sua reflexão a respeito dos aspectos abordados no Tema.



## MOMENTO CIDADANIA

Essa seção aborda assuntos que têm relação com o que você estará estudando e que também dialogam com interesses da sociedade em geral. Ela informa sobre leis, direitos humanos, fatos históricos etc. que o ajudarão a aprofundar seus conhecimentos sobre a noção de cidadania.



### PARA SABER MAIS

#### Construção de triângulos

Os triângulos têm aplicações em inúmeras atividades profissionais, como no caso dos marceneiros, arquitetos, engenheiros e desenhistas técnicos, que precisam saber construí-los com precisão para fazer plantas de móveis, projetos de móveis e outros objetos do dia a dia, além de construir estruturas rígidas como torres e pontes.



Existem vários métodos para construir um triângulo com base na medida de seus lados ou de seus ângulos. Os geometras da Antiguidade utilizavam régua e compasso, mas hoje essa construção pode ser feita com o auxílio de programas de computador.

Veja um exemplo de como construir um triângulo com base na medida dos seus lados.

A primeira coisa a saber é se pode existir um triângulo com as medidas disponíveis. Para que um triângulo exista, a soma da medida dos dois lados menores deve ser maior que a medida do lado maior.

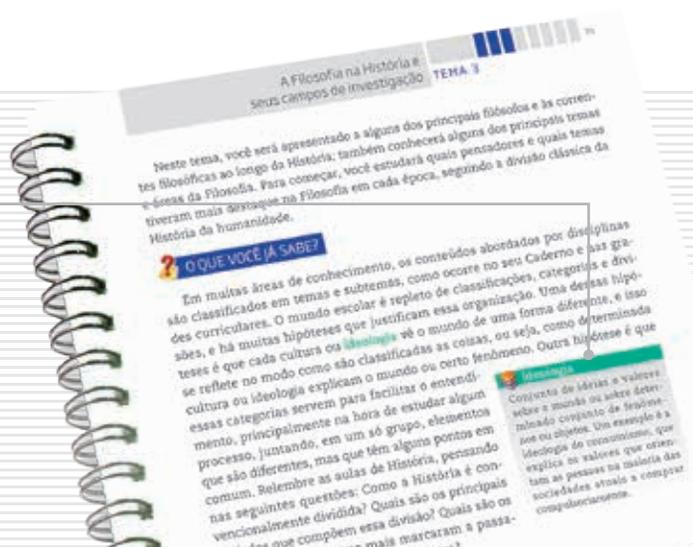
### PARA SABER MAIS

Essa seção apresenta textos e atividades que têm como objetivo complementar o assunto estudado e que podem ampliar e/ou aprofundar alguns dos aspectos apresentados ao longo do Tema.

Os boxes são caixas de texto que você vai encontrar em todo o material. Cada tipo de box tem uma cor diferente, que o destaca do texto e facilita sua identificação!

## GLOSSÁRIO

A palavra *glossário* significa “dicionário”. Assim, nesse box você encontrará verbetes com explicações sobre o significado de palavras e/ou expressões que aparecem nos textos que estará estudando. Eles têm o objetivo de facilitar sua compreensão.



## BIOGRAFIA

Esse boxe aborda aspectos da vida e da obra de autores ou artistas trabalhados no material, para ampliar sua compreensão a respeito do texto ou da imagem que está estudando.

## ASSISTA!

Esse boxe indica os vídeos do Programa, que você pode assistir para complementar os conteúdos apresentados no Caderno. São indicados tanto os vídeos que compõem os DVDs – que você recebeu com os Cadernos – quanto outros, disponíveis no site do Programa. Para facilitar sua identificação, há dois ícones usados nessa seção.

## FICA A DICA!

Nesse boxe você encontrará sugestões diversas para saber mais sobre o conteúdo trabalhado no Tema: assistir a um filme ou documentário, ouvir uma música, ler um livro, apreciar uma obra de arte etc. Esses outros materiais o ajudarão a ampliar seus conhecimentos. Por isso, siga as dicas sempre que possível.

## VOCÊ SABIA?

Esse boxe apresenta curiosidades relacionadas ao assunto que você está estudando. Ele traz informações que complementam seus conhecimentos.

TENHO DÚVIDAS JÁ ESTUDEI **Unidade 1 – O mundo físico.....17**Tema 1 – Como surgem as ciências.....17  Tema 2 – Medidas e unidades.....23  Tema 3 – Ciência e tecnologia.....28  **Unidade 2 – A descrição do movimento.....33**Tema 1 – Espaço, velocidade e aceleração.....33  Tema 2 – Classificando os movimentos.....48  Tema 3 – Movimentos circulares ou curvilíneos.....61  **Unidade 3 – Explicando o movimento.....72**Tema 1 – Forças e seus efeitos.....72  Tema 2 – Leis de Newton e suas aplicações.....77  Tema 3 – Astronomia e gravitação.....89  **Unidade 4 – Efeitos de uma força aplicada.....106**Tema 1 – Flutuação.....106  Tema 2 – Rotação.....119  Tema 3 – Trabalho de uma força.....124

Caro(a) estudante,

Agora que você decidiu retomar seus estudos, terá a oportunidade de aprofundar alguns conhecimentos no campo da Física, que é uma parte importante do pensamento científico. Muitos dos temas você já conhece, mas, neste momento, eles serão estudados e analisados mais profundamente do ponto de vista físico.

Na Unidade 1, o tema é o mundo físico. Nela, procura-se contextualizar o que é conhecimento físico, como ele nasceu e como se organiza e é sistematizado a partir da experimentação, da realização de medidas e do estabelecimento de relações entre grandezas. Você verá que as grandezas apresentam unidades e aprenderá como converter umas em outras, quando for possível.

Na Unidade 2, você iniciará seu aprendizado em cinemática, que é a parte da Física que descreve os movimentos, independentemente de suas causas. Você vai conhecer algumas grandezas relevantes no estudo de movimentos (como espaço, tempo, velocidade e aceleração) e verificar como analisar os movimentos para classificá-los em lineares ou circulares, uniformes ou variados. Por fim, analisará mais detalhadamente como descrevê-los e compará-los, além de ver algumas aplicações dos movimentos circulares.

Na Unidade 3, começará o estudo da dinâmica, parte da Física que busca explicar as causas do movimento. Você estudará a definição de força e as leis de Newton, que apresentam o conceito de força e permitem avaliar as consequências de sua aplicação em corpos parados ou em movimento. Concluirá essa Unidade estudando a força gravitacional, uma das mais importantes da natureza e que possibilitou entender o movimento dos corpos celestes, além de unificar os estudos sobre os fenômenos físicos do céu com a física terrestre.

Na Unidade 4, você estudará alguns efeitos da aplicação de forças em diversos sistemas e do que dependem esses efeitos, como do tempo de aplicação da força, da distância e dos materiais envolvidos em sua aplicação, da área na qual ela é empregada etc.

Tudo isso permitirá que você se aproprie dos conhecimentos físicos como instrumentos de leitura de mundo e de resolução de problemas, e possa ter um olhar diferenciado sobre o meio em que vive e pensar no desenvolvimento histórico do conhecimento científico, para que você possa se posicionar de forma prática e crítica diante de situações de sua vida e de questões de sua comunidade.

Bons estudos!

## TEMAS

1. Como surgem as ciências
2. Medidas e unidades
3. Ciência e tecnologia

## Introdução

Nesta Unidade, você estudará o mundo físico. Verá como, ao longo do tempo, o pensamento mítico, que se baseia em deuses, espíritos e forças sobrenaturais, foi dando lugar a uma construção lógica fundamentada em conceitos de grandezas que podem ser medidas e relacionadas matematicamente, numa tentativa de explicar como e por que determinados fenômenos acontecem. Essa maneira de pensar, chamada inicialmente de filosofia natural, deu origem a uma nova forma de conhecimento e explicação da realidade, denominada Física.

Essa nova forma de conhecimento deu ao homem a possibilidade de interferir e modificar a natureza, permitindo o desenvolvimento tecnológico. Esse desenvolvimento não ocorreu por acaso; ele decorreu das necessidades de uma população ou grupo, e muitas vezes esteve vinculado aos interesses de grupos que o utilizaram para explorar recursos naturais, assim como para dominar e subjugar outros grupos.

### Como surgem as ciências

#### TEMA 1

Para começar, você estudará por que o conhecimento físico não é inato, ou seja, por que não nascemos com ele. O conhecimento é construído com base em questionamentos sobre aquilo que se observa. A partir de questionamentos e dúvidas, podem-se criar hipóteses que expliquem os fenômenos naturais, e a racionalização dessas explicações leva à escolha daquela que solucione melhor as questões.

O conhecimento, então, resulta de um acúmulo de informações que permite identificar regularidades e estabelecer relações entre vários fenômenos. Com base nessas relações, buscam-se teorias que consigam explicá-los. Esse processo não é simples nem linear, e constitui uma aventura pela busca dos melhores modelos que expliquem a realidade. A Física, assim como as outras ciências, é uma forma de tentar explicar a realidade.



## O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe a figura ao lado, reflita e anote suas hipóteses no seu caderno.

- O que é a chuva?
- Por que a chuva cai?
- Como se origina a chuva?
- Você diria que as explicações que encontrou para estas perguntas são científicas ou míticas? Por quê?

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



© Svetlana Combars/ZIZRF



## A ciência na história

Desde o início da história da humanidade, o ser humano observou a natureza, percebendo a sucessão dos dias e das noites, das estações do ano, os ciclos da Lua, as estrelas, os períodos de chuva e de seca. Aprendeu a dominar o fogo e, aproveitando os ciclos naturais, passou a cultivar a terra e criar animais, o que lhe permitiu fixar-se em determinados territórios, deixando de ser nômade. Ao longo desse tempo, acumulou saberes e desenvolveu conhecimentos e crenças, o que lhe possibilitou construir uma cultura na qual os fenômenos naturais tinham origem misteriosa, atribuída geralmente a deuses, espíritos ou a outras explicações **animistas**.



### Animista

Concepção que parte da hipótese de que tanto os seres vivos quanto os sistemas e fenômenos da natureza têm alma (do latim *anima*) e vontade própria.

Embora os povos do Oriente tenham deixado um vasto legado empírico (conhecimento prático), acredita-se que os filósofos gregos tenham sido os pioneiros na criação de sistemas de explicações racionais para os fenômenos naturais, em uma primeira tentativa de entender e interpretar o mundo desvinculado do pensamento mítico; ou seja, uma tentativa de explicar os fenômenos observados sem recorrer a espíritos, deuses ou outras entidades sobrenaturais, mas apenas a partir de outros elementos presentes na natureza e encadeados logicamente.

O desenvolvimento da linguagem e a especialização e divisão do trabalho proporcionaram uma divisão de classes na antiga sociedade grega. Na Grécia antiga eram considerados cidadãos apenas os homens livres e que também eram proprietários de terras. Esse grupo considerava o trabalho manual algo degradante, a ser relegado aos escravos. Eles assumiram o trabalho intelectual, tido como o mais “nobre”, que permitia desenvolver o conhecimento teórico. Associaram o **saber fazer** (os conhecimentos práticos ligados aos modos de produção e às necessidades diárias) ao **saber por quê**, relacionado ao conhecimento teórico.



Afresco retratando a “Academia de Platão”, onde acontecia o encontro de vários pensadores e filósofos, na cidade de Atenas, na Grécia. Na pintura estão representados alguns pensadores que realmente existiram, mas que viveram em épocas muito distintas. Trata-se, portanto, de um encontro imaginado pelo pintor, como uma homenagem à filosofia clássica [Rafael Sanzio. *Escola de Atenas*, 1508-1511].

O conhecimento obtido dessa forma foi muito além da esfera empírica, gerada pelas necessidades do dia a dia, associando a esta uma tentativa de explicar como e por que certos fenômenos aconteciam de uma forma e não de outra. Essa maneira de questionar e problematizar a realidade, de não aceitar explicações preestabelecidas, deu origem a uma nova maneira de pensar, dissociada do modo de produção: o pensamento filosófico.

Os primeiros filósofos lançaram-se à busca de explicar a origem do mundo e a razão de ser das coisas, bem como de estabelecer relações de causa e efeito entre os fenômenos. Assim, iniciaram um ramo específico da filosofia chamado **filosofia natural**, que, posteriormente, deu origem à Física, que passou a se ocupar de explicar os fenômenos do mundo material. Dessa separação e contradição entre o concreto e o abstrato, nasceu a divisão do Universo em dois: o **mundo físico**, concreto e palpável, e o **mundo das ideias**, etéreo e perfeito.

Foi Pitágoras quem lançou uma das ideias mais marcantes dessa nova filosofia: a de que **a beleza está na simplicidade**. Ele acreditava que deveria haver uma explicação simples para tudo e que esta poderia ser representada em linguagem matemática, estabelecendo relações numéricas entre diferentes grandezas. Esse pensamento, de certa forma, foi a base e a busca da ciência moderna.

## ATIVIDADE 1 Explicações de fenômenos naturais

1 Responda às questões a seguir sobre a ocorrência de chuvas.

a) Uma explicação comum para a ocorrência da chuva é dizer que Deus está lavando o chão do céu. Os trovões seriam, de acordo com essa explicação, o barulho de Deus movimentando as mesas e cadeiras de lugar enquanto lava o chão celeste. Essa explicação é mítica ou científica? Quais elementos podem ser utilizados para justificar sua resposta?

---



---



---

b) Outra explicação para a ocorrência da chuva é que ela é o resultado da condensação do vapor de água contido no ar, que forma as nuvens (conforme a ilustração ao lado). A chuva seria, então, uma parte do ciclo da água. Depois de chover, a água evapora, sobe, forma nuvens, condensa-se e volta a cair em forma de chuva. Essa explicação é mítica ou científica? Quais elementos podem ser utilizados para justificar sua resposta?




---



---



---



---



---

**2** O filósofo grego Aristóteles propôs que a Terra seria o centro do Universo, em torno do qual girariam a Lua, o Sol e os planetas (modelo geocêntrico). Essa explicação para a passagem dos dias e das noites, dos meses e dos anos, é mítica ou científica? Quais elementos podem ser utilizados para justificar sua resposta?

---



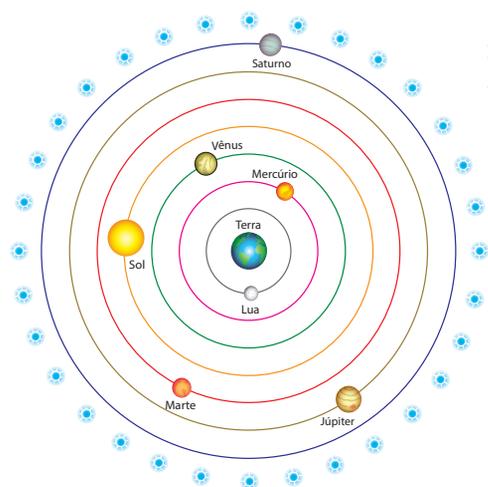
---



---



---



© Hudson Calasans

Esquema do modelo geocêntrico de Aristóteles.



## DESAFIO

O ser humano, desde sua origem, em sua existência cotidiana, faz afirmações, nega, deseja, recusa e aprova coisas e pessoas, elaborando juízos de fato e de valor por meio dos quais procura orientar seu comportamento teórico e prático. Entretanto, houve um momento em sua evolução histórico-social em que o ser humano começa a conferir um caráter filosófico às suas indagações e perplexidades, questionando racionalmente suas crenças, valores e escolhas. Nesse sentido, pode-se afirmar que a filosofia

- é algo inerente ao ser humano desde sua origem e que, por meio da elaboração dos sentimentos, das percepções e dos anseios humanos, procura consolidar nossas crenças e opiniões.
- existe desde que existe o ser humano, não havendo um local ou uma época específica para seu nascimento, o que nos autoriza a afirmar que mesmo a mentalidade mítica é também filosófica e exige o trabalho da razão.
- inicia sua investigação quando aceitamos os dogmas e as certezas cotidianas que nos são impostos pela tradição e pela sociedade, visando educar o ser humano como cidadão.
- surge quando o ser humano começa a exigir provas e justificações racionais que validam ou invalidam suas crenças, seus valores e suas práticas, em detrimento da verdade revelada pela codificação mítica.

Universidade Estadual de Goiás (UEG), 2013. Disponível em: <<http://www.cneconline.com.br/exames-educacionais/ vestibular/provas/go/ueg/2013/1o-semester/ueg-2013-1-prova-conhecimentos-gerais-c-gabarito-espanhol.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Explicações de fenômenos naturais

**1**

**a)** Mítica, pois baseia-se em explicação divina: a crença num Deus criador e todo-poderoso; o fato de no céu existir um chão que se acredita poder ser lavado com água; e o fato de que os móveis do



O conhecimento físico do mundo se estabelece a partir de relações quantitativas e qualitativas entre as grandezas envolvidas em determinado fenômeno. Faz parte da pesquisa científica identificar quais são as grandezas importantes e como medi-las. O objetivo deste tema é que você compreenda o que é uma grandeza, o que é medida e que conheça alguns caminhos seguidos para a construção do conhecimento científico.

## ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe os objetos a seguir.



Os instrumentos mostrados acima servem para realizar algumas medidas.

- Você conhece algum(ns) desses instrumentos? Qual(is)?
- Quais grandezas poderiam ser medidas com os instrumentos que você conhece?
- O que é grandeza?
- O que significa medir uma grandeza?
- Quais são as unidades de medidas de distância?
- Quais são as unidades de medida do tempo?
- Quais são as unidades de medida da massa?

Em seu caderno, faça as anotações em relação a essas questões e, depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

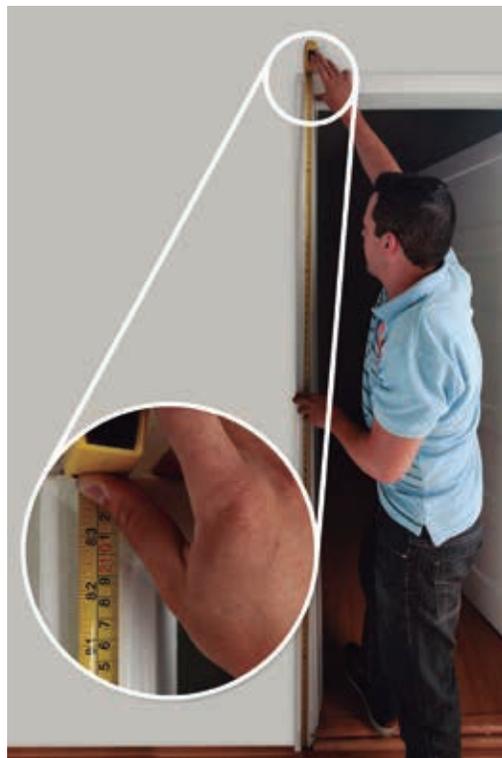
## Grandezas

Grandeza é tudo aquilo que se pode medir. Mas o que é medir? Medir é comparar duas grandezas de mesma espécie (por exemplo, área com área, comprimento com comprimento, volume com volume, velocidade com velocidade etc.), tomando uma delas como parâmetro. Assim, para medir a altura de uma porta, por exemplo, pode-se tomar como padrão de comprimento um palmo e comparar o tamanho do palmo com o tamanho do objeto a ser medido (no caso, a altura da porta), verificando quantas vezes a altura da porta é maior ou menor do que o palmo. Para medir a massa de um corpo, é preciso escolher um padrão de medida de massa (o quilograma, por exemplo) e comparar a massa a ser medida com esse padrão.

As medidas podem dar para a ciência um caráter mais universal. Estabelecidos os padrões de medida, elas não dependem mais de fatores culturais. Isso permite a obtenção de conhecimentos mais objetivos sobre a realidade, já que eles independem da interpretação das pessoas. Se um objeto mede 1 metro, por exemplo, ele medirá 1 metro no Brasil, no Japão ou em qualquer país da África, independentemente das crenças das pessoas envolvidas em sua medição. Por isso, o conhecimento científico muitas vezes é chamado de **conhecimento positivo**, pois pretende ser o mais isento possível da trajetória cultural dos cientistas.

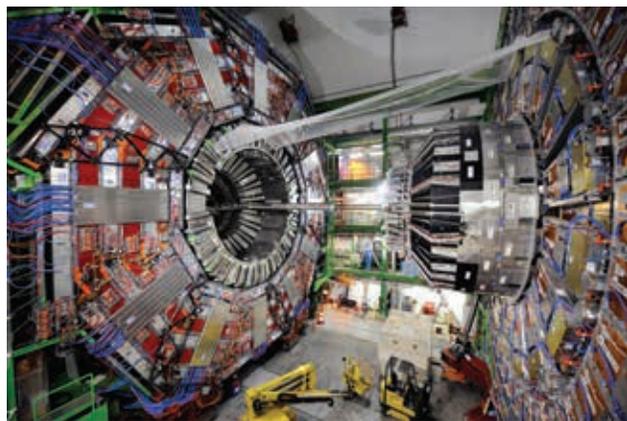
Nessa perspectiva, o **conhecimento físico** sobre a realidade implica, então, tentar minimizar o efeito das crenças pessoais sobre a observação e a interpretação da realidade. A produção desse conhecimento segue um método, chamado de **método científico**.

De acordo com esse método, é fundamental observar a natureza, levantar questões sobre seu funcionamento e buscar respostas para essas questões. Para isso, muitas vezes, os físicos realizam experimentos.



Medindo uma porta com uma trena.

Experimentos constituem-se na reprodução de fatos observados ou inseridos na natureza, porém em um ambiente controlado, como um laboratório, sob condições determinadas, que permitem analisar os efeitos de cada uma das grandezas envolvidas num fenômeno. Além disso, como parte do processo, deve-se divulgar, sobretudo à comunidade científica, o que se fez e o que se descobriu após a realização do experimento. Essa divulgação pode acontecer pela publicação de artigos em revista e jornais científicos reconhecidos internacionalmente e pela participação em eventos, como congressos, simpósios, seminários etc.



O acelerador de partículas é um aparelho gigantesco no qual os físicos realizam experimentos que buscam simular a origem da matéria.

Você já pode ter ouvido falar em várias unidades de medida de comprimento, como polegada (uma TV de 32 polegadas), metro (uma parede de 2 metros de altura), jarda (uma falta cometida a 2 jardas da grande área), légua (uma cidade a 2 léguas de outra) ou palmo (um buraco com 7 palmos de profundidade). Qual dessas medidas é maior e qual é menor?

Para evitar confusões com as diversas unidades de medida, a Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) criou o Sistema Internacional de Unidades, conhecido como SI. O SI é um sistema de unidades de medida que pode ser utilizado em todos os países para realizar medidas padronizadas, adotando-se uma unidade padrão para cada grandeza física.

Atualmente, com a globalização da economia, o SI tem sido cada vez mais utilizado para facilitar as transações comerciais entre diferentes povos que costumavam utilizar sistemas de medidas diferentes.

## ATIVIDADE 1 Grandezas

Indique, entre os conceitos a seguir, aqueles que constituem grandezas:

- massa
- vontade
- velocidade
- altura
- força
- amizade
- filosofia
- amor
- água
- beleza
- volume
- pressão

---



---



---

## ATIVIDADE 2 Medindo grandezas

1 O que poderia ser medido neste Caderno que você está lendo agora?

---



---

2 Como é possível medir o comprimento e a largura do Caderno? Seria necessário o uso de uma régua ou fita métrica ou existem outras formas de realizar as medidas?

---



---

3 Comente se existe ou não equivalência entre diferentes formas de realizar medidas.

---



---

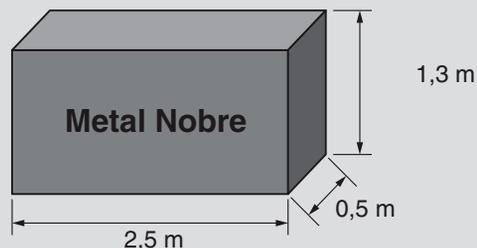


### DESAFIO

A siderúrgica “Metal Nobre” produz diversos objetos maciços utilizando o ferro. Um tipo especial de peça feita nessa companhia tem o formato de um paralelepípedo retangular, de acordo com as dimensões indicadas na figura que segue.

O produto das três dimensões indicadas na peça resultaria na medida da grandeza

- massa.
- volume.
- superfície.
- capacidade.
- comprimento.



Enem 2010. Prova azul. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2010/AZUL\\_Domingo\\_GAB.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2010/AZUL_Domingo_GAB.pdf)>. Acesso em: 7 out. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Grandezas

São grandezas: massa, volume, força, pressão, altura e velocidade, pois podem ser medidas e comparadas com padrões estabelecidos para essas grandezas, como o quilograma (massa) e o metro (altura), por exemplo.

### Atividade 2 - Medindo grandezas

1 Poderiam ser medidos o comprimento, a largura e a espessura do Caderno e, a partir daí, ser calculado seu volume e a área da capa. Seria possível medir também a massa do Caderno.

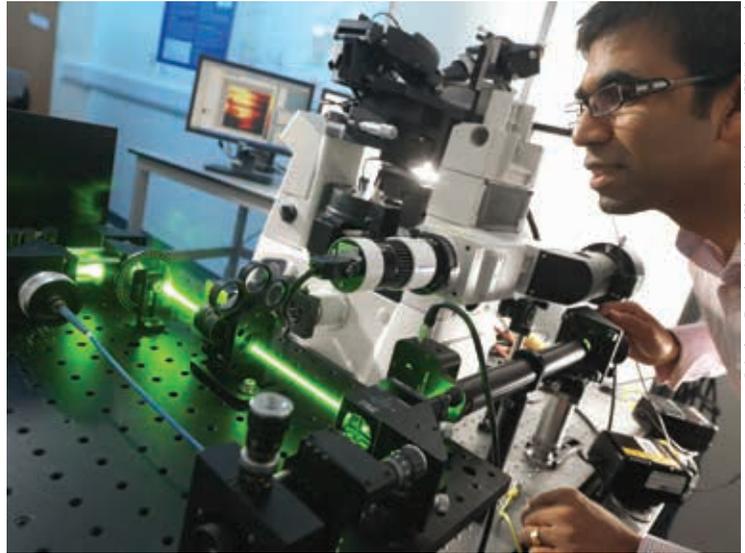


Neste tema, você vai analisar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Vai estudar que o desenvolvimento tecnológico só é possível a partir da ação humana, tanto a intelectual, no momento de desenvolver teorias e projetar aparelhos, como computadores, celulares, aparelhos de raios X, ultrassom etc., como na hora de produzir esses aparelhos, extraindo a matéria-prima, soldando e parafusando peças.



### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

- As pesquisas científicas são feitas em que tipo de ambiente? Público ou privado?
- Um pesquisador consegue escolher o que vai pesquisar?
- Uma pesquisa científica precisa ter um objetivo?
- Uma pesquisa científica precisa ter uma utilidade prática?



© Andrew Brookes/National Physical Laboratory/SPL/latinstock

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

---

---

---

---



### Desenvolvimento científico e tecnológico

Nas sociedades atuais, marcadas por novas formas de produção cultural e de dominação econômica, o desenvolvimento científico e a inovação tecnológica se fazem indispensáveis.

