# 1ª SÉRIE

ENSINO MÉDIO
Caderno do Professor
**Volume 1**

# FÍSICA

Ciências da Natureza

Distribuição gratuita,
venda proibida

GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO
Secretaria da Educação

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

# MATERIAL DE APOIO AO CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO

## CADERNO DO PROFESSOR

# FÍSICA

## ENSINO MÉDIO
## 1ª SÉRIE
## VOLUME 1

Nova edição
2014-2017

São Paulo

**Governo do Estado de São Paulo**

Governador

Geraldo Alckmin

Vice-Governador

Guilherme Afif Domingos

Secretário da Educação

Herman Voorwald

Secretário-Adjunto

João Cardoso Palma Filho

Chefe de Gabinete

Fernando Padula Novaes

Subsecretária de Articulação Regional

Rosania Morales Morroni

Coordenadora da Escola de Formação e Aperfeiçoamento dos Professores – EFAP

Silvia Andrade da Cunha Galletta

Coordenadora de Gestão da Educação Básica

Maria Elizabete da Costa

Coordenadora de Gestão de Recursos Humanos

Cleide Bauab Eid Bochixio

Coordenadora de Informação, Monitoramento e Avaliação Educacional

Ione Cristina Ribeiro de Assunção

Coordenadora de Infraestrutura e Serviços Escolares

Ana Leonor Sala Alonso

Coordenadora de Orçamento e Finanças

Claudia Chiaroni Afuso

Presidente da Fundação para o Desenvolvimento da Educação – FDE

Barjas Negri

Senhoras e senhores docentes,

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo sente-se honrada em tê-los como colaboradores nesta nova edição do *Caderno do Professor*, realizada a partir dos estudos e análises que permitiram consolidar a articulação do currículo proposto com aquele em ação nas salas de aula de todo o Estado de São Paulo. Para isso, o trabalho realizado em parceria com os PCNP e com os professores da rede de ensino tem sido basal para o aprofundamento analítico e crítico da abordagem dos materiais de apoio ao currículo. Essa ação, efetivada por meio do programa Educação — Compromisso de São Paulo, é de fundamental importância para a Pasta, que despende, neste programa, seus maiores esforços ao intensificar ações de avaliação e monitoramento da utilização dos diferentes materiais de apoio à implementação do currículo e ao empregar o *Caderno* nas ações de formação de professores e gestores da rede de ensino. Além disso, firma seu dever com a busca por uma educação paulista de qualidade ao promover estudos sobre os impactos gerados pelo uso do material do São Paulo Faz Escola nos resultados da rede, por meio do Saresp e do Ideb.

Enfim, o *Caderno do Professor,* criado pelo programa São Paulo Faz Escola, apresenta orientações didático-pedagógicas e traz como base o conteúdo do Currículo Oficial do Estado de São Paulo, que pode ser utilizado como complemento à Matriz Curricular. Observem que as atividades ora propostas podem ser complementadas por outras que julgarem pertinentes ou necessárias, dependendo do seu planejamento e da adequação da proposta de ensino deste material à realidade da sua escola e de seus alunos. O *Caderno* tem a proposição de apoiá-los no planejamento de suas aulas para que explorem em seus alunos as competências e habilidades necessárias que comportam a construção do saber e a apropriação dos conteúdos das disciplinas, além de permitir uma avaliação constante, por parte dos docentes, das práticas metodológicas em sala de aula, objetivando a diversificação do ensino e a melhoria da qualidade do fazer pedagógico.

Revigoram-se assim os esforços desta Secretaria no sentido de apoiá-los e mobilizá-los em seu trabalho e esperamos que o *Caderno*, ora apresentado, contribua para valorizar o ofício de ensinar e elevar nossos discentes à categoria de protagonistas de sua história.

Contamos com nosso Magistério para a efetiva, contínua e renovada implementação do currículo.

Bom trabalho!

**Herman Voorwald**
Secretário da Educação do Estado de São Paulo

# Sumário

**Orientação sobre os conteúdos do volume 6**

**Tema 1 – Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores 8**

Situação de Aprendizagem 1 – Levantamento e classificação dos movimentos do cotidiano 9

Situação de Aprendizagem 2 – Identificando as variáveis relevantes de um movimento 12

Situação de Aprendizagem 3 – Estimando valores de grandezas dos movimentos 18

Grade de avaliação 22

Propostas de questões para aplicação em avaliação 23

**Tema 2 – Quantidade de movimento linear: variação e conservação 27**

Situação de Aprendizagem 4 – Alterando os movimentos 27

Situação de Aprendizagem 5 – A força de uma interação 33

Situação de Aprendizagem 6 – Compensando os movimentos na ação de forças internas 37

Situação de Aprendizagem 7 – A conservação do momento linear 42

Situação de Aprendizagem 8 – O conhecimento físico ajuda a julgar ações do nosso dia a dia 44

Grade de avaliação 48

Propostas de questões para aplicação em avaliação 49

**Tema 3 – Leis de Newton 52**

Situação de Aprendizagem 9 – Análise das partes de um sistema de corpos 53

Situação de Aprendizagem 10 – Comparando as leis de Newton e a Lei da Conservação da quantidade de movimento 59

Grade de avaliação 62

Propostas de questões para aplicação em avaliação 63

**Proposta de Situação de Recuperação 66**

**Tema 4 – Trabalho e energia mecânica 68**

Situação de Aprendizagem 11 − Formas de energia envolvidas em movimentos do cotidiano 69

Situação de Aprendizagem 12 – Conservação de energia em sistemas do cotidiano 78

Situação de Aprendizagem 13 – Riscos da alta velocidade em veículos 82

Grade de avaliação 89

Propostas de questões para aplicação em avaliação 90

**Tema 5 – Equilíbrio estático e dinâmico 94**

Situação de Aprendizagem 14 – A evolução das máquinas mecânicas 95

Situação de Aprendizagem 15 – Avaliando situações de equilíbrio estático 99

Situação de Aprendizagem 16 – O torque em situações de equilíbrio 104

Situação de Aprendizagem 17 – Ampliação de forças: aumentando o deslocamento na realização de trabalho 110

Grade de avaliação 115

Propostas de questões para aplicação em avaliação 116

**Proposta de Situação de Recuperação 120**

**Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 122**

**Considerações finais 125**

**Quadro de conteúdos do Ensino Médio 126**

# ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO VOLUME

Este Caderno propõe Situações de Aprendizagem que foram elaboradas com o propósito de auxiliar o professor no desenvolvimento de aulas de Física cada vez mais instigantes aos seus alunos e, ao mesmo tempo, contribuir para a formação de indivíduos capazes de participar do processo de transformação da sociedade de forma mais consciente em relação às questões sociais, ambientais e tecnológicas.

As Situações de Aprendizagem propostas tratam de questões do cotidiano que envolvem movimentos e suas variações, abordados segundo as leis da conservação da quantidade de movimento linear e as leis de Newton – e não por meio da cinemática, como se faz tradicionalmente.

Tratam também da Lei da Conservação de energia – que complementa o estudo do movimento no seu aspecto escalar e temporal – e do equilíbrio estático – que é o conceito usado para a compreensão das condições articulares dos movimentos de translação e de rotação. Por fim, a amplificação de força é analisada por meio das leis físicas que a possibilitam, como a conservação do trabalho de uma força.

A opção foi pelo estudo das leis gerais, pois são elas que permitem entender as relações causais necessárias para a compreensão dos fenômenos. Embora essas leis tenham sido enunciadas no século XIX, ainda hoje, se reinterpretadas, particularmente a da conservação da quantidade de movimento linear, são válidas na solução de problemas contemporâneos relativos ao estudo dos movimentos, desde os astronômicos até os microscópicos.

Diversas atividades deste Caderno iniciam o estudo de determinado tema fazendo um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, em termos de conceitos e de representações linguísticas. Esse procedimento possibilita o desenvolvimento de competências no domínio da linguagem por meio da reconstrução de conceitos e da adequação da linguagem matemática e científica, sendo também uma oportunidade para que você, professor, faça adequações em seu programa a partir das concepções que os alunos trazem sobre o tema a ser trabalhado. A representação gráfica de dados experimentais, a transformação de unidades de uma grandeza e a redação de relatório de experiência são também atividades que valorizam as competências de investigação científica e de construção da linguagem.

Construir e aplicar conceitos para a compreensão de fenômenos naturais, tomar decisões e enfrentar situações-problema são também competências valorizadas nas Situações de Aprendizagem, que solicitam a participação dos alunos mediante solução de questões. O desenvolvimento da competência de relacionar informações para a construção de argumentos consistentes está presente em vários momentos do desenvolvimento das atividades.

As estratégias utilizadas para o trabalho destas competências foram escolhidas de forma a valorizar a ação e a autonomia dos alunos e a interação dinâmica entre eles e o professor.

Em relação aos procedimentos de avaliação, optamos por diagnosticar o desenvolvimento de competências e habilidades específicas da Física, bem como aquelas gerais de leitura e escrita. Para isso, as avaliações propiciam situações-problema em que os alunos utilizam os conhecimentos adquiridos para destacar variáveis relevantes, obter informações e utilizá-las em contextos adequados, interpretar códigos e

linguagens, tomar decisões autônomas pautadas por princípios científicos, posicionar-se em relação a problemas socialmente relevantes e expressar-se de forma adequada por meio da linguagem formal da Física.

Este Caderno está dividido em cinco partes: a primeira destaca o tema "Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores" e é composta por três Situações de Aprendizagem; a segunda, "Quantidade de movimento linear: variação e conservação", é desenvolvida em cinco Situações de Aprendizagem; a terceira, composta pelo tema "Leis de Newton", é desenvolvida em duas Situações de Aprendizagem; a quarta, com "Trabalho e energia mecânica", é composta por três Situações de Aprendizagem; e a quinta, com "Equilíbrio estático e dinâmico", é desenvolvida em quatro Situações de Aprendizagem. No início de cada Situação de Aprendizagem, é apresentada uma ficha-resumo da atividade. Após a explicitação do objetivo e do contexto da proposta de atividade, é apresentado um roteiro, que é dirigido ao aluno. Em seguida, é apresentado o "Encaminhamento da ação", momento em que é explicitado o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem.

Para complementar as discussões e os encaminhamentos das Situações, estão previstos momentos em que outras ações podem ser programadas por você, e que são fundamentais para a adequação dessa proposta ao trabalho com grupos de alunos de cada sala de aula.

Como pôde perceber, o Caderno apresenta 17 Situações de Aprendizagem, cujo desenvolvimento pode superar o tempo ou o número de aulas disponível. Portanto, cabe a você, segundo a realidade de suas turmas e suas opções pedagógicas, selecionar as mais indicadas aos seus propósitos.

É importante ressaltar o caráter experimental da Física e o protagonismo do aluno, presentes nessa proposta. Avalie as formas de atuação apresentadas neste Caderno e incorpore-as à sua prática profissional, de forma cooperativa e reflexiva. Incorpore também suas contribuições a essa proposta e bom trabalho!

# TEMA 1 – GRANDEZAS DO MOVIMENTO: IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTIMATIVA DE VALORES

Neste tópico, buscamos reconhecer os movimentos presentes em nosso dia a dia, identificar sua função e organizá-los, de forma a diferenciar os que se destinam ao deslocamento (transporte) dos que se destinam à rotação (como o giro das pás de um ventilador ou de um liquidificador). Entre os que realizam a rotação estão aqueles que ampliam nossa força, como o giro de uma chave de fenda ou o deslocamento por meio de uma alavanca ou roldana, e os que estão relacionados ao equilíbrio dos objetos, como o movimento da bicicleta que auxilia o ciclista a andar sem as mãos no guidão.

As Situações de Aprendizagem se desenvolvem em duas etapas: a primeira trata da identificação, caracterização e organização dos diferentes movimentos realizados no cotidiano. A segunda, do estudo conceitual e formal das grandezas que caracterizam o movimento, como velocidade, deslocamento, intervalo de tempo, trajetórias e percursos, estudo este realizado por meio de estimativas e medidas experimentais dessas grandezas e pelo uso das relações entre elas na solução de problemas.

Caso pretenda priorizar a diversidade de estratégias de aprendizagem e procedimentos fundamentais para o estudo da Mecânica, sugerimos que selecione as Situações de Aprendizagem 1, 3, 5, 6, 7, 8 e 9.

A justificativa dessa escolha assenta-se no fato de que a Situação de Aprendizagem 1 apresenta um elemento fundamental para o entendimento da proposta, elaborando um planejamento de curso com a participação dos alunos por meio do levantamento e da classificação de objetos do mundo dos alunos. A Situação de Aprendizagem 3 discute o conceito de velocidade, utilizando como estratégia um procedimento experimental que caracteriza o conhecimento físico e estimula a produção da escrita por meio do relatório. A Situação de Aprendizagem 5 trata da necessidade de uma interação para alterar as características de um movimento, utilizando abordagem conceitual e trabalhando diretamente com a linguagem matemática. A Situação de Aprendizagem 6 discute o princípio fundamental do movimento: a conservação do momento linear. Para isso, utiliza um procedimento experimental qualitativo como estratégia e estimula a produção da escrita por meio de uma síntese. A Situação de Aprendizagem 7 retoma as características da conservação do momento linear utilizando uma estratégia de discussão conceitual, com abordagem abstrata e trabalho direto com a linguagem matemática. A Situação de Aprendizagem 8 sistematiza o conhecimento físico apresentado nas Situações de Aprendizagem deste Caderno e propõe, de forma lúdica, que esse conhecimento seja utilizado para avaliar e prever situações cotidianas que envolvem a variação da quantidade de movimentos. A Situação de Aprendizagem 9 enfoca os diagramas de força e sua aplicação no estudo do movimento e da estática dos corpos, com ênfase nas leis de Newton.

Esse conjunto de Situações de Aprendizagem trata dos principais conteúdos propostos no estudo dos movimentos: grandezas que caracterizam os movimentos, conservação da quantidade de movimentos, variações dos movimentos associados às interações e leis de Newton da Mecânica.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1
# LEVANTAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO COTIDIANO[a]

Esta primeira Situação de Aprendizagem inicia-se com um exercício de sensibilização que tem como objetivo fazer um levantamento dos movimentos realizados pelos alunos durante um dia e a identificação dos motivos pelos quais eles os realizam. A partir do reconhecimento das finalidades e das causas que levaram à execução desses movimentos, eles são classificados, o que resulta em um planejamento das aulas. A relevância desse procedimento está no fato de o estudo dos movimentos se iniciar com elementos do mundo dos alunos e contar com a participação deles na organização do que será estudado.

**Conteúdos e temas**: movimentos que se realizam no cotidiano e grandezas relevantes para sua observação.

**Competências e habilidades**: utilizar terminologia científica adequada para descrever movimentos de situações cotidianas; identificar a presença de movimentos no cotidiano; classificar os movimentos reconhecendo as grandezas que os caracterizam; planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas.

**Sugestão de estratégias:** atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

**Sugestão de recursos:** roteiro 1 de atividade em grupo visando identificar e classificar os movimentos e os elementos e grandezas que os caracterizam.

**Sugestão de avaliação:** avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as grandezas e os elementos dos movimentos e sobre as formas de organizá-los em grupos a partir de suas características.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para iniciar a discussão sobre o movimento no nosso dia a dia, convide os alunos a refletirem sobre transporte, esportes, atividades de lazer, a fim de instigá-los a pensar a respeito da importância do movimento em nossa vida. Também é interessante colocar como questão para debate: *O que seria a vida se não existisse movimento?*

O roteiro a seguir visa auxiliar os alunos a aprofundar essa reflexão.

[a] Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 1. Pondo as coisas no lugar. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 5. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf>. Acesso em: 20 maio 2013.

## Roteiro 1 – Reconhecendo os movimentos no dia a dia

**1.** Faça uma lista dos principais movimentos que você realizou hoje e dos movimentos de coisas e pessoas que chamaram sua atenção no decorrer do dia.

Os alunos deverão apresentar como resposta elementos sobre transportes, esportes, atividades de lazer, entre outros. Será comum a apresentação dos meios de transporte coletivo, como ônibus, trem, metrô, ou particulares, como carro, bicicleta, *skate*, patins, ou a locomoção a pé. Eles também podem citar movimentos de barcos e navios, de aviões e helicópteros, tanto de translação, em seu deslocamento, como de rotação, em seus componentes, tais como hélices, lemes, motores etc. Os movimentos de rotação devem aparecer principalmente no movimento da roda dos veículos de transporte, das hélices, ou de utensílios domésticos, como liquidificador ou ventilador.

**2.** O que foi necessário para realizar cada um desses movimentos (combustível, alimento, uma rampa, ter pernas, ter rodas etc.)?

Em cada um dos movimentos apresentados, deve-se identificar a fonte de energia para que ele possa ser realizado, como o uso de combustível fóssil ou de eletricidade, ou de fontes de energia química em geral, como os alimentos. Também podem ser identificados aspectos dos componentes que permitem a realização desse tipo específico de movimento, como ter pernas para andar, ter rodas etc.

**3.** Qual foi a finalidade de cada movimento?

Os movimentos apresentados podem ter como finalidade o transporte, como o movimento dos carros, ônibus, caminhões etc.; produzir movimento de rotação sem promover a translação, como acontece com a roda-gigante, o ventilador ou as pás de um liquidificador; girar para produzir ou controlar o deslocamento, como faz as rodas dos veículos, as hélices de barcos e aviões etc.; produzir ou ampliar parâmetros de movimento, como faz o motor, o pedal da bicicleta, o volante etc.; a ampliação de força, como proporciona os lemes, remos etc. No caso de motocicletas e bicicletas, o movimento deles também equilibra forças.

**a)** Entre eles, quais movimentos tiveram a finalidade de deslocamento?

Identificar entre os movimentos citados quais tiveram a finalidade de deslocar ou de transladar objetos, corpos, pessoas, cargas, entre outros, de um lugar para outro.

**b)** Quais movimentos produziram giro?

Identificar entre os movimentos citados quais tiveram a finalidade de promover o giro, como hélices, pás de ventilador, roda-gigante, gira-gira, eixos, rodas etc.

**c)** O que foi utilizado para controlar os movimentos?

Identificar entre os movimentos citados quais precisaram de dispositivos para controlar o movimento, como volantes, remos, lemes, freios etc.

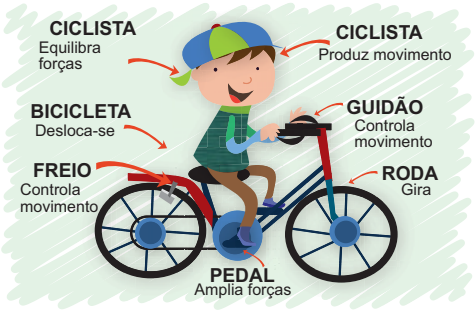
**d)** É possível ampliar a força ao realizar movimentos?

Sim, isso acontece quando são utilizados remos, sistemas de roldanas móveis, sistemas de transmissão de carros, marchas de bicicletas etc.

**e)** Em grupo, converse e identifique as semelhanças e diferenças dos movimentos realizados, o que é necessário para produzi-los e para controlá-los. Anote as conclusões do grupo.

Os movimentos poderão ser agrupados em relação às suas funções, mas também em relação às fontes de energia, como combustíveis fósseis de motores a gás, gasolina, óleos etc.; em relação ao uso da energia eólica (dos ventos), como em barcos a vela, *windsurf*, asa-delta, parapente; ou em relação ao uso da gravidade, como num carrinho de rolimã ou no *skate*.

**4.** Classifique tudo o que você levantou junto ao seu grupo e anote na tabela o que se desloca, gira, produz movimentos, controla movimentos, amplia força aplicada e equilibra forças.




© Lie Kobayashi/Adaptado de GREF

Figura 1.

Observe o exemplo apresentado na figura e identifique nela, em cada destaque, sua classificação. Depois preencha a tabela a seguir. Observe que alguns elementos podem aparecer em duas ou mais colunas, como o pedal, que controla o movimento, amplia a força aplicada e gira.

Os alunos provavelmente terão dificuldades quanto aos elementos que ampliam forças ou controlam o movimento. Mas a figura apresenta algumas pistas, portanto deixe que eles a discutam e auxilie-os para que o conjunto identificado seja suficiente para a classificação solicitada. Todos os itens apresentados pelos alunos devem ser classificados, o que poderá levar à inclusão de mais uma categoria chamada "outros".

| **Movimento** | | **Forças** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Deslocam-se | Giram | Produzem movimento | Controlam movimento | Ampliam forças | Equilibram forças |
| Bicicleta | Roda | Ciclista | Guidão | Pedal | Ciclista |
| Avião | Hélices | Motor | Freio | Martelo | Ponte |
| Bola | Bola | Vento | Volante | Alicate | Balança |
| Foguete | Satélite | Gasolina | Trilho | Macaco | Bicicleta |

Tabela 1.

## Encaminhando a ação

Em relação ao item 1, cada grupo deverá relatar aos colegas dos demais grupos a sua lista de movimentos[b]. À medida que são apresentados, escreva a lista na lousa para a classificação realizada no item 4.

A tabela montada ao final da atividade apresenta uma visão do que será abordado no curso de Física, que tem início com o estudo dos deslocamentos e giros, passa pela identificação das causas que produzem e controlam os movimentos, prossegue com enfoque nos instrumentos que ampliam as

[b] Esse exemplo de classificação foi retirado das *Leituras de Física* do GREF. Embora seja possível estabelecer outras categorias de classificação, as utilizadas pelo GREF têm apresentado ótimos resultados para o estudo da Mecânica.

forças e termina com o estudo das condições que possibilitam o equilíbrio. Durante todo o estudo do movimento, ao longo deste Caderno, os alunos poderão consultar constantemente essa tabela para verificar se estão entendendo como a Física explica os movimentos.

Iniciaremos assim o estudo do movimento pela discussão das grandezas que podem caracterizar o movimento, em especial nos deslocamentos dos movimentos de translação, como quando precisamos nos locomover numa cidade ou viajar de uma cidade para outra.

Para contextualizar o assunto a ser discutido na próxima Situação de Aprendizagem, solicite aos alunos a Lição de casa:

Pesquise em livros, na internet e também pergunte a motoristas como são as placas que informam velocidade, tempo e distância na estrada e na cidade. Identifique suas principais características e as informações que elas apresentam ao motorista.

Verifique se os alunos, ao realizarem a pesquisa, destacam as grandezas físicas acompanhadas das unidades de medida apropriadas.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2
## IDENTIFICANDO AS VARIÁVEIS RELEVANTES DE UM MOVIMENTO

Nesta Situação de Aprendizagem iniciaremos o estudo dos deslocamentos nos movimentos de translação. O primeiro passo é identificar as grandezas relevantes na descrição de um movimento, como deslocamento, tempo e velocidade, a partir da análise das placas de trânsito de ruas e rodovias. A seguir, com base no cálculo da velocidade de um veículo por um medidor de velocidade fixo, será conceituada a velocidade instantânea. Para isso, partiremos novamente dos elementos da vida cotidiana dos alunos, portanto, uma proposta bastante diferente da encontrada nos livros didáticos, em que as grandezas que descrevem o movimento são definidas matematicamente.