Se é verdade que, a princípio, o desenvolvimento técnico não esteve atrelado ao desenvolvimento científico, atualmente ciência e tecnologia apresentam-se interligadas de tal forma, que é comum se referir a elas como uma coisa só, chamada ciência e tecnologia (C&T).

A ciência está ligada a uma busca pelo conhecimento. Embora seja única, ela pode ser pensada como uma composição entre ciência pura e ciência aplicada. A ciência pura tem por objetivo a produção de conhecimento em si, enquanto a ciência aplicada visa, principalmente, a geração de produtos que melhorem ou facilitem a execução de tarefas, ou seja, é dela que deriva a tecnologia. Assim, a tecnologia está subordinada às demandas de mercado, enquanto a ciência busca, antes de tudo, o conhecimento como um bem em si mesmo.

As técnicas vinculadas à prática são muito mais antigas do que a ciência (que está ligada ao desenvolvimento de teorias), sendo provavelmente tão antigas quanto a própria humanidade. Do Paleolítico à Idade dos Metais, das pirâmides egípcias aos castelos medievais e também entre os grandes templos no Oriente, os grandes feitos da humanidade não foram construídos com base em princípios físicos, mas por “mestres” que se valeram da experiência prática acumulada, e não de um conhecimento abstrato sobre seu objeto de trabalho.

O casamento recente entre ciência e tecnologia pode ser ilustrado com a Revolução Industrial, o domínio e a aplicação da eletricidade, da biotecnologia, da energia nuclear, da nanotecnologia etc. Desde o final do século XVIII, portanto, ciência, tecnologia e sociedade andam juntas, atreladas ao desenvolvimento industrial e à produção de bens de consumo.

O que não se pode esquecer, quando se fala de produtos tecnológicos, como o *tablet*, por exemplo, é que, mais do que um amontoado de fios, plásticos etc., ele é resultado de um processo de fabricação que envolveu desde o trabalhador, que escavou a terra à procura de minérios, que foram transformados em fios e outros componentes eletrônicos, passando pelo projeto do produto até chegar, eventualmente, ao produto final.



O *tablet* é resultado da união entre ciência e tecnologia.

O pensamento científico não se desenvolve descolado do seu tempo. Como construção social, ele faz parte da cultura. Por isso influencia e é influenciado por ela. Durante a Revolução Industrial, por exemplo, o desenvolvimento das máquinas a vapor prescindia de um conhecimento mais elaborado dos gases, assim como o desenvolvimento inicial da metalurgia prescindiu do conhecimento da estrutura da matéria.

Nessa época, foi retomado o modelo atômico, que fragmenta a matéria em pedacinhos, chamados átomos. Com o avanço do capitalismo em substituição ao regime feudal, a sociedade assistiu à fragmentação do espaço, com a divisão de grandes feudos e castelos em propriedades privadas menores; à fragmentação

do tempo, com a introdução dos relógios e horários de entrada e saída das fábricas e das escolas, por exemplo; à fragmentação da produção, com a introdução das linhas de produção; e à fragmentação da energia, com fótons e *quanta*.

O pensamento científico moderno, por sua vez, parte da hipótese de que muitos fenômenos acontecem por acaso, sem motivo aparente. Ele não garante relações de causa e efeito bem determinadas. Por isso, é relativo e fragmentado, parecendo que uma causa não se relaciona univocamente com os efeitos, e que cada evento acontece de forma absolutamente independente dos outros.

O pensamento científico influencia vários campos do conhecimento, como o artístico, o esportivo, o social, o econômico e o cultural, entre outros, a ponto de ser válido afirmar que, atualmente, a maior parte dos novos produtos é resultado de pesquisa científica. Entretanto, apesar de todos os avanços da modernidade, o modo científico de pensar e agir ainda está longe de ser universal. Assim, pode-se dizer, como apontou Tambosi:

A tecnologia já conquistou os corações, mas a ciência ainda não alcançou as mentes [...].

TAMBOSI, Orlando. *O desafio de gerar, aplicar e divulgar o conhecimento científico*. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/sti/indbrasopodesafios/nexcietecnologia/Tambosi.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2014.

## ATIVIDADE

### 1 Pensamento científico e produção técnica

**1** Com toda a automação que acontece atualmente nas linhas de produção, seria possível produzir bens de consumo sem trabalho humano?

---

---

**2** Explique a diferença entre ciência pura e ciência aplicada.

---

---

**3** De acordo com o texto desta Unidade, ciência e tecnologia nem sempre estiveram associadas da forma como se observa atualmente. Busque no texto os argumentos que sustentam essa afirmação, indicando inclusive o momento histórico em que passam a “caminhar juntas”.

---

---

4 Observe os quadros a seguir, que foram pintados no século XX e que trazem elementos do pensamento científico moderno.



Salvador Dalí. *A persistência da memória*, 1931. Museu de Arte de Nova Iorque (MoMA), Nova Iorque, Estados Unidos.



Pablo Picasso. *Mulher chorando*, 1937. Tate Gallery, Londres, Reino Unido.

Agora, escreva um pequeno texto articulando os conceitos trabalhados no texto, como fragmentação e relativização, e as obras observadas.

---

---

---

---

---

---

---

---



Muitas propagandas utilizam expressões como “produto testado cientificamente” ou “especialistas dizem que...”, ou ainda “pesquisas mostram que...”. Em todas essas expressões há um apelo muito grande ao conhecimento e/ou ao uso do método científico como fonte confiável de informação. Em sua opinião, por que uma propaganda menciona isso?



## TEMAS

1. Espaço, velocidade e aceleração
2. Classificando os movimentos
3. Movimentos circulares ou curvilíneos

## Introdução

Nesta Unidade, você vai conhecer a parte da Física que trata da descrição e da classificação dos movimentos, e, por isso, tem o nome de **cinemática**, de origem grega.

Verá também que, na descrição do movimento, a grandeza mais importante é a velocidade. É ela que permite definir se há movimento e que tipo de movimento está ocorrendo. Verá que a variação da velocidade é determinada pela aceleração e que os movimentos podem ser variados ou uniformes.

Estudará ainda que grandezas como espaço, velocidade e aceleração dependem do referencial, da direção e do sentido em que ocorrem, de como são definidas e de como variam em função do tempo.

Espaço, velocidade e aceleração **TEMA 1**

Para descrever e classificar os movimentos – principal objetivo desta Unidade –, é preciso compreender conceitos que já fazem parte do seu cotidiano: espaço, velocidade e aceleração. Neste tema, você vai estudá-los de um ponto de vista científico.

 **O QUE VOCÊ JÁ SABE?**

A figura ao lado mostra uma pessoa em uma bicicleta. Observe a imagem e responda às questões propostas, anotando as respostas nas linhas a seguir.

- Você diria que a pessoa na bicicleta está parada ou está em movimento?
- E a bicicleta, está parada ou está em movimento?
- Ao fundo da imagem, é possível observar algumas árvores. Elas estão paradas ou estão em movimento?
- Se essa pessoa pedalar por dez minutos, aonde ela vai chegar?



Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e verifique se você faria alterações em suas respostas.



## ASSISTA!

### Física – Volume 1

*Por dentro dos movimentos*

Esse vídeo aborda alguns aspectos da Física que você já viu na Unidade 1 – como o nascimento da filosofia natural e dos primeiros estudos da Física –, mas será particularmente interessante para acompanhar os estudos que você fará agora, na Unidade 2. Com a orientação do físico e professor Francisco de Assis, você conhecerá como a Física explica os movimentos, a partir de um referencial no espaço, e quais são os diferentes tipos de movimento: retilíneo uniforme, uniformemente variado e movimentos circulares. Assista ao vídeo mais de uma vez, pois ele poderá ajudá-lo na compreensão de cada conceito.



## Espaço

Para localizar um ponto no espaço, é necessário determinar a(s) distância(s) que ele está de algum lugar. Por exemplo, para localizar uma casa numa cidade, é preciso determinar a rua na qual ela está localizada e a que distância ela está do começo da rua, que é dada pelo número da casa (veja a figura ao lado). Dessa forma, é possível determinar a posição da casa na cidade.

Em Física, a palavra **posição** não se refere a estar, por exemplo, em pé ou deitado, à frente ou atrás, mas sim à distância em relação a um referencial. **Espaço**, ou **posição de um corpo**, é definido como a **distância que ele está de determinado ponto, chamado origem, que serve de referência para a medida dessa distância**. Portanto, espaço e posição dependem do referencial. Assim como você pode estar à direita de uma



© Daniel Beneventi



## VOCÊ SABIA?

A palavra **corpo** pode ser usada para se referir a qualquer objeto. Portanto, em Física, a palavra corpo não significa necessariamente o corpo humano.

parede e à esquerda de outra, pode estar a certa distância de uma parede e a uma distância diferente de outra. Desse modo, é sempre necessário informar o referencial em relação ao qual se define uma posição.

## ATIVIDADE 1 Referencial e posição

Ao descrever a posição da carteira marcada na figura ao lado, uma estudante disse que a carteira está na segunda fileira e na terceira coluna, enquanto outra disse que está na quarta fileira e na quarta coluna.

**1** Elas poderiam estar descrevendo a posição da mesma carteira? Justifique sua resposta.

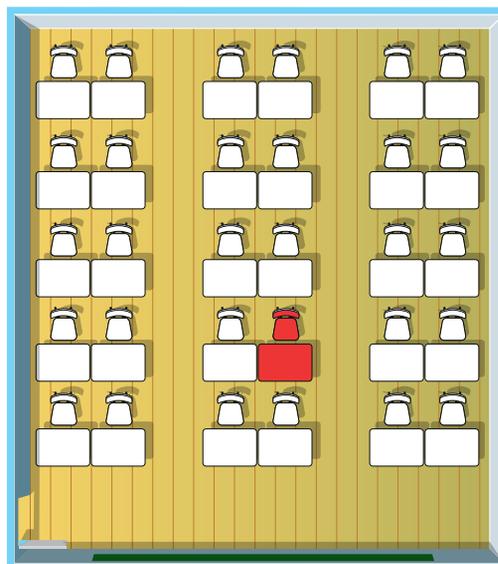
---



---



---



**2** Que informação a mais elas poderiam dar que permitiria a uma pessoa qualquer identificar a qual carteira elas se referiam?

---



---



---

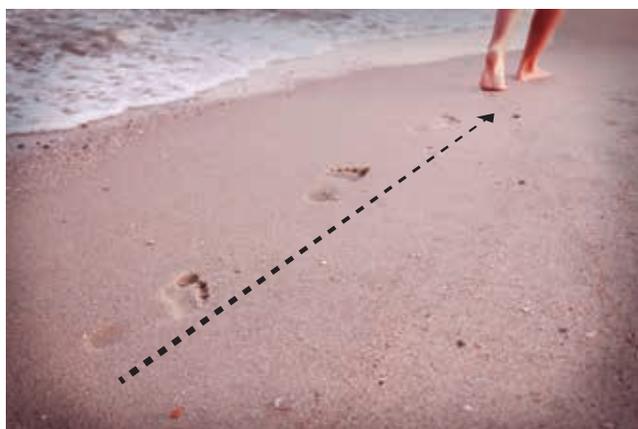


## Corpos em movimento

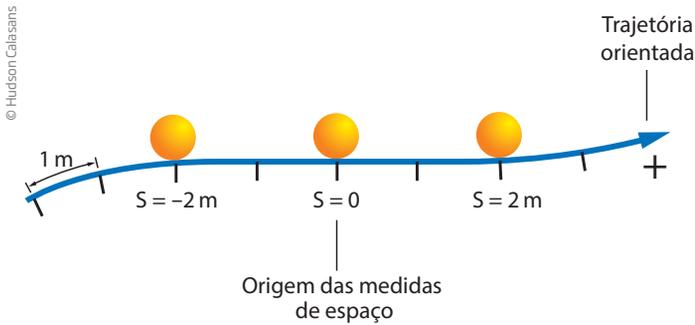
Diz-se que um corpo está em **movimento** quando sua posição varia ao longo do tempo, ou seja, à medida que o tempo passa, sua distância em relação a um dado referencial vai mudando.

Dessa forma, quando um corpo se desloca, ele vai ocupando sucessivas posições. O conjunto dessas posições é chamado de **trajetória**.

Na figura ao lado, é possível visualizar a trajetória descrita pelo caminhante com base em suas pegadas na areia. Cada pegada representa, na areia, uma



posição ocupada pelo caminhante. Assim como a posição, a trajetória também depende do referencial.



Para facilitar as medidas de espaço, é necessário definir uma origem comum para elas e qual o sentido da trajetória, indicado por uma seta. O espaço ( $S$ ) é a medida da distância que um ponto está da origem em uma trajetória. Para indicar se o corpo está antes ou depois do referencial, utiliza-se o sinal positivo (depois da origem) ou negativo (antes da origem).

Ao se movimentar, um corpo descreve uma trajetória, e seus espaços percorridos vão mudando em relação à origem. A medida da distância entre seu espaço inicial (onde ele começou a se movimentar) e seu espaço final (onde ele parou de se deslocar) é chamada de **variação de espaço**, ou **espaço percorrido**, sendo representada pelo símbolo  $\Delta S$ .

O símbolo  $\Delta$ , que parece um triângulo, é a letra grega maiúscula chamada delta. Dessa forma, a variação de espaço, simbolizada por  $\Delta S$ , deve ser lida como “delta S”.

Na linguagem matemática, escreve-se que:

$$\Delta S = S_f - S_i$$

$S_f$ : espaço final;  
 $S_i$ : espaço inicial;  
 $\Delta S$ : variação de espaço ou espaço percorrido.



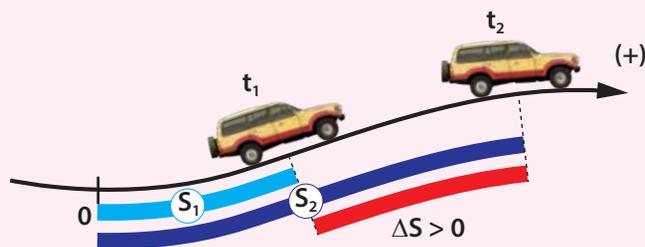
## PARA SABER MAIS



### Variação de espaço e distância percorrida

Em Física, **variação de espaço** e **distância percorrida** não são a mesma coisa. A **distância percorrida** corresponde à distância que o móvel percorreu e, portanto,

é determinada pela trajetória. Já a **variação de espaço** depende apenas de onde começou e de onde terminou o movimento, independentemente da trajetória e da distância percorrida.

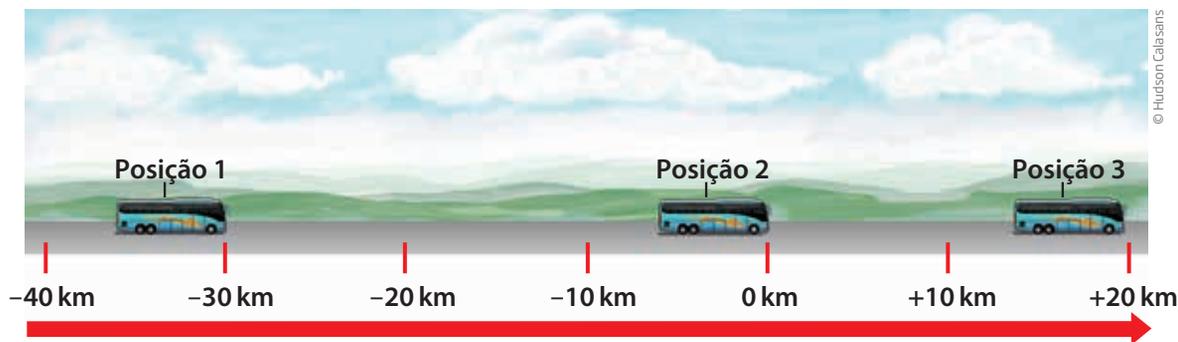


© Hudson Calasans

Nessa imagem, a origem da trajetória é o ponto zero, e as distâncias até  $t_1$  e  $t_2$  são, respectivamente,  $S_1$  e  $S_2$ . A variação de espaço entre  $t_1$  e  $t_2$  é igual a  $\Delta S$  ( $\Delta S = S_2 - S_1$ ), que nesse caso é igual à distância percorrida.

## ATIVIDADE 2 Trajetória e espaço

A figura a seguir mostra a trajetória descrita por um ônibus numa estrada.



© Hudson Calasans

**1** Nela, as posições estão marcadas em quilômetros. Qual é o ponto do espaço do ônibus em cada uma das três posições indicadas na figura?

Posição 1: \_\_\_\_\_

Posição 2: \_\_\_\_\_

Posição 3: \_\_\_\_\_

**2** Se o ônibus parte do ponto do espaço  $-40$  km e chega ao ponto  $+20$  km, qual foi a variação de espaço que ele realizou?

---



---



---



---



---

**3** Se o ônibus parte da posição  $-40$  km, vai até a posição  $+20$  km e volta para a posição  $-10$  km, qual foi sua variação de espaço? E qual foi a distância que ele percorreu?

---



---



---



## Velocidade média

Enquanto o tempo vai passando, um corpo pode se mover. Se passar “pouco tempo” para o corpo ir de um ponto a outro do espaço, significa que ele se movimenta “rapidamente”, mas, se demorar “muito tempo” para ele percorrer esse mesmo trajeto, significa que o corpo está se deslocando “lentamente”. A **grandeza física** que indica se um corpo está se movendo rápida ou lentamente, de um lugar para outro, se chama **velocidade**.

A **velocidade média** ( $v$ ) de um corpo é definida como a **proporção entre a variação de espaço desse corpo** ( $\Delta S$ ) e o **tempo que ele gastou** ( $\Delta t$ ) para realizar essa variação de espaço. Em linguagem matemática, essa relação é expressa da seguinte forma:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$v$ : velocidade média do corpo;

$\Delta S$ : variação de espaço desse corpo:  $\Delta S = S_f - S_i$ ;

$\Delta t$ : intervalo de tempo gasto para realizar essa variação de espaço:  $\Delta t = t_f - t_i$ .

No Sistema Internacional de Unidades, a velocidade média é medida em m/s (metros por segundo), mas existem outras unidades usuais, como km/h (quilômetros por hora), nós (muito utilizada na navegação) e milhas por hora (mph), usada em países de língua inglesa.

Dizer que um carro está com a velocidade de 108 km/h é o mesmo que dizer que ele se desloca à velocidade de 30 m/s, ou seja, que o carro percorre a distância 30 metros no tempo 1 segundo.

### VELOCIDADE INSTANTÂNEA

Durante um movimento, em geral, a velocidade vai mudando. Algumas vezes ela aumenta e, outras, diminui. O valor que a velocidade tem em um determinado momento é a sua velocidade instantânea. O velocímetro, por exemplo, marca a velocidade instantânea.



Velocímetro mostrando a velocidade instantânea de um automóvel em km/h e mph (milhas por hora).

**ATIVIDADE 3** Unidades de velocidade

**1** Responda às questões abaixo.

- a) Se você andar com velocidade constante de  $1 \text{ m/s}$  durante 10 segundos (10 s), quantos metros terá percorrido ao fim da trajetória?
- b) Se você andar com velocidade constante de  $1 \text{ m/s}$  durante 1 minuto (1 min), quantos metros terá percorrido ao fim da trajetória?
- c) Se você andar com velocidade constante de  $1 \text{ m/s}$  durante 1 hora (1 h), quantos metros terá percorrido ao fim da trajetória? E quantos quilômetros?
- d) Então, a velocidade de  $1 \text{ m/s}$  corresponde a uma velocidade de quantos quilômetros por hora?
- e) E se correr durante meia hora com velocidade de  $2 \text{ m/s}$ , quantos quilômetros você vai percorrer?

**2** A tabela a seguir mostra as distâncias aproximadas entre o aeroporto e o centro da cidade para algumas capitais do País, bem como o tempo médio gasto para percorrê-las de táxi e de ônibus.

Aeroporto	Distância até o centro	De táxi (minutos)	De ônibus (minutos)
Fortaleza	10 km	15	20
Santos Dumont (RJ)	3 km	20	30
Salvador	25 km	45	70
Congonhas (SP)	11 km	40	50
Recife	11 km	30	45

Fonte: FRANCO, Pedro Rocha. *Táxi para Confins é o mais caro e demorado do país*. O Estado de Minas, 30 jul. 2013. Disponível em: <[http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/07/30/internas\\_economia,429086/taxi-para-confins-e-o-mais-carro-e-demorado-do-pais.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2013/07/30/internas_economia,429086/taxi-para-confins-e-o-mais-carro-e-demorado-do-pais.shtml)>. Acesso em: 14 jan. 2015.

a) Qual é a maior velocidade média, de táxi, em km/h?

b) Qual é a menor velocidade média, de ônibus, em km/h?

c) Em qual dessas viagens o ônibus desenvolve a maior velocidade média?

---

d) Em qual dessas viagens o táxi desenvolve menor velocidade média?

---



## Aceleração

A velocidade de um corpo pode mudar. Se o corpo está parado, por exemplo, e começa a se movimentar, sua velocidade aumenta, e diz-se que ele acelerou. De modo contrário, se um automóvel está se deslocando, e o motorista pisa no freio, sua velocidade diminui, e diz-se que ele desacelerou.

Em Física, **aceleração** é definida como a **taxa com que a velocidade de um corpo varia**. Na linguagem matemática, a aceleração é expressa por:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

**a**: aceleração média do corpo;

**$\Delta v$** : variação da velocidade, em que  $\Delta v = v_f - v_i$ ;

**$\Delta t$** : tempo necessário para que ocorra essa variação de velocidade, em que  $\Delta t = t_f - t_i$ .

A aceleração de um corpo é medida, no Sistema Internacional de Unidades, em metros por segundo a cada segundo ( $m/s^2$ ).

Para um corpo que se move **no mesmo sentido da trajetória**, se a velocidade aumenta, a variação da velocidade é positiva ( $\Delta v > 0$ ) e sua aceleração também ( $a > 0$ ). Nesse caso, o corpo acelerou, então tem-se um **movimento acelerado**. Por outro lado, se a velocidade do corpo diminui, a variação da velocidade é negativa ( $\Delta v < 0$ ), assim como sua aceleração ( $a < 0$ ). Neste caso, o corpo desacelerou, então tem-se um **movimento retardado**.

### DICA!

O símbolo “>” indica que o número ou algarismo à esquerda do símbolo é maior que o da direita.

O símbolo “<” indica que o número ou algarismo à esquerda do símbolo é menor que o da direita.

Ou seja,  $a > b$  lê-se: “a é maior que b”;  $a < b$  lê-se: “a é menor que b”.

A palavra “aceleração” pode ter diferentes significados, dependendo do contexto, mas sempre se refere à mudança na velocidade ou na taxa de variação de algum processo.

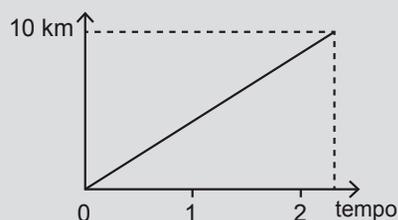
Por exemplo, é comum que jornais falem em “aceleração da economia”, com o sentido de aumento do ritmo do crescimento econômico; ou em “aceleração da aprendizagem”, o que significa diminuir o tempo necessário para aprender alguma coisa. Também é possível falar em “aceleração do processo de fabricação de um produto”, ou seja, diminuir o tempo em que um bem é produzido, elevando, assim, a produtividade e o lucro da empresa.



## DESAFIO

O gráfico ao lado modela a distância percorrida, em km, por uma pessoa em certo período de tempo. A escala de tempo a ser adotada para o eixo das abscissas depende da maneira como essa pessoa se desloca. Qual é a opção que apresenta a melhor associação entre meio ou forma de locomoção e unidade de tempo, quando são percorridos 10 km?

- Carroça – semana.
- Carro – dia.
- Caminhada – hora.
- Bicicleta – minuto.
- Avião – segundo.



Enem 2008. Prova amarela. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2008/2008\\_amarela.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2008/2008_amarela.pdf)>. Acesso em: 7 out. 2014.



## Como calcular a aceleração

Suponha que você está com um grupo de amigos empurrando um carro, que está parado e com a bateria descarregada. Vocês tentam fazer o automóvel “pegar no tranco”. Após empurrarem o carro por 20 s, ele atinge uma velocidade de 2 m/s e, com o “tranco”, começa a funcionar. Qual era a aceleração do carro enquanto estava sendo empurrado?



© Marc Ohrem-Le Clef/Corbis/Latinstock

Para iniciar, deve-se calcular a variação da velocidade. Como o carro estava parado, sua velocidade inicial era zero ( $v_i = 0$ ). Após os 20 s, sua velocidade final era de 2 m/s ( $v_f = 2$  m/s). Então, sua velocidade aumentou de 0 para 2 m/s, ou seja, ela aumentou 2 m/s ( $\Delta v = 2$  m/s). Como passaram 20 s para que isso acontecesse, a aceleração pode ser calculada da seguinte maneira:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ m/s}^2$$

**ATIVIDADE 4** Aceleração

**1** Observe a tabela abaixo, que mostra o teste de desempenho de um automóvel, e responda às questões.

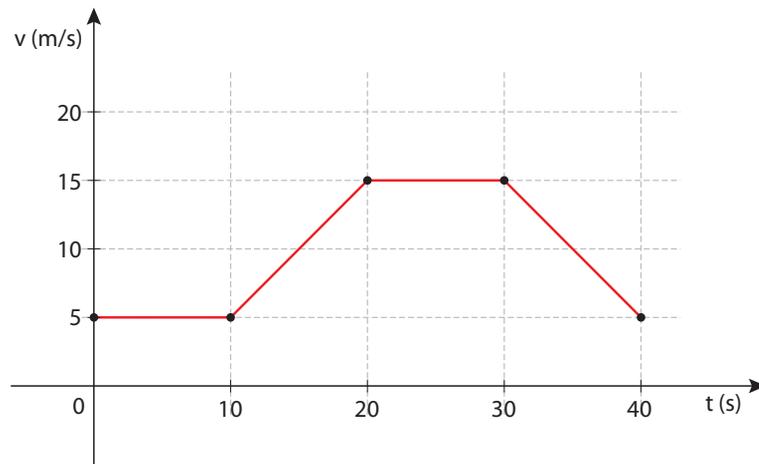
Desempenho	
0 km/h – 100 km/h	11,6 s
40 km/h – 80 km/h	5 s
60 km/h – 100 km/h	6,1 s
Frenagem 120 km/h a 0	9 s
Consumo cidade	7,7 km/L
Consumo estrada	11 km/L

**a)** A aceleração média desse carro é maior no intervalo entre quais velocidades? Justifique sua resposta.

- 0 a 100 km/h.
- 40 a 80 km/h.
- 60 a 100 km/h.

**b)** Ainda com base nessa tabela, o que é maior: a aceleração ou a desaceleração do carro?

**2** O gráfico abaixo representa o movimento de um trem num trecho ao longo da linha entre duas estações consecutivas.



a) Em qual(is) trecho(s) a velocidade é constante?

b) Em qual(is) trecho(s) o movimento é acelerado?

c) Em qual(is) trecho(s) esse movimento é retardado?



A propaganda de automóveis utiliza como destaque a aceleração que eles são capazes de desenvolver. É comum a propaganda afirmar que o carro vai de zero a 100 km/h em poucos segundos. Qual é a vantagem de um carro ter boa aceleração? Qual é a diferença de ir de 0 a 100 km/h em 4 ou 6 segundos? Isso é de fato muito importante ou apenas um recurso para o carro parecer melhor? O que é mais seguro?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Referencial e posição

**1** Sim, mas com base em referenciais diferentes. A primeira estudante se refere à segunda fileira a partir da frente da sala, e à terceira coluna a partir de um dos lados da sala (o lado direito da figura). Já a outra disse que a carteira estava na quarta fileira a partir do fundo da sala e na quarta coluna a partir do outro lado da sala (lado esquerdo da figura).

**2** Faltou informar qual seria o referencial que elas utilizaram para começar a contar as fileiras e as colunas.

## Atividade 2 - Trajetória e espaço

**1** Os espaços do ônibus são:

**Posição 1:** -30 km (está antes da origem das medidas);

**Posição 2:** 0 km (está na origem das medidas dos espaços); e

**Posição 3:** +20 km (está depois da origem dos espaços).

**2** A variação de espaço foi de 60 km, já que  $+20 - (-40) = 20 + 40 = 60$  km.

**3** Lembrando que  $\Delta S = S_f - S_i$ , a variação de espaço foi  $-10 - (-40) = 30$  km.

A distância que ele percorreu foi de 90 km, sendo 60 km para ir do espaço inicial -40 km ao espaço +20 km e mais 30 km, para ir do espaço +20 km ao espaço -10 km.

## Atividade 3 - Unidades de velocidade

**1**

**a)** 10 m. Para alcançar esse resultado, você pode utilizar uma “regra de três”: se em 1 segundo você anda 1 metro e a sua velocidade é sempre a mesma (constante), em 10 segundos caminhará 10 metros.

**b)** 60 m. Utilize o mesmo raciocínio anterior: se em 1 segundo você anda 1 metro e a sua velocidade é constante, em 1 minuto (que é equivalente a 60 segundos), você caminhará 60 metros.

**c)** 3.600 m ou 3,6 km. Se em 1 s você anda 1 m e a sua velocidade é constante, em 1 hora (que é equivalente a 60 min ou 3.600 s), você caminhará 3.600 m. Para saber a distância em quilômetros, lembre-se de que  $1 \text{ km} = 1.000 \text{ m}$ . Portanto, dividindo  $3.600$  por  $1.000 = 3,6$  km.

**d)**  $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$ . Para chegar a essa conclusão, você deve lembrar que 1 h equivale a 3.600 s e 1 km é igual a 1.000 m. Então:  $1 \text{ m/s} = \frac{1.000}{3.600} \text{ s}$  ou  $3,6 \text{ km/h}$ .

**e)** 3,6 km. Como a velocidade foi dobrada (passou de 1 m/s para 2 m/s), você percorrerá a mesma distância (3,6 km) na metade do tempo (de 1 hora para meia hora).

**2** Para chegar a todas as respostas, observe os seguintes raciocínios:

Em Fortaleza, o táxi percorre 10 km em 15 min, então fará a distância de 40 km em 1 h, que são 60 min ( $4 \cdot 15 \text{ min}$ ), ou seja, sua velocidade será de 40 km/h.

No Rio de Janeiro, o táxi percorre 3 km em 20 min, então cobrirá 9 km em 1 hora, que são 60 min ( $3 \cdot 20 \text{ min}$ ), ou seja, sua velocidade será de 9 km/h.

Em Salvador, o táxi percorre 25 km em 45 min, então se deslocará cerca de 33 km em 1 h (fazendo uma regra de 3), ou seja, sua velocidade será de  $\cong 33$  km/h.

Em São Paulo, o táxi transita por 11 km em 40 min, então percorrerá 16,5 km em 1 h (fazendo uma regra de 3), ou seja, sua velocidade será de 16,5 km/h.

Já em Recife, como percorre 11 km em meia hora, vai se deslocar 22 km em 1 h, ou seja, sua velocidade será de 22 km/h.

Logo, a maior velocidade média ocorre em Fortaleza.

Em Fortaleza, o ônibus percorre 10 km em 20 min, 30 km em 1 hora, ou seja, sua velocidade é de 30 km/h.

No Rio, o ônibus percorre 3 km em meia hora, 6 km em 1 h, ou seja, sua velocidade é de 6 km/h.

Em Salvador, o ônibus percorre 25 km em 70 min, aproximadamente 21 km em 1 h, ou seja, sua velocidade é de cerca de 21 km/h.

Em São Paulo, o ônibus percorre 11 km em 50 min, aproximadamente 13,2 km em 1 h, ou seja, sua velocidade é cerca de 13,2 km/h.

Em Recife, como percorre 11 km em 45 min, fará aproximadamente 14,7 km em 1 h, ou seja, sua velocidade é de cerca de 14,7 km/h.

Logo, a menor velocidade média ocorre no Rio de Janeiro.

- a) 40 km/h (Fortaleza). c) Fortaleza (30 km/h).  
 b) 6 km/h (Rio de Janeiro). d) Rio de Janeiro (9 km/h).

### Desafio

Alternativa correta: c. Acompanhe a análise das alternativas:

- A alternativa *a* sugere a semana como unidade de tempo. Assim, a carroça andaria a uma velocidade de 10 km por semana, que é muito baixa, mesmo para esse tipo de veículo.
- A alternativa *b* sugere o dia como unidade de tempo. Assim, o carro andaria 10 km em um pouco mais de 2 dias, ou seja, a uma velocidade aproximada de 5 km/dia, que, como se sabe, é irreal.
- A alternativa *c* sugere a hora como unidade de tempo. Assim, uma pessoa caminharia 10 km em 2 h, ou seja, a uma velocidade de 5 km/h. Sabe-se que esta é mesmo a velocidade média de uma pessoa caminhando. Logo, esta é a resposta correta.
- A alternativa *d* sugere o minuto como unidade de tempo. Assim, a bicicleta andaria 10 km em 2 min, ou seja, a uma velocidade de 5 km/min, ou 300 km/h, que se sabe ser muito alta para esse tipo de veículo.
- A alternativa *e* sugere como unidade de tempo o segundo. Assim, o avião percorreria 10 km em 2 s, ou seja, a velocidade do avião seria de 5 km/s. Sabe-se que um avião pode viajar a cerca de 400 km/h, que seria, fazendo a transformação de hora para segundo, 0,11 km/s – bem menor que os 5 km/s sugeridos pela alternativa.

### Atividade 4 - Aceleração

- 1**
- a)
- Entre 0 e 100 km/h, a velocidade inicial é zero e a final é 100 km/h =  $\frac{100.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} \cong 27,8 \text{ m/s}$ .  
 Então, a aceleração será:  $a = \frac{27,8}{11,6} = 2,4 \text{ m/s}^2$ .
- Ou, então:  $\frac{100 \text{ km/h}}{11,6 \text{ s}} = 8,6 \text{ km/h/s}$



Uma vez em movimento, um corpo pode descrever trajetórias regulares ou irregulares, retilíneas ou em forma de curvas, pode manter a velocidade constante ou variar.

Neste tema, você vai estudar como identificar alguns tipos de movimento.

## ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Enquanto pedala sua bicicleta, uma pessoa faz uma série de movimentos. Reflita sobre a situação e responda às seguintes questões:

- O movimento do pedal durante as pedaladas é retilíneo ou circular?
- E o movimento da bicicleta, é circular ou retilíneo?
- O movimento da bicicleta pode ser acelerado?
- O que acontece com a velocidade da bicicleta se o ciclista está andando num local plano e começa a pedalar com mais força?
- Qual é a trajetória descrita pelo pedal durante um movimento no qual o ciclista pedala e vai para a frente?



© ostli/123RF

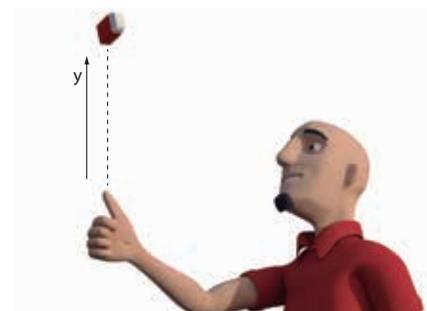
Em seu caderno, faça as anotações em relação às questões, e depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

## 📖 Tipos de movimento

Embora os movimentos sejam muito variados, eles são classificados quanto ao tipo de trajetória ou em relação ao que acontece com sua velocidade.

Em relação à trajetória, os movimentos podem ser:

- **retilíneos**, quando os corpos descrevem trajetórias retas em relação a um referencial, como a de um objeto lançado verticalmente para cima em relação a um ponto fixo no solo;



© Daniel Berrevent

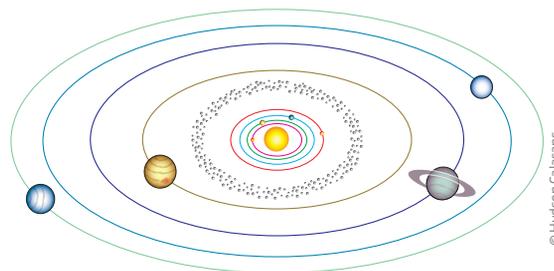
Trajетória retilínea.

- **curvilíneos**, como a trajetória dos planetas em sua órbita em torno do Sol (trajetória elíptica) ou de uma roda-gigante (trajetória circular).

Com relação à velocidade, os movimentos podem ser:

- **uniformes**, quando o valor da velocidade é constante (a aceleração é nula), como os ponteiros de um relógio ou a luz se deslocando em um meio homogêneo;
- **variados**, quando o valor da velocidade muda ao longo do tempo (a aceleração é diferente de zero), como a de um objeto lançado para cima por uma pessoa na superfície da Terra.

Com base neste último exemplo, percebe-se que é possível classificar os movimentos quanto a sua trajetória e a sua velocidade, ao mesmo tempo. O movimento de um corpo lançado verticalmente para cima, na Terra, é retilíneo e variado (em relação à superfície da Terra), já que sua velocidade vai diminuindo à medida que ele sobe e aumentando conforme desce (cai).



Trajетória curvilínea.

## ATIVIDADE 1 Classificando movimentos

O movimento é algo bastante comum no cotidiano. Procure observar ou se lembrar de movimentos do seu dia a dia e dê pelo menos dois exemplos dos seguintes tipos de movimento:

a) Movimentos retilíneos

---

---

b) Movimentos curvilíneos

---

---

c) Movimentos uniformes

---

---

d) Movimentos variados

---

---



## Movimento retilíneo uniforme (MRU)

O **movimento retilíneo uniforme** é o mais simples de ser descrito, justamente por ser realizado em **linha reta** e apresentar **velocidade constante**. Nesse tipo de movimento, a velocidade é a mesma em qualquer instante e, portanto, terá sempre valor igual ao da velocidade média.

No MRU, a variação de espaço é diretamente proporcional ao tempo utilizado para o corpo se movimentar. Ou seja, ao andar o dobro do tempo, percorre-se o dobro da distância. Ao andar o triplo do tempo, percorre-se o triplo da distância, e assim por diante.

Por exemplo, uma pessoa andando devagar desenvolve uma velocidade média de 1 m/s. Isso quer dizer que, em 1 min, ela anda 60 m e sua velocidade pode ser escrita como 60 m/min. Em 2 min, andarás 120 m. Em 3 min, andarás 180 m. Em 4 min, andarás 240 m, e assim por diante.

Na linguagem matemática, pode-se escrever uma equação que descreve esse movimento, chamada **equação horária**, da seguinte forma:

$$\Delta S = v \cdot \Delta t$$

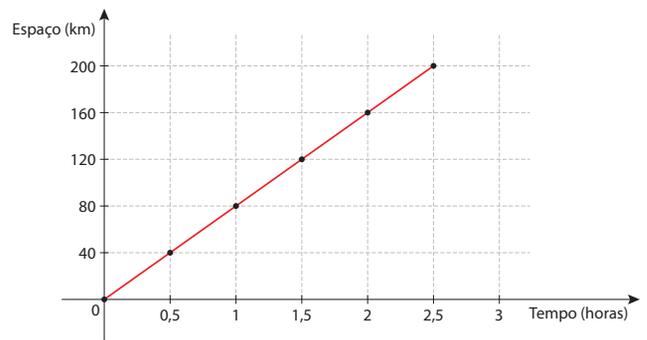
$\Delta S$ : variação de espaço;  
 $v$ : velocidade (neste caso, constante);  
 $\Delta t$ : intervalo de tempo gasto nesse movimento.

No exemplo anterior, de uma pessoa em movimento, poderia se escrever que  $S = 60 \cdot t$ . Assim, se o tempo for 1 minuto, a posição da pessoa será  $60 \cdot 1 = 60$  m; se  $t = 2$  min, a posição será  $60 \cdot 2 = 120$  m, e assim por diante.

Observe a tabela a seguir, que apresenta a posição e os horários de passagem, a cada 40 km, de um ônibus durante seu percurso entre duas cidades. Imagine que a estrada entre elas é reta. Repare que a cada meia hora ele percorre 40 km, ou seja, a cada hora ele percorre 80 km. Então, sua velocidade média é constante, de 80 km/h.

Posição (km)	Tempo (horas)
0	0,0
40	0,5
80	1,0
120	1,5
160	2,0
200	2,5

Esse mesmo movimento pode ser descrito por um gráfico, como o mostrado na figura ao lado. Note que o gráfico da posição em função do tempo, nesse caso, é uma reta, o que é característico de grandezas diretamente proporcionais.

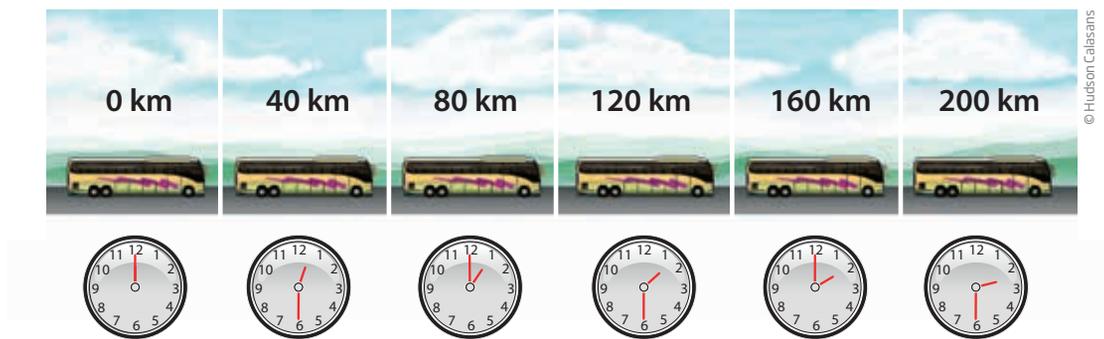


© Sidnei Moura

Além da tabela e do gráfico, pode-se descrever o MRU utilizando uma equação, a equação horária, como foi escrita anteriormente. Ela ficaria assim:

$$\Delta S = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta S = 80 \cdot \Delta t$$

O MRU pode ainda ser representado por um desenho:



© Hudson Calasans

Ou mesmo por meio de uma historinha: um ônibus saiu de uma cidade e percorreu 200 km com velocidade constante. Em meia hora, percorreu 40 km. Depois de uma hora, percorreu 80 km. Após uma hora e meia, ele viajou 120 km. Quando andou 2 horas, percorreu 160 km e, finalmente, ao completar a viagem, com 200 km, gastou duas horas e meia.

## ATIVIDADE 2 Descrevendo movimentos

**1** Compare as cinco maneiras apresentadas para descrever o movimento: narrativa (“historinha”), imagem, equação, gráfico e tabela. Em seu caderno, responda qual delas você achou mais fácil de entender? Qual delas é a mais sintética?

**2** A tabela a seguir mostra como variou a posição de uma formiga num percurso retilíneo, do formigueiro até uma árvore, onde ela foi buscar pedaços de folha.

S (cm)	0	8	12	20	40	56
t (s)	0	10	15	25	50	70

- a) Qual é a variação de espaço entre o instante 0 s e o instante 10 s?
- b) Qual é, então, a velocidade média da formiga nesse intervalo de tempo?
- c) Determine a velocidade média da formiga entre os instantes 10 s e 15 s, 15 s e 25 s, 25 s e 50 s, e 50 s e 70 s.
- d) Esse movimento pode ser considerado uniforme? Justifique.
- 
- 
- e) Construa o gráfico do espaço em função do tempo e verifique se é linear (uma linha reta), característica do MRU.



## Movimento uniformemente variado (MUV)

A maioria dos movimentos tem velocidade variável. Uma pessoa em repouso, por exemplo, tem velocidade nula em relação ao chão, ou seja, sua velocidade é igual a zero ( $v = 0$ ). Se ela começa a se deslocar, sua velocidade deixa de ser nula e vai adquirindo valores crescentes, até se estabilizar. Em seguida, se a pessoa resolve parar, sua velocidade diminui até chegar a zero. Ao andar na rua ou mesmo em casa, é muito comum que a frequência ou o tamanho dos passos sejam modificados, apresentando diferentes valores de velocidade ou direções diferentes. Em todos esses casos, no qual a velocidade muda, o movimento é chamado de variado.

## Movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)

Um caso particular de movimento variado é aquele no qual a variação da velocidade é constante. A tabela 1 mostra os valores da velocidade de uma bola que cai do terraço de um prédio, a partir de uma altura de 125 m.

Note que a ação da gravidade faz a bola cair, sempre aumentando sua velocidade de 10 m/s em 10 m/s, a cada segundo, até alcançar o solo. Sua velocidade está variando de maneira uniforme, com aceleração constante de  $10 \text{ m/s}^2$ . Esse tipo de movimento, no qual um corpo se desloca em linha reta e a velocidade varia de maneira uniforme, é chamado de **movimento retilíneo uniformemente variado** e tem como característica o fato de **a trajetória ser uma reta e a aceleração ser constante**. Nesse caso, o movimento é acelerado, pois a velocidade está aumentando, e também pode ser chamado de **movimento retilíneo uniformemente acelerado**.

Como a velocidade aumenta, o corpo anda cada vez mais rápido. Então, **a distância que ele percorre em intervalos de tempo iguais vai sempre aumentando**. A tabela 2 mostra a distância percorrida pela bola, a partir do instante em que ela começa a cair. Nela, é possível perceber que, a cada segundo de queda, a bola percorre distâncias cada vez maiores. No primeiro segundo, ela percorre 5 m, mas, no seguinte, ela percorre mais 15 m; no terceiro, 25 m; no quarto, 35 m; no quinto, 45 m, totalizando os 125 m.

Tabela 1

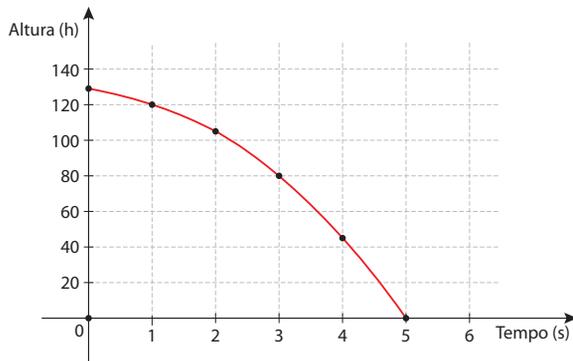
t (s)	v (m/s)
0	0
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50

Tabela 2

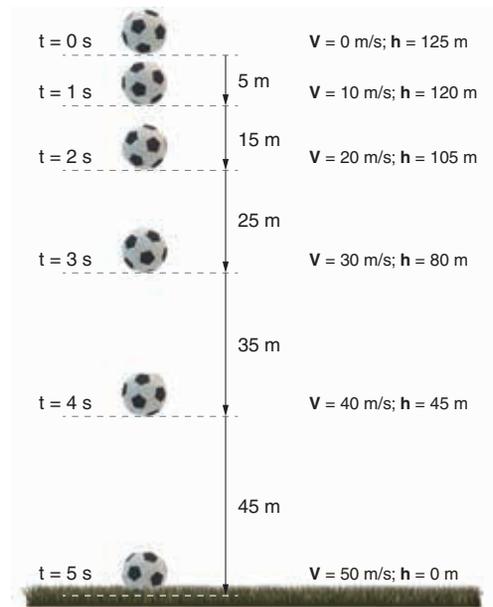
t (s)	S (m)
0	0
1	5
2	20
3	45
4	80
5	125

A figura ao lado e o gráfico a seguir ilustram essa situação, do espaço percorrido (pela bola) em função do tempo. Perceba como, para essa situação, o espaço está representado pela altura ( $h$ ).

### Trajatória da bola: espaço $\times$ tempo



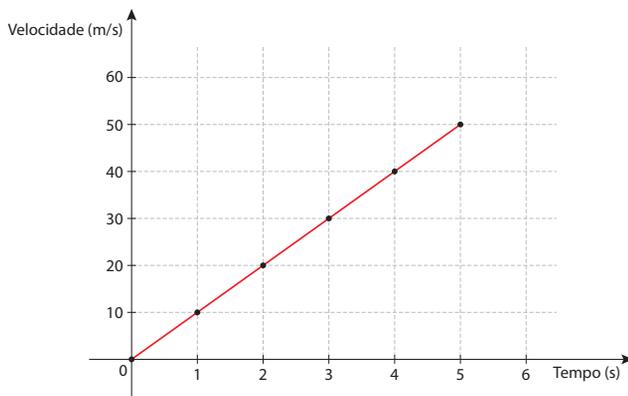
© Sidnei Moura



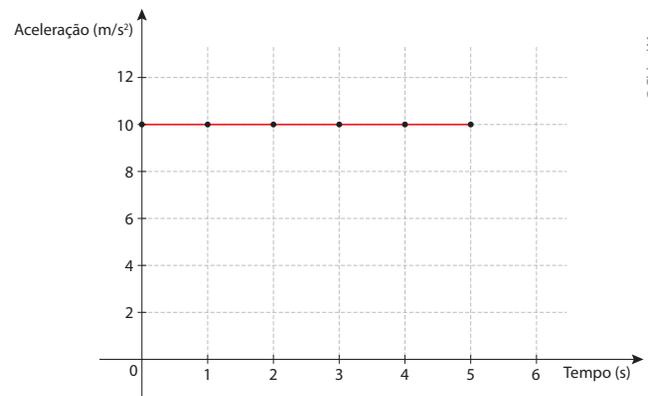
© Daniel Beneventi

Note que, durante a descida, a bola realiza uma variação de espaço de 125 m em 5 s, o que lhe confere uma velocidade média de 25 m/s. Isso deixa claro que, quando o movimento é acelerado, a velocidade média não é a informação mais adequada para avaliar o que aconteceu, já que a velocidade instantânea variou ao longo do trajeto. Essa variação da velocidade pode ser descrita pelo gráfico da velocidade em função do tempo, como é mostrado a seguir.

### Trajatória da bola: velocidade $\times$ tempo



### Trajatória da bola: aceleração $\times$ tempo



© Sidnei Moura

A aceleração é constante. Então, mesmo que o tempo varie, a aceleração permanece constante, como mostra o gráfico acima.

A variação da velocidade também pode ser constante quando ela diminui. Nesse caso, se a trajetória for retilínea, tem-se um **movimento retilíneo uniformemente retardado**. É o que acontece quando um carro freia devagar ou quando um objeto é jogado para cima, num movimento conhecido como lançamento vertical – enquanto o objeto sobe, sua velocidade vai diminuindo até o ponto mais alto, quando para de subir e começa a cair.

### ATIVIDADE 3 Analisando um MRUV

**1** A figura ao lado ilustra um movimento retilíneo uniformemente variado, no qual uma bola é lançada verticalmente para cima, a partir do solo, com velocidade inicial de 50 m/s.

Compare essa representação da bola subindo com a anterior, da bola caindo, e responda:

a) Que semelhanças você consegue identificar entre elas?

---



---



---

b) Quais diferenças você consegue perceber entre elas?

---



---

c) Qual é a variação de espaço (altura) percorrida pela bola durante a subida?

---



---

d) Qual é a velocidade média da bola durante a subida?

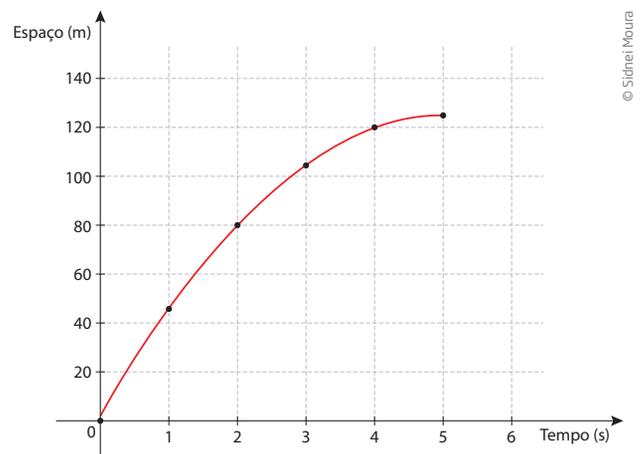
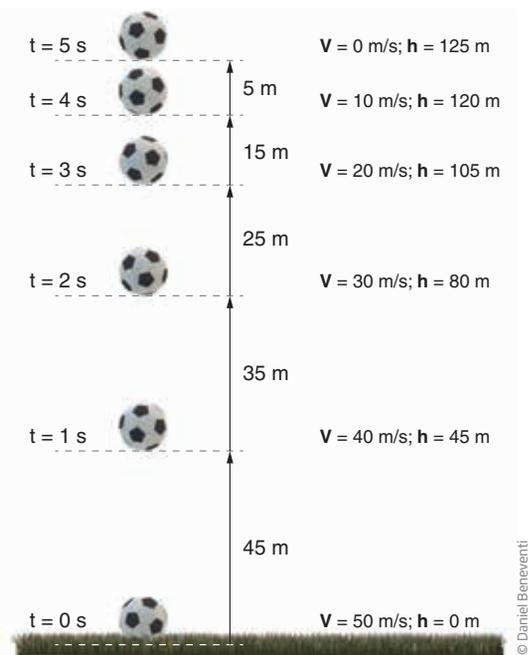
---



---

**2** O gráfico ao lado representa os espaços ocupados pela bola (altura da bola) em função do tempo. Observe-o e responda:

a) Qual é a variação de espaço entre os instantes 0 s e 2 s?



b) Qual é a velocidade média da bola entre os instantes 0 s e 2 s?

c) Qual é a variação de espaço entre os instantes 2 s e 4 s?

d) Qual é a velocidade média da bola entre os instantes 2 s e 4 s?

e) A velocidade média aumentou ou diminuiu? O movimento é acelerado ou retardado?

**3** O gráfico a seguir mostra como variou a velocidade da bola durante a subida.

a) Qual é o valor da velocidade nos instantes 2 s e 4 s?

---



---



---

b) Por que esses valores são diferentes da velocidade média calculada na questão 2?