**Conteúdos e temas**: movimentos que se realizam no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação; conceituação de deslocamento, distância percorrida, intervalo de tempo, velocidade média, velocidade média escalar e velocidade instantânea.

**Competências e habilidades**: utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

**Sugestão de estratégias:** atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

**Sugestão de recursos:** roteiro 2 de atividade em grupo visando identificar e classificar três grandezas que caracterizam o movimento de translação.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a capacidade do aluno de determinar a velocidade média de veículos, identificar as características da velocidade instantânea.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para dar início a essa etapa, convide os alunos a pensarem nas placas de sinalização existentes nas estradas e nas vias urbanas. Organize-os em grupos para realização do roteiro a seguir.

### Roteiro 2 – Velocidade: grandeza que caracteriza o movimento

**1.** Desenhe, pelo menos, cinco diferentes placas de sinalização de rodovias ou de vias urbanas. Aponte quais indicam distância, tempo e limite de velocidade.

Os alunos devem apresentar desenhos de placas de sinalização de trânsito. (Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviarias/placas-de-sinalizacao?searchterm=placas+de+sinal>. Acesso em: 4 jul. 2013). Também podem apresentar placas publicitárias que apresentam propaganda de restaurantes, hotéis, postos de combustível etc.

**2.** O que significam as placas que indicam distâncias, por exemplo: lombada a 300 m, restaurante a 3 km, próxima cidade a 22 km etc.? A lombada, o restaurante ou a cidade estão longe ou perto?

As placas indicam a distância a ser percorrida na via para chegar ao local indicado. Assim, algo a 300 m está mais próximo que algo a 3 km, que, por sua vez, está mais próximo que algo a 22 km.

**3.** O que significam as placas que indicam tempo, por exemplo: posto a 5 min, restaurante a 15 min etc.?

As placas indicam que, se o veículo desenvolver certa velocidade, usualmente a velocidade máxima permitida na via, a distância a ser percorrida até o local levará o tempo indicado.

**4.** Será que todos chegam a essas localidades no tempo indicado? Explique.

Só se chegará a esses locais no tempo indicado se for desenvolvida a velocidade com que o tempo foi calculado, normalmente a velocidade máxima permitida. Em qualquer outra situação, como congestionamento ou deslocamento com velocidade menor que a máxima permitida, será necessário um período maior de tempo.

**5.** Pode-se demorar um tempo muito menor que esse? Explique.

Para levar um tempo muito menor do que o indicado, o motorista teria que exceder o limite de velocidade permitido, infringindo a legislação.

**6.** Para que servem as placas que indicam limite de velocidade?

Elas indicam qual é a maior velocidade permitida a ser desenvolvida por um veículo naquele trecho da via.

**7.** Por que a velocidade dos veículos é expressa em unidade de distância dividida por unidade de tempo, como km/h, m/s ou cm/s?

A velocidade é a taxa de variação do espaço em relação ao tempo. Por isso, é expressa em unidade de distância dividida por unidade de tempo: km/h no sistema métrico, cm/s no sistema CGS, m/s no Sistema Internacional de Unidades, milhas/h em carros importados ou milhas náuticas/h (nós) em navios e aviões.

**8.** Ao lado de uma placa de estrada, que indica o limite de velocidade de 90 km/h, há outra placa que mostra que a cidade de São Jorge dos Cascais está a 33 km.

**a)** Ao avistar essas placas, respeitando o limite de velocidade, qual é o menor tempo que um motorista pode demorar para chegar à cidade?

Para calcular o menor tempo, deve-se dividir a distância pela velocidade-limite, chegando-se a: $\frac{33\ km}{90\ km/h} = 0{,}37\ h = 22\ min.$

**b)** Caso 1: se um veículo demorar 25 min para chegar à cidade (tendo trafegado em velocidade constante), ele poderá ser multado por excesso de velocidade? Determine sua velocidade.

Não, pois ele demorou mais que 22 min, o que indica que trafegou em velocidade menor que a velocidade-limite. Para determinar a velocidade, utilizamos a distância percorrida, 33 km. Para determinar $v_1$, utilizamos o tempo de 25 min, que corresponde a aproximadamente 0,41 h. Teremos $v_1 = 33\ km/0{,}41\ h = 80\ km/h$.

**c)** Caso 2: se um veículo demorar 20 min para chegar à cidade, ele poderá ser multado por excesso de velocidade? Determine sua velocidade.

Sim, já que ele demorou um tempo menor que 22 min, indicando que excedeu a velocidade-limite. Para $v_2$, o tempo é de 20 min, ou 1/3 h, portanto $v_2 = 33\ km\ /1/3\ h = 99\ km/h$.

**d)** Caso 3: se um veículo demorar 15 min para chegar à cidade, ele poderá ser multado por excesso de velocidade? Determine sua velocidade.

Sim, já que ele demorou um tempo menor que 22 min, indicando que excedeu a velocidade-limite. Para determinar $v_3$, o tempo é de 15 min, ou 1/4 h, portanto $v_3 = 33\ km\ /1/4\ h\ = 132\ km/h$.

**e)** Complete com os valores das velocidades obtidas nas três diferentes unidades de medida indicadas:

A tabela expressa os valores das velocidades obtidas em três diferentes unidades de medida. Perceba que os resultados estão aproximados com dois algarismos significativos.

| $v_{limite}$ | 90 km/h | 25 m/s | 1,5 km/min |
|---|---|---|---|
| $v_1$ | 80 km/h | 22 m/s | 1,3 km/min |
| $v_2$ | 99 km/h | 27 m/s | 1,6 km/min |
| $v_3$ | 132 km/h | 36 m/s | 2,2 km/min |

Tabela 2.

## Encaminhando a ação

Com base nas placas desenhadas pelos alunos na atividade 1, classifique-as segundo o que informam: 1. distância, 2. tempo e 3. velocidade. Várias placas serão classificadas em "outras", como as que indicam pista escorregadia, animal na pista ou pista simples.

Da segunda à quinta atividade, a velocidade é abordada. Na quarta, a distância será percorrida em mais ou menos tempo, dependendo da velocidade do movimento. Na terceira, a necessidade da velocidade fica bem mais clara. Utilizando os dados das placas de distâncias e as velocidades máximas estimadas, faça cálculos do tempo que levaria para percorrer as distâncias indicadas. Da mesma forma, proponha aos alunos que utilizem os dados das placas e os valores dos tempos para determinar as distâncias correspondentes, estimando valores de velocidades máximas.

Os textos a seguir chamam atenção para o conceito de velocidade média e instantânea, e a limite se aplica também à instantânea, não somente à média.

**A estimativa da velocidade de um veículo na estrada e na cidade**

A velocidade média de um veículo pode ser calculada partindo da medida da distância entre dois pontos estratégicos (uma árvore próxima à pista, o início de uma ponte, o final de uma curva, a distância entre duas placas indicativas de posição etc.). Isso possibilita determinar o tempo mínimo em que um veículo pode percorrer esse trajeto usando a velocidade máxima permitida. Nas estradas, os policiais ainda utilizam esse procedimento para determinar se um veículo ultrapassou o limite de velocidade: se um veículo percorrer o trajeto em um tempo maior ou igual ao calculado, ele está dentro dos limites de velocidade; mas, se percorrer o trajeto em um tempo menor, ele infringiu o limite de velocidade e deverá ser multado. O policial usará a distância percorrida entre dois pontos e a medida de tempo registrada para determinar a velocidade média do infrator, dividindo a distância percorrida pelo tempo medido.

Já nas cidades usam-se as lombadas eletrônicas. Elas possuem dois sensores de pressão localizados no asfalto, que determinam a distância percorrida pela roda do veículo, e um marcador digital de tempo, que identifica os infratores. O tempo é medido entre o disparo e o travamento do marcador por meio dos sensores de pressão fixados no chão, ajustados para acionar quando um veículo motorizado passa sobre eles (motocicletas pequenas e bicicletas muitas vezes não disparam o sensor). Há ainda lombadas eletrônicas que, além de medir, também indicam ao motorista a velocidade média do veículo em um painel eletrônico luminoso.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Quais são as semelhanças entre a determinação de velocidade em uma estrada, por policiais, e em uma lombada eletrônica?

Ambos definem dois pontos na via em que será determinada a distância percorrida entre eles e o intervalo de tempo decorrido entre a passagem pelo primeiro e segundo pontos. Para determinar a velocidade, calcula-se o resultado da divisão do valor obtido para a distância pelo valor obtido para o intervalo de tempo, determinando, assim, a velocidade média do veículo.

**2.** Se um policial determinar que um carro pode demorar 27 s para percorrer um trajeto e identificar um carro que demore 22 s, ele deverá multá-lo por excesso de velocidade? Justifique.

Sim, como o carro demorou um tempo menor para cumprir a mesma distância percorrida, ele necessariamente desenvolveu velocidade maior que a permitida. Portanto, deve ser multado.

**3.** Se um carro permanecer todo o tempo com a mesma velocidade, a velocidade determinada por esses dois modos (policial e lombada eletrônica) pode ser diferente da indicada no velocímetro? Explique.

Não, se o carro não alterar sua velocidade, a velocidade média corresponderá à velocidade instantânea em qualquer trecho. Assim, a velocidade média medida corresponderá à velocidade instantânea do carro.

**4.** Qual desses dois modos de determinar a velocidade média do carro pode apresentar resultados que se diferenciem mais do valor indicado no velocímetro do carro? Explique em quais situações as velocidades serão diferentes da indicada no velocímetro.

Na medida realizada pelo policial, os trechos a ser cronometrados são grandes (centenas de metros ou até

alguns quilômetros); assim, podem ocorrer variações da velocidade durante o trajeto, e a velocidade média pode ser bastante diferente da velocidade desenvolvida pelo carro. Se o motorista, por exemplo, realizar uma diminuição brusca da velocidade motivada por um aviso de que há controle de velocidade, sua velocidade média diferirá bastante das velocidades indicadas no velocímetro ao longo do trecho.

## A velocidade instantânea

Quando usamos uma distância grande para estabelecer a velocidade média, podemos ter uma grande precisão tanto na medida do deslocamento como na medida de tempo, mas o resultado final pode ser muito diferente das velocidades efetivamente desenvolvidas durante o movimento.

Por exemplo: suponhamos que um veículo que está acima da velocidade-limite permitida seja avisado por sinal de farol, dado pelo condutor de um veículo no sentido oposto, de que há policiais realizando visualmente o controle de velocidade. Se ele reduzir drasticamente a velocidade, deixará de ser multado porque a velocidade média calculada será menor que a que de fato tinha quando o motorista foi prevenido.

Assim, para aumentar a precisão, busca-se diminuir o intervalo de tempo e consequentemente diminuímos o tamanho dos espaços percorridos para medir a velocidade. Na cronometragem visual do policial, a distância empregada é de centenas de metros; já na lombada eletrônica, as medidas caem para alguns metros, chegando a milímetros em radares eletrônicos.

Quando o intervalo de tempo é cada vez menor, a velocidade se aproxima da denominada velocidade instantânea, ou seja, medir a velocidade usando intervalos de tempo muito curtos garante que a velocidade medida corresponda à velocidade efetivamente desenvolvida pelo veículo em um certo instante.

Entretanto, isso pode trazer dificuldades para realizar as medidas de tempo e de distância com precisão, já que elas são muito pequenas. Por exemplo, a 60 km/h um veículo percorre 1 km em 1 min ou 16,6 m em 1 s, ou ainda 1 m em 0,06 s.

Quando fazemos visualmente (e manualmente) medidas em tempos e distâncias muito pequenos, há imprecisões decorrentes do tempo de reação para acionar ou parar o cronômetro (em média 0,025 s). Se tentássemos medir a velocidade de um veículo a 60 km/h, enquanto ele percorre a distância de 1 m, a imprecisão seria quase de 100%, mas seria menor do que 5% se a medida fosse feita enquanto ele percorre 20 m, e ainda menor do que 0,1% se o veículo tivesse percorrido 1 km entre as duas tomadas de tempo.

Hoje, na maior parte das estradas, a velocidade instantânea dos veículos é medida com radar eletrônico por efeito *Doppler*, determinando a velocidade pela variação da medida da frequência de uma onda eletromagnética emitida pelo radar e refletida pelo veículo em

movimento. Nas cidades, esses radares foram apelidados de "pardais", por ficarem presos a postes de iluminação. Há também os equipamentos portáteis, menores do que uma garrafa de refrigerante.

Para medir a velocidade instantânea, os velocímetros dos veículos traduzem o número de giros que os pneus dão em certo intervalo de tempo em uma medida de velocidade. Como a distância percorrida pelo veículo a cada volta da roda depende do raio do pneu, quando alguém troca a roda ou os pneus por outros de medidas diferentes, a indicação apresentada no velocímetro não corresponde à velocidade do veículo. Nesse caso, o velocímetro precisará ser calibrado novamente e sua indicação ajustada à velocidade do veículo.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Por que é mais difícil medir a velocidade média utilizando distâncias pequenas?

Isso ocorre porque, quanto menor for a distância, menor será o intervalo de tempo para cumprir o trajeto. Dessa forma, ao percorrer pequenas distâncias, fica mais difícil medir o intervalo de tempo com precisão. Como o erro associado à medida do tempo fica mais acentuado, há maior incerteza na velocidade média determinada.

**2.** Qual é a diferença entre velocidade média e velocidade instantânea?

A diferença está no intervalo de tempo. A velocidade instantânea é a velocidade média determinada quando o intervalo de tempo tende a zero, ou seja, é tão pequeno que não há variação significativa da velocidade nesse trecho. A velocidade assim determinada apresenta uma correlação com aquela desenvolvida.

**3.** Qual é a distância percorrida a cada volta do pneu com diâmetro de 55 cm?

A cada volta do pneu, o veículo desloca-se por uma distância que corresponde ao perímetro do pneu, que pode ser determinado para o pneu com 55 cm de diâmetro por: perímetro = $2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot 2 \cdot r = \pi \cdot$ diâmetro = $3{,}14 \cdot 0{,}55$ m = 1,7 m.

4. Qual será a velocidade desenvolvida por um veículo equipado com esse pneu se o pneu der 600 voltas por minuto?

Com 600 voltas por minuto, a distância percorrida em um minuto corresponderá a $1{,}7 \text{ m} \cdot 600 = 1020$ m, cerca de 1 km. A velocidade pode então ser estimada em 1 km/min = 60 km/h.

**1.** Pesquise em livros ou na internet e busque ajuda de um mecânico para identificar como o giro dos pneus se conecta com o indicador do velocímetro. Pergunte quais são as diferenças entre os velocímetros mecânicos e os velocímetros eletrônicos.

**2.** Reúna-se em grupo e faça pesquisas sobre os limites máximos de velocidade. Para isso, consulte o Código Nacional de Trânsito e *sites* em que há informações sobre as estradas e sobre as regras de trânsito nos perímetros urbanos.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3
# ESTIMANDO VALORES DE GRANDEZAS DOS MOVIMENTOS

Nesta Situação de Aprendizagem propomos o desenvolvimento da habilidade de escolha de procedimentos e equipamentos adequados para a realização de medidas, por meio da determinação das velocidades dos veículos que trafegam em vias próximas da escola. Trata-se de uma atividade experimental que deve ser realizada em grupo e com bastante cuidado por envolver ações na calçada.

**Conteúdos e temas**: características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.; estimativas e escolha de procedimentos adequados para a realização de medidas.

**Competências e habilidades**: descrever e comparar características físicas e parâmetros de movimentos de veículos e outros objetos em diferentes linguagens e formas de representação.

**Sugestão de estratégias**: discussões em pequenos grupos para propor procedimentos com proposta de fechamento em grande grupo, a fim de estabelecer um procedimento comum a todos; atividade experimental em dupla; organização de informação em tabelas; elaboração de relatório científico.

**Sugestão de recursos**: roteiro 3 de atividades em grupo visando a determinar a velocidade média dos veículos; trena, régua, fita métrica; relógio ou cronômetro.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a capacidade dos alunos de propor procedimentos em que sejam realizadas medidas de espaço e tempo para determinar a velocidade média; avaliar a capacidade dos alunos de executar o procedimento e determinar essa velocidade.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Caso você conclua que a execução dessa atividade fora da escola oferece risco aos alunos ou traz problemas institucionais, proponha o uso da quadra esportiva ou do pátio interno para avaliar a velocidade das pessoas andando ou correndo ou de bolas rolando pelo chão. Você também pode propor um jogo, marcando trajetórias no chão da quadra, em que parte dos alunos participará simulando carros e semáforos e outra parte determinará a velocidade.

Para iniciar essa etapa, proponha a seguinte situação-problema aos alunos: *Qual é a velocidade dos veículos que trafegam perto da escola?* Depois, organize-os em grupos e proponha o roteiro 3.

## Roteiro 3 – Determinando a velocidade de veículos

**1.** Elabore com seus colegas um procedimento para determinar a velocidade de um veículo. O que medir e como? Com quais equipamentos serão feitas as medidas? Quantos veículos terão sua velocidade determinada? Cada grupo deve apresentar a sua proposta para a classe.

É importante que a atividade seja apresentada aos alunos como uma situação-problema a ser solucionada experimentalmente, e que eles proponham procedimentos para resolvê-la, o que diz respeito também à escolha dos equipamentos a serem utilizados (trena, régua, fita métrica, passos, cronômetro, relógio etc.) e à discussão sobre sua adequação. Por que a trena é melhor que a régua e a fita métrica? A régua é melhor que o passo? Deve-se mostrar que o equipamento escolhido depende da precisão que se quer e que se pode obter. Também é importante escolher a quantidade de veículos para responder à questão colocada e verificar a pertinência de discriminação entre eles. Afinal, uma motocicleta terá velocidade média maior que um caminhão se ambos partirem do repouso, mas, se eles já estiverem em movimento, suas velocidades médias podem ser iguais, ou próximas. Os alunos devem elaborar um procedimento que determine a distância e o intervalo de tempo para cada veículo percorrer o trajeto entre os dois pontos. Você deve sistematizar as várias propostas e ajudá-los a definir uma única para todos os grupos.

**2.** Com um colega, desenvolva as atividades previstas no procedimento escolhido pela classe. Use o instrumento escolhido (fita métrica, trena, passo etc.) para medir a distância entre os dois pontos determinados, por exemplo, de uma esquina a outra de um quarteirão. **Atenção**: faça isso sobre a calçada, para não correr risco de atropelamento.

Distância percorrida: _____ m.

Resposta específica para cada procedimento adotado. O relevante é que se defina a distância percorrida entre os dois pontos escolhidos para a determinação da velocidade média.

**3.** Marque a seguir o tipo de veículo (carro, motocicleta, caminhão, bicicleta etc.) e o tempo em segundos.

A resposta dependerá de cada veículo selecionado na amostragem e da medida de tempo que deve ser realizada em campo.

| Veículo (tipo) | Tempo (s) | Velocidade (m/s) | Velocidade (km/h) |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Tabela 3.

**4.** Calcule a velocidade média de cada um dos veículos e registre-a também. Transforme em km/h os valores obtidos em m/s e coloque-os na tabela anterior.

Nessa questão, deve-se determinar a velocidade dividindo a distância percorrida pelo tempo medido e completar a tabela. É preciso também realizar as transformações de unidade.

**5.** Qual é a velocidade dos veículos que trafegam perto da escola?

A resposta à questão apresentada poderá ser feita de várias formas, por exemplo: tirando a média das velocidades dos veículos (em média, a velocidade dos veículos é...); apresentando um histograma; ou relatando os resultados de forma geral. Essa retomada é bastante importante, pois, em geral, o aluno faz a experiência por fazer e não a encara como um problema a ser resolvido. A média aritmética das velocidades dos veículos é obtida pela soma de todas elas dividida pelo número de veículos considerados. Se for possível identificar diferenças entre as velocidades por tipo de veículo, pode-se separar em faixas de velocidade, por exemplo: velocidade das motocicletas, velocidade dos carros, velocidade dos caminhões etc.

**1.** Elabore um relatório sobre como foi realizada a determinação da velocidade dos veículos nas proximidades da escola, descrevendo os seguintes itens:

- objetivo da experiência: o que o grupo queria medir;
- procedimento adotado para realizá-la e instrumentos utilizados: como vocês fizeram as medidas e como determinaram a velocidade dos veículos;
- conclusões: velocidades que foram determinadas por seu grupo e pelos de seus colegas e a velocidade média dos veículos que trafegam perto da escola.

Entregue o relatório produzido pelo grupo ao professor, na data agendada por ele.

No relatório, observe se o objetivo está claro para os alunos, se o procedimento realizado está devidamente caracterizado com explicações que possibilitem ao leitor a reprodução do experimento, se os dados são apresentados de forma organizada, se os alunos conseguiram determinar a velocidade média e que conclusões conseguiram organizar por meio de todo esse processo.

**2.** Explique o que aconteceria com a indicação de um velocímetro se o proprietário de um carro trocasse a roda original por uma com o dobro do raio e responda: qual seria a velocidade real do carro quando o velocímetro marcasse 60 km/h?

Como o raio dobra de tamanho, o perímetro também dobrará, por isso, a cada volta do pneu, a distância percorrida será o dobro da esperada , portanto, o velocímetro marcará 60 km/h quando o carro estiver a 120 km/h.

**3.** Carroças com tração animal desenvolvem velocidade menor do que um automóvel moderno, que por sua vez é menos rápido que um avião a jato. Estime e pesquise sobre a velocidade dos movimentos indicados e, em seu caderno, coloque-os em ordem crescente de velocidade máxima.

pessoa caminhando – bala de revólver – flecha – lesma – golfinho nadando – tartaruga – Terra deslocando-se ao redor do Sol – corredor olímpico – satélite artificial geoestacionário – bola de futebol – som no ar – som na água – a luz – bicicleta – pardal voando – paraquedas – avião a jato – avião supersônico – foguete – estação orbital

As maiores velocidades são: a da luz, seguida da Terra deslocando-se ao redor do Sol, seguida do satélite artificial. Já as menores velocidades são: a do paraquedas, seguida da pessoa caminhando, seguida da tartaruga e a menor de todas é a da lesma. Os dados relativos a essas velocidades devem ser pesquisados e deve ser completada toda a sequência crescente de velocidades, que se inicia com a da lesma e termina com a da luz.

## Encaminhando a ação

Ao final da discussão dos procedimentos propostos, deve ficar claro aos alunos que a velocidade será determinada pela medida de uma distância e de um intervalo de tempo.

Não deixe de discutir o problema que ocorre se a distância considerada for pequena em razão do erro associado à medida da distância e do tempo.

Caso você entenda que não há tempo suficiente para a elaboração do relatório durante a aula, os alunos poderão realizá-lo como atividade extraclasse.

O conceito de velocidade deverá ser generalizado como taxa de variação temporal, utilizando outros exemplos, como determinar a velocidade de crescimento de cabelos, unhas, altura ou massa de uma pessoa, perímetro encefálico de uma criança etc., ou a velocidade de consumo de produtos, como xampu, creme dental, saco de arroz, pó de café etc.

Para desenvolver mais o assunto desta Situação de Aprendizagem, você pode utilizar os exercícios apresentados a seguir.

**Desafio!**

Descubra como os aparelhos de GPS (Sistema de Posicionamento Global, por satélites) calculam e indicam a velocidade e a posição instantaneamente.

Vamos ampliar a ideia de velocidade, percebendo que ela pode ser utilizada para identificar qualquer rapidez ou taxa de variação temporal. Um exemplo disso é um motorista poder determinar o consumo de combustível em relação ao tempo que dura o conteúdo de um tanque.

**1.** Elabore um procedimento para determinar a rapidez com que ocorre o crescimento de cabelos, unhas, altura ou a variação temporal da massa de uma pessoa durante uma dieta alimentar. O que medir e como? Com que equipamentos serão feitas as medidas? Determine as velocidades ou taxas de crescimento.

O que é determinante para o acerto dessa questão é a proposição da medida da variação do tamanho e do tempo para determinação da velocidade. O uso de réguas, trenas ou fita métrica dependerá do tamanho a ser medido. Para a unha, o mais comum seria a régua. É relevante que a menor divisão do instrumento seja em milímetros, já que o crescimento mensal é dessa ordem de grandeza. Medidas de tempo em segundos são despropositadas para processos lentos, assim como medidas de tamanho da unha em metros. Ainda que essas medidas não estejam erradas, devem ser devidamente discutidas com os alunos caso apareçam nas respostas. O procedimento adequado é aquele em que a unidade utilizada seja de milímetros por mês. Alguns alunos incorrerão no erro de determinar velocidade usando o tamanho do cabelo e não sua variação, isso precisa ser diagnosticado e corrigido por você. Para a medida da massa corporal de uma pessoa, deve-se utilizar uma balança. A precisão mais comum é em quilogramas (kg), mas existem balanças de farmácia com precisão de décimo de quilo ou de consultório médico com precisão de centésimo de quilo. O tempo também é um fator a ser levado em consideração; dependendo da hora do dia que é feita a medida da massa, podemos identificar diferenças no valor obtido, isso porque a quantidade de líquido retido pelo organismo varia ao longo do dia e em função das refeições realizadas.

**2.** Elabore um procedimento para determinar a rapidez do consumo de produtos que você usa em sua casa, como sabonete, xampu, creme dental, arroz, pó de café etc. O que medir e como? Com que equipamentos serão feitas as medidas? Determine as taxas de consumo.

O que é determinante para o acerto da questão é a proposição da medida da variação da quantidade e do tempo para determinar a velocidade. O procedimento é equivalente ao descrito na questão anterior.

**1.** Identifique na figura os movimentos e suas características. Aponte e anote o que se desloca, gira, produz movimentos, controla os movimentos, amplia a força aplicada ou equilibra forças.

© Extreme Sports Photo/ Alamy/Glow Images

Figura 2.

Pode-se perceber o deslocamento do surfista e da onda, o giro da onda. O deslocamento da onda produz o deslocamento do surfista, a prancha controla os movimentos, o surfista equilibra forças.

**2.** Determine a velocidade média para as seguintes situações.

**a)** Em uma estrada, um carro passa pela placa que indica a posição 15 km e após 3 min e 20 s passa pela placa que indica a posição 9 km.

Velocidade = distância percorrida/intervalo de tempo.
v = (9 – 15) km / 200 s; v = –6 km / 200 s, ou seja,
v = –6 000 m / 200 s = –30 m/s = –108 km/h.
O sinal negativo da velocidade indica que o carro se deslocou em sentido contrário à orientação da trajetória, isto é, movimento retrógrado.

**b)** Um avião comercial demora 45 min para ir do aeroporto de Congonhas, em São Paulo, ao aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro. Use um mapa para determinar a distância entre os aeroportos ou consulte uma tabela de distâncias entre aeroportos que pode ser encontrada em algumas agendas ou na internet.

Velocidade = distância percorrida/intervalo de tempo.
Distância aproximada de 365 km, tempo 45 min: v = 486 km/h.

**c)** Um velocista corre 100 m em 9,9 s.

Velocidade = distância percorrida/intervalo de tempo.
v = 100 m / 9,9 s; v = 10 m/s.

## GRADE DE AVALIAÇÃO

| | Competências e habilidades | Indicadores de aprendizagem |
|---|---|---|
| Situação de Aprendizagem 1 | ▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever movimentos de situações cotidianas.<br>▶ Identificar a presença de movimentos no cotidiano.<br>▶ Classificar os movimentos identificando as grandezas que os caracterizam.<br>▶ Planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas. | ▶ Executar procedimento de determinação da velocidade.<br>▶ Identificar grandezas que caracterizam o movimento.<br>▶ Classificar os movimentos em categorias. |
| Situação de Aprendizagem 2 | ▶ Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação.<br>▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.<br>▶ Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas. | ▶ Reconhecer variáveis que caracterizam movimentos de translação.<br>▶ Reconhecer a velocidade como taxa de variação temporal das posições no espaço.<br>▶ Identificar distância (ou deslocamento) e tempo como variáveis que caracterizam o movimento de translação.<br>▶ Estimar o tempo, a distância (ou deslocamento) ou a velocidade, determinando um deles a partir dos dois outros. |

| | | |
|---|---|---|
| Situação de Aprendizagem 3 | ▶ Compreender características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.<br>▶ Fazer estimativas e escolha de procedimentos adequados para a realização de medidas. | ▶ Propor procedimentos em que sejam realizadas medidas de espaço e de tempo para determinação da velocidade.<br>▶ Executar o procedimento e determinar a velocidade.<br>▶ Identificar diferentes unidades de medida de uma mesma grandeza.<br>▶ Organizar informações em tabelas e histogramas.<br>▶ Realizar relatórios de atividades experimentais.<br>▶ Identificar diferentes formas de representar o movimento, com trajetórias, gráficos, funções etc.<br>▶ Generalizar o conceito de velocidade como taxa de variação em relação ao tempo. |

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

**1.** (Concurso PEBII-SP – 2007) A tradicional corrida de São Silvestre, no Brasil, ocorre no dia 31 de dezembro desde 1925. Ao longo desses anos, o percurso foi modificado inúmeras vezes, tendo tido no mínimo 5 500 metros e no máximo 15 mil metros. A maior velocidade média desenvolvida nessa corrida foi de, aproximadamente, 6,3 metros por segundo, em uma prova em que o vencedor obteve a marca de 23 minutos e 26 segundos em um percurso com

**a)** 6 200 metros.

**b)** 7 000 metros.

**c)** 7 600 metros.

**(d)** 8 900 metros.

**e)** 9 200 metros.

V = 6,3 m/s; $\Delta t$ = 23 min e 26 s = 23 · 60 + 26 = 1 380 + 26 = = 1 406 s

$\Delta s = V \cdot \Delta t$

$\Delta s$ = 6,3 · 1 406 = 8 857,8 metros.

**2.** (Concurso PEBII-SP – 2007) No Estado de São Paulo, é comum que as estradas apresentem dois diferentes limites de velocidade; um para caminhões e ônibus e outro para automóveis. Na Rodovia dos Bandeirantes, por exemplo, essas velocidades são, respectivamente, 90 km/h e 120 km/h. Um automóvel entra nessa rodovia 10 minutos depois de um caminhão, sendo que ambos trafegam com a velocidade máxima permitida. Pode-se prever que o automóvel irá ultrapassar o caminhão em, aproximadamente,

**a)** 5 minutos.

**b)** 10 minutos.

**c)** 20 minutos.

**(d)** 30 minutos.

**e)** 40 minutos.

Na ultrapassagem, a posição é a mesma para as duas funções horárias: 10 minutos = 1/6 hora

90 · ($\Delta t$ + 1/6) = 120 · $\Delta t$; 90 · $\Delta t$ + 15 = 120 · $\Delta t$; 15 = 30 · $\Delta t$, portanto $\Delta t$ = 0,5 hora.

**3.** (Comvest/Vestibular Unicamp – 2000) A figura a seguir mostra o esquema simplificado de um dispositivo colocado em uma rua para controle de velocidade de automóveis (dispositivo popularmente chamado de *radar*).

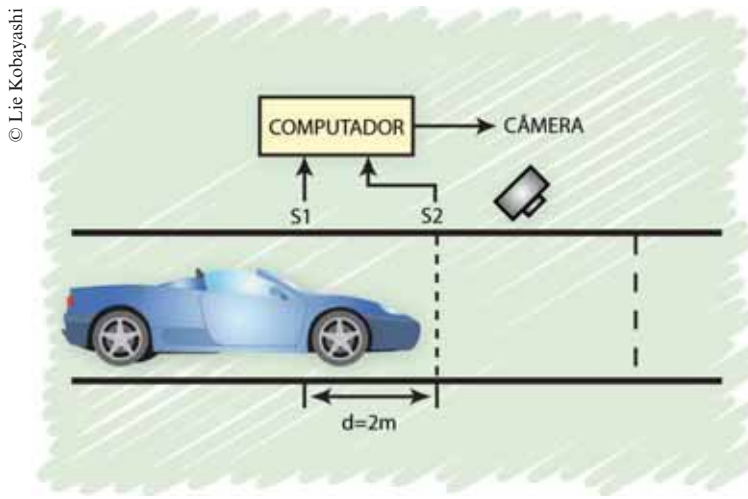



Figura 3.

Os sensores S1 e S2 e a câmera estão ligados a um computador. Os sensores enviam um sinal ao computador sempre que são pressionados pelas rodas de um veículo. Se a velocidade do veículo está acima da permitida, o computador envia um sinal para que a câmera fotografe sua placa traseira no momento em que esta estiver sobre a linha tracejada. Para um certo veículo, os sinais dos sensores foram os seguintes:

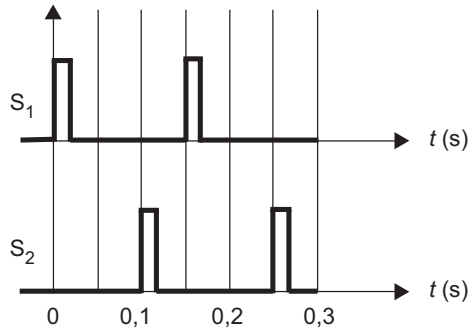



Figura 4.

**a)** Determine a velocidade do veículo em km/h.

**b)** Calcule a distância entre os eixos do veículo.

Cada sensor será disparado duas vezes; a primeira pelas rodas dianteiras e a segunda pelas rodas traseiras. Fazendo-se a leitura do intervalo de tempo decorrido entre a primeira leitura de cada sensor, conclui-se que o tempo gasto para percorrer a distância de 2 m que separa os sensores foi de 0,1 s. Assim a velocidade pode ser calculada por:

$$v = \frac{\text{distância entre sensores}}{\Delta t} = \frac{2\ (m)}{0{,}1(s)} = 20\ m/s$$

$$v = 20 \cdot 3{,}6 = 72\ km/h$$

Analisando um dos gráficos, por exemplo do sensor 1, conclui-se que o tempo decorrido entre o primeiro e o segundo disparo do sensor foi de 0,15 s. A distância entre eixos pode ser calculada da seguinte forma: distância entre eixo: $v \cdot \Delta t = 20 \cdot 0{,}15 = 3$ m.

**4.** Usando elementos presentes nas figuras a seguir, complete a tabela com dois elementos em cada uma das seis categorias.

© Jacek/Kino

Chave de grifa

© Erik Isakson/Flame/Corbis/Latinstock

Bailarina rodando

© Mode Images Limited/Alamy/Glow Images

Chave

© Turbo/zefa/Corbis/Latinstock

Jovens empurrando carro

© Iara Venanzi/Kino

Tesoura

© Maximilian Stock/SPL/Latinstock

Carro na pista em alta velocidade em dia chuvoso

© Peter Titmuss/Alamy/Glow Images

Carrinho de mão

© Dennis Hallinan/Alamy/Glow Images

Barco a vela

© Angela Gyorfy/iStockPhoto/Thinkstock/Getty Images

Saca-rolhas

© Jan Wachala/Hemera/Thinkstock/Getty Images

Navio

© Caro/Alamy/Glow Images

Avião

© Iara Venanzi/Kino

Ventilador

© Brand X Pictures/Thinkstock/Getty Images

Pássaro

© Stockbyte/Thinkstock/Getty Images

Chave de fenda

© Deco/Alamy/Glow Images

Pedestres

© Seb Rogers/Alamy/Glow Images

Engrenagem - bicicleta

© Jacek/Kino

Alicate

© Joel-t/iStockPhoto/Thinkstock/Getty Images

Helicóptero

© Gilvan Barreto/Sambaphoto

Carroça

© Extreme Sports Photo/Alamy/Glow Images

Surfista

Figura 5.

| Movimento | | Força | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Deslocam-se | Giram | Produzem movimento | Controlam movimento | Ampliam força | Equilibram forças |
| | | | | | |
| | | | | | |

Tabela 4.

Os critérios: nesse procedimento de classificação, as figuras podem ser interpretadas de formas diferentes. É importante que você esteja atento às ideias que estiveram presentes na Situação de Aprendizagem 1, pois uma classificação que inicialmente pareça inadequada pode estar adequada. Por exemplo, a figura da bailarina está colocada para indicar seus rodopios, mas pode também ser interpretada como o deslocamento dela durante sua

apresentação, ou ainda o rotor do helicóptero gira para transladar o helicóptero. A seguir apresentamos algumas das possíveis respostas:

Deslocam-se: helicóptero, carro, pessoa, surfista, avião, pássaro, barco, navio, carroça, carrinho de mão (para carregar objetos), água etc. Giram: hélices do helicóptero, helicóptero, bailarina, pás do ventilador, rodas, engrenagens, pás da turbina do avião, volante da direção do carro, partes móveis do alicate, maçaneta de porta (do carro, do avião, do navio etc.), chave de fenda etc. Produzem movimentos: motor, vento, combustíveis, rodas, animais, ondas do mar, engrenagens, hélices etc. Controlam movimentos: direção, freio, motor, asas do pássaro, atrito com o chão etc. Ampliam força: engrenagens, direção hidráulica, alicate, tesoura, chave de fenda, chave de grifa, chave etc. Equilibram forças: helicóptero, avião, barco, navio, pessoa, bailarina etc.

**5.** Podemos determinar a velocidade com que as unhas ou os cabelos crescem.

**a)** Que procedimento você sugere para obter essas informações efetivamente?

**b)** Que coisas ou equipamentos você utilizaria para realizar as medições?

**c)** Em que unidade você apresentaria os resultados?

O que é determinante para o acerto dessa questão é a proposição da medida da variação do tamanho e do tempo para determinar a velocidade. A utilização de réguas, trenas, fita métrica dependerá do tamanho do cabelo; já para a unha, o mais comum seria o uso da régua. É relevante que a menor divisão do instrumento seja em milímetros, uma vez que o crescimento mensal é dessa ordem de grandeza. Medidas de tempo em segundos são despropositadas, assim como medidas de tamanho em metros. Ainda que essas medidas não estejam erradas, devem ser devidamente discutidas com os alunos caso apareçam nas respostas. O procedimento adequado é aquele em que a unidade utilizada seja de milímetros por mês. Alguns alunos incorrerão no erro de determinar velocidade usando o tamanho do cabelo e não sua variação. Isso precisa ser diagnosticado e corrigido por meio da ação do docente.

## Grade de correção das questões

As três primeiras questões (1, 2 e 3) avaliam habilidades de utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

A questão 4 avalia habilidades de reconhecer, identificar e classificar os movimentos presentes no cotidiano que fazem parte do estudo da Mecânica; reconhecer a produção de movimento e as alterações no movimento; identificar formas de controle de movimentos.

A questão 5 avalia habilidades de propor procedimentos para medir distância (tamanho), tempo e velocidade; efetuar medidas de intervalos de tempo e distâncias; determinar a velocidade média; identificar diferentes unidades de medida de uma mesma grandeza; organizar informações em tabelas e histogramas; generalizar o conceito de velocidade como taxa de variação em relação ao tempo.

# TEMA 2 – QUANTIDADE DE MOVIMENTO LINEAR: VARIAÇÃO E CONSERVAÇÃO

A opção por iniciar o estudo dos movimentos pela análise da quantidade de movimento, em vez do tratamento usual pelas leis de Newton, se dá pelo entendimento de que, neste caso, trata-se de uma lei geral, que analisa o sistema físico por inteiro. Isso significa afirmar que a variação do movimento em uma das partes do sistema necessariamente implica a variação em outra parte do sistema. O tratamento usual dado pelas leis de Newton foca na discussão do que acontece nas partes do sistema, descolada do que ocorre no restante dele. As Situações de Aprendizagem que compõem este tema foram organizadas em duas etapas: a primeira trata das mudanças nos movimentos pela variação da quantidade de movimento, reconhecendo as interações como causas dessas variações; a segunda trata da aplicação da conservação da quantidade de movimento em sistemas físicos presentes no cotidiano visando prever valores de grandezas do movimento.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4
## ALTERANDO OS MOVIMENTOS

Iniciamos esta Situação de Aprendizagem com um levantamento de como os movimentos são alterados nas diversas modalidades esportivas e jogos. A partir do reconhecimento da interação como a causa que leva à alteração desses movimentos, são analisados os choques mecânicos em que a alteração pode ser pensada como a transferência da quantidade de movimento de algo que já estava em movimento para algo parado ou como a compensação da alteração do movimento de um corpo pela variação do movimento do outro (por exemplo, nas interações por atrito entre o carro e o chão). Portanto, essa é uma proposta bastante diferente daquela encontrada nos livros didáticos, em que as grandezas que descrevem as variações das quantidades de movimento são definidas matematicamente.

**Conteúdos e temas**: modificações nos movimentos como consequência de interações.

**Competências e habilidades**: reconhecer as variações no movimento com variações na quantidade de movimento nas partes do sistema, junto a sua conservação no sistema todo.

**Sugestão de estratégias**: atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

**Sugestão de recursos**: roteiro 4 de atividade em grupo visando a identificar e classificar os movimentos, os elementos e as grandezas que os caracterizam.

**Sugestão de avaliação**: avaliar o entendimento dos alunos a respeito da produção e alteração dos movimentos, além de verificar a necessidade de ocorrer uma interação; avaliar as explicações sobre causa e efeitos da variação de quantidade de movimento e a capacidade de organizar os movimentos nas categorias propostas.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie a discussão sobre as alterações dos movimentos nos esportes e jogos, convidando os alunos a refletirem sobre como as bolas ou os objetos modificam suas trajetórias, indo de um lado para o outro das quadras, nos jogos e esportes competitivos. Ou ainda: *Como passam a se mover quando inicialmente estão paradas?* A atividade a seguir é proposta para ser realizada em grupo. Os alunos devem fazer um levantamento de objetos que promovem a mudança de um movimento; ao final, você deve sistematizar com os alunos o fato de que, em todos os casos, para que ocorra alteração do movimento, há uma interação com outro corpo. Se necessário, aponte as interações nos casos em que os alunos não as identificarem, ou seja, se o movimento se modifica é porque há interação com outro corpo.

### Roteiro 4 – Descobrindo o que produz a mudança no movimento

**1.** O que é necessário para a bola de futebol parada começar a se mover? E as bolas de vôlei, tênis e pingue-pongue: nos jogos, como essas bolas começam a se movimentar?

Nesses casos, é necessário bater na bola e transferir a ela quantidade de movimento.

**2.** Por que jogos com raquetes utilizam bolas pequenas e leves em vez de bolas grandes e pesadas?

Porque com massa menor é possível variar mais rapidamente a velocidade.

**3.** Como é possível, em um jogo de tênis, a bola chegar a ter velocidade de 180 km/h, conforme indicam os medidores de velocidade utilizados no momento do saque do tenista em competições? É possível que o jogador seja tão rápido assim com os braços?

Não é o braço do jogador nem a raquete que atingem essa velocidade. A bola atinge essa velocidade por conservação da quantidade de movimento, inicialmente a do braço do jogador e a da raquete, que depois são transferidas para a bola, cuja massa é muito menor (cerca de 200 g). Assim, para conservar a quantidade de movimento, a velocidade da bola deverá ser muito maior, chegando a 180 km/h.

**4.** O que é necessário para um veículo parado começar a se mover? Pense em uma bicicleta, um carro, um avião e um barco. Todos esses veículos começam a se movimentar pelo mesmo processo?

É necessário que ocorra a interação por força de atrito com o chão, que promove a variação da quantidade de movimento. É pela interação entre o chão e o veículo que se altera o movimento. Uma pista lisa, sem aderência do veículo ao chão, como ocorre quando há derramamento de óleo na pista ou quando há uma grossa lâmina de água de uma chuva forte, faz o veículo deslizar em linha reta sem alterar o movimento até que se volte a ter atrito com o chão. Os alunos terão dificuldade para explicar o caso do avião, cujo movimento não é alterado se não houver deslocamento do ar no sentido oposto. Já para um barco a motor, é a impulsão da água no sentido oposto que permite o seu movimento.

**5.** Por que é mais fácil empurrar uma bicicleta do que empurrar um carro, um ônibus ou um caminhão?

Porque a bicicleta tem menor massa que o caminhão ou o carro. Quanto maior a massa, mais difícil será iniciar seu movimento.

**6.** O que é preciso para que um veículo como a bicicleta faça uma curva modificando a trajetória e a direção do

movimento? Com um carro ocorre o mesmo? E com um avião?

É necessário que ocorra a interação por força de atrito com o chão, que promove a variação da quantidade de movimento. Com o carro é a mesma coisa. No caso do avião, sem o deslocamento do ar não há alteração no seu movimento. O avião interage com o ar para modificar sua quantidade de movimento.

**7.** O que promove o movimento de uma pedra que rola de um barranco, da bola que desce a ladeira, do pingo de chuva que cai do céu?

É a interação com o planeta Terra, por força gravitacional, que caracteriza a variação da quantidade de movimento, fazendo a pedra rolar, a bola descer e a gota cair.

**8.** Existe algum tipo de movimento que pode ser iniciado ou alterado sem que o objeto interaja com algum outro elemento?

Não, para modificar o movimento é necessário ocorrer uma interação. É importante que fique claro que é impossível qualquer alteração do movimento sem compensação por outra alteração em outra parte do sistema físico. Fisicamente, nem mesmo o Super-Homem poderia voar sem interagir com outro objeto, alterando-lhe também o movimento.

**9.** Faça uma lista de situações ou objetos que modificam o movimento (começam a se mover; param de se mover; mudam a trajetória, a velocidade etc.). Tente explicar o que causa as alterações nos movimentos, classificando-as nos três tipos de interação listados a seguir:

**a)** em situações em que há transferência parcial ou total da quantidade de movimento de um objeto para o outro. Um exemplo pode ser a colisão de um carro com outro parado.

**b)** em situações em que há contínua compensação de quantidade de movimento entre objetos. Um exemplo pode ser o avanço retilíneo de um foguete que, ao expelir os gases resultantes da combustão em uma direção e sentido, movimenta-se na mesma direção e em sentido contrário.

**c)** em situações em que os processos anteriores possam estar combinados.

Cada aluno deverá apresentar aos colegas sua lista das alterações de movimento. Assim como ocorreu na Situação de Aprendizagem 1, à medida que elas são apresentadas, devem ser escritas na lousa e, ao final da apresentação, teremos uma tabela das alterações dos movimentos reconhecidas pela classe, que serão classificadas nas seguintes categorias: transferência, compensação e outros. Em "outros", podem estar presentes forças de interação como empuxo, deformação elástica de molas etc.