---



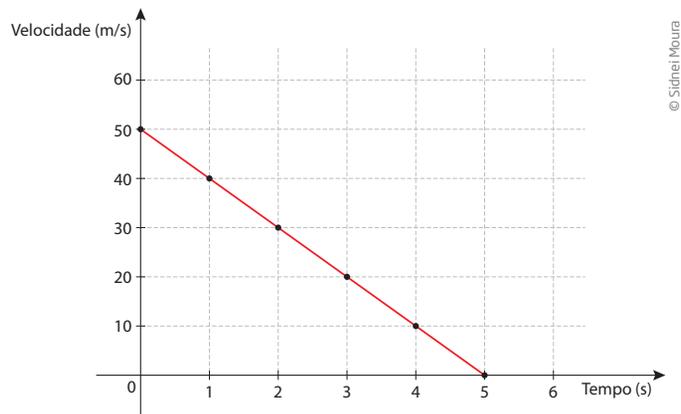
---



---



---





## DESAFIO

**1** Leia com atenção a tira da Turma da Mônica mostrada abaixo e analise as afirmativas que se seguem, considerando os princípios da Mecânica Clássica.



- I. Cascão encontra-se em movimento em relação ao skate e também em relação ao amigo Cebolinha.
- II. Cascão encontra-se em repouso em relação ao skate, mas em movimento em relação ao amigo Cebolinha.
- III. Em relação a um referencial fixo fora da Terra, Cascão jamais pode estar em repouso.

Estão corretas:

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

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), 2002. Disponível em: <[http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao\\_comentada/pucsp/2002/1dia/PUCSP2002\\_1dia.pdf](http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao_comentada/pucsp/2002/1dia/PUCSP2002_1dia.pdf)>. Acesso em: 14 jan. 2015. Imagem © Maurício de Souza Editora LTDA.

**2** O fabricante informa que um carro, partindo do repouso, atinge 100 km/h em 10 segundos. A melhor estimativa para o valor da aceleração nesse intervalo de tempo, em  $\text{m/s}^2$ , é:

- a)  $3,0 \cdot 10^{-3}$ .
- b) 2,8.
- c) 3,6.
- d) 9,8.
- e) 10.

Unesp 2006, 2ª semestre. Disponível em: <[http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao\\_comentada/unesp/2006\\_2/1dia/UNESP2006\\_2\\_1dia\\_prova.pdf](http://www.curso-objetivo.br/vestibular/resolucao_comentada/unesp/2006_2/1dia/UNESP2006_2_1dia_prova.pdf)>. Acesso em: 14 jan. 2015.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Classificando movimentos

Há muitos exemplos de movimento que podem ser utilizados, dependendo da trajetória cultural. Alguns exemplos seriam:

- a) Um automóvel deslocando-se num trecho de estrada reto, uma pessoa andando em linha reta, um trem num trilho retilíneo, um objeto abandonado de determinada altura em relação ao solo (como um tijolo que cai de uma obra), um feixe de luz emitido por uma lanterna etc.
- b) Uma bola de basquete lançada ao cesto, uma bola de vôlei após o saque ou de futebol chutada com efeito para o gol, o movimento dos ponteiros do relógio, atletas numa corrida de 400 metros numa pista de atletismo etc.
- c) Um carro numa estrada com velocidade constante, o avião quando atinge velocidade de cruzeiro, o movimento dos ponteiros de um relógio, a rotação da Terra em torno do Sol, o tambor de uma betoneira etc.

d) É o mais comum: os movimentos de uma pessoa, animal, carro, ônibus, qualquer corpo que começa ou para de se movimentar, carros numa corrida de fórmula 1 etc.

### Atividade 2 - Descrevendo movimentos

**1** Resposta pessoal. A linguagem matemática é mais sintética. A equação (fórmula), por exemplo, informa tudo o que as outras formas de descrever dizem, porém com apenas cinco símbolos ( $\Delta$ ,  $S$ ,  $=$ ,  $v$ ,  $t$ ). Porém, justamente por isso, é mais abstrata e precisa ser interpretada.

**2**

a)  $\Delta S = 8 \text{ cm}$

b)  $v_{0-10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ cm/s}$

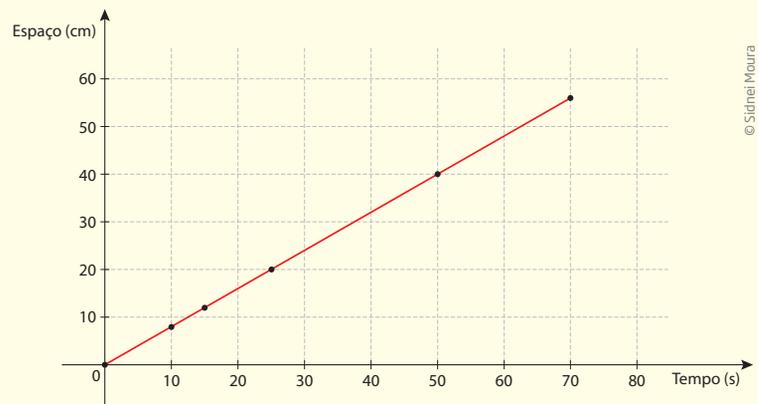
c)  $v_{10-15} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ cm/s}$

$v_{15-25} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ cm/s}$

$v = 0,8 \text{ cm/s}$  em todos os intervalos considerados, inclusive entre os instantes 25 s e 50 s, e 50 s e 70 s.

d) Sim, pois a velocidade é constante em qualquer instante.

e) Sim, trata-se de um gráfico linear, como se pode observar ao lado.



### Atividade 3 - Analisando um MRUV

**1**

a) Pode-se perceber que as distâncias percorridas pela bola são as mesmas na subida e na descida, nos intervalos de tempo considerados, assim como as velocidades, porém em sentido contrário.

b) Enquanto na descida as velocidades e as variações de espaço aumentam, na subida elas diminuem.

c) 125 m

d) 25 m/s

**2**

a)  $\Delta S = 80 - 0 = 80 \text{ m}$

b)  $v = \frac{80}{2} = 40 \text{ m/s}$

c)  $\Delta S = 120 - 80 = 40 \text{ m}$

d)  $v = \frac{40}{2} = 20 \text{ m/s}$

e) A velocidade diminuiu, e o movimento é retardado.





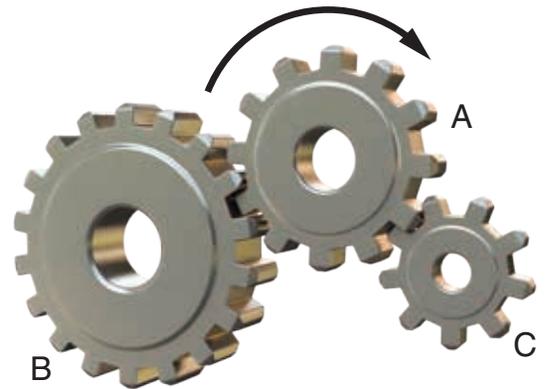
Muitos movimentos que fazem parte do nosso cotidiano não são lineares. Embora nem sempre seja possível ver, os movimentos de engrenagens, rodas, e mesmo o de automóveis em vários trechos de uma estrada, são circulares ou curvilíneos. Neste tema, você vai estudar quais são as principais características desse tipo de movimento.

**? O QUE VOCÊ JÁ SABE?**

Responda às seguintes questões, depois de analisar a imagem:

- Quando a engrenagem A girar no sentido horário, em qual sentido vão girar as engrenagens B e C? No **sentido horário** ou **anti-horário**?
- Você acha que todas as engrenagens giram com a mesma velocidade ou que o tamanho delas interfere na velocidade?
- O que você entende por frequência de rotação de um motor de uma máquina de lavar?

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



© Daniel Beneventi

**Glossário**

**Sentido horário**

Sentido do movimento dos ponteiros de um relógio.

**Sentido anti-horário**

Sentido do movimento oposto ao dos ponteiros de um relógio.

---



---



---



---



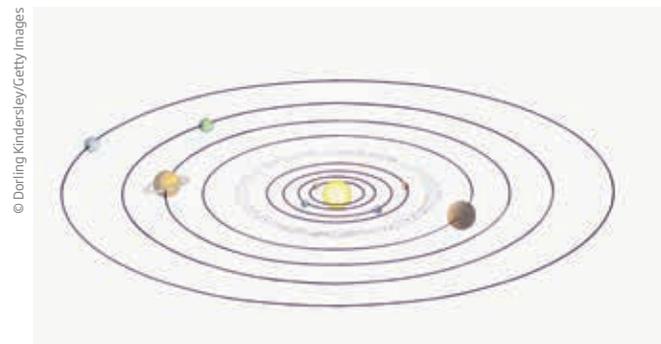
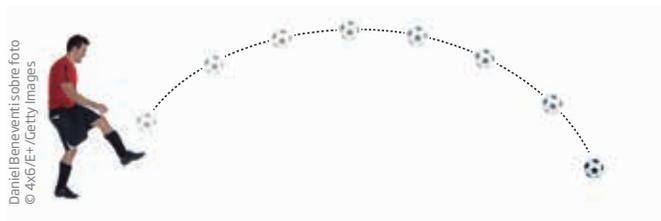
---



---

**Trajетórias curvilíneas**

Quando a trajetória descrita por um corpo em movimento não segue uma linha reta, mas sim uma curva, o movimento é chamado de movimento curvilíneo. Existem vários tipos de trajetórias curvilíneas, como as parabólicas, as elípticas, as circulares etc.



Sob a ação da força da gravidade, uma bola chutada obliquamente descreve uma **trajetória parabólica**.

As órbitas planetárias são **elípticas**.

Um ponto no pneu da bicicleta em movimento descreve **trajetórias circulares**, com referência ao centro do pneu da bicicleta.

## Movimento circular uniforme (MCU)

Um tipo particularmente importante de movimento é aquele no qual a **trajetória é um círculo e a velocidade é constante**, como o movimento dos ponteiros de um relógio, de pneus, discos, hélices de um avião ou de um ventilador, engrenagens em sistemas mecânicos e muito mais. Esse tipo de **movimento circular com velocidade constante** é chamado de **movimento circular uniforme (MCU)**.

O MCU é um movimento periódico, isto é, no qual **todas as suas grandezas se repetem em intervalos de tempo iguais**. Esses intervalos correspondem ao tempo necessário para que o corpo que está realizando o MCU complete uma volta. O **tempo gasto para um corpo em MCU realizar uma volta** é chamado de **período do movimento** e é representado pela letra **T**.

Os extremos dos ponteiros de um relógio, por exemplo, descrevem um MCU. O movimento desses ponteiros é periódico, pois eles se repetem em intervalos de tempo iguais. O tempo que cada ponteiro leva para dar uma volta completa

no relógio é o período do movimento. Assim, o período do ponteiro dos segundos é 1 minuto ( $T = 1 \text{ min}$ ) ou 60 segundos ( $T = 60 \text{ s}$ ), pois ele dá uma volta completa no relógio em 1 minuto. Já o período do ponteiro dos minutos é de 1 hora ( $T = 1 \text{ h}$ ), ou 60 minutos ( $T = 60 \text{ min}$ ), ou 3.600 segundos ( $T = 3.600 \text{ s}$ ), enquanto o período do ponteiro das horas é de 12 horas ( $T = 12 \text{ h}$ ).



Outra grandeza característica do MCU é o **número de voltas que o corpo em movimento realiza em um determinado intervalo de tempo**. Essa grandeza recebe o nome de **frequência** e é representada pela letra  $f$ .

Por exemplo, no relógio analógico (de ponteiros), a frequência do ponteiro de segundos é de 1 **rotação por minuto** ( $f = 1 \text{ rpm}$ ) ou 60 **rotações por hora** ( $f = 60 \text{ rph}$ ). Quando o intervalo de tempo está em segundos, que é a unidade do Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade resultante é hertz (Hz).

A frequência é uma grandeza muito utilizada em várias áreas de conhecimento. Por exemplo, quando se vai ao médico, ele costuma medir a frequência cardíaca. Esse número expressa a quantidade de vezes que o coração bate em 1 minuto. Para uma mulher jovem e saudável, em situação de esforço, o número de batidas fica em torno de 90 batidas por minuto. Portanto, a frequência cardíaca, em unidades do SI, seria:

$$f = \frac{90 \text{ batidas}}{60 \text{ segundos}} = 1,5 \text{ Hz}$$

ou seja, nessa condição, o coração deve bater uma vez e meia por segundo.

Vale ressaltar, também, que a frequência é o inverso do período, e vice-versa:

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

No exemplo da frequência cardíaca de uma mulher jovem e saudável realizando esforço, note que, usando a regra de três (ou pelo uso da expressão apresentada acima), como  $f = 1,5 \text{ Hz}$ , seu coração demora  $\frac{1}{1,5} \cong 0,67 \text{ s}$  para dar uma batida, que é o período do seu batimento cardíaco.

**ATIVIDADE 1** Período e frequência

**1** Numa serra circular, a lâmina gira com uma frequência de 5.800 rpm. Qual é a sua frequência e o seu período em unidades do SI?



© heinteh/123RF

**2** Numa furadeira, a broca gira a 1.680 rpm. Qual é sua frequência e seu período em unidades do SI?



© Iakov Filimonov/123RF

**3** Numa batedeira, as pás realizam um movimento de frequência 3 Hz. Para bater a massa de um bolo, a batedeira deve funcionar durante 5 min. Quantas rotações as pás da batedeira vão realizar durante esse movimento?



© Axel Blueckert/123RF

**4** Um carrossel gira com um período de 2 min. Qual é a frequência do movimento desse carrossel?

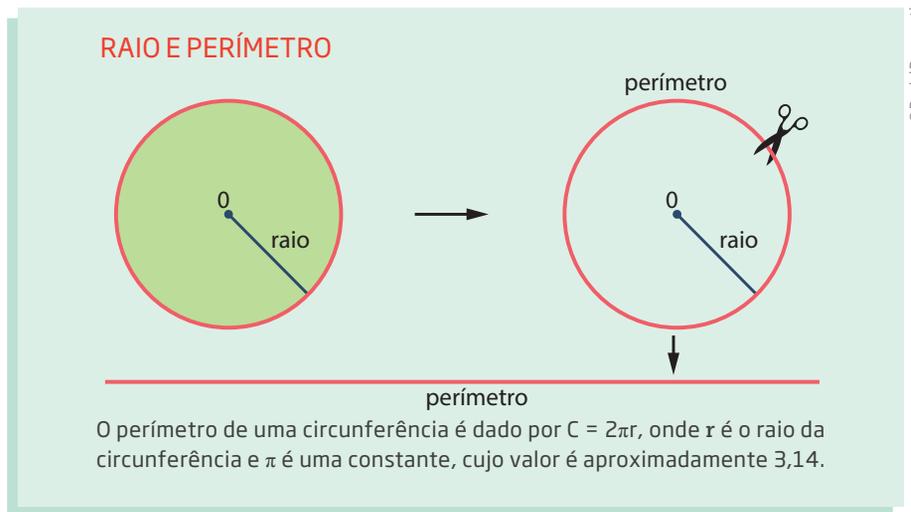


© Bauer-Griffin/CC Images/Getty Images

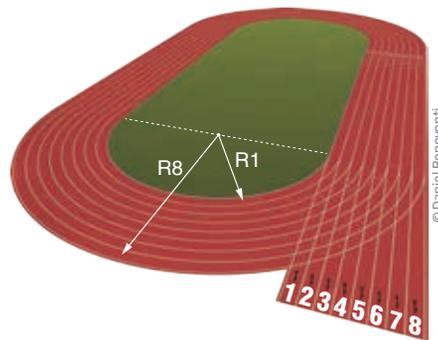
**Velocidade angular**

Você já se perguntou por que, nas corridas de atletismo em que os atletas vão dar algumas voltas na pista, eles partem de posições diferentes, como mostra a figura na página a seguir?

Isso acontece porque, numa circunferência, quanto maior for o raio da curva, maior será seu perímetro.



Observe as duas figuras de uma pista de atletismo. Se o atleta der a volta completa pela raia 8, ele percorrerá uma distância maior do que outro que der a volta completa pela raia 1. Isso porque os raios da raia 1 ( $R_1$ ) e da raia 8 ( $R_8$ ) são diferentes. O raio da raia 8 é bem maior do que o da raia 1 ( $R_8 > R_1$ ). As posições de largada diferentes permitem que a mesma distância seja percorrida nas oito raias durante a prova.



Isso mostra que, num movimento circular, é fundamental distinguir a velocidade angular da velocidade linear.

A **velocidade angular** é uma grandeza que **relaciona o ângulo descrito por um corpo em movimento circular e o tempo gasto para percorrer esse ângulo**. Sendo assim, a velocidade angular média pode ser escrita, na linguagem matemática, como:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

$\omega$  (letra grega; lê-se: “ômega”): símbolo utilizado para representar a velocidade angular;

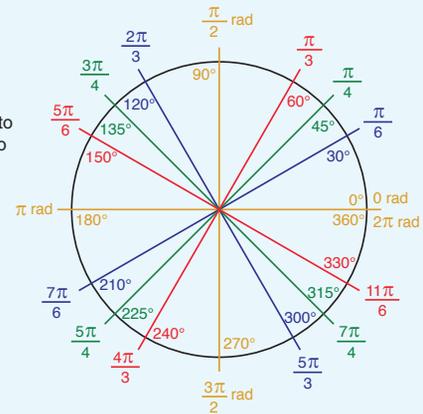
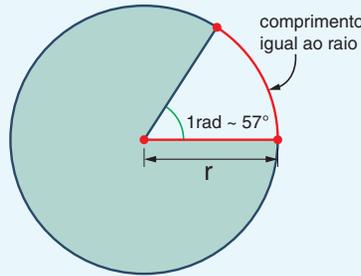
$\Delta\varphi$  ( $\varphi$  = letra grega; lê-se: “fi”): ângulo descrito pelo movimento;

$\Delta t$ : intervalo de tempo necessário para descrever tal ângulo.

Talvez você já esteja habituado a medir os ângulos em graus. No entanto, em Física, utiliza-se outra unidade de medida de ângulo, chamada **radiano**. Então, a unidade de velocidade angular no SI é o radiano por segundo (rad/s).

### RADIANO

Apesar de a unidade mais utilizada para indicar medidas de ângulos ser o grau ( $^\circ$ ), ele não está relacionado diretamente com as propriedades geométricas do círculo, além de necessitar de um instrumento próprio (transferidor) para ser aferido. Definiu-se, assim, uma nova unidade de medida chamada **radiano**.



© Daniel Beneventi

Um radiano é a medida de um arco da circunferência cujo comprimento é igual ao seu raio. Como ao arco está associado um ângulo central, também pode-se dizer que o radiano é uma medida indireta do ângulo central que determina na circunferência um arco cujo comprimento é igual ao raio. Uma volta completa de uma circunferência é igual a  $2\pi$  radianos, que equivale a  $360^\circ$ .

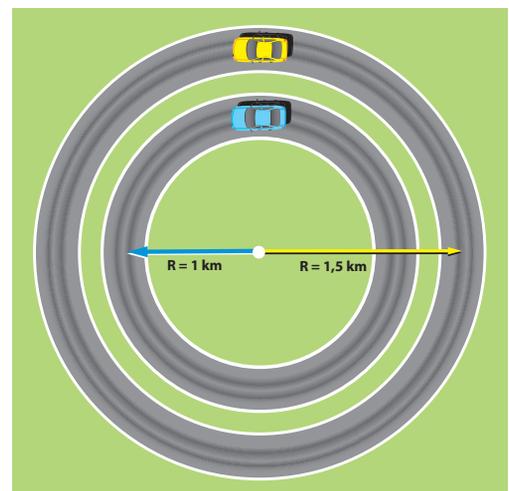
Voltando a analisar o movimento dos ponteiros de um relógio, visto anteriormente, todos os pontos de um ponteiro descrevem um MCU; além disso, deslocam-se com a mesma velocidade angular. O ponteiro dos segundos, por exemplo, desenvolve uma velocidade angular de:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{60} = \frac{\pi}{30} \cong 0,1 \text{ rad/s ou } 6 \text{ graus/s.}$$

Portanto, todos os pontos que o constituem giram com a mesma velocidade angular.

Por outro lado, os pontos do ponteiro mais distantes do eixo de rotação descrevem uma circunferência maior do que os que estão mais próximos e, por isso, têm que andar mais rápido. Assim, embora todas as partes do ponteiro tenham a mesma velocidade angular, cada uma tem velocidade linear diferente.

Por exemplo, imagine que, numa pista circular, dois carros dão a volta no mesmo tempo. O carro azul corre por dentro, numa parte da pista de raio 1 km, e o carro amarelo corre por fora, numa parte da pista com raio 1,5 km. Se os dois dão a volta em 4 min, qual deles desenvolveu a maior **velocidade linear**?



© Hudson Galasans

A velocidade do carro amarelo será:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\text{comprimento da circunferência}}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,5}{4} \cong 2,36 \text{ km/min ou } 141 \text{ km/h}$$

$$\text{Lembrando que } \cong 2,36 \text{ km/min} \cong \frac{2,36 \text{ km}}{\frac{1}{60} \text{ h}} \cong 2,36 \cdot 60 \text{ km/h} \cong 141 \text{ km/h.}$$

E a velocidade do carro azul será:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\text{comprimento da circunferência}}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1}{4} \cong 1,57 \text{ km/min ou } 94 \text{ km/h}$$

$$\text{Lembrando que } \cong 1,57 \text{ km/min} \cong \frac{1,57 \text{ km}}{\frac{1}{60} \text{ h}} \cong 1,57 \cdot 60 \text{ km/h} \cong 94 \text{ km/h.}$$

Então, é possível afirmar que o carro amarelo desenvolveu uma velocidade maior do que o azul, embora os dois tenham apresentado a mesma velocidade angular:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi}{4} \cong 1,57 \text{ rad/min ou } 90 \text{ graus/min}$$

## ATIVIDADE 2 Velocidade angular

**1** A Terra completa uma volta em torno de seu eixo em 24 h (1 dia).

a) Qual é o período de rotação da Terra?

b) Qual é a velocidade angular de rotação da Terra?

**2** Qual é a velocidade linear de um ponto localizado em Macapá, capital do estado do Amapá, que fica na linha do Equador terrestre? (Adote o valor de 6.000 km para o raio da Terra e  $T = 24 \text{ h}$ .)

## Transmissão do movimento circular

Uma aplicação bastante importante do movimento circular está no uso de polias e engrenagens, como as que são mostradas a seguir.

Quando polias ou engrenagens são associadas, é possível aumentar ou diminuir significativamente o valor da velocidade de rotação de um sistema, e alterar sua direção ou sentido de rotação.

Muda a direção da rotação.	
Muda o sentido da rotação.	
Muda o sentido e a velocidade da rotação.	

Ilustrações: © Daniel Berreventi

Um exemplo muito conhecido de associação de engrenagens acontece na bicicleta. Nela, existem pelo menos duas engrenagens (a coroa e a catraca), associadas por meio de uma corrente.

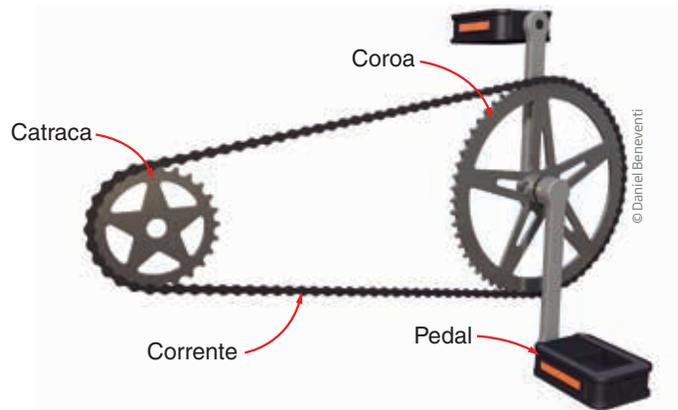
Quando os pedais giram, eles fazem rodar a coroa. Esta, por sua vez, transmite o movimento para a catraca, por meio da corrente. Em geral, a coroa é maior do que a catraca. Assim, para uma volta completa da coroa, a catraca dá mais do que um giro, aumentando a velocidade da bicicleta.

Numa bicicleta com marchas, a catraca é composta de várias engrenagens. Dependendo da relação entre o tamanho da coroa e da catraca que está sendo utilizada, a bicicleta terá maior ou menor velocidade.



© Julija Sapic/123RF

Suponha que numa bicicleta a coroa tenha um raio de 10 cm ( $r_{\text{coroa}} = 10 \text{ cm}$ ) e a catraca, um raio de 5 cm ( $r_{\text{catraca}} = 5 \text{ cm}$ ). Se a coroa for girada com uma frequência de 10 rpm (ou seja, se for possível pedalar à razão de 10 pedaladas em 1 min), qual será a frequência de rotação da catraca (e, portanto, a frequência de giro das rodas da bicicleta)?



Como as duas engrenagens giram juntas, conectadas pela corrente, e a velocidade linear da corrente tem que ser a mesma em todas as suas partes (senão ela quebraria), a velocidade linear das extremidades das engrenagens também é igual. Desse modo:

$$V_{\text{coroa}} = V_{\text{catraca}} \Rightarrow \frac{\text{comprimento da coroa}}{\text{período da coroa}} = \frac{\text{comprimento da catraca}}{\text{período da catraca}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{coroa}}}{T_{\text{coroa}}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{catraca}}}{T_{\text{catraca}}}$$

sendo  $f = \frac{1}{T}$ , tem-se:

$$r_{\text{coroa}} \cdot f_{\text{coroa}} = r_{\text{catraca}} \cdot f_{\text{catraca}}$$

Então, substituindo as variáveis pelos valores:

$$10 \cdot 10 = 5 \cdot f_{\text{catraca}}$$

Portanto,

$$f_{\text{catraca}} = 20 \text{ rpm}$$

Ou seja, enquanto o pedal gira 10 vezes, a roda da bicicleta gira 20 vezes, isto é, duas vezes mais rápido.

Além disso, como o tamanho (raio) do pneu é maior do que o da coroa (e da catraca), há uma ampliação ainda maior da velocidade.



## DESAFIO

Dois pontos A e B situam-se respectivamente a 10 cm e 20 cm do eixo de rotação da roda de um automóvel em movimento uniforme. É possível afirmar que:

- o período do movimento de A é menor que o de B.
- a frequência do movimento de A é maior que a de B.
- a velocidade angular do movimento de B é maior que a de A.
- as velocidades angulares de A e B são iguais.
- as velocidades lineares de A e B têm mesma intensidade.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2013. Disponível em: [http://www.vestibular2013ead.ufsc.br/files/2013/06/licenciatura\\_em\\_matematica.pdf](http://www.vestibular2013ead.ufsc.br/files/2013/06/licenciatura_em_matematica.pdf). Acesso em: 14 jan. 2015.



**PENSE  
SOBRE...**

Lembre-se de qual é o período de rotação da Terra e reflita: o que aconteceria com a duração dos dias se o período de rotação da Terra aumentasse?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Período e frequência

**1** 5.800 rpm correspondem a 5.800 rotações em 60 s (1 min). Logo,  $f = \frac{5.800}{60} \cong 96,7$  Hz; e, como  $T = \frac{1}{f}$ , então  $T \cong \frac{1}{96,7} \cong 0,01$  s.

**2** 1.680 rpm correspondem a 1.680 rotações em 60 s (1 min). Logo,  $f = \frac{1.680}{60} = 28$  Hz; e, como  $T = \frac{1}{f}$ , então  $T = \frac{1}{28} \cong 0,036$  s.

**3** Se a frequência da bateadeira é de 3 Hz, isso significa que suas pás realizam 3 rotações em 1 s; e, em 1 min (60 s),  $60 \cdot 3 = 180$  rotações. Em 5 min, realiza  $5 \cdot 180 = 900$  rotações.

**4** Como  $f = \frac{1}{T}$  e  $T = 2$  min, tem-se  $f = \frac{1}{2} = 0,5$  rpm. Como 1 min = 60 s, então  $f = \frac{0,5}{60} \cong 0,0083$  Hz.

### Atividade 2 - Velocidade angular

**1**

a) Como  $T = 24$  h =  $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86.400$  s, e como  $f = \frac{1}{T}$ , tem-se  $f = \frac{1}{86.400} \cong 0,00001$  Hz.

b)  $\omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{24 \text{ h}} \cong 0,26$  rad/h ou 15 graus/h.

**2**  $v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\text{comprimento da circunferência da Terra}}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot 6.000}{24} \cong 1.570$  km/h.



## TEMAS

1. Forças e seus efeitos
2. Leis de Newton e suas aplicações
3. Astronomia e gravitação

## Introdução

Descrever o movimento é um passo importante para responder a algumas questões: “Como é o movimento de queda de um objeto?”, “Como a Lua mantém seu movimento ao redor da Terra?”, por exemplo. É possível afirmar quando um movimento acontece com velocidade constante ou variável, numa trajetória retilínea ou numa trajetória curva, quanto tempo demora e até mesmo prever onde um corpo estará, se forem conhecidas sua velocidade, aceleração e trajetória.

Mas seria interessante também responder a questões como: “Por que a velocidade muda ou não?”, “Por que um corpo se movimenta em linha reta ou curva?”. Para responder a essas questões, você vai estudar uma nova parte da Física: a **dinâmica**, na qual o conceito de força é essencial.

Além de conhecer esse conceito, você vai analisar como o efeito de uma força pode depender da massa do corpo na qual ela é aplicada e também da distância, do tempo, da superfície e do volume em que ela está sendo aplicada.

Tudo isso constitui a dinâmica, que é a parte da Física que estuda o movimento e suas causas.

**TEMA 1** Forças e seus efeitos

Sempre que você quer alterar seu estado de movimento, precisa fazer algum tipo de força. Ao acordar, por exemplo, faz força para se levantar, andar e realizar todas as demais atividades físicas durante o dia. O estudo de forças será iniciado com a tentativa de entender o que é força e quais são suas principais características.

**O QUE VOCÊ JÁ SABE?**

A imagem a seguir mostra uma bola de vôlei deslocando-se após ser rebatida por uma jogadora em direção ao lado da quadra do time adversário. Reflita sobre essa situação e responda às questões em seu caderno.

- Qual tipo de trajetória a bola vai fazer até atingir o lado da quadra do time adversário?
- Depois de ser rebatida pela jogadora, há ainda alguma força empurrando a bola para cima e para frente?
- A jogadora exerce alguma força sobre o chão?
- O chão exerce alguma força no pé da jogadora?



© Karl Gehring/Getty Images

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



### ASSISTA!

#### Física – Volume 1

##### *Dinâmica dos movimentos*

Utilizando como exemplo os esportes olímpicos, este vídeo tem início com a explicação do conceito de força, todo agente físico capaz de alterar a velocidade de um corpo – por exemplo, tirando-o de uma situação de repouso e colocando-o em movimento –, ou a sua forma. Outros conceitos muito importantes para o estudo da Física, como: massa e peso, força gravitacional e força de contato, aceleração, também são abordados nesse vídeo.



### O que é força?

A palavra força é muito utilizada no dia a dia. Deseja-se força a um amigo em dificuldade, se “dá uma força” para alguém que precisa de ajuda, se diz que a força das águas é capaz de arrastar carros em uma enxurrada, fala-se em força de vontade, que um time é mais forte do que outro, que uma bebida é forte e muito mais.

Na linguagem da Física, porém, força tem um significado diferente. De maneira simplificada, pode-se dizer que **força é todo agente físico capaz de alterar a velocidade de um corpo ou de modificar a sua forma**. A rigor, os efeitos da aplicação de uma força podem ser vários, como manter corpos unidos (força de atração), separar corpos (força de repulsão), equilibrar ou desequilibrar sistemas etc.

A **unidade de medida de força** no Sistema Internacional de Unidades (SI) chama-se **newton (N)**. Um newton (1 N) corresponde à força necessária para manter suspenso um objeto de aproximadamente 100 g, sob efeito da gravidade terrestre.

Os efeitos de uma força dependem, entre outros fatores que serão analisados futuramente, da direção e do sentido no qual ela está sendo aplicada. Por exemplo, pense na seguinte questão: se uma força for aplicada numa bola que está em repouso (parada), para onde ela vai? A resposta vai depender da direção e do sentido no qual a força for aplicada. Se a força aplicada for suficiente para colocar o objeto em movimento e direcionada horizontalmente para a direita, em relação a um referencial, a bola vai se deslocar para a direita. Mas, se ela for aplicada para a esquerda, com as mesmas condições anteriores, a bola vai para a esquerda. Se a bola for jogada para cima, ela subirá.

A força é uma grandeza que só fica completamente definida quando são conhecidas sua **intensidade**, **direção** e **sentido**, pois o resultado de sua aplicação depende deles. Por isso, diz-se que a força é uma **grandeza vetorial**.

### VETOR

Vetor é um conceito matemático utilizado para representar grandezas que, além de valor numérico e unidade, precisam também ter sua direção e seu sentido determinados.

Força e velocidade são exemplos de grandezas físicas vetoriais. Elas são representadas por um segmento de reta orientado (semelhante a uma seta), em que a intensidade (o valor numérico da grandeza) é representada pelo comprimento do segmento e a direção é dada pelo ângulo formado entre ele e uma linha de referência. O sentido do vetor é dado pela ponta da seta.

Tamanho do vetor indica sua intensidade, ou seja, está relacionado ao valor numérico da grandeza representada.

A seta indica o sentido da grandeza representada.

Ângulo formado entre o vetor e a linha horizontal. Define a direção da grandeza representada.

© Sidnei Moura

Uma força sempre atua entre dois ou mais sistemas ou dois ou mais corpos, ou seja, é impossível você aplicar força se não for sobre alguma coisa.

Essa ação pode ocorrer apenas quando os corpos estão em contato, como a força que você aplica no chão ao caminhar, a força que sua mão aplica em um copo ao segurá-lo para beber água, a força de atrito entre um pneu e o solo, a força de tração numa corda ou a força que se faz ao empurrar um carro parado. Essas são as chamadas **forças de contato**. Mas também existem forças que atuam mesmo que os corpos envolvidos não se toquem, como a **força gravitacional** (entre a Terra e o Sol, por exemplo) e a **força do magnetismo terrestre**, que age sobre uma bússola, por exemplo, chamadas de **forças de campo** ou **forças de ação à distância**.

© Paul Bradbury/Contrasto/Latinstock



Para puxar e empurrar um carrinho são usadas forças de ação por contato.



© Anthony McClary/123RF

A força gravitacional age à distância.

## ATIVIDADE 1 Campo ou contato?

Identifique, em cada caso a seguir, se a força que atua no sistema é de campo ou de contato.

a) Força aplicada entre a mão do índio e o arco com a flecha. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



© Edson Sato/Pulsar Imagens

c) Força que o lustre aplica no teto. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



© Sergey Karпов/123RF

b) Forças atuantes entre a Terra, a Lua e o Sol. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



© PaulPaladny/Alamy/Clow Images

d) Força atuante entre o ímã e a porta da geladeira. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



© Juan Naharro Gimenez/Getty Images



Para alterar a velocidade de um corpo, é necessária a aplicação de uma força. Neste tópico, você estudará como a aplicação de uma força altera a velocidade de um corpo e quais são os fatores que influenciam na variação da velocidade.

### ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Sabe-se que, quando um objeto é arremessado horizontalmente sobre uma superfície, ele se desloca por certa distância e depois para. Reflita sobre essa situação e responda às questões no seu caderno.

- Por que o objeto para de se deslocar?
- É necessária a ação de uma força para mantê-lo em movimento?
- Se o objeto estiver parado e você quiser que ele se desloque, é necessário aplicar uma força sobre ele?

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

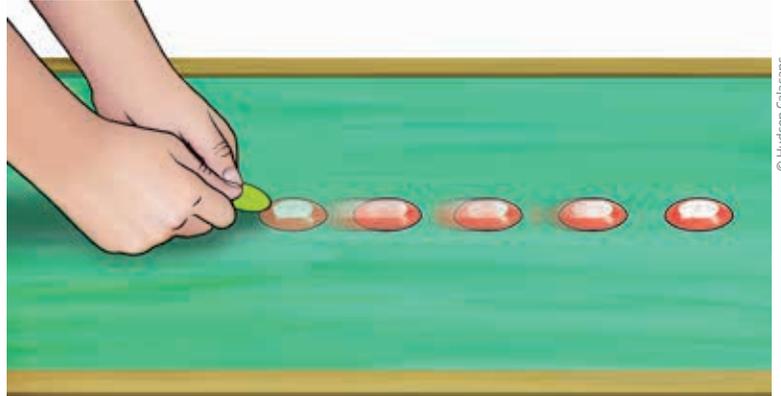


### Explicando as causas dos movimentos

Durante muito tempo a humanidade se perguntou por que determinados objetos se movimentavam. A experiência diária mostrou que, para deslocar um objeto que estivesse parado, era necessário aplicar uma força sobre ele. Por isso, chegou-se à conclusão de que, para manter um movimento, também seria necessária a ação de uma força.

Mas, durante o período conhecido como Renascimento (séculos XIV-XVI), o físico italiano Galileu Galilei modificou a pergunta inicial e passou a se questionar: Por que os corpos em movimento param de se movimentar? O que é necessário fazer para que um corpo em movimento pare?

Galileu realizou então uma série de experimentos com um plano inclinado e uma bola.





Experimento de Galileu com plano inclinado [Giuseppe Bezzuoli. *Galileu demonstrando a lei da gravidade*, 1839].

Ele percebeu que, quando soltava a bola do alto do plano inclinado, ela descia e, após atingir o plano horizontal, deslocava-se por mais um trecho e depois parava. Em seguida, ele poliu a bola e o plano e percebeu que a bola ia mais longe. Depois, lubrificou ambos e se deu conta de que, quanto menor fosse o atrito entre a bola e o plano, mais longe ela iria. Então, concluiu que, se não houvesse atrito entre a bola e o plano, ela rolaria infinitamente, sem parar; ou seja, era a força de atrito, contrária ao movimento, que fazia a bola parar.

Com base nessa e em outras ideias do séc. XVII, o físico Isaac Newton formulou uma teoria, que ajudou a humanidade a explicar uma série de fenômenos conhecidos naquela época, mas que não tinham ainda uma explicação física, baseada em observações, experimentos e novas hipóteses. Essa teoria, conhecida como mecânica de Newton, ou mecânica clássica, está estruturada sobre três leis, chamadas leis de Newton, em homenagem a esse cientista inglês.



### 1ª lei de Newton - Princípio da inércia

A primeira lei de Newton, também conhecida como princípio da inércia, afirma que **se nenhuma força agir sobre um corpo, ou se a soma das forças que agirem sobre ele (chamada de força resultante) for nula (igual a zero), então ele não muda de velocidade**, ou seja, permanece com sua velocidade vetorial constante. Em outras palavras, para que a velocidade de um corpo seja alterada, e, conseqüentemente, o movimento, é necessário que alguma força atue sobre ele.

## VISUALIZAÇÃO DA FORÇA RESULTANTE E SUAS CONSEQUÊNCIAS

Chama-se de **força resultante** a soma de todas as forças que atuam em um corpo.



No caso representado na figura, como as forças aplicadas pelas pessoas na corda têm a mesma direção (horizontal), mas sentidos opostos (a força de 80 N tem sentido da direita para a esquerda e a de 100 N, da esquerda para a direita), a força resultante é de 20 N, na direção horizontal e com sentido para a direita.

Note que, se as duas forças tivessem a mesma intensidade, a força resultante entre elas seria nula e, conseqüentemente, nada se moveria.

A tendência que um corpo tem de manter sua velocidade é chamada de **inércia**. Por isso, uma pessoa que se mexe pouco ou que tem pouca iniciativa é chamada de inerte.



Essa propriedade da matéria pode ser observada em várias atividades cotidianas. Ela explica por que, por exemplo, quando se está parado no interior de um ônibus e ele começa a se movimentar, se tem a sensação de estar sendo jogado para trás, ou, quando um veículo está andando e para repentinamente, se tem a sensação de ser lançado para frente, ou mesmo quando o automóvel em que se viaja faz uma curva, e você pode sentir que está sendo lançado para fora dele.



© Hudson Calasans

Por isso é muito importante o uso do cinto de segurança. Ele evita que seu corpo continue em movimento, para frente ou para o lado, e que você se machuque, caso o veículo faça movimentos muito bruscos.

## ATIVIDADE 1 Aplicações do princípio da inércia

**1** Considere um objeto que se move com velocidade constante. Existe alguma força agindo sobre ele? E em um objeto que se desloca por um espaço, até parar? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

**2** Pensando na 1ª lei de Newton, explique qual é a função do cinto de segurança de um carro.

---

---

---

---

**3** As máquinas de lavar têm seu tambor todo furado, no qual ficam as roupas que serão lavadas. Ao final da lavagem, durante a centrifugação, esse tambor gira bem rápido. As roupas ficam “coladas” em sua superfície e parte da água contida nas peças é eliminada. Esse processo de retirar a água das roupas por centrifugação se baseia no princípio da inércia.



© Jevgenija Pigozneva/Alamy/Getty Images

Pense no que ocorre com você quando está andando de carro ou ônibus e o veículo faz uma curva. Procure explicar como esse efeito está relacionado com a eliminação de parte da água da roupa colocada na máquina de lavar.

---

---

---

---

---



## 2ª lei de Newton

Você viu na 1ª lei de Newton o que acontece quando a força resultante sobre um corpo é nula. Mas o que acontece, então, quando a força resultante não é nula, ou seja, o que acontece quando há uma força resultante aplicada em um corpo?

Se não há força resultante agindo em um corpo, sua velocidade permanece constante; portanto, quando houver uma força resultante, sua velocidade vai variar. É isso o que afirma a 2ª lei de Newton. Mais do que isso, ela diz o quanto a velocidade vai variar.

Imagine duas caixas de mesmo tamanho. Uma delas está vazia e a outra cheia de tijolos. Sendo assim, a caixa vazia está muito mais leve do que a outra. Qual delas será mais fácil de movimentar?

O que a 2ª lei de Newton afirma é que a mudança na velocidade de um corpo depende de sua massa. Quanto maior a massa, maior a sua inércia, ou seja, maior será a dificuldade de modificar a velocidade do corpo. Sendo assim, é mais fácil movimentar a caixa vazia do que a caixa cheia de tijolos, não é mesmo?

Em linguagem matemática, diz-se que **a mudança na velocidade é inversamente proporcional à massa do corpo**. Para uma força de mesma intensidade, quanto **maior** a massa, **menor** será a variação da velocidade.

Como a grandeza física que mede a variação da velocidade é a aceleração, pode-se escrever que:

$$F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

**F:** força aplicada sobre um corpo;

**m:** massa do corpo;

**$\Delta v$ :** variação da velocidade;

**$\Delta t$ :** intervalo de tempo necessário para que a velocidade varie.

Sabendo que a variação da velocidade dividida pela variação do tempo é igual à aceleração do corpo  $\left(a = \frac{\Delta v}{\Delta t}\right)$ , é possível escrever a 2ª lei de Newton, em sua formulação matemática, desta maneira:

$$F_r = m \cdot a$$

$F_r$ : força resultante que atua sobre um corpo;  
 $m$ : massa do corpo;  
 $a$ : aceleração que ele adquire devido à ação da força resultante  $F_r$ .

Por exemplo, se uma força resultante de 400 N for aplicada em um carro de 1.000 kg, ele vai adquirir qual aceleração?

Utilizando a 2ª lei de Newton, tem-se:

$$F_r = m \cdot a \Rightarrow 400 = 1.000 \cdot a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{400}{1.000} \Rightarrow a = 0,4 \text{ m/s}^2$$



© Vuk Vukmirovic/123RF

Se duas pessoas empurram um bloco de 100 kg sobre uma superfície com atrito desprezível na mesma direção, mas em sentidos opostos, com a da direita atuando com uma força de 70 N, e a da esquerda, com uma força de 50 N, qual será a aceleração adquirida pelo bloco?



© La Fabrika Pixel S.L./Dreamstime/Other Images

Note que, nesse caso, as forças têm sentido contrário; então a força resultante sobre o bloco será de  $70 - 50 = 20$  N, para a esquerda, já que a pessoa da direita está aplicando mais força. Portanto, de acordo com a 2ª lei de Newton, tem-se que:

$$F_r = m \cdot a \Rightarrow 20 = 100 \cdot a \Rightarrow a = \frac{20}{100} \Rightarrow a = 0,2 \text{ m/s}^2$$

Porém, se os dois empurrarem na mesma direção e sentido, com as mesmas forças citadas anteriormente, a resultante será  $70 + 50 = 120$  N, e calcula-se a aceleração:

$$F_r = m \cdot a \Rightarrow 120 = 100 \cdot a \Rightarrow a = \frac{120}{100} \Rightarrow a = 1,2 \text{ m/s}^2$$



Daniel Beneventi sobre foto © La Fabrika Pixel S.L./ Dreamstime/Other Images

Outro exemplo que se pode analisar é o de um carro se movimentando a 100 km/h, quando colide contra um muro. Qual é a força que atua sobre uma pessoa de 80 kg que estiver em seu interior?

A situação é a seguinte: esse carro, que estava em movimento, parou subitamente. Ele foi de 100 km/h a 0 km/h em aproximadamente 0,2 s. Inicialmente, é preciso transformar a unidade da velocidade de km/h para m/s: 100 km equivalem a 100.000 m, e 1 h equivale a 3.600 s. Então:

$$\frac{100 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{100.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} \cong 28 \text{ m/s}$$

Ou seja, o carro vai de 28 m/s a 0 m/s ( $\Delta v = 28 \text{ m/s}$ ) em 0,2 s. Portanto, sua aceleração é de:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{28}{0,2} = 140 \text{ m/s}^2$$

Como a massa da pessoa é de 80 kg, a força aplicada pelo carro nela, durante a colisão, é de:

$$F = m \cdot a = 80 \cdot 140 = 11.200 \text{ N}$$

Essa força equivale a colocar um bloco com pouco mais de 1 tonelada (t) sobre essa pessoa.

## ATIVIDADE 2 Massa e força

**1** Um caminhão com massa de 6 toneladas movimenta-se por uma estrada com velocidade de 72 km/h (20 m/s), quando avista o pedágio e inicia a frenagem com uma desaceleração constante de 4 m/s<sup>2</sup>.

Qual é o valor da força aplicada pelos freios sobre o caminhão?

---



---



---



© TRL LTD./SP/Latinstock



© Paulo Fridman/Pulsar Imagens

**2** Calcule a força aplicada sobre uma pessoa de massa 80 kg, que está num carro a 80 km/h. Quando este carro colide frontalmente com uma parede. Suponha que essa colisão dure 0,2 s.

---

---

---

---

---

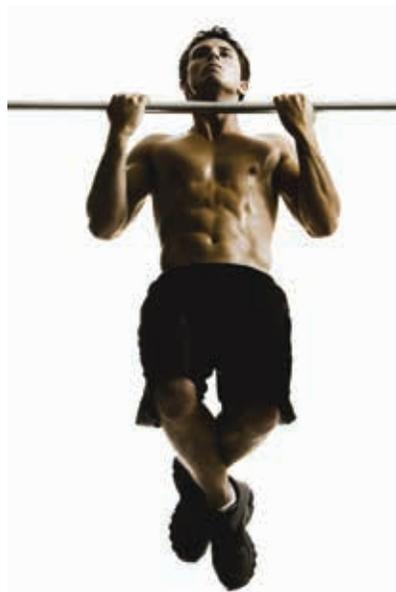
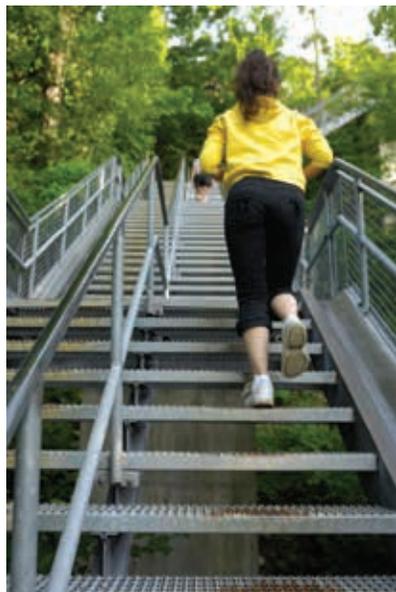


### 3ª lei de Newton - Princípio da ação e reação

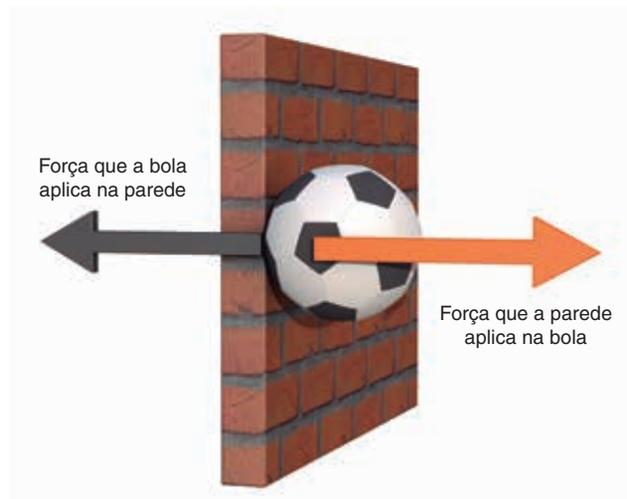
Você já percebeu que para subir uma escada você faz força para baixo com as pernas? Que para fazer exercícios em uma barra você “puxa a barra para baixo”, mas acaba subindo? E que, ao andar para frente, você faz força com os pés para trás, como se estivesse empurrando o chão?

Essas situações parecem contraditórias, pois, ao fazer força em um sentido, desloca-se para o sentido oposto. Como é possível explicar isso?

A resposta para essa questão é dada a partir da 3ª lei de Newton, que afirma que as forças sempre aparecem aos pares. Ela estabelece que **a toda ação corresponde uma reação**. Essa reação possui a mesma intensidade e direção, mas sentido contrário. Ou seja, se um corpo A aplica uma força sobre um corpo B, então o corpo B também aplica uma força no corpo A, de mesma intensidade, mesma direção, mas em sentido contrário.



Observe o exemplo a seguir, no qual uma bola bate na parede. Note que as forças de ação e reação possuem as seguintes características:



- têm a mesma intensidade (a força que a bola aplica na parede tem o mesmo valor da força que a parede aplica na bola);
- têm a mesma direção (as duas forças são horizontais);
- têm sentidos opostos (a bola “empurra” a parede para a esquerda e a parede “empurra” a bola para a direita).

Um par de forças de ação e reação nunca se equilibra (nunca se anula), pois as forças de ação e reação estão aplicadas em corpos diferentes. No caso acima, a bola exerce uma força na parede e a parede faz força na bola.

Utilizando a 2ª lei de Newton, é possível perceber que, como a massa da bola é bem menor do que a da parede, a maior variação de velocidade acontece na bola, que acaba voltando, enquanto a parede praticamente não se move.

A mesma coisa acontece quando uma pessoa anda. Sua ação é a de empurrar o chão para trás, então o chão reage e a empurra para frente. Embora a força aplicada no chão seja exatamente a mesma que o chão aplica nos pés, a resultante não é nula, pois, conforme foi dito anteriormente, não se podem somar forças que estão atuando em corpos diferentes. Uma pessoa aplica uma força no chão (ação da pessoa no solo) e o chão aplica uma força nela (reação do solo sobre a pessoa). Como a massa do chão, ou seja, da Terra, é muito maior do que a de uma pessoa, ele permanece praticamente com a mesma velocidade (parado), enquanto a pessoa vai para frente.

**ATIVIDADE 3** Ação e reação

**1** Retome os exemplos iniciais sobre subir uma escada e fazer exercícios com barra. Explique, utilizando a 2ª e a 3ª leis de Newton, por que se faz força para baixo ao subir uma escada e, para “fazer barra”, uma pessoa “puxa a barra para baixo” e acaba subindo.

---

---

---

**2** Quando você aplica uma força para empurrar uma cadeira, por exemplo, ela reage e aplica em você uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto. Sendo assim, a resultante dessas duas forças somadas será zero, e a cadeira nunca iria se mover. Contudo, a cadeira é deslocada, pois é possível mudá-la de lugar. Então, qual é a falha no raciocínio apresentado?

---

---

---

---

**DESAFIO**

No estudo das leis do movimento, ao tentar identificar pares de ação-reação, são feitas as seguintes afirmações.

I. Ação: A Terra atrai a Lua.

Reação: A Lua atrai a Terra.

II. Ação: O pulso do boxeador golpeia o adversário.

Reação: O adversário cai.

III. Ação: O pé chuta a bola.

Reação: A bola adquire velocidade.

IV. Ação: Sentados numa cadeira, empurramos o assento para baixo.

Reação: O assento nos empurra para cima.

O princípio da ação-reação é corretamente aplicado:

- a) somente na afirmativa I.
- b) somente na afirmativa II.
- c) somente nas afirmativas I, II e III.
- d) somente nas afirmativas I e IV.
- e) nas afirmativas I, II, III e IV.



O que faz o *air bag*, além do cinto de segurança, para diminuir o impacto da força sofrida por alguém dentro de um veículo em colisão?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Aplicações do princípio da inércia

**1** Se o objeto se move com velocidade constante, então a **força resultante** sobre ele é nula. Isso não quer dizer que não há força agindo sobre ele, mas que a soma das forças que agem no objeto é zero, ou seja, pode haver força agindo sobre o corpo. Se o objeto para, significa que uma força atuou sobre ele, no sentido contrário ao do movimento.

**2** Devido à inércia, quando um carro para de repente, as pessoas em seu interior são lançadas para frente, pois estão em movimento e sua tendência é permanecer em movimento. O cinto de segurança tem a função de manter os passageiros presos ao banco, fazendo-os parar junto com o restante do carro, evitando que a inércia os faça continuar em movimento e ser lançados para frente, batendo contra o vidro.

**3** Assim como uma pessoa é jogada para a lateral do carro quando ele faz uma curva, as roupas na máquina de lavar também são jogadas para a parede do tambor quando a máquina está centrifugando. Da mesma maneira que a porta fechada mantém a pessoa dentro do carro, a parede do tambor da máquina de lavar também mantém as roupas dentro da máquina. Se você abrir a porta do carro durante uma curva, será lançado para fora do carro. Os furinhos nas paredes do tambor servem como “portas abertas” para as gotas de água que estão na roupa. Elas vão saindo por esses buraquinhos no tambor, deixando a roupa, que ficou presa, menos úmida.