## Encaminhando a ação

Em relação aos itens 1, 2 e 3, o choque entre um objeto e a bola é o fator que altera as características do movimento, por isso, é relevante o conceito de quantidade de movimento, pois tanto a velocidade como a massa dos objetos devem ser avaliadas. É por isso que nos jogos com raquetes as bolas devem ter massa pequena para sofrer grande variação de sua velocidade, pois, caso a massa da bola fosse grande, a variação da velocidade seria pequena, podendo quebrar a raquete. É também por isso que, embora os braços do tenista não tenham como atingir a velocidade de 180 km/h, a bola (cuja massa é bastante inferior ao conjunto do braço do tenista e da raquete) atinge essa velocidade tão alta, devidamente registrada pelos equipamentos. Os grupos provavelmente determinarão a colisão como causa da variação da quantidade de movimento. Explore e reforce a importância da interação.

Em relação ao item 7, os grupos provavelmente terão dificuldades para identificar a interação com o planeta, ou seja, é por atrair o planeta que as gotas entram em movimento e tanto

a pedra como a bola começam a se mover barranco ou ladeira abaixo. Para que elas caiam ou desçam, necessariamente o planeta sobe, o que é imperceptível e, por isso, difícil de entender.

Sistematize e desenvolva com os alunos a concepção de quantidade de movimento. O exemplo do tenista pode ser um bom início para essa sistematização, ao estimar a velocidade em que o braço do tenista se move. Também é possível pensar em uma continuidade, utilizando colisões entre bolas de diferentes tamanhos, massas e materiais. Promova choques entre elas, iniciando, por exemplo, com o jogo de bolas de gude, jogo de bocha, entre outros que utilizam as colisões como forma de modificar o movimento. Peça aos alunos que façam alguns exercícios sobre determinação da quantidade de movimento, que podem ser facilmente encontrados em qualquer livro didático[a].

Na próxima Situação de Aprendizagem discutiremos a variação do momento linear.

**Domingo no parque**

Às 13 horas, Joãozinho chega ao parque com sua irmã, levando R$ 20,00. Compra dois cachorros-quentes (a R$ 3,00 cada) na barraca do Carlinhos (que tem R$ 30,00 em caixa) e, às 13h20min, compra dois sorvetes (a R$ 1,50 cada) no carrinho do Tonhão (que tem R$ 50,00 no bolso). Às 13h30min, Tonhão passa com seu carrinho em frente à barraca do Carlinhos e compra um cachorro-quente.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Construa a sequência da tabela completando a quantidade de reais de cada personagem em cada evento, de modo que seja possível recontar toda essa história apenas olhando para a tabela.

| Acontecimento | Joãozinho | Carlinhos | Tonhão | Total |
|---|---|---|---|---|
| Antes | R$ 20,00 | R$ 30,00 | R$ 50,00 | R$ 100,00 |
| 13h | R$ 14,00 | R$ 36,00 | R$ 50,00 | R$ 100,00 |
| 13h20min | R$ 11,00 | R$ 36,00 | R$ 53,00 | R$ 100,00 |
| 13h30min | R$ 11,00 | R$ 39,00 | R$ 50,00 | R$ 100,00 |

Tabela 5.

[a] Uma forma de discutir a quantidade de movimento, sua conservação e variação pode ser consultada em GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Física 1*: Mecânica. São Paulo: Edusp, 2002, p. 28-38. Também sugerimos o caderno 5 do Pró-Universitário 3, que apresenta textos e exercícios sobre quantidade de movimento da página 28 até a 46. No *site* do Pró-Universitário você também encontrará a lista de exercícios do módulo 5.

**2.** O conjunto total de reais, somados os de Joãozinho, Carlinhos e Tonhão, é alterado durante a história?

Não, permanece constante em R$ 100,00.

**3.** A quantidade de reais que cada um deles tem ao longo da história é alterada?

Sim, cada vez que alguém gasta ou recebe, muda-se o número de reais de cada um.

**4.** Joãozinho, Carlinhos e Tonhão podem ser considerados um "sistema isolado", ou seja, um conjunto de pessoas que interagem somente entre si, já que não houve outras negociações entre 13h e 13h30min?

Sim, pois o número de reais fica inalterado todo o tempo, permanecendo apenas com os participantes da história.

**5.** Se ocorressem transações com outras pessoas, seus reais deveriam ser considerados desde o início para que a conservação continuasse válida?

Sim, pois se isso não for feito, não ocorrerá a conservação do total de reais.

**6.** Compare essa história com a conservação da quantidade de movimento.

Tanto nessa história como na conservação da quantidade de movimento, apesar de as partes estarem mudando seus valores, isso ocorre sempre de forma que o total se conserve inalterado, tanto no número de reais (cada real que um deles gasta outro ganha) como na quantidade de movimento (uma parte do sistema cede para outra parte do sistema que ganha).

**O movimento se conserva**

A conservação da quantidade de movimento é um princípio geral da Física que analisa o sistema físico por inteiro. A conservação significa que a variação do movimento em uma das partes do sistema necessariamente implica uma variação em outra parte do sistema.

É por isso que, quando estamos parados e passamos a andar para frente, algo vai começar a andar para trás; se fazemos uma curva à direita, algo deverá se mover para a esquerda; se jogamos algo para baixo, algo precisa ir para cima; enfim, os movimentos precisam se conservar, mas isso não parece corresponder ao que acontece na nossa vida, não é?

Estamos tão acostumados a fazer automaticamente as coisas, que deixamos de perceber o que é necessário para conseguir realizá-las. Por exemplo, ficar em pé é bastante complicado; as crianças demoram bastante para aprender a andar, mas, depois de alguns anos, já fazem isso com muita facilidade. No entanto, basta aceitar o desafio de ficar em pé sobre o *skate*, os patins ou mesmo uma superfície lisa e cheia de óleo ou uma pista de patinação no gelo, para ver que não é tão fácil ficar em pé.

Também é patinando no gelo que reparamos que é bem difícil começar a andar para frente, e mais difícil ainda parar. Basta ver as pessoas caindo para todos os lados enquanto aprendem a patinar.

Pense em que elementos e ações são necessários para alterar o movimento das bolas, dos jogadores ou então dos carros nas competições. Você imagina como as bolas ou os atletas modificam suas trajetórias, indo de um lado para o outro das quadras, nos jogos e esportes competitivos?

Os elementos que passam a se mover quando inicialmente estão parados podem ser separados em dois grupos. Em um deles é preciso ter uma "batida"; nela, a alteração pode ser pensada como a transferência da quantidade de movimento de algo que já estava em movimento para algo parado. O outro grupo pode ser pensado como a compensação da alteração do movimento de um corpo pela variação do movimento do outro, como ocorre nas interações por atrito, quando, por exemplo, um nadador joga água para trás ou quando, em uma arrancada, o carro "empurra" o chão para trás.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Por que um jogador de voleibol pode cair para trás ao defender uma cortada do time adversário?

Porque a quantidade de movimento que é transferida da bola para o jogador o movimenta para trás.

**2.** Por que os policiais impedem que os veículos transitem em uma pista em que houve derramamento de óleo?

Porque o óleo diminui o coeficiente de atrito entre o pneu e o solo, dificultando a interação que promove a alteração da quantidade de movimento do carro, essencial para frear ou fazer curvas.

**3.** Por que os carros "cantam" pneus quando tentam arrancar muito rapidamente?

Para o carro arrancar, a roda precisa interagir com o solo para transmitir a quantidade de movimento para o carro. Ao arrancar muito rapidamente, a roda escorrega no solo, girando sem deslocar o carro, produzindo o som de "cantada de pneu"; o veículo permanece no mesmo lugar até a roda aderir ao solo.

**Desafio!**

Descubra para que servem os *air bags* dos carros. Por que os carros modernos usam freios que não travam as rodas dos veículos? Por que os carros de corrida não cantam pneus na largada?

Faça um resumo de uma página, contando como são e para que servem esses dispositivos que nos auxiliam no controle das alterações dos movimentos.

Os *air bags* são acionados quando o veículo sofre uma intensa desaceleração por conta de uma colisão. No momento da colisão, o corpo dos ocupantes do veículo é projetado para frente e entra em contato com as almofadas infláveis (*air bags*). À medida que a almofada murcha, o corpo diminui sua quantidade de movimento. Essa diminuição ocorre em um tempo muito maior do que no caso de um impacto com um componente rígido do veículo (com o volante, por exemplo). O aumento no tempo de desaceleração protege o corpo dos ocupantes de ferimentos mais graves.

Os freios ABS, por meio de um circuito eletrônico que os controla, impedem o travamento das rodas em situações de frenagem. Para obter frenagens eficientes, é preciso que a aderência do pneu com o solo seja a maior possível.

Os carros de corrida possuem modernos equipamentos eletrônicos que, ao controlar a tração nas rodas, maximizam o atrito entre os pneus e o solo. Quando o pneu escorrega, sua quantidade de movimento não sofre alteração e sua velocidade não aumenta.

No jogo de bolas de gude, utilizam-se bolas de diferentes tamanhos, massas e materiais para promover choques entre elas. Explique o que acontece se uma bola bem "leve" for jogada e bater em uma bola bem "pesada".

Espera-se que os alunos respondam que a bola leve bate e retorna, deslocando bem lentamente a bola mais pesada.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5
## A FORÇA DE UMA INTERAÇÃO

Nesta Situação de Aprendizagem os alunos são conduzidos à compreensão e formalização do conceito de força por meio da relação entre a variação da quantidade de movimento e o tempo empregado em tal variação. O meio utilizado para problematizar essa relação são os sistemas de segurança utilizados em veículos, como os *air bags* e os freios ABS. A Situação de Aprendizagem propõe ainda a escrita de uma carta para o Conselho Nacional de Trânsito (Contran), questionando a decisão de obrigar que os veículos saiam de fábrica com equipamentos antifurto, em detrimento dos equipamentos de segurança.

**Conteúdos e temas**: causas da variação de movimentos associadas às intensidades das forças e ao tempo de duração das interações.

**Competências e habilidades**: identificar a relação entre força e tempo de interação na alteração de um movimento.

**Sugestão de estratégias**: discussões em pequenos grupos para determinar procedimentos e cálculos matemáticos envolvidos na variação da quantidade de movimento, com proposta de fechamento da discussão em grande grupo, a fim de estabelecer e debater forma de ação que propicie intervenção solidária na sociedade; sistematização dos conhecimentos em linguagem matemática; elaboração de registro escrito de análise e julgamento com base nas diferentes posições assumidas diante de uma situação-problema.

**Sugestão de recursos**: roteiro 5 de atividade em grupo, visando a identificar a variação do momento por ação de uma força.

**Sugestão de avaliação**: avaliar o entendimento dos alunos sobre a relação entre a produção e a alteração dos movimentos e a ação de uma força aplicada durante um intervalo de tempo, assim como a influência da variação da intensidade da força ou da variação do tempo em que ela é aplicada; no produto final (carta a ser encaminhada), verificar a articulação dos argumentos utilizados e as conclusões expressas, bem como a capacidade de sintetizar as discussões presentes no debate e o desenvolvimento da capacidade de produzir um texto coletivo.

### Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

As variações do momento linear de uma parte do sistema também podem ser entendidas pela atuação de uma força, definida como a razão entre a variação da quantidade de movimento e o tempo de interação $\vec{F} = \frac{d\vec{Q}}{dt}$, que deixa claro o papel fundamental do tempo

de interação quando pensamos na variação do momento, já que quanto menor o tempo, maior será a força de interação. Assim passamos a ter um novo entendimento da dureza de um martelo, compreendido agora como necessidade de um impacto muito rápido para o surgimento de uma força bastante intensa. Já em uma borracharia, o martelo de borracha composto de material elástico de deformação prolongada é a ferramenta adequada para colocação de pneus nas rodas, pois quando se aumenta o tempo de impacto, diminui a força de interação e, assim, o martelo não deforma a roda na qual o pneu está sendo montado.

O estudo das freadas dos veículos e a interação pela força de atrito entre o veículo e o chão constituem partes de um sistema físico em que essa variação é o foco principal dos dispositivos, e das pesquisas. Afinal, é necessário propor formas de frenagem mais seguras e eficientes, por isso é necessário entender como se dá a variação da quantidade de movimento dos veículos em virtude das forças de sua frenagem. Sistemas como o ABS, que impedem o travamento de rodas evitando o deslizamento, pneus fabricados com compostos macios feitos para aumentar a aderência, *air bags* e carrocerias com sistemas de deformações progressivas são pensados para aumentar a segurança nos veículos. Assim, as variações da quantidade de movimento por forças ganham materialidade em nosso cotidiano, com uma relevância muito grande. Afinal, hoje até as bicicletas têm freios a disco!

Após fazer essa introdução, separe os alunos em grupos e acompanhe-os na realização do roteiro 5.

**Roteiro 5 – Breca! Vai!! Breca!!!**

**1.** O que um motorista faz para parar um veículo em movimento? Certamente ele aciona o freio, mas o jeito de frear depende de quê?

Depende da distância disponível para frear, do tempo, das condições do solo, do pneu.

**2.** Explique e dê exemplos para os tipos de freada indicados a seguir:

**a)** freada repentina:

É brusca, como as que cantam pneus, fruto de imprevistos e da necessidade de frear imediatamente.

**b)** freada suave:

É a freada programada e realizada normalmente nos veículos, pelo acionamento progressivo do freio.

**c)** freio motor:

É a frenagem em que não se pisa no freio, utilizada em veículos motorizados. Nela, as rodas de tração do veículo que estão ligadas ao motor por eixos, homocinéticas, bielas etc. permanecem engrenadas ao motor, que, quase sem injeção de combustível, realiza o trabalho de frenagem pela compressão dos gases no motor e pela redução na rotação do eixo do motor em razão dos trabalhos e atritos internos. Isso poupa os freios e impede que, em longas descidas, eles se aqueçam demais, deixando de funcionar. Por isso, as placas de sinalização: use o freio motor.

**d)** outros:

Devem estar presentes as frenagens que não usam freios nem motor, mas o atrito dos pneus e a resistência do ar, situação muito comum nas bicicletas, que param se a pessoa não pedalar, mesmo em uma reta.

**3.** A fim de parar um carro com massa de 800 kg e velocidade de 17 m/s, será necessário que uma força varie a quantidade de movimento do veículo $\Delta\vec{Q} = m \cdot \Delta\vec{v}$; sendo $\Delta Q = 800 \cdot (0 - 17) = -13\,600$ kg · m/s. Complete a tabela estimando valores para a força F (força de atrito) e para o tempo da freada nos tipos a seguir:

| Tipo | Força de atrito (N) | | Tempo da freada (s) | | ΔQ (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| I | –3 400 | · | 4 | = | –13 600 |
| II | –1 700 | · | 8 | = | –13 600 |
| III | –850 | · | 16 | = | –13 600 |

Tabela 6.

Realize os cálculos da variação da quantidade de movimento e das forças de atrito a partir da estimativa dos tempos de frenagem. Veja os exemplos (I = freada repentina; II = freada suave; e III = freio motor).

**a)** A variação total da quantidade de movimento é alterada em função do tipo de freada?

É importante, neste caso, ressaltar que não há mudança no valor da variação.

**b)** A unidade de quantidade de movimento kg · m/s é equivalente à unidade N · s?

As duas unidades são equivalentes. Faça uma análise dimensional ou mostre aos alunos a equivalência transformando-as em unidades elementares do Sistema Internacional.

**c)** Compare a força de atrito necessária para realizar cada freada: o que faz aumentar ou diminuir a força?

O relevante é a comparação entre a velocidade inicial, as forças e os tempos. Quanto maior a velocidade inicial e menor o tempo para frear, maior deve ser a força.

**d)** Compare o tempo de cada freada: o que faz aumentar ou diminuir o tempo?

Outra vez, o relevante é a comparação entre as forças e os tempos. Quanto maior a força, menor o tempo para frear.

**e)** Qual freada é mais confortável para o motorista e os passageiros? Por quê?

É mais confortável para o motorista a força de menor intensidade, mas suficiente para parar o veículo no tempo necessário. Isso garante a frenagem mais suave.

**4.** A partir da tabela, escreva uma equação matemática que relacione a Força ($\vec{F}$), o intervalo de tempo ($\Delta t$) e a variação de quantidade de movimento ($\Delta\vec{Q}$).

$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta\vec{Q}$, logo $\vec{F} = \Delta\vec{Q} / \Delta t$.

**5.** Calcule o quanto um *air bag* diminui a força que atua em um motorista durante uma colisão, admitindo que o tempo da interação sem *air bag* seja de 0,05 s e com *air bag* passe a ser 0,5 s.

Com o *air bag*, a força será dez vezes menor do que sem ele, o que faz toda diferença para o passageiro, em uma batida.

**6.** Em julho de 2007, o Conselho Nacional de Trânsito (Contran) aprovou a Resolução nº 245, que obriga os novos veículos a ter equipamento antifurto com bloqueio e rastreamento do veículo para poderem ser comercializados no Brasil. Mas não há resolução que os obrigue a ter *air bag* ou freios "inteligentes", como o ABS. Realize uma discussão envolvendo essas prioridades e escreva uma carta ao Contran sobre o posicionamento do grupo a respeito das prioridades que deveriam ser adotadas.

A discussão sobre as prioridades deve ser encaminhada de forma a destacar o interesse comercial da obrigatoriedade do sistema antifurto, em contraposição ao interesse social da segurança dos ocupantes. Isso porque a segurança dos passageiros permanece em segundo plano, já que os modernos sistemas de segurança, como *air bag* ou freios "inteligentes", são disponibilizados apenas como artigo de luxo nos veículos.

## Encaminhando a ação

A primeira questão pretende fazer um levantamento sobre o que os alunos conhecem e consideram importantes quando os freios dos veículos são utilizados. Alguns deles trarão elementos das freadas de bicicletas, principalmente os alunos mais novos, que não podem dirigir veículos motorizados, embora todos conheçam as freadas de carros ou ônibus.

A segunda questão resulta em uma classificação de tipos de freadas.

A terceira possibilita os cálculos da variação da quantidade de movimento e das forças de atrito a partir da estimativa dos tempos de frenagem.

A quarta formaliza matematicamente a força como taxa da variação da quantidade de movimento no tempo.

A quinta questão generaliza o fenômeno tratado na pergunta 3, também para um dispositivo de segurança.

A sexta questão possibilita a reflexão sobre problemas reais e a tomada de decisão, buscando relacionar informações disponíveis em situações concretas para construir argumentação consistente, recorrendo aos conhecimentos desenvolvidos para a elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade.

Outras situações em que é relevante a variação do momento pela ação de forças podem ser desenvolvidas em pesquisas ou atividades que tragam elementos de natureza vetorial.

**A força resultante**

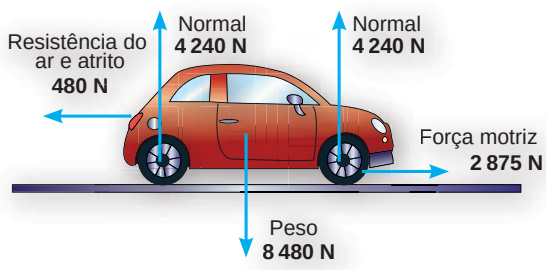
A força que imprime uma aceleração sobre o objeto é a força resultante (soma vetorial) de todas as forças que atuam sobre ele. Se um carro se desloca em uma estrada reta com velocidade constante, o que podemos dizer sobre a força resultante sobre ele nesse momento? Força resultante nula, apesar de haver diversas forças atuando!

Caso o motorista pise mais ou menos no acelerador (eis o motivo do nome desse pedal), sua velocidade vai mudar nesse momento, indicando que a força resultante sobre o carro deixou de ser nula. Se sua velocidade diminuir, significa que a força resultante atua no sentido oposto ao seu movimento, caso contrário, a força resultante é na mesma direção e sentido do movimento do carro.

O que conta, portanto, não é somente a força motriz que o motor proporciona às rodas, mas também as demais forças. Por isso falamos em força resultante, ou seja, o resultado de todas as forças que estão agindo.

Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 2. Acelera! São Paulo: GREF-USP/ MEC-FNDE, 1998. p. 69. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>. Acesso em: 21 maio 2013.

**1.** A figura mostra um automóvel se movendo em uma pista horizontal sob a ação de diversas forças. Sobre essa situação:




© Lie Kobayashi/Adaptado de GREF

Figura 6.

**a)** obtenha a força resultante no carro.

**b)** determine o valor da aceleração dividindo essa força resultante pela massa do carro (848 kg).

Resposta dos itens a) e b): Para determinar a força resultante, vamos primeiro considerar as forças na direção vertical: temos para "baixo" a força gravitacional (peso), 8 480 N, que é equilibrada pela força para "cima" que o chão faz nos pneus (em cada um dos dois eixos, 4 240 N; total 8 480 N). Veja que a soma das normais traseira e dianteira é igual ao peso. Como essas forças estão em sentidos opostos, elas se anulam. Na horizontal, há a força motriz de 2 875 N para frente, mas também há um total de 480 N para trás, somando atrito e resistência. A resultante é de apenas 2 395 N para acelerar o carro para frente. Determinação da aceleração:

$$a = \frac{2\,395\ \text{N}}{848\ \text{kg}} = 2{,}82\ \text{m/s}^2.$$

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6
## COMPENSANDO OS MOVIMENTOS NA AÇÃO DE FORÇAS INTERNAS

Nesta Situação de Aprendizagem, propomos que a discussão da produção do movimento seja realizada por meio das variações das quantidades de movimento nas partes do sistema e de sua conservação no sistema todo. Observando casos em que o sistema todo é considerado, há atuação apenas de forças internas, portanto, sua somatória é nula. Assim, uma alteração no movimento é compreendida pela alteração do movimento de outra parte do sistema. Se o sistema é observado apenas em suas partes, identificamos a variação do movimento e a força de interação, mas o resultado final de todas as interações tem resultante nula.

**Conteúdos e temas**: modificações nos movimentos como consequência de interações; variação da quantidade de movimento por compensação.

**Competências e habilidades**: utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

**Sugestão de estratégias**: atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta de atividades experimentais; levantamento de suposições sobre causas e efeitos da variação da quantidade de movimento; realização de generalizações sobre a variação da quantidade de movimento por compensação.

**Sugestão de recursos**: roteiro 6 de atividade em grupo visando identificar as interações na alteração dos movimentos; lápis roliços, prancha de isopor ou pedaço de cartolina, carrinho movido a corda ou fricção.

**Sugestão de avaliação**: avaliar o entendimento dos alunos sobre a produção e a alteração dos movimentos, além da necessidade de ocorrer a interação; no produto final (síntese), verificar a descrição dos procedimentos apresentados, a organização dos dados e a clareza dos resultados obtidos.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Propomos iniciar essa discussão partindo da análise de como é possível começar o movimento com todos os corpos parados. Depois, divida a classe em grupos e proponha o roteiro 6.

### Roteiro 6 – Produzindo movimentos

Discuta com seu grupo as seguintes questões: quando vocês jogam sua mochila para frente, vocês vão para trás? Quando vocês andam para frente (a pé ou de patins), provocam o movimento de algum elemento para trás? Podemos produzir ou alterar nosso movimento quando jogamos algo para longe?