### Atividade 2 - Massa e força

**1** Aplicando a 2ª lei de Newton, tem-se:  $F = m \cdot a \Rightarrow F = 6.000 \cdot (-4)$ ; portanto, a força vale  $F = -24.000$  N (note que a massa de 6 toneladas equivale a 6.000 kg e que o sinal negativo da força informa que ela é contrária ao sentido do movimento do caminhão).

**2** A velocidade inicial do carro precisa ser convertida para a unidade m/s, então, como 80 km é igual a 80.000 m e 1 h é igual a 3.600 s:

$$\frac{80.000}{3.600} \cong 22,2 \text{ m/s}$$

Portanto, sua aceleração é  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cong \frac{22,2}{0,2} \cong 111 \text{ m/s}^2$ . Aplicando a 2ª lei de Newton, tem-se:

$$F = m \cdot a = 80 \cdot 111 = 8.880 \text{ N}$$

### Atividade 3 - Ação e reação

**1** Para subir a escada, empurra-se o chão para baixo. De acordo com a 3ª lei de Newton, o chão reage e nos empurra para cima. Como a massa de uma pessoa é bem menor que a do chão, o efeito dessa força sobre ela é muito maior do que o efeito da força feita pelos pés sobre a Terra (que é





## “Organizando” o Universo

Além de organizar e sistematizar conhecimentos de sua época nas três leis, Newton também desenvolveu uma teoria que explicou o movimento dos astros no Universo, além de vários outros fenômenos terrestres, como as marés. Com Newton, finalmente os mundos celeste e terrestre foram unificados.

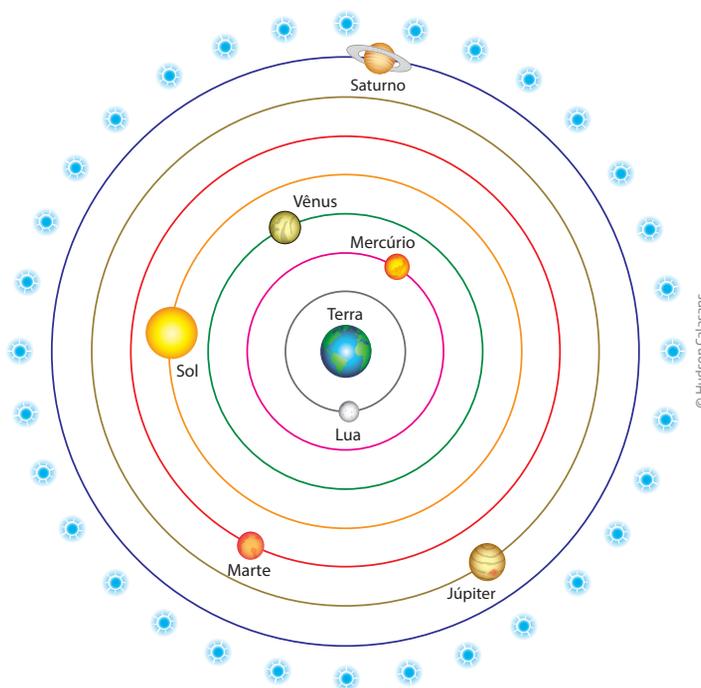


© Babak Tafreshi/Photoresearchers/Latinstock

Desde os tempos mais remotos, a humanidade percebeu que, no céu, muitos eventos se repetiam com incrível regularidade. O Sol nascia e se punha todos os dias, a Lua tinha seu ciclo de fases que se completava todo mês, as estrelas pareciam dar uma volta completa no céu a cada ano. Alguns pontos brilhantes, os planetas, também apresentavam um movimento regular pelo céu, que se repetia de tempos em tempos. Eles pareciam brilhar mais e se mover mais rapidamente no céu em algumas épocas e menos em outras, e a distância entre as estrelas não parecia se alterar ao longo do tempo.

Ocorriam também outros fenômenos menos comuns, quando algumas vezes apareciam pontos brilhantes, que se moviam rapidamente no céu e deixavam algum tipo de rastro: os cometas ou, eventualmente, as chamadas estrelas cadentes. Além disso, ocorriam os eclipses do Sol e da Lua etc.

Para explicar esses fenômenos, os filósofos gregos criaram o chamado modelo geocêntrico (*geo* quer dizer “terra”, daí o nome “geocêntrico” – Terra ao centro). Nesse modelo, organizado pelo filósofo grego Aristóteles, no século IV a.C., admitia-se que a Terra seria imóvel e estaria no centro do Universo, conforme pode-se ver na figura ao lado.



© Hudson Calasans

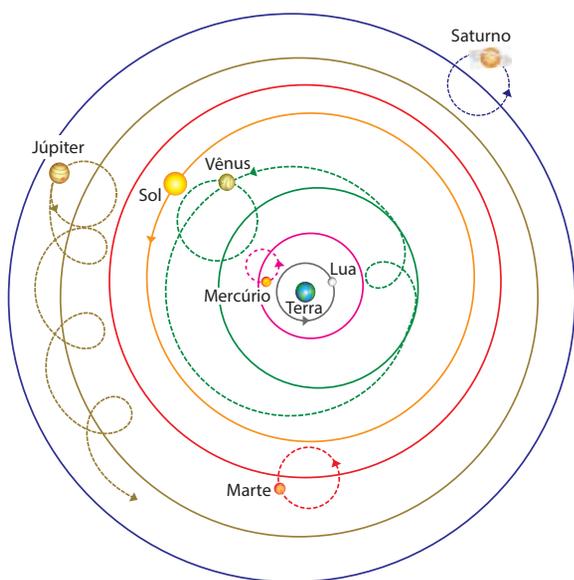
Modelo geocêntrico de Aristóteles.

De acordo com ele, o Sol, a Lua, os planetas e as estrelas girariam em torno da Terra, em órbitas circulares, com movimento uniforme.

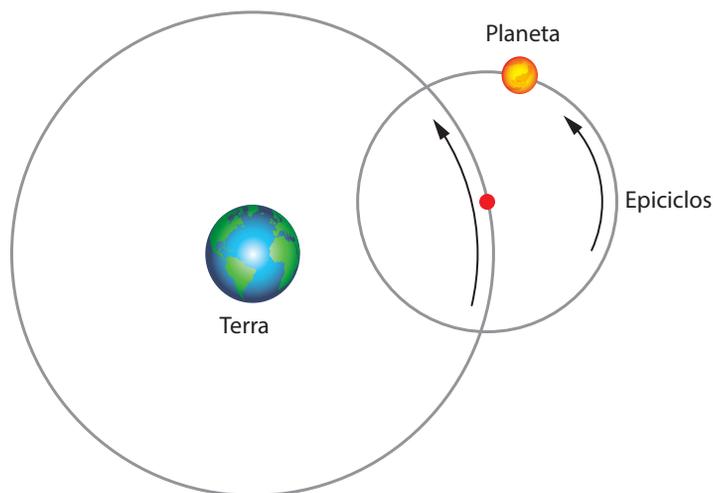
Ainda de acordo com o modelo geocêntrico de Aristóteles, o Sol daria a volta na Terra em um dia, a Lua, em um mês, a esfera das estrelas fixas, em um ano, e cada um dos planetas, no seu tempo – Mercúrio em pouco menos de três meses, Vênus em aproximadamente sete meses, Marte em pouco menos de dois anos, Júpiter em 12 e Saturno em quase 30 anos. Esse modelo, com algumas modificações, foi utilizado por quase 2 mil anos.

O modelo de Aristóteles, contudo, não explicava o movimento dos astros em sua totalidade, particularmente de alguns planetas, e por isso foi modificado pelo filósofo grego Ptolomeu, no século II d.C.

Para explicar melhor o movimento dos astros, Ptolomeu imaginou que os planetas giravam em torno de um círculo (epiciclo – ver na figura a seguir) que, por sua vez, orbitava em torno da Terra, como se fosse o pedal de uma bicicleta, que gira em torno do eixo e também se desloca para frente, junto com a bicicleta.



Modelo geocêntrico de Ptolomeu.



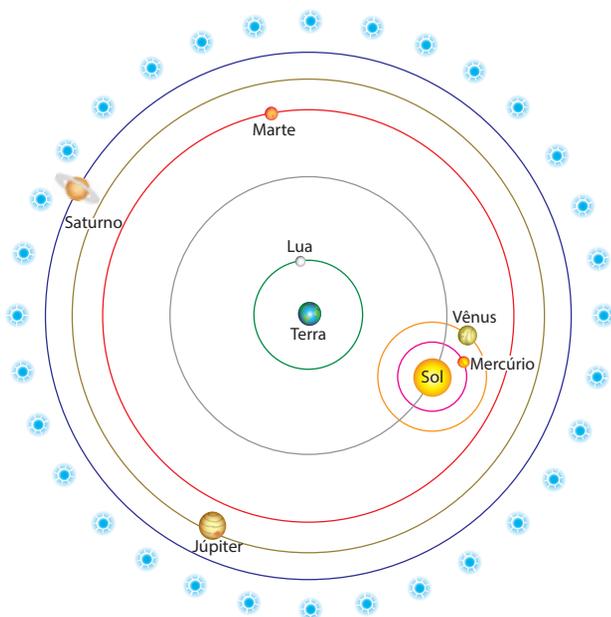
Epiciclos.

Com essas modificações no modelo original, Ptolomeu conseguiu manter a Terra no centro do Universo e explicar a variação de brilho dos planetas: eles estariam algumas vezes mais próximos e outras vezes mais longe da Terra, fazendo que seu brilho variasse. Ele também explicou a variação nas velocidades orbitais, além de outros fenômenos.

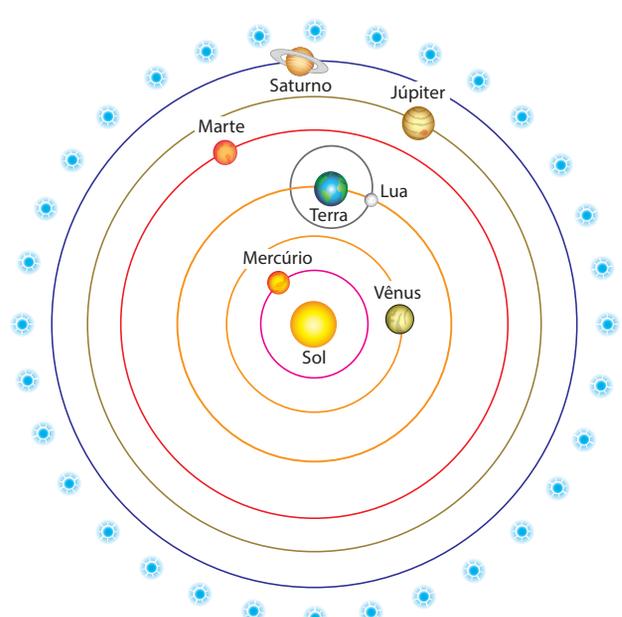
Esse modelo satisfazia bem uma sociedade que acreditava que o ser humano teria sido feito à imagem e à semelhança de Deus, pois colocava o ser humano (na Terra) como o centro da criação divina e o restante do Universo como tendo sido criado para seu usufruto. Também por isso, esse modelo foi depois adotado pela Igreja Católica.

Contudo, esse modelo criou outras questões. Por que os astros girariam em torno do “nada”? Além disso, o desenvolvimento de instrumentos ópticos e mecânicos possibilitou a melhoria na qualidade e na quantidade de observações celestes. Com isso, houve melhor detalhamento da trajetória dos planetas e foi necessário introduzir cada vez mais epiciclos no modelo ptolomaico, de tal forma que ele ficou muito complexo e confuso e, mesmo assim, não dava conta de explicar tudo o que se observava no céu.

Para simplificar esse modelo e dar conta de reproduzir as observações astronômicas, o padre polonês Nicolau Copérnico organizou os conhecimentos desenvolvidos por seus antecessores e publicou, no século XVI, um importante e revolucionário livro, intitulado *Das revoluções dos corpos celestes*. Com base nas ideias de outros filósofos gregos da Antiguidade, como Heráclides e Aristarco, que já propunham o movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo (assunto que será explicado adiante) e de Mercúrio e Vênus em torno do Sol, Copérnico propôs um novo modelo cosmológico que retirava definitivamente a Terra do centro do Universo e colocava o Sol em seu lugar. Esse modelo ficou conhecido como modelo **heliocêntrico** – *hélío*, em grego, quer dizer “Sol”, portanto, o Sol no centro.



Modelo de Heráclides para o Universo. Mercúrio e Vênus giravam em torno do Sol, e este, com as luas e demais planetas, giravam em torno da Terra.



Modelo heliocêntrico de Copérnico para o Universo.

Na proposta de Copérnico, o Sol era o centro do Universo, e todos os planetas, inclusive a Terra, giravam ao seu redor em órbitas circulares, com velocidade angular constante, descrevendo movimentos circulares e uniformes. Apenas a Lua giraria em volta da Terra.

A velocidade orbital de cada planeta (a velocidade com que cada um se desloca em seu movimento de **translação** em torno do Sol) era diretamente proporcional à sua distância em relação ao astro rei, ou seja, quanto mais próximo do Sol o planeta estivesse, mais rápido ele se movimentaria. Isso explicava o movimento aparente dos planetas e das estrelas no céu, a variação no brilho deles e outros fenômenos observados.

Ao mesmo tempo em que transladava em torno do Sol, a Terra também teria um movimento de **rotação**. Esse movimento de rotação da Terra era responsável pela sucessão dos dias e das noites. Por fim, a translação da Lua em torno da Terra explicava suas fases, e a combinação dos movimentos da Terra e da Lua explicava os eclipses.

Embora esse modelo explicasse muito bem os eventos celestes, ele encontrou muita resistência, principalmente por parte da Igreja, pois havia tirado a Terra, e, portanto, o ser humano, do centro da criação divina. Por outro lado, também teve vários defensores, como Galileu, Kepler, Newton, entre outros.



## Glossário

### Translação

Movimento que a Terra realiza em torno do Sol.

### Rotação

Movimento que a Terra realiza em torno de um eixo imaginário que atravessa seu centro.

## ATIVIDADE 1 Modelos de Universo

Em seu caderno, faça desenhos representando os sistemas geocêntrico e heliocêntrico. Em seguida, escreva qual é a principal característica de cada um deles e um argumento a favor e outro contrário a cada um desses modelos.

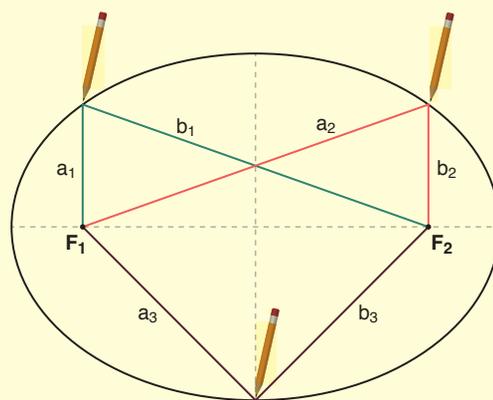


### As leis de Kepler

Um dos defensores do modelo heliocêntrico foi o matemático alemão Johannes Kepler. Seguindo a linha de trabalho e de pesquisa de Copérnico, e após muitos estudos envolvendo as órbitas dos planetas (principalmente de Marte), ele concluiu que as órbitas não eram circulares como se pensava, mas sim elípticas (ovais). Além disso, concluiu que a velocidade orbital dos planetas não era constante e que existia uma **relação matemática entre a distância a que um planeta está do Sol e o período de translação dele**.

A elipse é uma figura geométrica também conhecida como oval, semelhante a um círculo achatado como mostra a figura ao lado. Ela é caracterizada pela existência de dois pontos, chamados focos ( $F_1$  e  $F_2$ ). A partir dos focos é possível traçar linhas (na figura representadas pelas letras  $a$  e  $b$ ) até o contorno da elipse de modo que, ao somar seus comprimentos ( $a + b$ ), obtém-se o mesmo valor ou seja:

$$a_1 + b_1 = a_2 + b_2 = a_3 + b_3$$

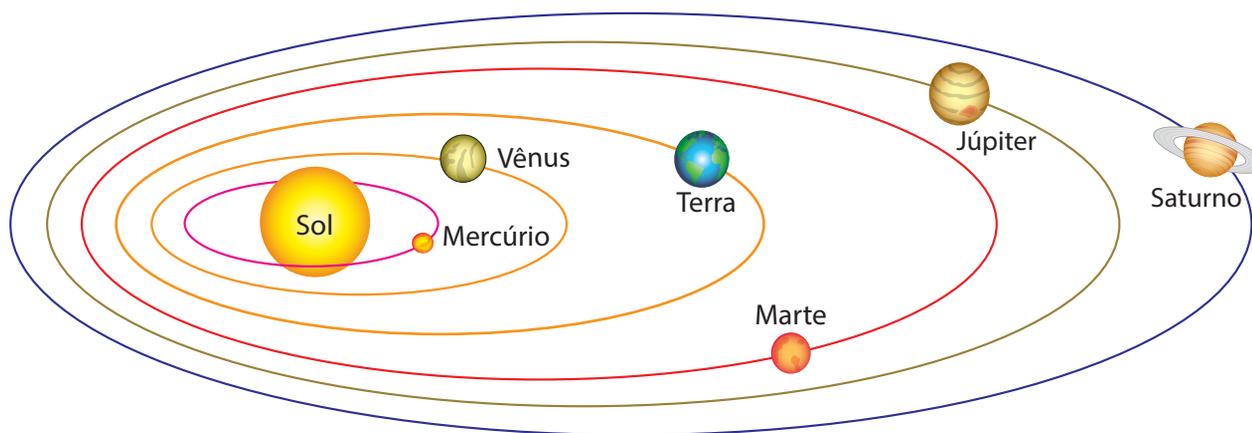


© Daniel Beneventi

Essa relação matemática pôde ser testada e aplicada a outros planetas e satélites e, como as contas realizadas coincidiam com o que se observava, sua teoria pôde ser aplicada a todo o Sistema Solar.

### 1ª lei de Kepler - Lei das órbitas

Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, e este está em um dos focos da elipse.

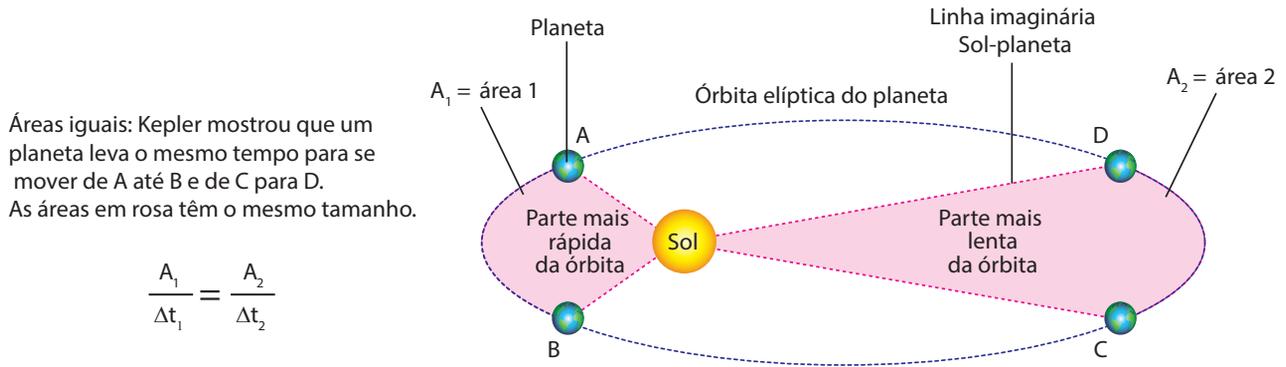


© Hudson Calasans

Representação fora de escala de alguns planetas, com elipses das órbitas bastante acentuadas.

### 2ª lei de Kepler - Lei das áreas

A velocidade orbital dos planetas não é constante. Eles se movem com maior velocidade quando estão mais próximos do Sol e com menor velocidade quando estão mais distantes do Sol. Apesar disso, a área que um planeta percorre no céu, em intervalos de tempo equivalentes, é a mesma.



### 3ª lei de Kepler - Lei dos períodos

Após muitas tentativas fazendo contas com as medidas de que dispunha, Kepler percebeu que existia uma relação matemática entre o raio da órbita de um planeta (ao redor do Sol) e o período dessa mesma órbita. Ele descobriu que o quadrado do período de translação de cada planeta é diretamente proporcional ao cubo da distância média dele até o Sol. Em linguagem matemática, pode-se escrever essa relação da seguinte maneira:

$$T^2 = k \cdot R^3$$

T: período de translação de um planeta em torno do Sol;

R: distância média desse planeta ao Sol;

k: é uma constante, ou seja, é um valor que só depende das unidades utilizadas.

O modelo heliocêntrico e as leis de Kepler descreveram muito bem o movimento da Lua, dos planetas e dos cometas, ou seja, explicaram como aconteciam os eventos celestes. Faltava explicar o porquê.

## ATIVIDADE 2 Leis de Kepler

Como você viu, quanto mais distante do Sol está um planeta, mais tempo ele precisa para realizar uma volta completa em torno da estrela. Por exemplo, um ano marciano dura, aproximadamente, 687 dias (quase dois anos terrestres). Dessa maneira, seu aniversário em Marte ocorreria sempre em pouco menos de dois anos

terrestres. Então, se você vivesse em Marte, envelheceria mais devagar? Justifique sua resposta.

---



---



---



---



---



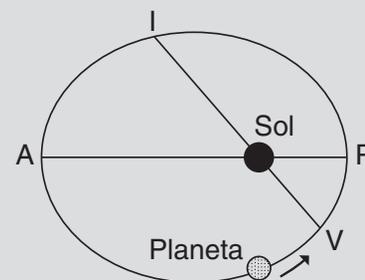
---



### DESAFIO

**1** A figura abaixo representa exageradamente a trajetória de um planeta em torno do Sol. O sentido do percurso é indicado pela seta. O ponto V marca o início do verão no hemisfério sul e o ponto I marca o início do inverno. O ponto P indica a maior aproximação do planeta ao Sol, o ponto A marca o maior afastamento. Os pontos V, I e o Sol são colineares, bem como os pontos P, A e o Sol.

a) Em que ponto da trajetória a velocidade do planeta é máxima? Em que ponto essa velocidade é mínima? Justifique sua resposta.



b) Segundo Kepler, a linha imaginária que liga o planeta ao Sol percorre áreas iguais em tempos iguais. Coloque em ordem crescente os tempos necessários para realizar os seguintes percursos: VPI, PIA, IAV, AVP.

Unicamp 1998. Disponível em: <[http://www.comvest.unicamp.br/vest\\_antiores/1998/download/fisica.pdf](http://www.comvest.unicamp.br/vest_antiores/1998/download/fisica.pdf)>. Acesso em: 7 out. 2014.

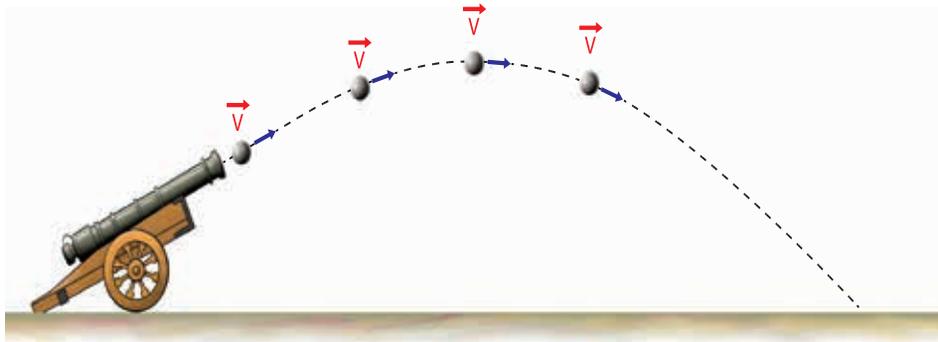


### A lei da gravitação de Newton

Depois das leis de Kepler, foi possível descrever o movimento dos corpos celestes com boa precisão. Galileu também observou com sua luneta as crateras da Lua e as manchas solares, o que desmontava a tese de Aristóteles de que, no céu, os astros eram perfeitos, imutáveis e feitos de matéria diferente da encontrada na Terra; por isso, os aristotélicos consideravam a física celeste diferente da terrestre. Além disso, Galileu também observou as luas de Júpiter, o que definitivamente desconstruía a ideia de que a Terra seria o centro do Universo. Com tudo isso, o modelo heliocêntrico ganhou força e acabou se firmando como a explicação mais aceita pelos filósofos da época.

Coube ao físico inglês Isaac Newton, após estudar o que seus antecessores haviam analisado sobre os movimentos celestes e terrestres, dar a explicação a esses fenômenos e unificar, definitivamente, a física da Terra com a física dos céus.

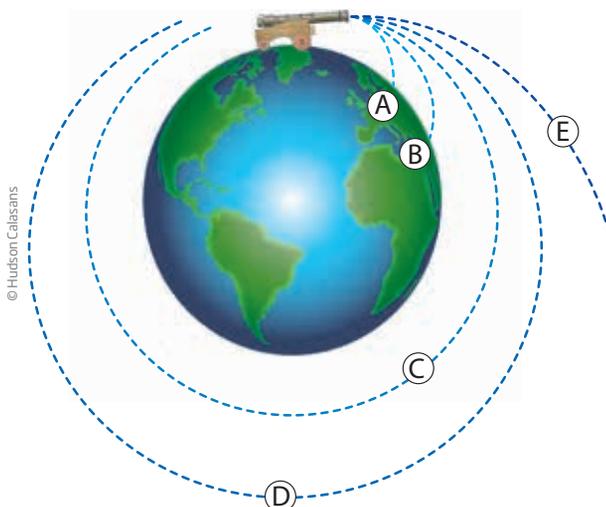
Newton sabia que um corpo jogado para cima subia durante certo tempo e depois caía. Se ele fosse lançado para cima e para frente, como uma bala de canhão, além de subir, ele iria para frente, descrevendo uma trajetória parabólica. Percebeu, então, que a bala caía na Terra como se estivesse sendo atraída para ela por uma força.



A trajetória da bala atirada por um canhão é parabólica.

Imaginou, portanto, um experimento no qual atirava a bala do canhão com velocidades cada vez maiores. Como a bala era atraída pela Terra para baixo, ela acabava caindo, porém, cada vez mais longe.

Newton avaliou que, se a bala fosse lançada cada vez com mais força, cairia cada vez mais longe, e que, se ela fosse lançada com certa velocidade, seria atraída pela Terra e “cairia” em direção ao solo, mas nunca chegaria nele, como se ficasse caindo para sempre, sem alcançar o chão. Dessa forma, a bala ficaria girando, em órbita, em volta da Terra.