**Compensando os movimentos na ação de forças internas**

Com seus colegas, faça um experimento: providenciem um carrinho movido a corda ou fricção, alguns lápis roliços e uma cartolina ou um pedaço de isopor, como está indicado na figura.

© Lie Kobayashi/ Adaptado de GREF

Figura 7.

1. A seguir, responda: será que o "chão" vai se mover para compensar o movimento do carrinho? Descreva o que ocorre.

   É natural e esperado que o carro saia com a menor velocidade e o "chão", ou seja, a placa com a maior velocidade.

2. Repita a atividade acrescentando mais placas de isopor sobre os lápis ou mais pedaços de cartolina, uns em cima dos outros, para aumentar a massa do "chão" por onde o carrinho anda. O que acontece?

   O "chão" sairá com velocidades cada vez menores, pois, com a massa do "chão" muito maior que a do carrinho, o deslocamento passa a ser imperceptível. Também é possível aumentar a massa do "chão" colocando objetos, como estojos, sobre a prancha de isopor ou de cartolina ao lado ou atrás do carrinho.

3. Repita a atividade sem usar os lápis. Coloque o isopor sobre o chão. O que acontece?

   Sem os lápis para efetuar o rolamento, a placa de isopor fica em contato direto com o chão, logo, a placa não se desloca em relação ao chão em razão do atrito. Dessa forma, é como se o carro estivesse se deslocando diretamente sobre o piso da sala de aula. Com a massa do piso muito maior que a do carrinho, o deslocamento dela passa a ser imperceptível.

4. Por que, enquanto o carrinho permanece na sua mão com as rodas no ar, mesmo que a roda dele esteja girando, ele não faz força para frente? Por que o carrinho vai para frente e o "chão" se move

para trás quando você solta o carrinho no chão ou no isopor?

Enquanto o carrinho permanece no ar mantido pela mão, suas rodas não interagem com nada. Quando ele está em contato com o chão, o carrinho se desloca para frente e o chão para trás por causa do atrito.

**5.** Discuta com seus colegas a importância do atrito para vocês conseguirem ficar em pé parados, para começarem a andar e para modificarem o movimento durante uma caminhada. Anote as conclusões.

Para ficarmos em pé, em piso inclinado, o atrito com o chão é fundamental para permanecermos estáticos, com os pés firmes; se o chão estivesse recoberto por óleo, não conseguiríamos firmar nossos pés no chão e não conseguiríamos permanecer estáticos, pois escorregaríamos.

**6.** Registre as principais conclusões a que vocês chegaram durante a realização deste Roteiro de experimentação.

Os alunos devem identificar os aspectos mais relevantes da atividade e os resultados obtidos (sua organização e sua apresentação devem ser registradas por escrito). Observe se o procedimento está devidamente caracterizado e se os dados são apresentados de forma organizada; para isso, uma tabela é bastante apropriada.

## Encaminhando a ação

As questões introduzidas antes do Roteiro de experimentação fazem emergir elementos do senso comum que reforçam a concepção de que o movimento é gerado isoladamente, sem necessidade de compensação, visão que se contrapõe às teorias científicas. Ainda que os alunos aceitem a visão científica, eles terão muita dificuldade em entender que empurramos o chão para trás ao andar, ou que somos lançados para trás ao jogar a mochila para frente. Essas concepções serão reinterpretadas após o experimento, mas não se preocupe com isso neste momento. Apenas indique situações em que a compensação fique clara: recuo do canhão durante o tiro, pneu de motocicleta ou carro jogando lama ou pedrisco para trás para o veículo começar a andar. O trabalho com o texto "Efeitos da força sobre os elementos do sistema" (a seguir) pode esclarecer melhor os alunos.

As questões 1, 2 e 3 referem-se ao fato de a quantidade de movimento depender tanto da velocidade como da massa dos corpos. Na questão 1, você deve escolher adequadamente o tamanho da cartolina ou do isopor, selecionando o tamanho das placas em função do carrinho que for usado no experimento. Assim, por exemplo, para carrinhos pequenos, placas com 20 cm × 60 cm são suficientes; para carrinhos maiores, placas com 40 cm × 100 cm etc. Faça um teste antes de realizar a atividade. No experimento da segunda questão, ressalte a conservação com base no fato de que o "chão" saiu para o outro lado e na razão entre as velocidades, argumentando que quanto menor for a massa do chão, maior a velocidade com que sai para trás, para igualar à quantidade de movimento do carrinho, que tem maior massa e menor velocidade, para frente. Não utilize essa atividade para tentar determinar o valor da quantidade de movimento, pois esse aparato não é adequado para isso.

Nas questões 4 e 5 evidencie a compensação do movimento do carrinho ou do nosso andar pelo movimento do "chão", com o foco na importância da interação entre os objetos para a variação da quantidade de movimento.

Na questão 6, verifique se os alunos deixaram de apresentar elementos importantes, o que ocorre muitas vezes, pois é comum que eles acreditem que podem suprimir tudo o que entendam estar implícito no procedimento realizado.

Essa atitude não é correta, pois há muitas formas de realizar uma atividade. Discuta isso com eles.

Como atividade complementar, retome a classificação realizada na Situação de Aprendizagem 4, recuperando com os alunos os elementos classificados na questão 9 e que correspondem à compensação. Discuta com eles situações como a explosão de uma granada (bomba) ou os fogos de artifícios, sempre focando a importância da interação para a alteração do movimento.

Você pode também selecionar problemas e exercícios sobre compensação em materiais didáticos do Ensino Médio para a discussão de choques mecânicos ou quantidade de movimento.

**Efeitos da força sobre os elementos do sistema**

É comum imaginar que para iniciar um movimento só é preciso que algo se movimente, mesmo que isoladamente, ou que não há necessidade de interagir com algo, como ocorre no voo do Super-Homem ou nos desenhos animados em que a personagem continua andando ou resolve parar, mesmo sem ter o chão sob seus pés para interagir.

As teorias científicas já mostraram que essa visão é ingênua e explicam que empurramos o chão para trás ao andar para frente, ou que somos lançados para trás ao jogar uma mochila para frente. Essas coisas ficam mais evidentes em situações pouco comuns, como no recuo do canhão que atira um projétil, ou quando o pneu de motocicleta ou carro joga lama ou pedrisco para trás quando o veículo começa a andar para frente.

O que você faz quando quer aumentar a velocidade de sua bicicleta? O que faz um motorista para aumentar a velocidade de seu carro? O que faz um navegador quando deseja que seu barco a motor viaje mais rapidamente? E para diminuir essas velocidades?

Em todos esses casos, para modificar o movimento é necessário que ocorram interações, com o chão, com o vento, com a água, com o ar. Para modificar a velocidade, é fundamental que esses meios de transporte exerçam certa força no meio em que se deslocam e vice-versa. O modo de efetuar isso varia de acordo com o meio de transporte e também quando você muda sua velocidade ao caminhar.

O que você faz para que sua bicicleta consiga realizar uma curva? Como os aviões realizam acrobacias no ar? De que modo um nadador consegue mudar a direção de seu nado?

Para fazer curvas, mesmo mantendo o valor da velocidade constante, também é fundamental aplicar uma força no meio em que se desloca, só que em uma direção diferente do movimento. Se um motorista que está indo para frente decide virar à esquerda, ao virar o volante, as rodas forçam o terreno do solo para a direita, e a direção do movimento do veículo é modificada para a esquerda.

Em um avião, por exemplo, é preciso saber como o vento, em razão do deslocamento da aeronave, faz força em cada elemento mecânico que controla seu voo, de modo a produzir a manobra desejada.

Analisar os movimentos por meio das forças nos permite olhar para um único elemento do sistema, e não necessariamente para todos eles, como no estudo da conservação dos movimentos.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Explique qual é a interação necessária para que o carrinho de brinquedo consiga ir rapidamente para frente quando é colocado diretamente no chão.

A interação entre a roda e o chão é por atrito. Como o chão tem massa muito maior que o carrinho, seu movimento não é perceptível, vemos apenas o do brinquedo, que sai rapidamente.

**2.** Explique por que, após ser colocado sobre um isopor, o carrinho se desloca bem devagar em relação ao chão enquanto o isopor se desloca para trás.

Neste caso, a velocidade relativa entre o carrinho e o isopor é igual à velocidade entre o carrinho e o chão que vimos na questão 1. No entanto, como o chão se desloca para trás, a velocidade relativa entre o carro e o observador é menor.

**3.** Explique o que aconteceria com o isopor se colocássemos sobre ele um carrinho que andasse em círculos.

O isopor iria oscilar de um lado para o outro conforme o carrinho percorresse o círculo.

**4.** Explique como é possível estudar o movimento de apenas um corpo, como o carrinho em movimento ou o isopor, separadamente.

Identificando as variações da quantidade de movimento das partes do sistema isoladamente, sempre garantindo que todo o sistema obedeça à conservação da quantidade de movimento.

Sugira aos alunos que assistam às cenas iniciais do filme *2001: uma odisseia no espaço*, lançado em 1968 pelo cineasta Stanley Kubrick, cujas personagens retratadas vivem em estações orbitais e viajam em espaçonaves, e que discutam se essas ficções criadas há 40 anos pelo cineasta são semelhantes ao que fazemos hoje e se elas podem ser explicadas pelos conhecimentos que foram apresentados neste Caderno. Essa reflexão pode ser ampliada com os exercícios a seguir.

**Desafio!**

Descubra como os astronautas fazem para "andar" no espaço, quando estão dentro da espaçonave e quando estão fora dela. Pesquise o que foi criado para possibilitar tais movimentos.

Para "andar" no espaço, o astronauta precisa interagir com a nave por meio de cabos de segurança, sapatos magnéticos; estar preso a ela por braços mecânicos; ou então, interagir com um equipamento de propulsão, que pode ser a gás ou outro fluido e que o impulsiona em uma direção e em determinado sentido, enquanto o fluido é impelido na mesma direção e no sentido contrário.

Em novembro de 2008 uma astronauta, ao realizar uma manutenção na parte externa da Estação Espacial Internacional, deixou por acidente que uma bolsa com ferramentas se soltasse de seu corpo. A bolsa, avaliada em cerca de 100 mil dólares, perdeu-se no espaço e não pôde ser recuperada.

Procure essa notícia na internet e, utilizando seus conhecimentos em Física, descreva o movimento do corpo da astronauta no momento da perda.

Espera-se que, além de tomar conhecimento desse fato e da própria existência da Estação Espacial Internacional, os alunos possam argumentar que, por causa da conservação da quantidade de movimento do sistema astronauta-bolsa de ferramentas, o corpo da astronauta terá que se deslocar na mesma direção da bolsa de ferramentas, mas em sentido contrário a ela.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7
# A CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

Nesta Situação de Aprendizagem finalizaremos a discussão sobre a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e de suas variações nas partes do sistema. Sistematizaremos o que já foi tratado nas Situações de Aprendizagem 5 e 6, com o foco na variação da quantidade de movimento como forma de caracterizar a conservação. O que diferenciará esta Situação de Aprendizagem será a recorrência à concepção de conservação para caracterizar a variação da quantidade de movimento.

**Conteúdos e temas**: modificações nos movimentos das partes de um sistema físico como consequência da conservação do movimento total do sistema; determinação de quantidade de movimento, previsão de sua variação.

**Competências e habilidades**: utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a conservação nos movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

**Sugestão de estratégias**: atividade de organização de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos grupos, com proposta para desenvolver atividades teóricas para prever resultados de atividades experimentais; organização das informações em tabelas.

**Sugestão de recursos:** roteiro 7 de atividade em grupo, visando estimar valores de grandezas físicas e solucionar problemas utilizando a Lei da Conservação da quantidade de movimento.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as questões físicas envolvidas em cada caso apresentado e a capacidade de solucionar os problemas propostos utilizando a Lei da Conservação da quantidade de movimento; avaliar a capacidade de determinar a quantidade de movimento e o emprego correto da variação dela.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Divida a classe em grupos e oriente-os na realização do roteiro 7.

### Roteiro 7 – Colisões ou trombadas

**1.** As tabelas a seguir apresentam algumas quantidades de movimento de dois carros no instante imediatamente anterior e posterior a uma colisão entre eles. Aplicando a Lei da Conservação da quantidade de movimento, complete a tabela.

| Colisão 1 | Carro 1 (N · s) | | Carro 2 (N · s) | | Total (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| $Q_{antes}$ | 30 000 | + | 0 | = | 30 000 |
| $Q_{depois}$ | 10 000 | + | 20 000 | = | 30 000 |

| Colisão 2 | Carro 1 (N · s) | | Carro 2 (N · s) | | Total (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| $Q_{antes}$ | 30 000 | + | −30 000 | = | 0 |
| $Q_{depois}$ | 20 000 | + | -20 000 | = | 0 |

| Colisão 3 | Carro 1 (N · s) | | Carro 2 (N · s) | | Total (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| $Q_{antes}$ | 10 000 | + | −30 000 | = | −20 000 |
| $Q_{depois}$ | -25 000 | + | 5 000 | = | -20 000 |

Tabela 7.

**2.** Faça um desenho para cada uma das colisões representadas na tabela anterior, mostrando os veículos, a direção e o sentido dos movimentos.

Os desenhos devem respeitar o seguinte: quantidades de movimento com sinais opostos significam movimentos com mesma direção e sentidos opostos; quantidades de movimento com sinais iguais significam movimentos com mesma direção e mesmo sentido; também se deve obedecer ao mesmo sentido positivo antes e depois da colisão. Por exemplo, se os alunos desenharem um carro indo da esquerda para a direita para representar a quantidade de movimento positiva antes da colisão, após a colisão, se algum carro tiver quantidade de movimento negativa, conclui-se que ele estará se deslocando da direita para a esquerda.

**3.** Complete a tabela a seguir, que apresenta dados de colisões em uma mesma direção com os mesmos dois veículos de massas diferentes. Use a conservação da quantidade de movimento para calcular o valor das quantidades de movimento (Q), da velocidade (v), em m/s, e da massa (m), em kg.

| Colisão 1 | Jamanta (N · s) | | Carro (N · s) | | Total (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| $Q_{antes}$ | m · 10 = Q | + | 1 000 · 0 = 0 | = | 100 000 |
| $Q_{depois}$ | 10 000 · v = 70 000 | + | 1 000 · 30 = 30 000 | = | 100 000 |

m = 10 000; Q = 100 000; v = 7.

| Colisão 2 | Jamanta (N · s) | | Carro (N · s) | | Total (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| $Q_{antes}$ | 10 000 · 0 = 0 | + | 30 · 1 000 = 30 000 | = | 30 000 |
| $Q_{depois}$ | m · 4 = 40 000 | + | 1000 · v = Q | = | 30 000 |

m = 10 000; v = −10; Q = − 10 000.

| Colisão 3 | Jamanta (N · s) | | Carro (N · s) | | Total (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| $Q_{antes}$ | 10 000 · (−4) = −40 000 | + | 40 · 1 000 = 40 000 | = | 0 |
| $Q_{depois}$ | 10 000 · 2 = 20 000 | + | m · (–20) = –20 000 | = | 0 |

m = 1 000.

Tabela 8.

**4.** Faça um desenho para cada uma das colisões, representando os veículos, a direção e o sentido dos movimentos das colisões descritas no exercício anterior.

Ver gabarito da questão 2.

## Encaminhando a ação

A primeira questão proporciona a realização do cálculo da quantidade de movimento total do sistema, a partir dos valores de suas partes, e solicita aos alunos que determinem o valor envolvido em uma de suas partes, após ter o conhecimento do valor total. O foco está na conservação da quantidade de movimento. Na segunda questão, identifique se os alunos estão interpretando corretamente o fenômeno físico proposto, verificando o sentido dos movimentos para que a colisão promova as variações indicadas na tabela. É importante lembrar que a convenção de sinais nesse caso é escolha dos alunos.

A terceira questão proporciona a realização do cálculo da quantidade de movimento total do sistema, a partir dos valores de suas partes, e solicita aos alunos que determine, após ter o conhecimento do valor total, o valor envolvido em uma de suas partes e, em cada parte, os valores das velocidades e massas envolvidas. O foco está no fato de que, por meio da conservação da quantidade de movimento, podemos identificar características específicas das partes do sistema como velocidades.

É necessário que você dedique mais uma aula para reforçar os elementos tratados até então, com foco na conservação da quantidade de movimento e nas suas variações nas partes do sistema. A proposição de exercícios de fixação ou desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos envolvidos dependerá do diagnóstico que você realizar em cada sala de aula. A Situação de Aprendizagem 8, que fecha o tema, envolve um bom entendimento dos elementos discutidos ao longo desse tema.

Na Física, diferenciamos a quantidade de movimento presente nos deslocamentos e nos giros. A quantidade de movimento presente nos deslocamentos (translação) é chamada de quantidade de movimento linear ou **momento linear**, e a quantidade de movimento presente nos giros (rotação) é chamada de quantidade de movimento angular ou **momento angular**.

Uma roda de bicicleta pode ter momento angular e momento linear? Explique.

Sim, pois o momento linear está vinculado ao deslocamento da bicicleta, e o momento angular está vinculado ao giro das rodas.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8
# O CONHECIMENTO FÍSICO AJUDA A JULGAR AÇÕES DO NOSSO DIA A DIA

Nesta Situação de Aprendizagem finalizaremos a discussão sobre as variações das quantidades de movimento nas partes do sistema e de sua conservação no sistema todo, com o objetivo de fechar, por ora, a discussão sobre a produção e a alteração nos movimentos no nosso dia a dia. Propomos a simulação de um julgamento num tribunal de "pequenas causas físicas". Organizando os alunos em grupos de juízes, advogados de defesa e de acusação, eles deverão estudar os casos em questão, discutindo-os com base nos conceitos científicos trabalhados no decorrer das aulas.

**Conteúdos e temas**: conservação da quantidade de movimento e a identificação de forças para fazer análises, previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem movimentos.

**Competências e habilidades**: utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação; utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos, organizando e sistematizando informações dadas; criticar, analisar e julgar situações-problema envolvendo a conservação e a variação da quantidade de movimento.

**Sugestão de estratégias**: debate entre três grupos de alunos com a finalidade de organizar conhecimentos científicos adquiridos, para subsidiar argumentação em atividade lúdica de jogo, em que é simulado um julgamento.

**Sugestão de recursos**: roteiro 8 de atividade em grupo, visando à abordagem da conservação da quantidade de movimento e à identificação de forças para fazer análises, previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem movimentos.

**Sugestão de avaliação**: avaliar o entendimento dos alunos sobre a conservação da quantidade de movimento e sua capacidade de realizar previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem produção e alteração dos movimentos pautados na variação da quantidade de movimento na parte do sistema mediante a interação; de realizar estimativas de força e de tempo nas interações; no produto final (veredicto de cada julgamento), verificar os conhecimentos físicos desenvolvidos ao longo das aulas e a capacidade de argumentação que cada indivíduo ou cada grupo expressou.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Organize a turma em três grandes grupos: grupo dos juízes, grupo dos advogados de acusação (promotores) e grupo dos advogados de defesa (defensores). Essa divisão pode ser realizada por meio de sorteio, pela sua indicação, ou os alunos podem ser orientados a escolher em que grupo gostariam de participar. Assim que os grupos estiverem formados, peça para a classe escolher um dos casos apresentados para realizar o julgamento.

Determinado o julgamento que ocorrerá na aula e o papel que cada membro desses grupos vai desempenhar na atividade, estipule o tempo que os grupos terão para discutir sua estratégia de ação, consultar suas anotações, apostilas, cadernos e livros.

Inicie o debate, que deverá ser mediado pelo grupo dos juízes, dando igual tempo para a acusação e para a defesa.

Ao final da aula, o grupo de juízes deve proferir a sentença final amparado pelos conceitos científicos estudados neste volume. (No Caderno do Aluno devem ser anotados o caso escolhido, a acusação feita, a defesa apresentada e a decisão do juiz.)Você poderá ser acionado como instância de julgamento superior, caso seja feito "pedido de apelação" ao final do julgamento por uma das partes interessadas ou, ainda, se você entender que seja necessário.

Se houver tempo, escolham outro caso e repitam os procedimentos sugeridos.

## Roteiro 8 – Tribunal de pequenas causas físicas

**Autos x00xx0x0x.1** – Um borracheiro é acusado de danificar a roda de liga leve *Megastreetflatpró* de um carro importado, por ter usado uma marreta de ferro de 10 kg para colocar o pneu na roda. Ele alega em sua defesa que com o martelo de borracha não é possível colocar o pneu em uma roda.

Ao bater com uma marreta de ferro na roda, a força aplicada nela será maior do que a força aplicada com um martelo de borracha. Como a borracha sofre maior deformação do que o ferro no momento da batida, o tempo de interação com a roda é maior, consequentemente a força aplicada será menor, ainda que a variação na quantidade de movimento possa ser a mesma nos dois casos. Portanto, o borracheiro é culpado.

**Processo x00xx0x0x.2** – Um astronauta é acusado de jogar fora um conjunto de propulsão da Agência Nacional de Empurrões Espaciais, devendo indenizar a Agência em 5 zilhões de réis espaciais. A acusação alega que o simples fato de o referido conjunto de propulsão não estar funcionando não é motivo aceitável para o astronauta jogá-lo fora, e que ele deveria ter andado até a nave espacial para consertar o equipamento. A defesa alega que o astronauta não estava na Terra nesse dia: ele estava em órbita e do lado de fora da nave, e que, em legítima defesa, para preservar sua vida, teve que jogar o equipamento para se mover em direção à nave.

Ao atirar o conjunto de propulsão na direção contrária à nave, o corpo do astronauta adquirirá velocidade em direção à nave por conta da conservação da quantidade de movimento do sistema astronauta-conjunto de propulsão. Não havia outra forma de interação que pudesse fazer que uma força agisse no corpo do astronauta acelerando-o em direção à nave. Ele agiu, portanto, em defesa da própria vida.

**Recesso x00xx0x0x.3** – Um pregador profissional de pregos retos em paredes lisas e de pé é acusado de ter deixado um prego frouxo na parede e, com isso, ter danificado um quadro raríssimo, que caiu da parede. A acusação alega que o réu é culpado por ter usado um martelo de borracha para martelar o prego na parede da casa do Sr. Dr. Prof. Diretor do Museu de Quadros Pendurados de São Paulo. A defesa alega que essa acusação é preconceituosa e que os martelos e marretas de qualquer material podem ser usados para pregar pregos de qualquer tamanho em qualquer parede.

Esse caso deve utilizar argumentação semelhante à do primeiro caso (Autos x00xx0x0x.1). Se o prego foi martelado com um martelo de borracha, em razão da deformação da borracha no momento da aplicação da força no prego, o tempo de interação fica maior (do que se fosse utilizado um martelo de aço), fazendo que a força aplicada seja menor e, possivelmente, insuficiente para pregar o prego de forma adequada na parede. Portanto, a culpa é do "pregador".

**Baixos x00xx0x0x.4** – A Associação dos Pneus Cantores de São Paulo acusa o cantor Espivarotti de calúnia, por ter afirmado, em entrevista, que os pneus cantores brasileiros ainda não atingiram padrão internacional. Ele (Espivarotti) afirma que consegue cantar pneu mesmo em freadas suaves e manter o som das freadas bruscas por muito mais tempo. A defesa alega que a carteira profissional internacional de cantor permite cantar pneu nas freadas por quanto tempo quiser e que o canto dos pneus não tem nenhuma relação com o tipo de freada, acontecendo até com o freio motor.

Nesse caso, deve-se considerar que, por conta da freada brusca, a variação da quantidade de movimento deve ocorrer em um intervalo de tempo curto, e, como

consequência, a força aplicada pelos pneus no asfalto se torna muito intensa, levando, em alguns casos, ao escorregamento do pneu no asfalto que causa a "cantada". No caso do freio motor, o que ocorre é um freamento mais lento, tendo como consequência a aplicação de uma força de menor intensidade reduzindo muito o risco de escorregamento dos pneus. Ou seja, o tal Espivarotti é calunioso.

**SuperAutos x00xx0x0x.5** – A Associação Conservadora da Quantidade de Movimento pede ao Super-Homem que indenize a cidade, acusando-o de poluir o ar durante seus voos. A acusação alega que o Super-Homem não pode voar sem empurrar ou puxar algo. Como não há nenhum objeto ou propulsor ligado ao seu corpo que compense seu movimento, e o campo gravitacional o faz cair, fica evidente que ele dispara superbufas (ou superpuns) no ar, impelindo-o para o alto e avante, o que contribui para a poluição do ar da cidade. O réu, de identidade desconhecida e sem residência fixa, não constituiu defesa.

Nesse caso, deve ser evidenciado que, para ser capaz de variar a quantidade de movimento que causa a propulsão do corpo, é preciso que haja interação dele com outro ou que a quantidade de movimento desse sistema possa variar. Como durante o voo não há possibilidade de interação com outros corpos, a única maneira seria expelir gases na direção contrária ao movimento que se deseja obter. Portanto, o Super-Homem provavelmente é expelidor de gases, ou seja, culpado.

**1.** Explique por que um canhão se movimenta ao disparar o projétil. Faça um desenho mostrando a situação física e determine a velocidade de recuo de um canhão de 9 t que dispara uma bala de 45 kg a uma velocidade de 720 km/h.

Por compensação, o canhão dispara o projétil, que tem pequena massa e sai em alta velocidade, enquanto o canhão, por ter grande massa, recua para o lado oposto, com baixa velocidade. Assim, para determinar a velocidade do canhão, temos: 45 kg · 720 km/h = 9 000 kg · v; portanto, v = 3,6 km/h.

**2.** Um *skatista* com 50,1 kg joga ao chão um *skate* de 700 g, com velocidade de 1 m/s, depois corre e pula com velocidade de 3 m/s, caindo sobre o *skate*. Estime a velocidade em que o *skatista* passará a se mover com seu *skate*.

Por transferência, o *skatista* pula sobre o *skate* e ambos passam a se mover juntos. Assim, para determinar a velocidade, temos: 50,1 kg · 3 m/s + 0,700 kg · 1 m/s = 50,8 kg · v; portanto, 150,3 kg · m/s + 0,7 kg · m/s = 50,8 kg · v; logo, v = 2,97 m/s.

# GRADE DE AVALIAÇÃO

| | Competências e habilidades | Indicadores de aprendizagem |
|---|---|---|
| Situação de Aprendizagem 4 | ▶ Reconhecer as variações no movimento com variações na quantidade de movimento nas partes do sistema juntamente com sua conservação no sistema todo. | ▶ Reconhecer as variações nos movimentos de translação.<br>▶ Reconhecer a produção do movimento.<br>▶ Reconhecer as interações com outra parte do sistema físico como causa das alterações no movimento.<br>▶ Identificar as interações nas formas de controle das alterações no movimento.<br>▶ Classificar as alterações do movimento em categorias. |
| Situação de Aprendizagem 5 | ▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever as variações no movimento.<br>▶ Identificar a relação entre força e tempo de interação na alteração de um movimento. | ▶ Reconhecer relações em uma interação entre as variáveis que a caracterizam: a variação da quantidade de movimento, a força e o tempo. $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{Q}}{\Delta t}$<br>▶ Identificar características e propriedades de materiais, tecnologias e procedimentos, necessários para privilegiar uma característica desejada nessas variáveis durante a interação.<br>▶ Realizar transformações de unidades. |
| Situação de Aprendizagem 6 | ▶ Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação.<br>▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.<br>▶ Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas. | ▶ Identificar procedimentos em que sejam realizadas medidas qualitativas de espaço e de tempo para determinação da variação da quantidade de movimento.<br>▶ Executar um procedimento que evidencie a compensação na produção do movimento.<br>▶ Reconhecer a importância da interação na produção do movimento.<br>▶ Identificar as diferentes características do movimento adquiridas pelas partes do sistema físico em interações, relacionando-as com as massas de seus componentes. |
| Situação de Aprendizagem 7 | ▶ Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a conservação da quantidade de movimento e prever valores das grandezas dos movimentos no cotidiano antes e após interações. | ▶ Utilizar a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e a variação da quantidade de movimento em suas partes para determinar valores característicos das grandezas relacionadas ao movimento, tanto antes como após uma interação. |

| Situação de Aprendizagem 8 | | |
|---|---|---|
| | ▶ Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação.<br>▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas. | ▶ Utilizar a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e a variação da quantidade de movimento em suas partes para emitir juízo sobre eventos ligados à produção e à alteração dos movimentos no nosso dia a dia. |

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

**1.** Um automóvel para quase instantaneamente ao bater de frente em uma grande árvore. Explique qual é a vantagem para seus passageiros o fato de ele ter *air bag*.

Terá menor força durante maior período de tempo.

A proteção oferecida pelo *air bag* é definida pela relação entre a variação da quantidade de movimento e o tempo, dados pela expressão $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{Q}}{\Delta t}$ ou $\vec{F} = \Delta\vec{Q}/\Delta t$. Portanto, quanto maior o tempo da interação, menor a força; assim, com menor força, menor é o perigo para os passageiros.

**2.** (Concurso PEBII-SP – 2007) Uma astronauta de 60 kg pode se mover fora de sua nave fazendo uso de um minifoguete de 3 kg, preso à sua cintura. Devido a um defeito nesse equipamento, ela permanece parada a 120 m da nave. Ocorre-lhe, então, lançar o foguete em direção oposta à nave para conseguir alcançá-la a tempo, pois deve partir em 2 min. Para que tenha sucesso, a menor velocidade (relativa à nave) que deveria ser dada ao minifoguete seria de

**a)** 0,05 m/s.

**b)** 1,0 m/s.

**c)** 10 m/s.

**d)** 20 m/s.

**e)** 120 m/s.

Como o foguete parte em 2 min = 120 s e o deslocamento é de 120 m, a velocidade $v = \Delta S/\Delta t = 120/120 = 1$ m/s. Como a astronauta está parada, o impulso necessário para que parta com essa velocidade é $I = 60 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s} = 60 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. Para obter esse impulso, ela lança o minifoguete na direção do foguete, mas em sentido contrário a ele; como o minifoguete está parado, o impulso pode ser calculado como $I = m \cdot v$, ou seja, $v = I/m$. Portanto, o minifoguete deve ser lançado com velocidade $v = 60 \text{ kg} \cdot \text{m/s} / 3 \text{ kg} = 20$ m/s.

**3.** Um patinador de 75 kg empurra uma caixa com 50 kg, estando ambos inicialmente em repouso numa pista de gelo em que podemos considerar o atrito desprezível. Após o empurrão, o patinador se move para trás com velocidade de 0,3 m/s em relação ao gelo. Após 5 s, qual será a distância entre a caixa e o patinador, supondo que suas velocidades permanecem praticamente constantes?

**a)** 0,75 m.

**b)** 1,5 m.

**c)** 2,25 m.

**d)** 2,75 m.

**e)** 3,75 m.

$Q_{antes} = Q_{depois} = 0$, ou seja, $MV + mv = 0$.

$75 \text{ kg} \cdot 0{,}3 \text{ m/s} + 50 \text{ kg} \cdot X \text{m/s} = 0$, portanto $X = (-22{,}5)/50$, ou seja, $X = -0{,}45 \text{m/s}$.

Então, o patinador se desloca com velocidade de 0,30 m/s em um sentido e a caixa com velocidade de 0,45 m/s no sentido oposto. Após 5 s, a distância entre eles será a soma do módulo dos dois deslocamentos:

$\Delta S = \Delta s_1 + \Delta s_2$

$\Delta S = 0{,}30 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ s} + 0{,}45 \text{m/s} \cdot 5 \text{ s}$.

$\Delta S = 3{,}75 \text{ m}$.

**4.** 1909 Colisão fatal[a] – Numa alameda em Paris, o conde Amassadini dirigia a 6 km/h seu veloz automóvel Alfa Morreo 1906 de massa igual a 1,2 t. No sentido contrário, *sir* Hard Arm colide de frente, com seu Fort XT 1909, de 800 kg. Testemunhas relatam a parada imediata dos veículos ao colidirem, mas até hoje a justiça não sabe se *sir* Hard Arm conduzia seu veículo acima dos 10 km/h permitidos por lei.

Resolva de uma vez por todas essa antiga pendência judicial!

© Lie Kobayashi/Adaptado de GREF

Figura 8. Pendência entre o conde Amassadini e *sir* Hard Arm.

| Colisão | Alfa Morreo | | Fort XT | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Antes | $1{,}2 \text{ t} \cdot 6 \text{ km/h} = 7{,}2 \text{ t} \cdot \text{km/h}$ | + | $0{,}8 \text{ t} \cdot Y = Q$ | = | 0 |
| Depois | $1{,}2 \text{ t} \cdot 0 \text{ km/h} = 0 \text{ t} \cdot \text{km/h}$ | + | $0{,}8 \text{ t} \cdot 0 \text{ km/h} = 0 \text{ t} \cdot \text{km/h}$ | = | $\text{t} \cdot \text{km/h}$ |

Tabela 9.

[a] Retirado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 1. Trombadas ainda piores. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 23. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec1.pdf>. Acesso em: 20 maio 2013.

Pela conservação da quantidade de movimento Q = −7,2 t · km/h, já que a soma delas deve ser zero (total), portanto, Y = −9 km/h, o sinal negativo indica que a velocidade do Fort XT tem sentido contrário à velocidade do Alfa Morreo e intensidade de 9 km/h, portanto inferior ao limite de velocidade na rua. Caso encerrado!

**5.** Podemos determinar a variação da quantidade de movimento nas colisões entre as bolas de vidro no jogo de bolinhas de gude.

**a)** Que procedimento você sugere para obter essas informações efetivamente?

**b)** O que você utilizaria para realizar as medições?

O que é determinante para o acerto dessa questão é a proposição da medida da distância percorrida pela bola e do tempo, a determinação da velocidade, a medida da massa e, em seguida, a determinação da quantidade de movimento de cada bola antes e depois da batida. A escolha de réguas, trenas, fita métrica, balança e cronômetro dependerá das massas das bolas e da intensidade da batida.

A primeira questão avalia a habilidade de utilizar modelo explicativo de movimento para compreender as variações do movimento, relacionando a variação, o tempo de interação e a força: $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{Q}}{\Delta t}$.

## Grade de correção das questões

As questões 2, 3 e 4 avaliam habilidades de reconhecer, identificar e utilizar a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e a variação da quantidade de movimento em suas partes para determinar valores característicos das grandezas relacionadas ao movimento, tanto antes como após uma interação. Além disso, avaliam o reconhecimento da compensação na produção de movimento e nas alterações no movimento e a identificação de formas de controle de movimentos.

A questão 5 avalia as habilidades de: propor procedimentos para medir distância (tamanho), tempo, velocidade, massa e determinar a quantidade de movimento antes e depois da interação; efetuar medidas de intervalos de massa, tempo e distância; determinar a velocidade média e quantidade de movimento; identificar diferentes unidades de medida de uma mesma grandeza; e organizar informações em tabelas.

# TEMA 3 – LEIS DE NEWTON

A primeira Lei de Newton, a inércia, apresenta a concepção de espaço para Newton, um espaço idêntico em toda parte e, por isso, o movimento só é alterado por interações. Não há propriedades do espaço, como deformações ou campos, ou variação de densidade[a] que alterem características do movimento e somente forças podem realizar tal alteração. Por isso, um corpo em repouso permanece em repouso e um corpo em movimento permanece em movimento retilíneo uniforme. A primeira lei também pode ser entendida como outra forma de enunciar a Lei da Conservação da quantidade de movimento[b].

A segunda lei determina a força como a razão entre a quantidade de movimento em relação ao tempo, como já vimos, $\vec{F} = \frac{d\vec{Q}}{dt}$ na forma diferencial de representar a segunda Lei de Newton, que é mais conhecida no Ensino Médio como $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$. Entretanto, essa simplificação só corresponde à Lei de Newton para sistemas em que não há variação da massa em nenhuma de suas partes. Caso ocorra variação de massas, como nas explosões, nos fogos de artifício ou lançamento de foguetes, a lei precisa ser utilizada na forma original. A segunda lei também pode ser expressa como $\Delta\vec{Q} = \int\vec{F}dt$ na forma integral de representá-la, normalmente definida no Ensino Médio como impulso de uma força, $\Delta\vec{Q} = \vec{F} \cdot \Delta t$.

A terceira lei, da ação e reação, corresponde à interação entre duas partes de um sistema físico que ocorre da mesma maneira para ambas as partes. Portanto, as forças existentes entre as duas partes são exatamente iguais em intensidade e direção, mas em cada parte a força tem sentido contrário à da outra parte[c].

[a] Professor, você já reparou que não há força atuando quando um feixe de luz é refratado? Nesse caso, a variação do movimento é pensada pela variação do índice de refração do meio, ou seja, por diferentes propriedades do meio em que a luz propaga. Num espaço que não seja homogêneo, ou seja, igual em todas as partes, também ocorreria esse tipo de desvio no movimento.

[b] Ver GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Física 1*. Mecânica. São Paulo: Edusp, 2002, p. 44.

[c] Ver GREF. *Física 1*. Mecânica. São Paulo: Edusp, 2002, p. 45-46.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9
# ANÁLISE DAS PARTES DE UM SISTEMA DE CORPOS[d]

Esta Situação de Aprendizagem tem início com um diagrama de forças (ou diagrama de corpo livre) e propõe um levantamento das forças presentes em um sistema físico. Essa identificação possibilita o entendimento de alterações no movimento, tanto nos sistemas dinâmicos como nos estáticos, em função das forças identificadas. A segunda parte propõe a previsão das alterações no movimento como uma possível aplicação das leis de Newton do movimento. É interessante recuperar o debate realizado na Situação de Aprendizagem 5, em que os alunos estabeleceram a equação $\Delta\vec{Q} = \vec{F} \cdot \Delta t$.

**Conteúdos e temas**: as leis de Newton na análise de partes de um sistema de corpos.

**Competências e habilidades**: identificar as forças presentes nos sistemas físicos e em suas partes; determinar valores das grandezas que caracterizam sistemas físicos estáticos e dinâmicos (forças, acelerações etc.).

**Sugestão de estratégias**: aula com discussão em grande grupo; resolução de atividades e exercícios em pequenos grupos.

**Sugestão de recursos:** roteiro 9 de atividade em grupo com problemas físicos de sistemas de corpos e diagrama de forças.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as questões físicas envolvidas em cada caso apresentado; avaliar a capacidade de resolução de situações-problema envolvendo sistemas físicos com forças resultantes não nulas e o emprego do diagrama de forças para sistematizar o problema.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Você pode iniciar a aula com a retomada da discussão das leis de Newton do movimento e como se determina a força de atrito, que será necessária para solucionar a situação proposta para o trem nesta Situação de Aprendizagem 9.

Organize os alunos em grupos de, no máximo, três alunos. Algumas dicas podem ajudá-los a realizar a atividade: para achar o peso, use $P = m \cdot g$. Informe que nem sempre é assim, mas o valor da força normal N deverá ser igual ao do peso, neste caso. O atrito será calculado pela fórmula $F_{at} = \mu \cdot N$. Informe aos alunos que eles devem encontrar a força resultante e a aceleração do trem, para depois obter as demais forças, a velocidade e o tempo etc.

[d] Adaptado de: GREF. *Leituras de Física*: Mecânica 2. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>. Acesso em: 21 maio 2013.

## Roteiro 9 – Leis de Newton – identificando forças e construindo diagramas de corpo livre

**1.** O funcionário da figura ao lado não conseguiu abrir o cofre e decidiu "levar serviço para casa". O diagrama de forças da figura à direita da tabela abaixo indica as várias interações presentes nessa delicada operação. Complete a tabela com os números corretos das forças.

Figura 9.

© Conexão Editorial/Adaptado de GREF

| Força | Força nº |
|---|---|
| Atrito estático do pé no chão | 1 |
| Atrito estático do chão no pé | 2 |
| Normal do funcionário no cofre | 5 |
| Normal do cofre no funcionário | 4 |
| Atrito dinâmico do cofre no chão | 7 |
| Atrito dinâmico do chão no cofre | 6 |
| Peso do cofre | 9 |
| Normal do chão no cofre | 8 |
| Peso do funcionário | 3 |
| Normal do chão no funcionário | 10 |

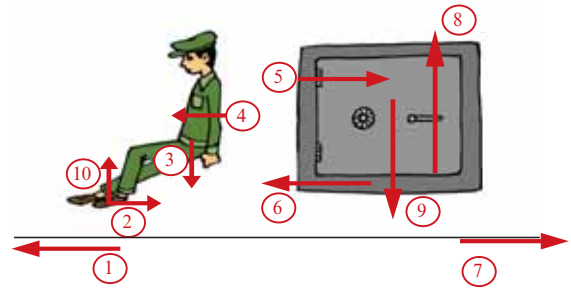



Figura 10.

© Conexão Editorial/Adaptado de GREF

Tabela 10.

**2.** Indique quais forças possuem a mesma intensidade.

1 e 2; 4 e 5; 6 e 7; 8 e 9; 3 e 10.

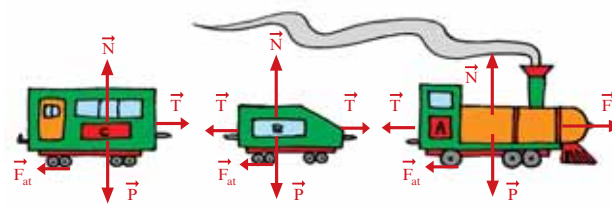
**3.** Que forças constituem pares de ação e reação?

1 e 2; 4 e 5; 6 e 7.

**Situação:** Uma locomotiva de 30000 kg puxa dois vagões, um de combustível, de 5000 kg, e outro de passageiros, de 25000 kg. A força exercida pelas rodas de tração sobre o conjunto do trem é de 20000 N, e os atritos de deslizamento nos eixos correspondem a um coeficiente 0,008.

© Conexão Editorial/ Adaptado de GREF

Figura 11.



**4.** Qual é a força resultante sobre o trem?

A soma das reações normais sobre o trem é:
(10 · 5 000 + 10 · 25 000 + 10 · 30 000)N = 600 000 N.
A força de atrito sobre o conjunto deve ser:
0,008 · 600 000 N = 4 800 N.
Assim a força resultante sobre o trem seria:
(20 000 − 4 800)N = 15 200 N.

**5.** Qual é a aceleração do trem?

A aceleração então é:
F/m = 15 200 N / 60 000 kg = 0,25 m/s²

## Encaminhando a ação

Ao término do tempo estipulado para a atividade nos pequenos grupos, peça aos alunos que falem sobre os pares de ação e reação identificados na primeira parte da atividade e como determinaram a aceleração para o trem nesta Situação de Aprendizagem. Sistematize essas informações.

Discuta a importância da elaboração dos diagramas de força (também chamados de diagramas de corpo livre) para o entendimento dos movimentos e das interações que promovem a alteração do movimento.

Se houver condições, mostre outras atividades sugeridas nas *Leituras de Física* 18, 19 e 20 do GREF de Mecânica, bem como atividades e exercícios comuns em materiais e livros didáticos do Ensino Médio.

O par de ação e reação com o peso está ausente nos dois casos apresentados na atividade, pois se trata da força de atração no centro da Terra. Para elucidar essa questão você pode fazer uma breve apresentação da força peso, de interação da massa com o campo gravitacional, mostrando como determiná-la, indicando que o par de reação está no centro da Terra e que, portanto, se algo é atraído para baixo pela Terra é porque a Terra é atraída para cima por esse objeto.

Peça aos alunos que resolvam exercícios que utilizem as leis de Newton; faça listas de atividades para eles. Há muitos deles tanto em livros didáticos de Ensino Médio como em questões para vestibulares.

**Algumas forças na Mecânica**

As formas pelas quais os objetos interagem são muito variadas. Cada interação representa uma força diferente, que depende das condições em que os objetos interagem. Vejamos alguns exemplos.

**Peso**: o movimento próximo à superfície da Terra é muito influenciado pela força com que a Terra atrai os objetos. Se abandonarmos algo, ele cai, a não ser que outra interação o impeça. Essa força é responsável por manter a atmosfera da Terra, além da órbita da Lua e de satélites artificiais. Ela é sempre vertical e orientada para "baixo". É também conhecida como **força gravitacional**.

**Sustentação**: quando nos encostamos na parede, exercemos uma pressão de contato nela. Mas por que não afundamos na parede, como fazemos na água? Isso não acontece porque a parede exerce uma força de reação ao contato, não permitindo que um corpo

penetre no outro. Como essa força é sempre perpendicular à superfície de contato, ela é denominada **força normal** (ou apenas **normal**). Graças a ela, as coisas não caem. É a normal que dá sustentação às coisas (e em muitos casos contrabalanceia seu peso), seja quando as seguramos com as mãos, seja quando as apoiamos em objetos.

**Resistência**: correr na água é bem mais difícil que correr em solo firme. Isso acontece porque a água oferece resistência ao movimento. A força de resistência também ocorre no ar, o que permite o uso dos paraquedas, por exemplo, ou exige formas aerodinâmicas quando se deseja minimizar essa resistência. Essa força é conhecida como **força de arraste**.

**Atrito**: coisas que se raspam estão em atrito umas com as outras. Quando você desliza a mão sobre a pele da pessoa amada, está exercendo sobre ela uma força de atrito. É essa força que permite que um carro freie e também que o carro acelere. Ela também é a responsável por permitir que andemos sobre a terra.

Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 2. Onde estão as forças? São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 45. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>. Acesso em: 21 maio 2013.

**1.** Existe algum objeto que não tenha interação com o campo gravitacional e não tenha peso?

Não. Todo objeto possui massa e, como todos os objetos interagem com o campo gravitacional, todo objeto possui peso (pois peso é a força determinada pelo produto entre massa e aceleração da gravidade).

**2.** Explique como é possível existir balões que flutuam no ar em vez de caírem como uma pedra.

Os balões flutuam e sobem porque a força de empuxo é maior que o peso, em razão da densidade do gás (ou ar quente) ser menor que a do ar. Quando os balões permanecem numa mesma altura, é porque a força de empuxo fica igual ao peso; para descer o empuxo é reduzido, liberando gás, de forma que a força de empuxo fica menor que o peso.

**3.** Um barco navegando no mar está sujeito a quais forças?

Ao peso e ao empuxo, e também às forças de arrasto (resistências) ao se deslocar no mar.