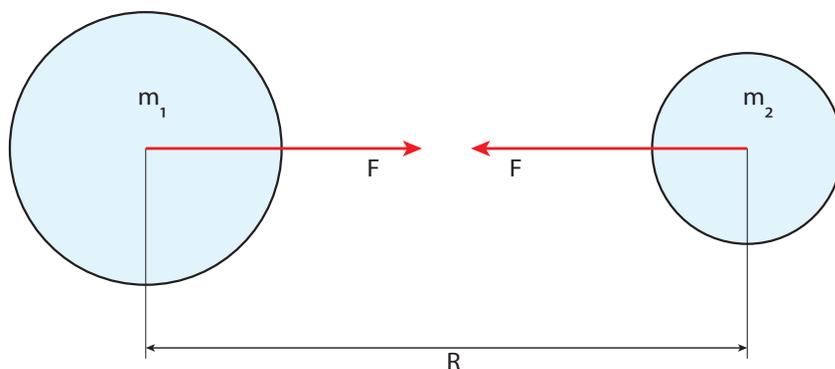


Quanto maior a velocidade de lançamento do projétil, maior será seu alcance. Nas trajetórias A e B, o projétil cai no solo. Nas trajetórias C e D, ele busca o solo, mas não o encontra, ficando em órbita. Já na trajetória E, a velocidade inicial do projétil é suficiente para que ele escape da ação gravitacional da Terra.

Assim, ele pôde concluir que o mesmo acontecia com a Lua. Ao mesmo tempo em que ela caía em direção à Terra, ela andava para o lado, de tal maneira que nunca encontraria o solo terrestre, ou seja, ela não colidiria com a Terra porque tinha movimento lateral. Se ela parasse de girar em torno do nosso planeta, a Lua cairia no solo terrestre como uma pedra qualquer abandonada no alto de um precipício.

Newton então analisou o movimento dos planetas e satélites, e observou que todos eles se moviam em torno de um corpo central (os satélites em torno do planeta e os planetas em torno do Sol), concluindo que todos deviam se atrair com uma força chamada **força gravitacional**, que dependia:

- diretamente da massa dos corpos envolvidos: quanto maior a massa deles, maior seria a força de atração; e
- inversamente da distância: quanto mais afastados estivessem os corpos, menor seria a intensidade dessa força.



$m_1$  e  $m_2$  são as massas dos corpos,  $F$  é a força de atração gravitacional entre eles e  $R$  é a distância entre seus centros de massa.

Utilizando os dados disponíveis, ele percebeu que a relação com a distância é quadrática, ou seja, a **força gravitacional varia com o inverso do quadrado da distância entre os corpos envolvidos**. Essa força atua sobre todos os corpos que têm massa, sejam eles celestes ou terrestres.

Em linguagem matemática, pode-se escrever que:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

$F$ : força gravitacional que atua entre os dois corpos de massa  $m_1$  e  $m_2$ ;

$m_1$ : massa de um dos corpos envolvidos na interação gravitacional;

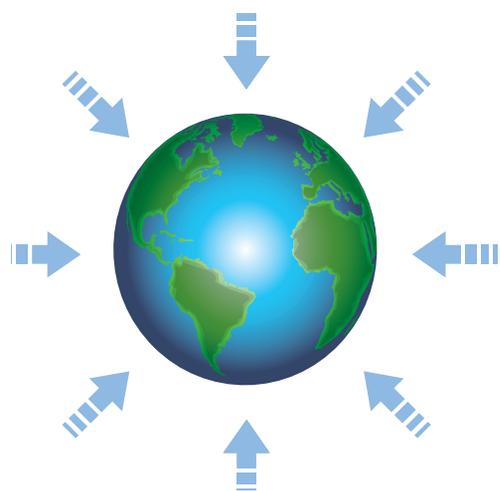
$m_2$ : massa do outro corpo envolvido na interação gravitacional;

$R$ : distância entre os centros de massa dos corpos envolvidos na interação gravitacional;

$G$ : é uma constante, ou seja, é um valor que só depende das unidades utilizadas. É conhecida como constante universal da gravitação.

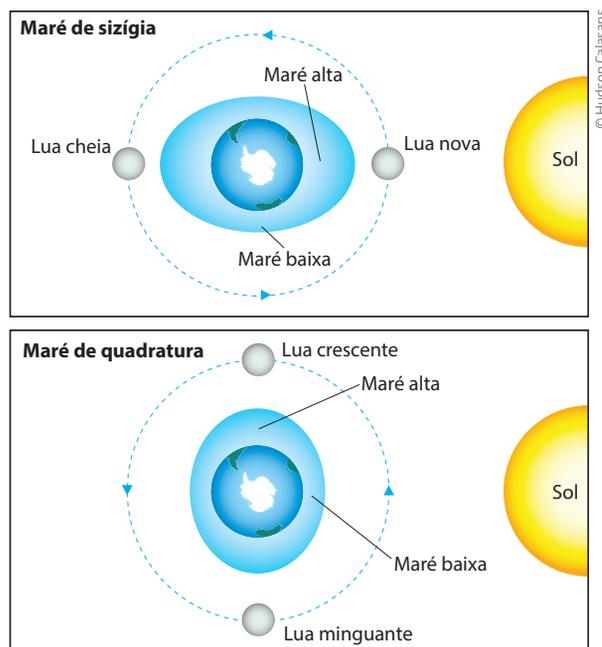
Isso explica por que, quando o planeta está mais próximo do Sol, essa força aumenta e ele passa a se deslocar mais rápido enquanto esse aumento de aceleração agir sobre ele. Da mesma forma, quando o planeta está mais longe, ele se move mais lentamente em torno do Sol. Isso explica a 2ª e a 3ª leis de Kepler e por que os planetas mais distantes como Marte, Júpiter e Saturno têm períodos de translação maiores do que a Terra, mas Mercúrio e Vênus têm períodos menores.

Por meio da lei da gravidade, Newton conseguiu explicar como a Terra pode ser redonda e estar em movimento e mesmo assim as pessoas, em qualquer lugar, ainda estarem presas a ela e não caírem: a força da gravidade entre a Terra e as pessoas (e tudo o que está em sua superfície) é suficientemente grande para mantê-las presas ao solo. A Terra exerce uma força sobre o que está em sua volta, puxando tudo “para baixo”, ou melhor, para o seu centro. Por isso, não faz sentido pensar que estamos de cabeça para baixo em relação aos moradores do Japão, por exemplo, pois, num planeta redondo, todos estão “do lado de cima” da Terra, relativamente ao centro do planeta.



Isso também permite diferenciar os conceitos de massa e peso. A **massa** é uma característica do corpo que tem um valor universal, ou seja, tem o mesmo valor em qualquer lugar do espaço. Mas o peso não. O **peso** é uma força; é a força que a Terra aplica em um corpo que esteja suficientemente próximo dela, ou seja, o peso é a força com que um planeta (no caso, a Terra) puxa um corpo para o seu centro. Portanto, embora a massa de uma pessoa qualquer não mude se ela circular em diferentes astros, seu peso pode se alterar. Na Lua, por exemplo, ela será seis vezes mais leve, mas, em Júpiter, duas vezes e meia mais pesada, embora sua massa não se altere.

A força gravitacional, junto com a rotação da Terra, também ajuda a entender o fenômeno das marés. Como a água é fluida, ela pode se deslocar sobre a superfície da Terra de acordo com a ação da força gravitacional tanto da Lua quanto do Sol, além da gravitação terrestre. A força gravitacional “puxa” a água que se concentra na direção do Sol e da Lua. Quando eles estão alinhados, acontecem as marés altas mais altas (chamadas maré de sizígia) e, quando estão em quadratura, ou seja, formando um ângulo de 90° (com a Terra como vértice), acontecem as marés altas menores.



© Hudson Caldasans

A lei da gravitação universal de Newton permitiu prever a existência de novos planetas no Sistema Solar. Com o desenvolvimento de lunetas e telescópios cada vez mais potentes, também foi possível mapear suas trajetórias com mais precisão e descobrir outro planeta, batizado de Urano. Porém, Urano nunca era encontrado onde as leis de Kepler previam, e alguns astrônomos começaram a desconfiar da existência de outro planeta que, com sua força gravitacional, estaria modificando a trajetória de Urano.

Utilizando as leis de Newton sobre gravitação, o astrônomo francês Le Verrier calculou onde deveria estar o astro que modificava a trajetória de Urano, e outros astrônomos localizaram um novo planeta, Netuno, apontando seus telescópios para o local indicado pelo cientista francês. Com isso, as leis de Newton ganharam definitivamente o *status* de teoria válida para explicar o movimento dos corpos.

Com a evolução tecnológica, muitas novidades foram descobertas no céu. Atualmente, sabe-se que o Universo é muito maior do que aquele conhecido pelos gregos, e mesmo pela humanidade, até a época de Copérnico, Galileu, Kepler ou Newton. O modelo heliocêntrico é válido para o Sistema Solar, ou seja, o Sol é uma estrela entre muitas outras e tem seu sistema planetário formado pelos planetas Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, cada um com sua(s) lua(s), exceto por Mercúrio e Vênus, que não as têm. Por sua vez, o Sol faz parte de um conjunto muito grande de estrelas que formam uma galáxia, chamada Via Láctea. Esta, por sua vez, é uma entre muitos bilhões de galáxias espalhadas pelo Universo, tudo isso interligado por meio da força gravitacional.



A Terra (1) é um entre oito planetas do Sistema Solar (2). O Sol, por sua vez, é uma entre bilhões de estrelas da Via Láctea (3). A Via Láctea, por sua vez, é uma entre algumas dezenas de galáxias que compõem o grupo local de galáxias (4). O grupo local, com outras dezenas de galáxias, forma o superaglomerado local de galáxias (5), e finalmente este, com outros superaglomerados, forma o Universo observável (6).

### ATIVIDADE 3 A força gravitacional

**1** Se a força gravitacional atua entre todos os corpos que têm massa, as pessoas também se atraem gravitacionalmente? Justifique.

---



---



---



---



---



---



---



---

2 A afirmação “Como a massa da Terra é maior do que a massa da Lua, então a força que a Terra exerce sobre a Lua é maior do que a força que a Lua exerce sobre a Terra” é verdadeira ou falsa? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

3 O seu peso corresponde à força com que a Terra o atrai. E quanto a você: também atrai a Terra ou não? Justifique.

---

---

---

---

---

4 Observe a tirinha abaixo:



Níquel náusea, de Fernando Gonsales.

Embora a lei da gravidade seja válida para o gato e para o rato, apenas a parte do telhado onde está o gato se rompeu. Como você poderia explicar esse fato?

---

---

---

---

---



## DESAFIO

**2** Em uma passagem do poema *Os lusíadas* (canto X, 89) de Luís de Camões (1525-1580), brilharam os astros. Um belo exemplo da influência do pensamento científico nas artes. O Sol é descrito poeticamente como O claro olho do céu e a Lua, no verso final da estrofe, aparece sob a denominação de Diana:

Debaixo deste grande firmamento,  
Vês o céu de Saturno, deus antigo;  
Júpiter logo faz o movimento,  
E Marte abaixo, bélico inimigo;  
O claro olho do céu, no quarto assento,  
E Vênus, que os amores traz consigo;  
Mercúrio, de eloquência soberana;  
Com três rostos, debaixo vai Diana.

Nesta bela e curiosa estrofe, os astros aparecem em versos sucessivos. Essa passagem revela que:

- Camões admitia a concepção prevalecente em sua época, segundo a qual a Terra era fixa e ocupava o centro do Universo.
- Camões se mostra afinado ao pensamento de Kepler, já descrevendo qualitativamente o sistema de acordo com as leis de Kepler.
- A concepção admitida por Camões encontra-se de pleno acordo com uma análise qualitativa da lei da gravitação universal de Newton.
- Essa descrição de Camões concorda com a visão de Galileu de que a Terra estaria em movimento.
- Camões provou através desses versos a teoria da relatividade.

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2009. Disponível em:

<[http://siga.ufjf.br/index.php?module=vestibular&action=html:files:provas2009:pismi\\_2\\_fis.pdf](http://siga.ufjf.br/index.php?module=vestibular&action=html:files:provas2009:pismi_2_fis.pdf)>. Acesso em: 14 jan. 2015.



Você viu neste tema que a Terra está girando no espaço, mas não somos lançados para fora dela por conta da atração gravitacional entre nossos corpos e o planeta. Mas e se ela parasse de girar de repente, seríamos lançados no espaço?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Modelos de Universo

O desenho pode ser baseado nas imagens existentes ao longo do texto. A principal característica do modelo geocêntrico é assumir a Terra como centro do Universo. A favor disso, há o fato de não se perceberem os movimentos de rotação e translação da Terra no espaço e, contra, o fato de não se conseguir explicar satisfatoriamente o movimento dos astros no céu. Em relação ao modelo heliocêntrico, sua principal característica foi tirar a Terra do centro do Universo e colocar o Sol nesse lugar. Como ponto favorável, esse modelo consegue reproduzir de forma melhor e mais simples as trajetórias

observadas para os planetas e, como ponto negativo, há o fato de ser difícil acreditar que a Terra está em movimento, pois não se percebe esse efeito.

### Atividade 2 - Leis de Kepler

Não, o envelhecimento seria o mesmo, pois o tempo passaria da mesma forma nos dois planetas. Embora o ano de Marte dure quase dois anos terrestres, o tempo lá transcorre da mesma maneira que na Terra. Sua contagem pode até ser diferente, assim como na Terra existem grupos que contam o tempo com base nos ciclos da Lua e outros por meio da aparente translação solar no firmamento terrestre.

### Atividade 3 - A força gravitacional

**1** Qualquer corpo que possui massa exerce atração gravitacional. Como todas as pessoas possuem massa, todas elas se atraem gravitacionalmente. Ou seja, a atração gravitacional entre duas pessoas existe, mas não se pode percebê-la por ser muito pequena, já que, segundo a lei de gravitação universal, quanto maior a massa dos corpos, maior é a força de atração; por isso, só se consegue perceber a atração gravitacional de objetos que possuem muita massa (a atração que as pessoas exercem mutuamente são considerados desprezíveis se comparados à força exercida pelo planeta Terra).

**2** Essa afirmação é falsa. Uma vez que as forças com que a Terra atrai a Lua e a Lua atrai a Terra formam um par de ação e reação, elas têm exatamente o mesmo valor e direção, encontrando-se apenas em sentidos opostos.

**3** Sim, você atrai a Terra com a mesma força com que a Terra atrai seu corpo (par ação e reação). Porém, como a massa da Terra é muito maior do que a sua, a velocidade da Terra quase não se altera, mas a sua sim.

**4** A massa do gato é bem maior do que a do rato e, portanto, a força peso entre ele e a Terra foi suficiente para quebrar o telhado. No caso da força peso entre a Terra e o rato, ela é bem menor, e insuficiente para quebrá-lo.

### Desafio

**1**  
a) De acordo com a 2ª lei de Kepler (lei das áreas), em um mesmo intervalo de tempo  $\Delta t$ , a linha imaginária que une o planeta ao Sol percorre a mesma área no afélio (ponto A, onde o planeta passa mais longe do Sol) e no periélio (ponto P, onde o planeta passa mais próximo do Sol). Logo, a velocidade é máxima em P (mais perto do Sol) e mínima em A (mais longe do Sol).

b) De acordo com a 2ª lei de Kepler (lei das áreas), num mesmo intervalo de tempo  $\Delta t$ , a linha que une o planeta ao Sol percorre a mesma área. Então, observando a imagem, percebe-se que a área VPI é a menor, a área IAV é a maior, e que as áreas PIA e AVP são iguais, portanto:

$$\Delta t_{(VPI)} < \Delta t_{(PIA)} = \Delta t_{(AVP)} < \Delta t_{(IAV)}.$$

**2** Alternativa correta: a. Pode-se perceber pela ordem dos astros que se trata de um sistema geocêntrico, pois coloca Saturno mais longe, depois, pela ordem: Júpiter, Marte, o Sol (“O claro olho do céu”), Vênus e Mercúrio e a Lua (Diana).



## TEMAS

1. Flutuação
2. Rotação
3. Trabalho de uma força

## Introdução

O resultado da ação de uma força em um corpo depende de uma série de fatores. Você viu, na Unidade anterior, que, além da massa do corpo no qual a força está sendo aplicada, a intensidade, a direção e o sentido de aplicação da força são fatores importantes na determinação do efeito desta força sobre um corpo.

Mas esses não são os únicos fatores. A interação da força com um corpo depende também do tempo no qual a força permanece agindo, da distância em que atua, da superfície na qual está sendo aplicada, além de muitos outros fatores.

Nesta Unidade, serão analisados alguns desses fatores.

### TEMA 1 Flutuação

Quando utensílios de cozinha são lavados na pia ou em uma bacia, pode-se perceber que algumas peças afundam na água e que outras flutuam. Ainda que sejam feitos do mesmo material, garfos e facas afundam, mas algumas tigelas de alumínio ou de plástico flutuam, se não estiverem cheias de água.

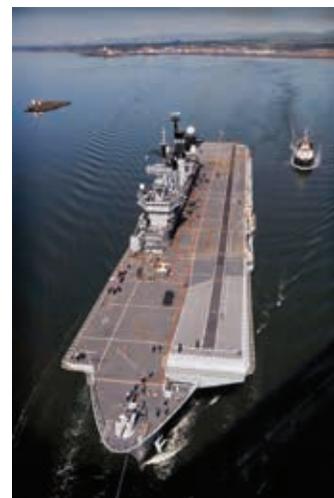
Neste tema, você vai estudar os conceitos de densidade, pressão e empuxo, que vão ajudá-lo a entender melhor a flutuação dos corpos.



### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A imagem ao lado mostra um imenso navio porta-aviões flutuando no oceano. Reflita sobre essa situação e responda às questões seguintes em seu caderno.

- O que é mais pesado: um navio ou um único prego?
- Se os dois são feitos de aço, por que o navio flutua e o prego afunda?

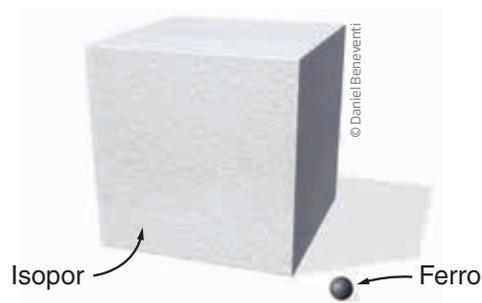


- Por que um bloco de 10 kg de isopor flutua e um bloco de 100 g de cimento afunda?
- Seria possível levantar um elefante de 1 tonelada (t) fazendo pouca força?

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

## Densidade

Diz-se que o ferro é mais pesado que o isopor, mas essa afirmação não é realmente correta. Se houver, por exemplo, 1 kg de ferro e 1 kg de isopor num mesmo local da Terra, pode-se verificar que os dois têm o mesmo peso. O que nos dá a impressão de que o ferro é mais pesado do que o isopor é o fato de que o volume de ferro necessário para obter 1 kg de massa é bem menor do que o volume necessário para obter a mesma massa de isopor.



A relação entre a massa e o volume de um corpo é o que se chama densidade desse corpo. Na linguagem matemática, pode-se escrever:

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

d: densidade do corpo;  
m: massa do corpo;  
V: volume do corpo.

As unidades de densidade serão sempre unidades de massa divididas por unidades de volume. No Sistema Internacional de Unidades (SI), utiliza-se  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Para medir volume de sólidos, costuma-se utilizar  $\text{g}/\text{cm}^3$  e, para líquidos,  $\text{g}/\text{mL}$ .

### ATIVIDADE 1 Densidades

**1** Ao misturar água e óleo, uma cozinheira percebeu que o óleo ficava acima da água, como mostra a imagem ao lado. Para entender o que observou, ela mediu a massa e o volume de cada um, obtendo os dados mostrados a seguir, e, com eles, calculou a densidade dos dois líquidos.



a) Utilizando a fórmula da densidade, calcule, como a cozinheira, a densidade correta desses líquidos e complete a tabela abaixo.

Material	Massa (g)	Volume (mL)	Densidade (g/mL)
Água	250	250	
Óleo	40	50	

b) Olhando para a imagem do copo com água e óleo e comparando-a com os resultados das densidades desses líquidos, qual é a relação deles com a flutuação observada? Isto é, numa mistura de materiais fluidos com densidades diferentes e que não se misturam, qual deles fica embaixo?

2 A figura ao lado mostra uma série de líquidos e objetos colocados juntos num copo. Consultando a tabela a seguir, indique:

Material	Água	Peça de plástico	Cortiça	Glicerina	Óleo	Mel
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,0	1,01	0,7	1,2	0,8	1,4



© Clive Streeter/Dorling Kindersley/Getty Images

a) Qual é o líquido incolor?

b) Qual é o líquido que está acima de todos?

c) Qual é o líquido que está no fundo do recipiente?

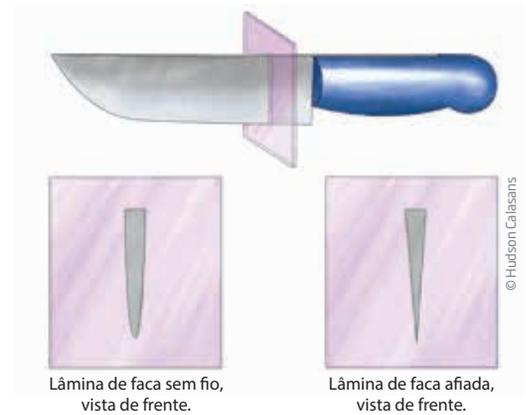
d) Qual dos materiais sólidos é o mais denso e qual é o menos denso?



## Pressão nos sólidos

Por que um prego tem ponta? Por que uma faca, para cortar bem, precisa estar afiada?

O efeito de uma força aplicada num corpo depende da área na qual essa força está aplicada. Quanto menor for essa área, maior será o efeito da força. Por isso as facas são afiadas. A força aplicada numa faca afiada se distribui por uma área menor, multiplicando seu efeito. O mesmo acontece com um prego. Se ele não for pontudo, fica mais difícil pregá-lo numa parede, por exemplo.



A grandeza física que relaciona o efeito de uma força com a superfície na qual ela é aplicada chama-se pressão. Na linguagem matemática, pode-se escrever:

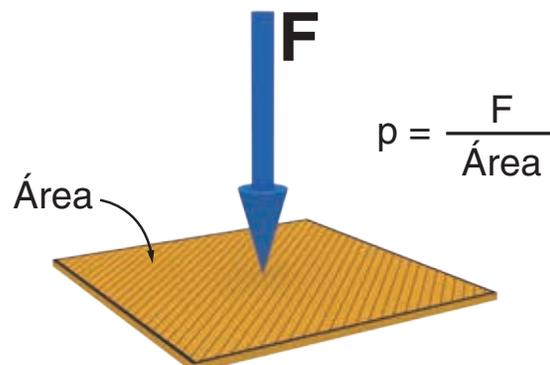
$$p = \frac{F}{A}$$

$p$ : pressão sobre a superfície;

$F$ : força aplicada perpendicularmente à superfície;

$A$ : área da superfície na qual a força  $F$  é aplicada.

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de pressão é  $\text{N/m}^2$  (newton por metro quadrado). Essa unidade recebe o nome de pascal (Pa).



### PESO DE UM CORPO

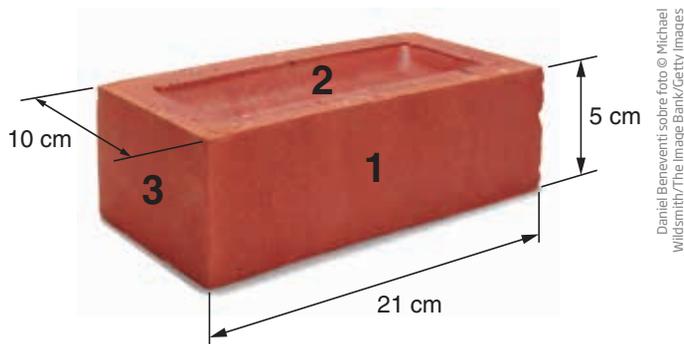
Como visto na Unidade 3, peso é uma força diferente da grandeza massa. Sendo uma força, ele pode ser calculado pela 2ª lei de Newton: o produto da massa pela sua aceleração ( $F = m \cdot a$ ). Na Unidade 2, você viu que os corpos que caem livremente estão submetidos a uma aceleração, no caso, a aceleração da gravidade terrestre, que será representada pela letra  $g$ . Matematicamente, tem-se:

$$P = m \cdot g$$

em que  $P$  é a força peso,  $m$  é a massa do corpo, e  $g$  é a aceleração da gravidade terrestre, que vale aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ .

É possível calcular a pressão que um tijolo comum, de massa 1,5 kg, exerce sobre o solo quando está apoiado em cada uma de suas faces.

A força que o tijolo vai aplicar na superfície, em qualquer situação, é o seu peso. Então, a força peso, ou simplesmente o peso do tijolo, é  $P = m \cdot g$ . Sendo assim,  $P = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ N}$ .



Se o bloco estiver apoiado na **base 1** (ver figura), a área será  $0,21 \cdot 0,05 = 0,0105 \text{ m}^2$ , e a pressão será  $\frac{15}{0,0105} \cong 1.428,57 \text{ N/m}^2 \cong 1.428 \text{ Pa}$ .

Se o bloco estiver apoiado na **base 2**, a área será  $0,21 \cdot 0,10 = 0,021 \text{ m}^2$ , e a pressão será  $\frac{15}{0,021} \cong 714,2857 \text{ N/m}^2 \cong 714 \text{ Pa}$ .

Se o bloco estiver apoiado na **base 3**, a área será  $0,05 \cdot 0,10 = 0,005 \text{ m}^2$ , e a pressão será  $\frac{15}{0,005} = 3.000 \text{ N/m}^2 \cong 3.000 \text{ Pa}$ . No formalismo matemático, tem-se:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{15}{0,005} = 3.000 \text{ N/m}^2 \cong 3.000 \text{ Pa}$$

## ATIVIDADE 2 Afiar por quê?

Comente, com base nos conceitos estudados até aqui, por que facas e outras ferramentas de corte devem ser afiadas.

---



---



---



---



---



---



---

**ATIVIDADE 3 Salto alto**

Leia o texto a seguir:

http://www.assessoriaimprensa.com.br/release.aspx?codRelease=1337

São Paulo, 25 de novembro de 2013

### Problemas ortopédicos decorrentes do uso contínuo de salto alto atingem mulheres cada vez mais jovens

Com o uso cada vez mais frequente de salto alto e por períodos longos, é cada vez maior o número de mulheres que apresenta problemas ortopédicos, tais como a fasciíte plantar – também chamada de encurtamento da planta do pé –, esporão e joanete. E mais, a idade média das pacientes que chegam ao consultório do ortopedista Maurício Lebre Colombo, especializado em joelhos e membros da equipe de cirurgia do joelho do Hospital do Servidor Público Estadual, é cada vez menor.

“O uso do salto alto no dia a dia começa mais cedo, ainda na adolescência, e se estende por horas e horas, por isso surgem os problemas”, explica. A altura do salto também agrava os problemas, quanto mais alto, mais inclinado fica o pé. Para Colombo, no tratamento, é preciso reduzir o uso de salto e alongar o pé para recuperar totalmente. Caso contrário, o problema persistirá.

Pelo fato de o pé não tocar o solo por inteiro, acontece, em muitos casos, um encurtamento da planta do pé, causando dor e desconforto. Como consequência da fasciíte plantar, por exemplo, é muito comum também o surgimento do chamado esporão, a membrana que recobre o osso do calcanhar é tão estirada que forma um bico. “Pacientes com fasciíte mal tratada cronicamente também podem ter esporão”, afirma o especialista. A combinação de salto alto com sapato de bico fino por muitas horas por dia pode causar o que chamamos de joanete.