**4.** Indique outras formas de interação que representem outras forças que você conhece.

Força elétrica, força magnética, força nuclear etc.

### O atrito

Na última festa junina ocorrida em uma escola, foi colocado um pau de sebo no centro da quadra de esportes. O professor de Física pediu a um grupo de alunos que elaborasse um cartaz com sugestões para facilitar a subida até o topo e o colocasse ao lado do mastro.

Em primeiro lugar, os alunos sugeriram que a pessoa se agarrasse com muita força. Com isso estaria garantindo que a força normal fosse maior, o que iria aumentar o atrito. Mas também indicaram que ela tentasse alterar os materiais em interação, talvez passando areia na roupa e nas mãos. Ou seja, recomendaram em ambos os casos formas de conseguir um coeficiente de atrito maior.

Uma maneira matemática de resumir essas indicações dos alunos é dada pela seguinte equação: $F_{atrito} = \mu F_{normal}$.

A letra grega μ (mi) indica o coeficiente de atrito entre as superfícies, $F_{normal}$ indica o valor da força normal entre as duas superfícies, quer dizer, a agarrada forte que a pessoa deve dar.

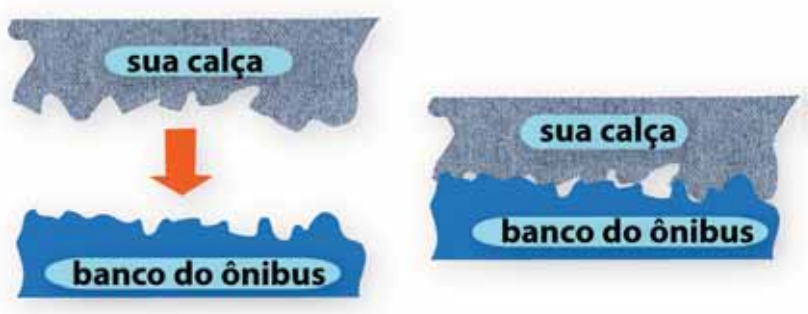
Para explicar o atrito, devemos perceber que mesmo objetos aparentemente lisos, como um vidro, uma mesa envernizada ou a superfície de um automóvel, possuem muitas saliências e "buracos" no nível microscópico. Podemos ver na figura a seguir, em escala muito ampliada, a existência de tais rugosidades.

© Lie Kobayashi

Figura 12.

Quando dois objetos se tocam, ocorrem pontos de contato entre suas rugosidades. Assim podemos construir um modelo que explica a existência do atrito afirmando que, nos pontos de "encaixe", ocorrem fortes adesões superficiais, semelhantes a uma espécie de "solda" entre os dois materiais. Desse modo, a força de atrito está associada à dificuldade em romper essas soldas quando um corpo é arrastado sobre o outro. Durante o movimento, as soldas se refazem continuamente em novos pontos de contato, de forma que durante o arrastamento exista sempre uma força de resistência ao movimento: é a força de atrito. Usualmente, isso também resulta em desgaste.

Para ter uma ideia de como essas soldas ocorrem, imagine o que acontece quando você se senta no banco de um ônibus. O atrito entre sua calça e o banco poderia ser representado, em nível microscópico, da seguinte forma:




© Lie Kobayashi/Adaptado de GREF

Figura 13.

Quando um objeto é colocado sobre uma superfície (um tijolo sobre a mesa, por exemplo), ele tem, na verdade, somente alguns pontos de contato com ela, em razão dessas saliências.

O modelo das soldas nos permite entender como os lubrificantes ajudam a diminuir o atrito e o desgaste, ao preencher as reentrâncias existentes entre as superfícies, além de dificultar a formação das soldas.

Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 2. Batendo, ralando e esfregando... São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 63. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>. Acesso em: 21 maio 2013.

**1.** Explique por que se deve agarrar bem forte no pau de sebo para subir.

Porque assim se aumenta a força normal e, consequentemente, a força de atrito.

**2.** Por que os alunos sugerem que se utilize areia para ajudar na subida?

Utilizando a areia, o coeficiente de atrito entre as superfícies aumenta porque a força de atrito aumenta.

**3.** Por que o sebo dificulta a subida?

O sebo funciona como os lubrificantes, preenchendo as reentrâncias existentes entre as superfícies e dificultando a formação das soldas, o que diminui o atrito e dificulta a subida.

**4.** Por que é tão difícil separar dois copos de vidro encaixados um no outro se o vidro é tão liso? Para responder à questão utilize o modelo de "solda".

Como os copos são lisos, há formação de muitos pontos de solda, por isso, fica muito difícil separar os copos de vidros encaixados.

## Leis de Newton

Ao estudar o movimento, o elemento fundamental para ocorrer uma alteração é a interação. Newton estudou as alterações nos movimentos e identificou como ocorrem as interações, formalizando o conceito de força. Além disso, construiu uma concepção de espaço e tempo absolutos. Todavia, a grande revolução trazida por ele foi propor que suas três leis eram válidas tanto para os movimentos na Terra como para os movimentos no céu, o que foi um grande avanço para a Ciência.

A primeira Lei de Newton, da inércia, retrata sua visão de um espaço idêntico em toda parte, homogêneo. Por isso, nele, o movimento só é alterado se houver interações. Assim, na ausência de interações (ou no caso das interações compensarem umas às outras, anulando-se), um corpo em repouso permanece em repouso e um corpo em movimento permanece em movimento retilíneo uniforme. A primeira lei também pode ser entendida como outra forma de enunciar a Lei da Conservação da quantidade de movimento.

A segunda lei determina a força como a razão entre a quantidade de movimento em relação ao tempo, como já vimos, $\Delta\vec{Q} = \vec{F} \cdot \Delta t$, na forma de representar a segunda Lei de Newton.

Quando consideramos a massa constante, chegamos à forma que a equação é mais frequentemente representada:

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

A terceira lei, da ação e reação, corresponde à interação entre duas partes de um sistema físico com a mesma intensidade sobre ambas as partes. Ou seja, as forças atuando entre as duas partes são exatamente iguais em intensidade e direção, mas em uma a força tem sentido contrário à que age na outra.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Explique por que Newton propôs que o espaço é homogêneo, ou seja, igual em todos os lugares.

Newton propôs um espaço homogêneo para que o movimento não sofra alterações por causa das irregularidades no espaço, como ocorre em pistas esburacadas, ou quando o raio de luz passa obliquamente de um meio mais denso para um meio menos denso, sofrendo alteração na direção de seu movimento. O espaço homogêneo garante que só seja possível modificar o movimento por meio de interações. É o que Newton propõe em sua primeira lei, que trata da inércia.

**2.** Compare a lei da ação e reação de Newton com a variação da quantidade de movimento nas partes de um sistema físico, determinada pela conservação da quantidade de movimento no sistema todo.

A terceira Lei de Newton (ação e reação) enfoca que, numa interação, as partes do sistema sofrem forças de forma recíproca, ou seja, a mesma força sentida por uma parte do sistema é sofrida pela parte que interage com ela, em sentido oposto. O mesmo ocorre quando analisamos a variação da quantidade de movimento no sistema: as interações entre as partes ocorrem de forma recíproca, e de tal maneira que a quantidade de movimento transferida de uma parte para outra conserva a quantidade de movimento total.

**3.** Converse com seus colegas e identifique qual é a diferença na forma como o tempo de interação é apresentado originalmente por Newton na escrita da segunda lei ($\vec{F} = \frac{\Delta\vec{Q}}{\Delta t}$) e na forma como normalmente é apresentada nos livros do Ensino Médio ($\vec{F} = m \cdot \vec{a}$).

Na expressão $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, o tempo está implícito na aceleração, que é $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$, o que dá destaque ao conceito de aceleração. Já na forma proposta por Newton, o tempo está explícito, o conceito fundamental é o tempo da interação.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 10
## COMPARANDO AS LEIS DE NEWTON E A LEI DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Nesta Situação de Aprendizagem, o objetivo é comparar as leis de conservação com as leis de Newton. Conforme foi estudado, as leis de conservação da quantidade de movimento propiciam a compreensão de um sistema físico como um todo, identificando as variações da quantidade de movimento em suas partes, determinadas antes e após a interação pela conservação, e durante a interação pelas variações descritas. Com as leis de Newton, é possível analisar o movimento da interação e, com a análise, pode-se concluir o que acontecia antes e depois da interação.

**Conteúdos e temas:** relação entre as leis de Newton e a Lei da Conservação da quantidade de movimento.

**Competências e habilidades:** identificar relações entre as leis de Newton e a Lei da Conservação da quantidade de movimento; reconhecer as leis de Newton como determinação das variações nas partes do sistema e a Lei da Conservação como determinação do sistema todo.

**Sugestão de estratégias:** aula com discussão em grande grupo, resolução de atividades e exercícios em pequenos grupos.

**Sugestão de recursos:** roteiro 10 de atividade em grupo com problemas físicos de sistemas de corpos com variação da quantidade de movimento de suas partes.

**Sugestão de avaliação:** avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as questões físicas envolvidas em cada caso apresentado e sua capacidade de solucionar os problemas propostos tanto pela Lei da Conservação da quantidade de movimento quanto pelas leis de Newton.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Divida a sala em grupos e explique aos alunos que serão retomados conteúdos já trabalhados em sala de aula, mas discutidos com outra abordagem.

**Roteiro 10 – Comparando leis de Newton e variação da quantidade de movimento**

Na Situação de Aprendizagem 5, deparamo-nos com um problema que resolvemos pela variação da quantidade de movimento. Vamos revê-lo com a segunda Lei de Newton.

A fim de parar um carro com massa de 800 kg e velocidade de 17 m/s (61,2 km/h), será necessário que uma força varie a quantidade de movimento do veículo $\Delta\vec{Q} = m \cdot \Delta\vec{v}$, sendo $\Delta Q = 800 \cdot (0 - 17) = -13\,600$ kg · m/s, tendo percebido que $\Delta\vec{Q} = \vec{F} \cdot \Delta t$:

| Freada | Força de atrito (N) | | Tempo da freada (s) | | ΔQ (N · s) |
|---|---|---|---|---|---|
| I | −3 400 | · | 4 | = | −13 600 |

Tabela 11.

**1.** Agora, use a segunda Lei de Newton e determine a força de atrito. Partindo da aceleração do sistema, use a estimativa de 4 s para a freada, a função horária do movimento (função matemática que descreve o movimento ao longo do tempo), e determine a aceleração. Lembre-se de que a velocidade final após 4 s deve ser zero e a força de atrito necessária será igual à que foi determinada anteriormente. Verifique!

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0 - 17}{4} = -4{,}25 \text{ m/s}^2$$

$$F = 800 \cdot (-4{,}25) = -3\,400 \text{ N}$$

**2.** Na Situação de Aprendizagem 7, questão 3, você usou a variação da quantidade de movimento para calcular a velocidade da jamanta e do carro que colidiram. É possível fazer o mesmo cálculo usando as leis de Newton. Observe o exemplo.

| Colisão 2 | Jamanta (N · s) | Carro (N · s) |
|---|---|---|
| $Q_{antes}$ | $10\,000 \cdot 0 = 0$ | $30 \cdot 1000 = 30\,000$ kg · m/s |
| $Q_{depois}$ | $m \cdot 4 = 40\,000$ kg · m/s | $1\,000 \cdot v = Q$ |

Tabela 12.

**a)** Use a segunda Lei de Newton, como foi feito anteriormente, para determinar a variação da velocidade da jamanta, estimando o tempo de interação; depois, utilize a terceira Lei de Newton e determine a velocidade final do carro.

Exemplo de resolução:

**Jamanta**

m = 10 000 kg

$\Delta v = (4 - 0) = 4$ m/s

Estimativa de tempo de colisão: $\Delta t_{colisão} = 2$ s (os alunos podem estimar tempos diferentes. Verifique se o número estimado condiz com um valor possível).

Cálculo da aceleração:

$a = \Delta v/\Delta t_{colisão} = 4/2 = 2$ m/s²

Cálculo da força (segunda Lei de Newton):

$F = m \cdot a \rightarrow F = 10\,000 \cdot 2 = 20\,000$ N.

**Carro**

m = 1 000 kg

Pela terceira Lei de Newton, pode-se deduzir que a força que o carro faz na jamanta no momento da colisão tem a mesma direção, o mesmo módulo e sentido contrário à força que a jamanta faz no carro (F = –20 000 N). Cálculo da aceleração (segunda Lei de Newton):

$F = m \cdot a \rightarrow a = F/m = -20\,000/1\,000 = -20$ m/s²

Cálculo da velocidade final:

$a = \Delta v/\Delta t \rightarrow \Delta v = a \cdot \Delta t \rightarrow v - v_0 = a \cdot \Delta t$

$v - 30 = -20 \cdot 2 \rightarrow v = 30 - 40 = -10$ m/s.

**b)** Compare os resultados com os obtidos na Situação de Aprendizagem 7. Repare que foi necessário estimar o tempo de interação, pois a Lei de Newton é baseada no conceito de força, que só existe durante a interação: na ausência de uma interação, não há força, como vimos anteriormente.

Ressalte que as leis de Newton tratam do momento da interação, enquanto as leis de conservação tratam da quantidade de movimento e de sua variação no sistema todo. Ressalte também que as duas formas podem trazer soluções para os sistemas físicos clássicos antes, durante e depois das interações.

## Encaminhando a ação

Na questão 1, determinamos a força de atrito pela aplicação da segunda Lei de Newton. A partir dos valores estimados para o tempo da freada, foi possível determinar a aceleração pela função horária da velocidade ou pela determinação da aceleração média. Com a aceleração média e a massa, usando a segunda lei, obtemos o mesmo valor para força de atrito anteriormente calculado pela variação da quantidade de movimento. Os alunos podem encontrar dificuldade em resolver esse problema por meio das leis de Newton, pois é mais complicado e eles já o resolveram de uma forma mais simples, mas ainda precisam entender as duas formas para poder compará-las. Assim, oriente-os a realizar essa atividade e, em seguida, comparar as duas resoluções.

A questão 2 explicita a necessidade de estimar o tempo de interação para a resolução por meio da Lei de Newton, pois ela trata do que ocorre no intervalo de uma interação. Uma vez estimado o tempo da interação, deve-se determinar a aceleração da jamanta para chegar à força de interação durante a batida; posteriormente, usando a terceira Lei de Newton, deve-se calcular a força que será utilizada para encontrar a aceleração do carro e, por fim, sua velocidade final, após o tempo de interação, que coincidirá com a velocidade determinada pela variação da quantidade de movimento. Os alunos devem ser auxiliados e orientados a executar todas essas etapas.

**1.** Explique por que uma pessoa que está em um carro parado com um copo de água "até a boca" vai derrubar parte da água quando o carro arrancar.

Para a água acompanhar a arrancada do carro, é preciso interagir com as bordas do copo, o que modifica a distribuição da água dentro do copo. Como o copo está cheio, parte da água cairá para o lado de fora.

**2.** Um carro de 900 kg puxa um *trailer* de 2 100 kg, sendo ambos acelerados durante a arrancada com uma força resultante de 1 800 N, durante 20 s. Determine a velocidade do veículo após 10 s e a velocidade final do veículo após 20 s.

A aceleração será de 0,6 m/s² (a = F/a = 1 800 N/3 000 kg). A velocidade após 10 s será de v = 0,6 · 10 = 6 m/s e, após 20 s, de v = 0,6 · 20 = 12 m/s.

**3.** Um elevador pode ser simulado por uma roldana fixa no teto, que segura, por meio de uma corda, duas massas com valores distintos, cada uma pendurada em uma das extremidades da corda. Faça um desenho que represente uma corda de 3 m de comprimento, com 1,9 kg em uma extremidade e 2,1 kg na outra. Monte os diagramas de forças e determine a força e a aceleração em cada massa.

A aceleração é (2,1 – 1,9) · 10 m/s² / (2,1 + 1,9) = 2/4 = = 0,5 m/s² (2 N/4 kg). Verifique se os alunos montaram os esquemas e identificaram as forças que agem no sistema.

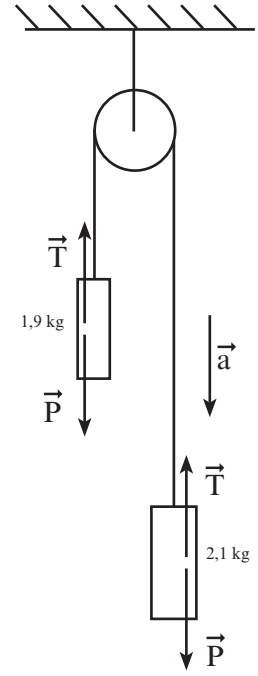



Figura 14.

## GRADE DE AVALIAÇÃO

| | Competências e habilidades | Indicadores de aprendizagem |
|---|---|---|
| Situação de Aprendizagem 9 | ▶ Identificar as forças presentes nos sistemas físicos e em suas partes.<br>▶ Determinar valores das grandezas que caracterizam sistemas físicos estáticos e dinâmicos (forças, acelerações etc.). | ▶ O aluno deverá ser capaz de identificar a presença das forças de interação nas variações do movimento e sua variação pela atuação de força em interações físicas.<br>▶ Determinar valores de grandezas do movimento e sua variação pela atuação de força em interações físicas. |

| Situação de Aprendizagem 10 | | |
|---|---|---|
| | ▶ Identificar relações entre as leis de Newton e a Lei da Conservação da quantidade de movimento.<br>▶ Reconhecer as leis de Newton como determinação das variações nas partes do sistema e a Lei da Conservação como determinação do sistema todo. | ▶ Comparar modelos explicativos das variações no movimento pelas leis de Newton e pela Lei da Conservação da quantidade de movimento.<br>▶ Identificar o caráter geral da Lei da Conservação e o caráter particular das leis de Newton.<br>▶ Identificar que a Lei da Conservação da quantidade de movimento (antes, durante e depois da interação) determina valores das grandezas e características dos movimentos em sistemas físicos clássicos, desde que estejam disponíveis as informações necessárias. |

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

**1.** Num dia de calmaria no mar, o capitão de um barco à vela pede aos marinheiros que abanem as velas para que o barco comece a navegar. O marinheiro João se recusa a abanar a vela e utiliza o seguinte argumento: "De acordo com a terceira Lei de Newton, qualquer força que eu exerça sobre a vela também exercerá sobre mim uma força igual e oposta e, como ambos estamos presos ao barco, a força resultante no barco será zero e eu não teria nenhuma chance de contribuir para acelerar o nosso barco". Assim, podemos afirmar que:

**a)** João está errado, uma vez que o par ação e reação somente é igual se os objetos estão em movimento.

**b)** João está errado, pois o par ação e reação somente é igual se os objetos estão acelerados.

**c)** João está errado, uma vez que a força exercida sobre a vela não é o par de reação da força de seu abano.

**d)** João está correto, pois o barco não está acelerando, portanto nenhuma força pode estar atuando sobre ele.

**e)** João está correto, uma vez que o par ação e reação só atua sobre o mesmo objeto quando ele está em repouso.

A terceira lei, da ação e reação, corresponde à interação entre duas partes de um sistema físico. Essa interação ocorre da mesma maneira para ambas as partes. Portanto, as forças existentes entre as duas partes são exatamente iguais em intensidade e direção, mas em cada parte a força tem sentido contrário à outra parte. Logo, quando João abana, ele promove o movimento do ar; portanto seu par ação e reação é com o ar e não com a vela.

**2.** Dois carros A e B, com movimentos de mesma direção e sentidos opostos, chocam-se. Durante a colisão, em valor absoluto, a aceleração média do carro A é igual a 1,0 $cm/s^2$ e a do carro B é igual a 0,8 $cm/s^2$. Sendo 800 kg a massa do carro A, a massa do carro B é de

**a)** 600 kg.

**b)** 800 kg.

**c)** 1 000 kg.

**d)** 1 600 kg.

**e)** 2 000 kg.

Do princípio de ação e reação, temos que as intensidades das forças no momento da interação são iguais, $F_a = F_b$, portanto:

$m_a \cdot a_a = m_b \cdot a_b$

$800\ kg \cdot 1\ cm/s^2 = m_b \cdot 0{,}8\ cm/s^2$; assim,

$m_b = 1\,000\ kg$.

**3.** Dois blocos A e B, com massas A = 15 kg e B = 30 kg, são colocados sobre uma superfície plana horizontal quase sem atrito, e são ligados por um fio inextensível e com massa desprezível. O bloco B é puxado para a direita por uma força horizontal F com módulo igual a 90 N.

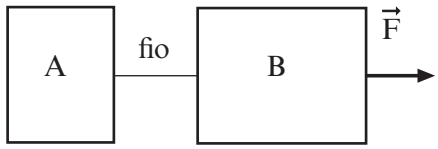



Figura 15.

Nessa situação, o módulo da aceleração horizontal do sistema e o módulo da força tensora no fio valem, respectivamente,

**a)** 2 m/s² e 30 N.

**b)** 2 m/s² e 20 N.

**c)** 3 m/s² e 5 N.

**d)** 3 m/s² e 10 N.

**e)** 2 m/s² e 10 N.

Pela segunda lei, se inicialmente considerarmos os dois blocos unidos, teremos massa total de 45 kg sendo puxada por uma força resultante de 90 N, teremos:

$F = m \cdot a$, ou seja, $90\ N = 45\ kg \cdot a$; portanto, $a = 2\ m/s^2$.

Para determinar a tração utilizaremos o diagrama de forças do bloco A, que só tem a resultante das forças agindo sobre ele igual à tração, já que o peso e a normal se cancelam.

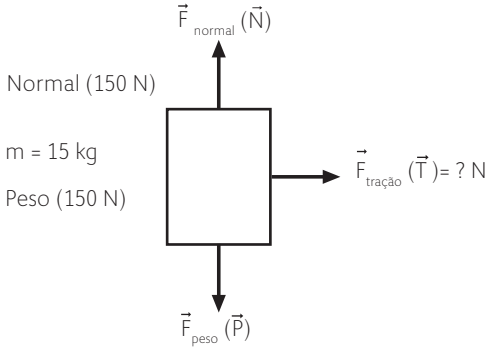



Figura 16. Diagrama de forças.

$a = 2\ m/s^2$, portanto, pela segunda Lei de Newton

$F = m \cdot a$, ou seja, $F_{tração} = 15\ kg \cdot 2\ m/s^2 = 30\ N$.

Professor, vale a pena insistir na técnica de representação das forças em cada corpo separadamente, mostrando tratar-se de um poderoso instrumento de análise de situações desse tipo. A identificação correta dos pares de ação e reação também é fundamental, já que é bastante comum a confusão que leva a pensar nas forças normal e peso como um par de ação e reação.

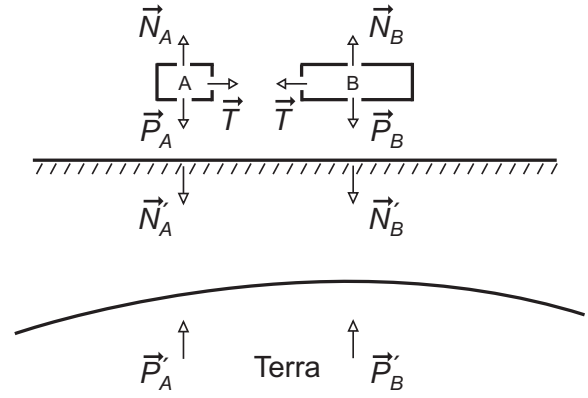



Figura 17.