“Não é o caso de deixar de usar o salto alto, mas usar com parcimônia. Se a mulher vai para o trabalho todos os dias e fica em pé por horas com um salto bem alto vai ter problemas logo. O salto alto deve ser reservado a momentos mais especiais, com possibilidade de usar apenas por uma ou duas horas e depois colocar um sapato mais confortável”, explica o ortopedista especializado em problemas do joelho.

Segundo ele, o salto alto também piora um problema ortopédico muito comum em mulheres acima dos 40 anos, a dor anterior do joelho, cujo nome correto é condromalácia de patela. Trata-se de uma inflamação da cartilagem do joelho causada por uma alteração dos músculos do quadril característica do sexo feminino. “Muitas mulheres chegam ao consultório com esta dor crônica que é causada pelo fato dos quadris das mulheres serem mais largos, o que força os músculos desta região”, explica. Para o médico, as pessoas hoje vivem mais e têm uma rotina mais intensa, então precisam cuidar destes problemas que incomodam e podem se arrastar por toda vida.

**Quem é Maurício Lebre Colombo**

Médico formado pela Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, ortopedista, com especialização em cirurgia do joelho no exterior. Membro da Sociedade Brasileira de Ortopedia, Sociedade Brasileira de Cirurgia do Joelho, Sociedade Brasileira de Artroscopia. Atualmente, Maurício Lebre Colombo é membro da equipe de cirurgia do joelho do Hospital do Servidor Público Estadual, em São Paulo.

Observe a figura e repare que, quanto maior for o salto, menor será a área do pé que ficará em contato com o solo.

Qual é a relação disso com a pressão que é exercida sobre o pé da pessoa?



© Daniel Beneventi



## Pressão nos líquidos ou pressão hidrostática

Observando a figura ao lado, é possível perceber que o filete de água que jorra pelo orifício mais baixo da garrafa vai mais longe do que aquele que jorra do orifício mais alto. Isso acontece porque na parte mais baixa da garrafa a pressão da água é maior do que a pressão que a água exerce na parte mais alta. A pressão que um líquido exerce sobre uma superfície em certa profundidade depende de três fatores:

- da densidade  $d$  do líquido: quanto mais denso o líquido, maior é a pressão que ele exerce;
- da profundidade  $h$  dessa superfície: quanto maior a profundidade, maior a pressão;
- da aceleração da gravidade  $g$ : quanto maior for a aceleração da gravidade, maior será a pressão do líquido.

Pode-se representar tudo isso na linguagem matemática, escrevendo:

$$p = d \cdot g \cdot h$$

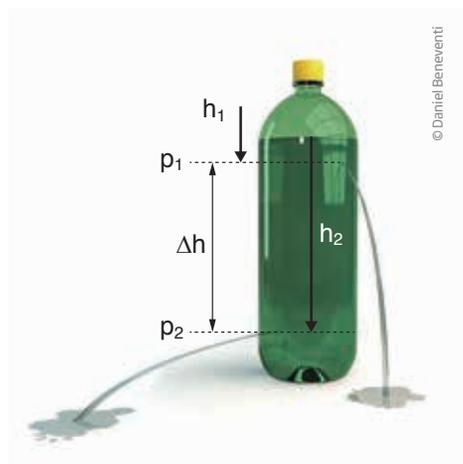
$p$ : pressão exercida pelo líquido;

$d$ : densidade do fluido/líquido;

$g$ : aceleração da gravidade local;

$h$ : profundidade.

Por exemplo, a pressão exercida pela água, cuja densidade é de  $1.000 \text{ kg/m}^3$ , numa profundidade de  $1 \text{ m}$ , será  $p = 1.000 \cdot 10 \cdot 1 = 10.000 \text{ N/m}^2 = 10.000 \text{ Pa}$ .



© Daniel Beneventi

Isso mostra que pontos que estão a uma mesma profundidade apresentam a mesma pressão. Por isso, a superfície de um líquido em repouso é sempre horizontal: todos os pontos na superfície estão sujeitos à mesma pressão. Isso explica



também o princípio dos vasos comunicantes: num conjunto de dois ou mais vasos abertos e interligados, de tal modo que um líquido colocado num deles possa fluir para os outros, sua altura fica igual em todos os recipientes, independentemente de suas formas ou tamanhos.

## ATIVIDADE 4 Caixa-d'água

A figura a seguir mostra uma típica instalação de um reservatório d'água para abastecimento doméstico.

**1** Por que o reservatório deve ficar em lugares mais altos?

---



---



---

**2** Por que, quando falta água, ela sempre acaba primeiro nos pontos mais altos da cidade ou nos andares mais altos dos prédios de apartamentos?

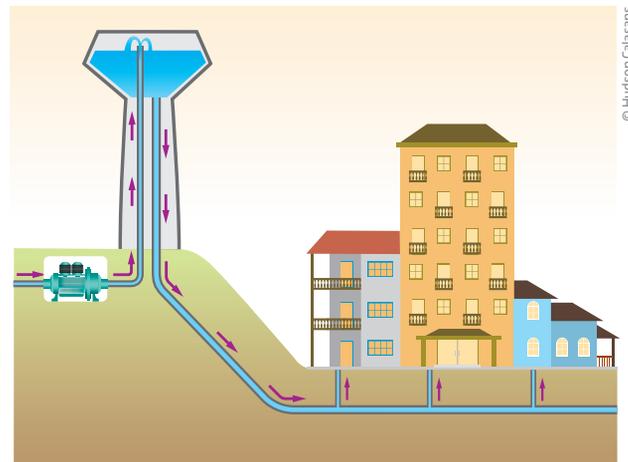
---



---



---



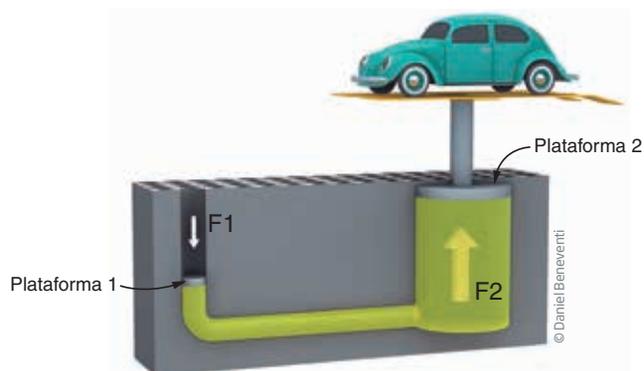
## Prensa hidráulica

Uma aplicação importante da pressão hidrostática é a prensa hidráulica.

O físico francês Blaise Pascal verificou que, diferentemente do que ocorre nos sólidos, nos líquidos a pressão se transmite integralmente em todas as direções. Isso quer dizer que, ao se aplicar uma força na plataforma 1 (ver a figura a seguir),

a pressão exercida será transmitida por completo à plataforma 2, onde está o carro. Se a plataforma 2 tiver, por exemplo, uma área 10 vezes maior do que a plataforma 1, então a força na plataforma 2 também será 10 vezes maior, para manter a pressão do líquido constante, ou seja, uma prensa hidráulica funciona como um multiplicador de força.

Suponha, por exemplo, que o carro tenha massa de 1 tonelada (t) e que a plataforma 2 tenha área de  $2 \text{ m}^2$ , e que a plataforma 1 tenha área de  $4 \text{ cm}^2$ . Qual será a força necessária para elevar o carro? Perceba que a força  $F_1$  precisa empurrar para baixo um volume igual ao volume que é empurrado para cima.



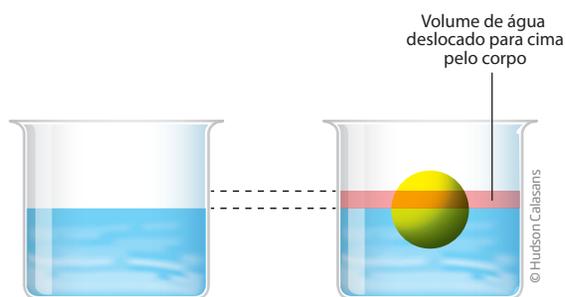
Inicialmente, acertam-se as unidades de área. Lembre-se de que  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$ , então  $4 \text{ cm}^2 = 0,0004 \text{ m}^2$ ;  $1 \text{ t}$  equivale a  $1.000 \text{ kg}$ , cujo peso vale  $P = m \cdot g = 1.000 \cdot 10 = 10.000 \text{ N}$ . Assim, como a pressão nas duas plataformas é a mesma, pode-se escrever que:

$$p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{0,0004} = \frac{10.000}{2} \Rightarrow F_1 = 2 \text{ N}$$

ou seja, com uma força de  $2 \text{ N}$ , equivalente à massa de  $200 \text{ g}$ , consegue-se levantar um carro de massa  $1 \text{ t}$ .

## Empuxo

Quando um corpo é mergulhado em um líquido, ele passa a ocupar o espaço que era preenchido pelo líquido, que, assim, é deslocado, dando a impressão de que aumentou de volume ocupado pelo líquido (veja a figura ao lado). Esse volume deslocado corresponde ao volume do corpo que ficou imerso no líquido.

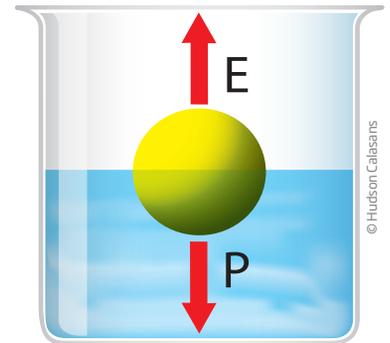


O corpo vai receber do líquido uma pressão maior na sua parte mais funda do que na sua parte mais próxima da superfície. Portanto, haverá uma diferença

de pressão entre a parte mais baixa e a mais alta do corpo imerso no líquido, fazendo com que o líquido aplique no corpo uma força de baixo para cima. Essa força é chamada força de empuxo. O empuxo  $E$  é uma força vertical para cima que se contrapõe ao peso de parte do corpo imerso no líquido, fazendo com que os objetos mergulhados na água pareçam mais leves do que quando estão fora dela.

A força de empuxo depende de três fatores:

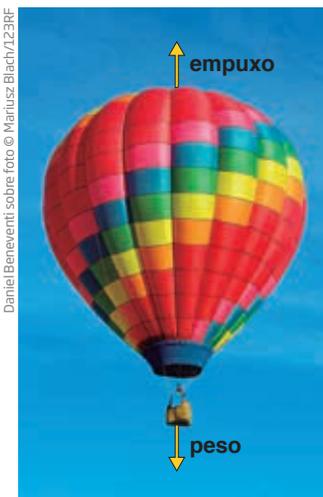
- da densidade  $d$  do líquido no qual o corpo está mergulhado: quanto maior a densidade do líquido, maior o empuxo;
- do volume  $V$  de líquido deslocado pelo corpo imerso (que é igual ao volume da parte do corpo que está imerso no líquido): quanto maior o volume imerso no líquido, maior a força de empuxo;
- da aceleração da gravidade  $g$ : quanto maior a aceleração gravitacional, maior o empuxo.



Na linguagem matemática, pode-se escrever que:

$$E = d \cdot V \cdot g$$

$E$ : força de empuxo que o líquido aplica no corpo;  
 $d$ : densidade do fluido;  
 $V$ : volume de líquido deslocado;  
 $g$ : aceleração da gravidade local.



A força de empuxo é exercida por qualquer fluido, não apenas pela água e outros líquidos, mas também pelos gases, como o ar, por exemplo. A mesma força que sustenta um navio no mar mantém um balão no ar, por exemplo.

Um navio consegue flutuar, mesmo sendo muito mais pesado do que um prego, porque é oco e seu volume é grande. Assim, o volume de líquido deslocado por ele é muito grande, o que gera uma grande força de empuxo, por isso ele flutua. No caso do prego, que é maciço, ele desloca pouca água quando submerso, gerando pequeno empuxo, por isso ele afunda.





Assim como os navios flutuam na água, pode-se dizer que os balões flutuam no ar. As forças que atuam no navio são as mesmas que atuam no balão? E num avião em voo, também são as mesmas forças que dão sustentação ao avião?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Densidades

**1**

a) Densidade da água:  $\frac{250}{250} = 1 \text{ g/mL}$  e densidade do óleo =  $\frac{40}{50} = 0,8 \text{ g/mL}$ .

b) O material mais denso fica embaixo do material menos denso.

**2**

a) A água, de densidade “intermediária”.

b) O óleo.

c) O mel, pois é o líquido mais denso.

d) O material sólido mais denso é a glicerina e o menos denso é a cortiça.

### Atividade 2 - Afiar por quê?

Quanto mais afiada a ferramenta, menor será a área de contato e, assim, maior a pressão exercida sobre o material a ser cortado.

### Atividade 3 - Salto alto

Quanto maior o salto, menor o contato da planta do pé com o chão. Isso faz a pressão sobre a parte do pé que está em contato com o solo aumentar, elevando a pressão nos dedos e na parte da frente dos pés, prejudicando não apenas os pés, mas também toda a postura da pessoa.

### Atividade 4 - Caixa-d'água

**1** Quanto mais alto o local do reservatório d'água, maior a pressão exercida na base, o que possibilita o escoamento da água pelo encanamento.

**2** Como a pressão da água depende da diferença entre a altura do nível da água no reservatório e o nível da água nas casas, as residências mais altas ou situadas num plano mais elevado terão menor diferença de altura em relação ao reservatório, diminuindo a pressão da água e prejudicando o abastecimento.

### Atividade 5 - Peso aparente

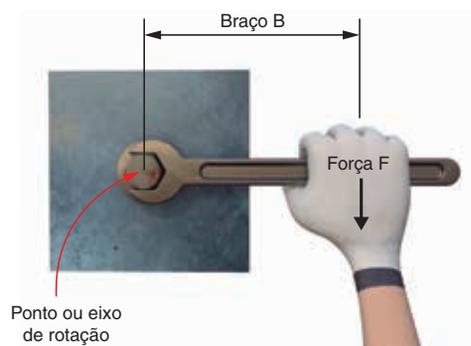
Quando o corpo está imerso na água, a força de empuxo atua sobre ele, sempre para cima. Portanto, é preciso aplicar menos força para equilibrar o peso, pois uma parte dele é feita pelo empuxo. Assim, o peso aparente da pedra fica menor que seu peso real.





## Momento ou torque de uma força

Nossa experiência mostra que, para abrir uma porta, é muito mais fácil aplicar a força longe de seu ponto de apoio, ou seja, longe das dobradiças. Isso ocorre porque o efeito de rotação de uma força depende, além da intensidade da força, da distância em que ela é aplicada em relação ao eixo de rotação. Por isso, é mais fácil soltar um parafuso com uma chave de cabo mais comprido (figura ao lado) do que com uma chave de cabo curto.



Essa distância do ponto de aplicação da força em relação ao eixo de rotação é o que se chama de braço de rotação da força aplicada. Esse efeito de rotação de uma força é medido por uma grandeza chamada **momento** ou **torque** de uma força, que pode ser calculado pela expressão matemática:

**M:** momento ou torque aplicado pela força  $F$  perpendicular ao braço da força aplicada;

$$M = F \cdot b \quad F: \text{ é a força aplicada;}$$

**b:** distância entre a reta que define a direção da força aplicada e o ponto ou eixo de rotação, também chamado de braço de rotação dessa força.

O momento de uma força será medido em  $N \cdot m$  (newton vezes metro), em unidades do Sistema Internacional. Assim, fica claro que, para uma mesma força aplicada, quanto maior o braço, maior será o efeito de rotação dessa força.

### ATIVIDADE 1 Trocando o pneu

É muito comum, quando se troca o pneu de um carro e não se consegue desatarraxar a porca com a chave de roda, colocar um cano de ferro nela, como mostra a figura ao lado.

Por que esse recurso funciona, permitindo desatarraxar as porcas até então “inseparáveis” da roda do automóvel?




---



---

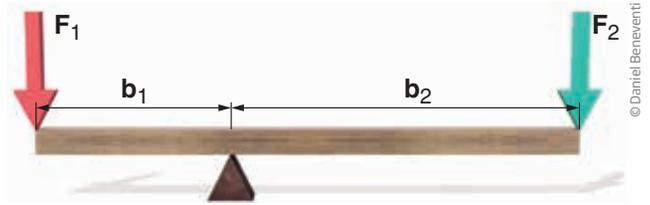


---

## Alavancas

O mesmo princípio visto na troca de pneus pode ser aplicado para entender o funcionamento das alavancas.

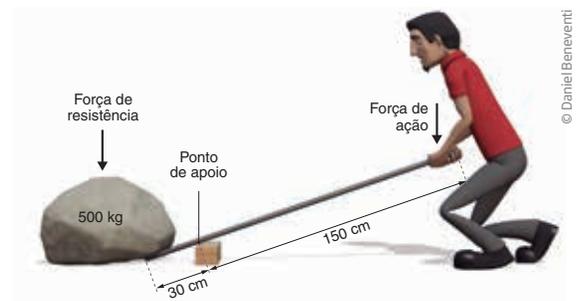
Alavanca é um objeto rígido, geralmente uma barra de madeira ou metal, que pode girar em torno de um ponto de apoio e que amplia o efeito de rotação de uma força, facilitando o deslocamento de objetos. Tesouras, enxadas, alicates, abridores de garrafa, nossos braços, pernas e pés são alguns exemplos de alavancas com os quais estamos em constante interação.



Numa alavanca em equilíbrio, conforme a figura acima, o momento (torque) gerado pelas forças aplicadas em cada um dos seus lados tem de ser o mesmo. Então, pode-se escrever na linguagem matemática que:

$$F_1 \cdot b_1 = F_2 \cdot b_2$$

Assim, para mover uma enorme pedra, por exemplo, utiliza-se uma alavanca, como mostra a figura ao lado, e, com pouca força, é possível realizar essa tarefa. Suponha que a pedra tenha uma massa de 500 kg, ou seja, seu peso é de 5.000 N. Se o braço da força peso da pedra for de 30 cm e o braço da força de ação que é feita para mover a pedra for de 1,5 m (ou seja, 150 cm), será aplicada uma força de apenas 1.000 N, equivalente ao peso de uma massa de 100 kg (e não 500 kg, que é a massa da pedra).



### ATIVIDADE 2 Que braços grandes!

A figura ao lado mostra um alicate de corte de braços grandes, utilizado para cortar peças mais duras e resistentes, como grades e correntes metálicas. Qual é a vantagem de ele ter os braços bem maiores que a ponta da ferramenta?

---



---



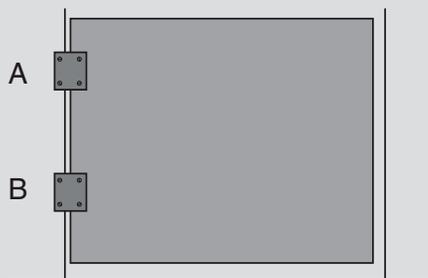
---





## DESAFIO

Um portão está fixo em um muro por duas dobradiças A e B, conforme mostra a figura, sendo P o peso do portão.



Caso um garoto se dependure no portão pela extremidade livre, e supondo que as reações máximas suportadas pelas dobradiças sejam iguais,

- é mais provável que a dobradiça A arrebente primeiro que a B.
- é mais provável que a dobradiça B arrebente primeiro que a A.
- seguramente as dobradiças A e B arrebentarão simultaneamente.
- nenhuma delas sofrerá qualquer esforço.
- o portão quebraria ao meio, ou nada sofreria.

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: 14 jan. 2015.



## PENSE SOBRE...

Diz a lenda que o filósofo grego Arquimedes, ao ser questionado sobre se conseguiria mover um navio extremamente pesado, teria respondido: “Dai-me uma alavanca e um apoio e moverei o mundo”. Você acha que seria possível mover a Terra de sua órbita utilizando uma alavanca?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Trocando o pneu

Ao colocar o cano, aumenta-se o braço de aplicação da força, incrementando seu efeito de rotação. É como se estivesse se ampliando a força aplicada.

### Atividade 2 - Que braços grandes!

O alicate, assim como a tesoura, nada mais é do que a junção de duas alavancas, presas por um parafuso nas partes que separam os braços (cabos) da ponta do alicate. Sendo assim, quanto maiores forem os braços em relação à ponta, maior será o efeito multiplicador da alavanca e a força aplicada por estes para cortar peças.





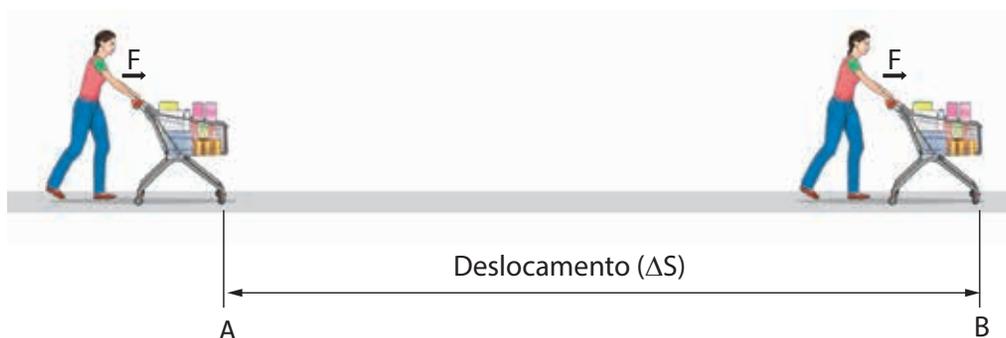


## Trabalho de uma força constante

Diferentemente dos outros animais, o ser humano busca adaptar a natureza aos seus interesses, em vez de apenas se adaptar a ela. A princípio, ele usava a própria energia, geralmente trabalhando em grupos. Mais tarde, passou a utilizar a energia de animais domésticos, e até mesmo a forçar outros seres humanos ao trabalho escravo.

Nos séculos XVII e XVIII, a mão de obra escrava e artesanal foi dando lugar ao trabalho assalariado e ao uso de máquinas. Nessa mesma época, o conceito de trabalho de uma força foi definido, até porque o trabalho realizado pelas pessoas passou a ser comprado e, por isso, surgiu a necessidade de ser medido.

Diz-se que uma força realiza trabalho quando o resultado de sua aplicação é o deslocamento de um objeto. O trabalho realizado por uma força paralela ao deslocamento depende, então, do valor da força e também do deslocamento que ela foi capaz de produzir. Quanto maior a força, maior será o trabalho, e, quanto maior for o deslocamento gerado pela aplicação dessa força, maior também terá sido o trabalho realizado pela força.



Isso tudo pode ser escrito na linguagem matemática como:

$\tau$ : trabalho realizado pela força  $F$ ;

$\tau = F \cdot \Delta S$       $F$ : força constante e paralela ao deslocamento;

$\Delta S$ : distância percorrida pelo corpo sob a aplicação da força.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de trabalho é  $N \cdot m$  (newton vezes metro), que é chamada de joule (J).

Por exemplo, o trabalho realizado por uma pessoa para elevar um pacote de 100 g (ou seja, 0,1 kg), cujo peso é de 1 N, do chão até uma altura de 1 m, corresponde a:

$$\tau = F \cdot \Delta S = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ J}.$$

No conceito de trabalho, força e distância se complementam. Ou seja, se for preciso levar uma caixa pesada do solo até o primeiro andar, pode-se levá-la por uma escada, fazendo muita força numa distância menor, ou por uma rampa, fazendo menos força, porém por uma distância maior.

## ATIVIDADE 1 Trabalho e aceleração

Como você viu nas leis de Newton, na Unidade 3, conforme uma força atua em um corpo, ele muda de velocidade. E quando uma força realiza trabalho, ela também vai alterar a velocidade do corpo? Justifique.

---



---



---



### Trabalho de uma força qualquer

Embora força e deslocamento possam se compensar, o trabalho realizado por uma força mostra que, para uma mesma força aplicada, quanto maior a distância na qual ela permanece agindo, maior será a mudança na velocidade. Isso não é fácil de perceber apenas por meio das leis de Newton.

Contudo, nem sempre a força que é aplicada num corpo é constante. Nesse caso, o cálculo do trabalho realizado pela força depende de uma análise de como essa força vai mudando com a distância. Essa variação pode ser ilustrada num gráfico que representa a variação da força com a distância.

No gráfico 1, pode-se ver como varia a força realizada por um elástico à medida que se tenta esticá-lo. Quanto mais se puxa o elástico, mais força contrária ao “puxão” ele exerce, ou seja, essa força aplicada pelo elástico, conhecida como força elástica, é proporcional a quanto ele estica, como se observa no gráfico 2. Para calcular o trabalho realizado por essa força elástica, basta calcular a área subentendida entre a linha do gráfico e o eixo  $x$ .

Gráfico 1

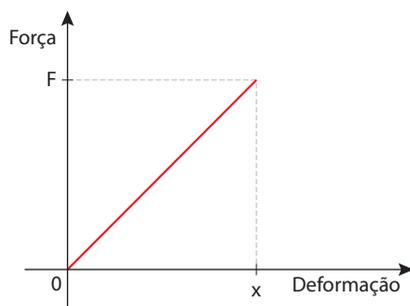
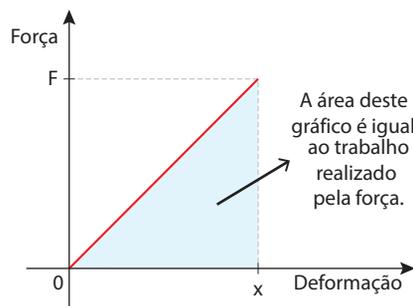
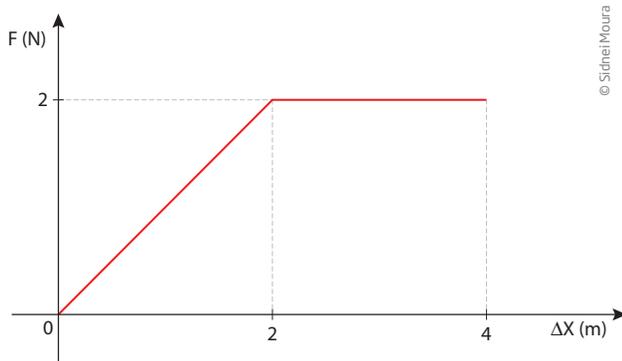


Gráfico 2



## ATIVIDADE 2 Trabalho resistente

Um carro se desloca numa rua, quando seu motorista avista o farol. Ele aciona os freios, imprimindo uma força de 2.000 N para parar os pneus. O gráfico abaixo mostra como varia a força aplicada pelo sistema de freios nos pneus. Qual foi o trabalho realizado pelos freios até o carro parar?



Uma das atividades fundamentais que realizamos para nos manter vivos é respirar. Durante a respiração há realização de trabalho?

### HORA DA CHECAGEM

#### Atividade 1 - Trabalho e aceleração

Sim. Quando uma força atua num corpo e ele se desloca, além de alterar sua velocidade, ela também realiza trabalho. Note que seria possível um conjunto de forças atuar num corpo fazendo que ele se deslocasse com velocidade constante. Nesse caso, haveria a realização de trabalho, mas não haveria mudança de velocidade.

#### Atividade 2 - Trabalho resistente

Basta calcular a área do gráfico, conforme ilustrado, que resulta em 5.000 J.