**4.** A máquina de Atwood consiste numa polia presa ao teto, um fio e duas massas presas, como é indicado na figura. Usando massas $m_1 = 2\ kg$ e $m_2 = 3\ kg$, uma polia ideal e um fio ideal e inextensível, num local em que a aceleração da gravidade é $10\ m/s^2$, faça o diagrama de forças de cada um dos blocos e da polia, determinando todas as forças que atuam em cada parte do sistema com as massas em movimento, e responda:

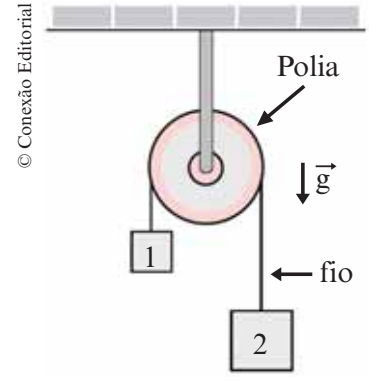



Figura 18.

Qual seria a velocidade de cada um dos blocos, 15 s após serem abandonados em repouso? Elas poderiam ser diferentes entre si?

Os diagramas de forças devem se parecer com as figuras apresentadas a seguir. Os tamanhos não estão em escala, apenas são esboços, como devem ser as figuras dos alunos. Lembre-se: a polia (roldana) e o fio são ideais, por isso não têm peso ($P = m \cdot g$).

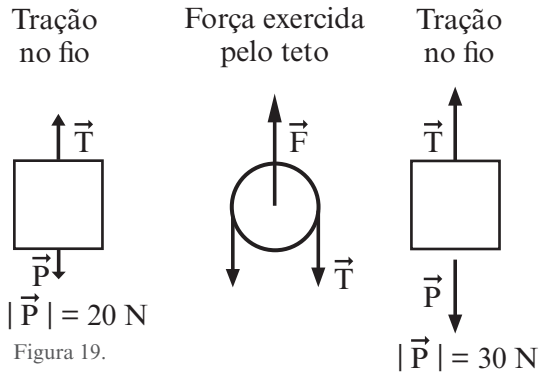


Figura 19.

É importante o entendimento de que: a) todas as trações no fio são exatamente iguais, pois se trata do mesmo fio que é ideal, portanto, não sofre nenhum tipo de variação ao longo dele; b) a força exercida na polia pelo teto é o dobro dessa tração e isso não corresponderá à soma dos pesos dos dois corpos, como ocorreria no caso estático.

Determinando a aceleração dos corpos: massa total = 5 kg; força resultante = 10 N. Pela segunda lei teremos $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, ou seja, 10 N = 5 kg · a; a = 2 m/s$^2$.

Usando os diagramas de forças, determina-se a força de tração. Veja que é possível utilizar o diagrama de qualquer um dos dois corpos, o resultado será o mesmo, pois se trata do mesmo fio ideal que liga os dois corpos, por isso a tração é idêntica.

O corpo 1 à esquerda sobe, portanto, a tração é maior que ao peso de 20 N. Pela segunda lei teremos $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, ou seja, (T − 20) N = 2 kg · 2 m/s$^2$; portanto, T = 24 N.

O corpo 2 à direita desce, portanto o peso de 30 N é maior que a tração. Pela segunda lei teremos $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$, ou seja, (30 − T) N = 3 kg · 2 m/s$^2$, portanto, T = 24 N, resultado idêntico ao anterior, certo?

A força exercida pelo teto para segurar a polia é, portanto, de 48 N com os blocos em movimento, e não os 50 N que ocorreriam no caso estático.

Os alunos terão dificuldade em entender os motivos que fazem variar a força que o teto exerce conforme a situação descrita. É comum pensar que para o teto segurar algo parado (estático) ou em movimento (dinâmico) a força será a mesma e corresponde à soma dos pesos dos corpos, o que é correto para os casos em que não há aceleração, tanto no caso estático como no movimento uniforme. Discuta isso com os alunos e use outros exemplos em que há aceleração. Lembre-se de que o relevante aqui é a presença da aceleração no movimento.

A velocidade deles necessariamente é igual, pois o fio não altera seu comprimento, nem estica nem contrai. Assim, a velocidade que um corpo tiver, o outro também a terá. Determine-a usando a aceleração encontrada pela Lei de Newton a = 2 m/s$^2$ e o conceito de aceleração média ou a função horária do movimento.

$a = \Delta v / \Delta t$

2 m/s$^2$ = ($v_f$ − 0) / 15 s; portanto, $v_f$ = 30 m/s = 108 km/h.

Imagine o tamanho do fio para isso acontecer... só se usar um despenhadeiro...

## Grade de correção das questões

As questões 1 e 2 tratam da terceira Lei de Newton e avaliam o entendimento do aluno sobre quando o par ação e reação está em corpos distintos e por isso não se anula, tendo a mesma intensidade, a mesma direção e sentidos opostos.

As questões 3 e 4 avaliam habilidades de resolver problemas típicos na literatura sobre a segunda Lei de Newton, determinando valores característicos das grandezas relacionadas à variação do movimento nas partes do sistema, tanto antes como após uma interação.

# PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Em caso de defasagens, é necessário que você tenha claro quais as competências e habilidades que não se desenvolveram adequadamente. Uma avaliação construída de forma a explicitar tanto para você quanto para os alunos quais foram as competências e habilidades atingidas ou não é muito importante em todo esse processo. Os limites para dar continuidade aos estudos da 1ª série do Ensino Médio foram reorganizados em seis grupos de competências e habilidades a serem atingidas:

- identificar a presença de movimentos no cotidiano;
- classificar os movimentos, identificando as grandezas que os caracterizam;
- planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas;
- fazer estimativas e escolher procedimentos adequados para a realização de medidas;
- utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas;
- oferecer características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.

Para preparar a recuperação objetivando essas competências e habilidades, busque selecionar, organizar, relacionar e interpretar dados. Para isso, reformule e retome a pergunta 4 do roteiro 1, as perguntas 6 a 8 do roteiro 2 e as perguntas 1 a 4 do roteiro 3. Discuta as informações representadas de diferentes formas, determine procedimentos e cálculos necessários para o estudo dos movimentos, utilizando a terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas. Outra possibilidade é identificar nas *Leituras de Física* do GREF ou no *Livro de Mecânica*, volume 1, do GREF, atividades que discutam essas competências e habilidades.

Além dessas, também as competências e habilidades a seguir devem ser atingidas:

- utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a conservação da quantidade de movimento e prever valores das grandezas dos movimentos no cotidiano antes e após interações;
- reconhecer as variações no movimento com variações na quantidade de movimento nas partes do sistema juntamente com sua conservação no sistema todo;
- identificar as forças presentes nos sistemas físicos e em suas partes, estabelecer a relação entre força e tempo de interação na alteração de um movimento;
- utilizar terminologia científica adequada para descrever as variações no movimento.

Para preparar a recuperação dessas competências e habilidades, busque organizar, relacionar e interpretar as características do modelo explicativo de movimento, a fim de compreender as variações no movimento como variações na quantidade de movimento em partes do sistema, juntamente com sua conservação no sistema todo. Para isso, reformule e retome os itens 8 e 9 do roteiro 4, perguntas 3 e 4 do roteiro 5, os itens 1 e 4 do roteiro 6 e o roteiro 7 completo. Discuta as informações apresentadas e determine os cálculos necessários para o estudo dos movimentos, utilizando a terminologia científica adequada para descrever as situações propostas. Outra possibilidade é identificar nas *Leituras de Física* ou no *Livro de Mecânica*, volume 1, ambos do GREF, atividades que discutam essas competências e habilidades.

O aluno também pode apresentar defasagem com relação a estas competências e habilidades:

- determinar valores das grandezas que caracterizam sistemas físicos estáticos e dinâmicos (forças, acelerações etc.);
- identificar relações entre as leis de Newton e a Lei da Conservação da quantidade de movimento;
- reconhecer as leis de Newton como determinação das variações nas partes do sistema e a Lei da Conservação como determinação do sistema todo.

Para preparar a recuperação dessas competências e habilidades, busque organizar, relacionar e interpretar as características do modelo explicativo de movimento para levar os alunos a compreenderem as variações no movimento por meio das interações caracterizadas por dois fatores: a força e a duração. A variação na quantidade de movimento nas partes do sistema, assim entendida, trata-se de caso particular que explicita o que está ocorrendo no sistema durante o intervalo de tempo em que há a interação. Para isso, reformule e retome a situação com o trem do roteiro 9 e o roteiro 10 completo. Discuta as informações apresentadas e determine os cálculos necessários para o estudo dos movimentos, utilizando a terminologia científica adequada para descrever as situações propostas. Outra possibilidade é identificar nos materiais didáticos de Ensino Médio atividades e textos que discutam as leis de Newton, realizando as adaptações necessárias para ressaltar essas competências e habilidades.

Há ainda a seguinte competência e habilidade a ser trabalhada:

- analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

Essa competência e habilidade tem estrita relação com a escrita, relacionando os conhecimentos específicos da Física para construir argumentação consistente, assim como construir e aplicar conceitos de várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, possibilitando emitir juízo sobre eventos ligados à produção e à alteração nos movimentos no nosso dia a dia. Para tanto, é preciso selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas para tomar decisões e enfrentar situações-problema, por exemplo, na forma de sínteses e relatórios que relacionam informações representadas em diferentes formas e conhecimentos disponíveis em situações concretas com os conhecimentos desenvolvidos. Reformule e retome as situações apresentadas em Você aprendeu? (questão 1) do roteiro 3, na questão 6 do roteiro 5 e na questão 6 do roteiro 6. Discuta as questões relacionadas às diversas formas de escrita utilizadas em ciência e a proposição de ações solidárias, com base nos conhecimentos científicos.

As questões de interpretação e releitura dos textos dos roteiros de atividade abordados na recuperação devem ser elaboradas de forma a permitir a verificação dessas competências e habilidades e, para isso, tome como base as questões usadas nas diversas Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno.

# TEMA 4 – TRABALHO E ENERGIA MECÂNICA

O estudo de movimentos tem grande relevância social, por isso seu destaque vai além de sua importância na Física. Veículos, máquinas e equipamentos, muitas vezes, são concebidos e construídos a partir dos princípios da Mecânica e sua evolução promove mudanças sociais e econômicas de grande impacto no comportamento humano e na sociedade, de forma que se torna impossível pensá-los sem conceitos associados ao movimento.

O estudo da energia mecânica envolvida em todo tipo de movimento, sua conservação, sua transformação e sua dissipação em outras formas de energia, é de grande relevância. A conservação da energia é um dos pilares estruturadores da Física atual e, ainda que seja um conceito abstrato, cuja compreensão não é trivial, pode ser acessível por meio de situações concretas em que a energia se manifesta e se transforma.

O princípio geral da conservação da energia e, por aproximação, a conservação da energia mecânica são úteis para a solução de problemas relativos ao estudo dos movimentos, desde os astronômicos até os microscópicos, passando por aqueles do cotidiano.

O conceito de energia necessita de muitos exemplos e aplicações em situações reais para que se torne significativo para os alunos. Ao mesmo tempo, sobre ele existem concepções diversas além da científica, sejam do senso comum, da filosofia, da religião, entre outras, o que torna importante explicitar e levar em conta os conhecimentos e concepções que os alunos trazem de sua vida cotidiana ou mesmo escolar.

Por isso, propomos iniciar as aulas reconhecendo a energia em situações presentes em nosso dia a dia, a fim de identificar suas fontes e as formas como se manifestam em movimentos diversos.

O conceito de trabalho de uma força é estudado na transformação da energia mecânica em sistemas conservativos, como na queda livre, e em sistemas não conservativos, como na dissipação da energia mecânica por atrito. Terá destaque o trabalho da força de atrito em freadas de veículos, a partir do qual se pode avaliar, por exemplo, o risco envolvido nos movimentos em altas velocidades.

A Situação de Aprendizagem 11 tratará do levantamento e da caracterização das formas de energia envolvidas nos movimentos e nas variações que eles sofrem, propiciando a identificação e a classificação de fontes de energia presentes em nosso cotidiano.

Em seguida, focaliza-se a componente cinética e potencial de energia mecânica, por meio de um experimento.

A Situação de Aprendizagem 12 tratará de um sistema em que também se pode adotar a aproximação por conservação da energia mecânica, por meio da conversão de energia potencial gravitacional em cinética, utilizando a análise de um bate-estaca em um movimento em queda livre.

Na Situação de Aprendizagem 13, serão avaliados casos de frenagem de um automóvel, em que a energia mecânica é convertida em outra forma de energia por meio do trabalho da força de atrito.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 11
# FORMAS DE ENERGIA ENVOLVIDAS EM MOVIMENTOS DO COTIDIANO

Nesta Situação de Aprendizagem serão introduzidos, qualitativamente, os conceitos de energia cinética e de energia potencial elástica, bem como as transformações entre formas de energia.

Por se tratar da primeira Situação de Aprendizagem sobre esse tema, propomos, no início, um exercício de sensibilização, que possibilita um levantamento de como são produzidos ou alterados movimentos e quais as fontes de energia envolvidas nesses processos. A partir desse reconhecimento, passamos a classificar as fontes de energia envolvidas na produção ou alteração de um movimento. Esse procedimento é relevante por propiciar aos alunos que expressem conhecimentos, informações e concepções prévias acerca do tema a ser trabalhado, bem como por possibilitar a participação deles na organização dos conteúdos que serão estudados, tendo como ponto central o conceito de energia.

Em seguida, sugerimos a montagem e a realização de um experimento, no qual ocorre tanto a transformação de energia cinética em potencial elástica, pelo trabalho da força elástica, quanto de energia mecânica em energia térmica, pelo trabalho da força de atrito.

**Conteúdos e temas**: fontes e transformações de energia em situações que envolvem movimentos; conversão de energia potencial elástica em energia cinética; energia mecânica e sua identificação em movimentos reais.

**Competências e habilidades**: utilizar linguagem científica adequada para descrever movimentos em situações cotidianas; identificar movimentos no cotidiano, reconhecendo as fontes e transformações de energia envolvidas em suas variações; identificar variáveis relevantes, elaborar hipóteses, estabelecer relações e interpretar observações ou resultados de um experimento; identificar regularidades, invariantes e transformações na análise experimental de fenômenos físicos.

**Sugestão de estratégias**: levantamento de conhecimentos prévios dos alunos com sistematização em grande grupo; realização, interpretação, sistematização e relato de experimento.

**Sugestão de recursos**: roteiro 11 de atividade em grupo; material para atividade experimental.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a participação dos alunos por meio da variedade e da qualidade de suas manifestações sobre as fontes de energia; avaliar os produtos resultantes do trabalho prático, a síntese das observações realizadas e a organização das informações apresentadas pelos alunos.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Antes de iniciar a Situação de Aprendizagem propriamente dita, você pode colocar questões ou apresentar desafios que problematizem o tema, ou seja, as transformações envolvidas no consumo de energia em situações do cotidiano. Alguns exemplos: *Por que é necessário consumir alimentos? O que ocorre com eles em nosso organismo? Por que abastecemos o carro com combustíveis? Por que usamos, trocamos ou recarregamos pilhas e baterias em aparelhos como câmeras fotográficas, relógios, tocadores de MP3, telefones celulares e outros? O que acontece quando ligamos o interruptor que acende uma lâmpada? E quando um objeto cai no chão após ser abandonado no ar ou lançado para o alto?* Atente para o fato de que, em todas essas situações,

uma determinada forma de energia é convertida em outra. Em seguida, destaque aquelas em que movimentos estão envolvidos.

Forme grupos de alunos e trabalhe com esta Situação de Aprendizagem utilizando o roteiro a seguir.

### Roteiro 11 – Reconhecendo as variações de energia que produzem e alteram os movimentos

#### Etapa 1

**1.** Imagine diferentes situações ou formas pelas quais você, um objeto qualquer, ou uma parte de um sistema pode se deslocar, girar ou fazer outros movimentos. Identifique em cada caso qual é a fonte de energia para o movimento ocorrer ou ser alterado. Faça, então, uma lista desses processos ou sistemas, identificando a fonte de energia responsável por eles. Relacione pelo menos dois exemplos de movimento para cada uma das fontes de energia relacionadas na tabela a seguir.

| Fonte de energia que altera o movimento | Processos ou sistemas | |
|---|---|---|
| Ventos/eólica | Veleiro | |
| Solar | | |
| Reações nucleares | | |
| Deformações elásticas | | |
| Gravidade | | |
| Eletricidade | DVD | |
| Alimentos | | |
| Combustíveis industrializados | Carro | |

Tabela 13.

Cada aluno apresentará sua lista de processos e sistemas em que ele identifica a transformação da energia. Nessa lista é possível determinar os elementos que alteram movimentos e produzem as variações de energia. Na tabela, chame a atenção para o fato de que é possível estabelecer outras categorias de classificação, portanto as propostas podem ser alteradas se você considerar conveniente. Há muitas formas de classificar fontes de energia, o que gera dificuldades para estabelecer um único conjunto de categorias. A classificação proposta na atividade dá conta da maior parte das fontes ligadas ao movimento.

Ventos/eólica – utilizada em equipamentos náuticos e nos veleiros, em moinhos e em modernas turbinas eólicas etc.
Solar – energia solar direta: painéis fotovoltaicos, coletores ou aquecedores solares.
Reações nucleares – geradores de usinas nucleares, de submarinos nucleares etc.
Deformações elásticas – molas, elásticos, flexão de metais etc.
Gravidade – quedas, rampas e descidas, colunas de líquidos, rodas-d'água, usinas hidrelétricas etc.
Eletricidade – pilhas ou baterias, rede de distribuição de energia residencial, geradores de uso industrial, de trens elétricos ou de metrôs, usinas geradoras de eletricidade etc.

Alimentos – comida industrializada, vegetais, ração etc.
Combustíveis industrializados – álcool, gasolina, óleo diesel, querosene etc.
Outras fontes podem ser mencionadas e serão tratadas na questão 3.

**2.** Compare sua lista e formas de classificação com a dos colegas. Há exemplos que podem ser classificados em mais de uma categoria? Explique.

Essa classificação, como dissemos, depende tanto das listas apresentadas pelos alunos quanto de critérios escolhidos. Outro critério que pode ser adotado é, por exemplo, uma classificação da fonte de energia segundo sua "natureza" (energia mecânica, térmica, eletromagnética, química etc.). De qualquer maneira, o importante é deixar claro que não há critério único de classificação das fontes de energia, de modo que não são recomendadas memorizações, mas que se compreenda o processo.

**3.** Quais seriam outras categorias que você sugeriria?

Muitas outras fontes poderão ser mencionadas, como a energia da tração animal, a energia armazenada na compressão de gases, chamada energia pneumática, a energia química ou as chamadas fontes alternativas, como geotérmica, maremotriz, energia oceânica etc. A partir delas podem surgir novas categorias identificadas pelos alunos.

## Etapa 2

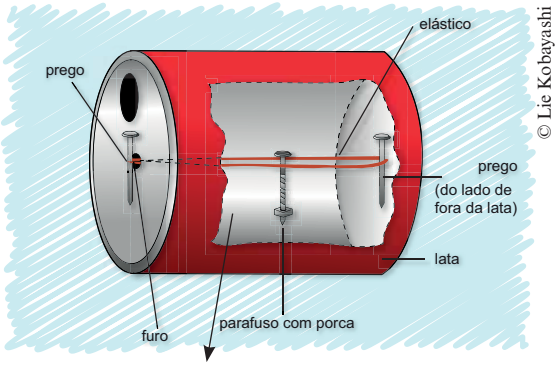
### Lata ioiô

**Materiais**

- uma lata com tampa (pode ser de achocolatado, leite em pó, suco ou semelhante);
- elásticos;
- dois pregos (ou palitos de dentes);
- um parafuso com porca.

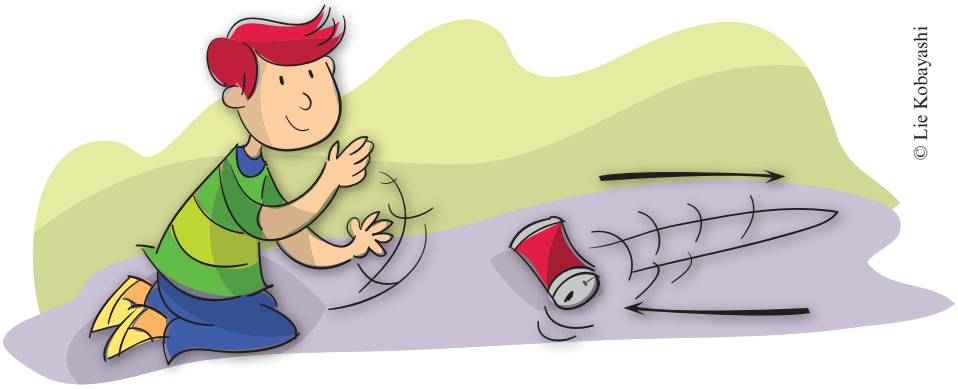
**Mãos à obra!**

- Faça a montagem conforme mostra a figura a seguir.
- É importante que os furos estejam bem no centro da tampa e do fundo da lata.
- Lance a lata para que ela role pelo chão, como mostra a figura.




© Lie Kobayashi

Figura 20. Vista da parte interna da lata.



© Lie Kobayashi

Figura 21.

**Interpretação e análise dos resultados**

1. Observe o movimento realizado pela lata e descreva-o. Explique o que você observou.

   Os alunos podem se surpreender com o movimento de vaivém da lata, que ficará oscilando até que toda a energia mecânica se dissipe por meio do atrito. Após o lançamento, a lata começa a desacelerar, diminuindo a velocidade até parar, mas retoma o movimento e retorna à direção de seu lançador, acelerando até alcançá-lo, quando volta a desacelerar. Assim, a lata vai e volta, diminuindo cada vez mais a distância percorrida até parar.

2. Repita a atividade, aumentando a quantidade de elásticos presos ao parafuso. O que acontece com o movimento da lata? Apresente suas hipóteses sobre o que observou.

   Você deve problematizar essa questão, solicitando aos alunos que identifiquem a função do elástico e do parafuso e que proponham hipóteses para explicar o movimento de vaivém da lata. Evidencie o armazenamento da energia cinética em energia potencial elástica e observe com eles a função do número de elásticos: com seu aumento, também se aumenta a constante elástica, permitindo armazenar maior quantidade de energia.

3. Repita a atividade, retirando da lata o parafuso com a porca. O que acontece? Como você explica o que ocorreu?

   Ao retirar o parafuso, a lata não volta, isso porque sem ele não haverá torção no elástico e não ocorrerá armazenamento da energia potencial elástica.

4. Por que o movimento da lata foi se modificando? Em que situações a lata vai mais longe?

   Evidencie que a diferença nos movimentos acontece pelas transformações de energia envolvidas em cada caso. No primeiro caso, por transformação de energia cinética em potencial elástica e, no segundo, pela transformação de energia cinética em energia térmica na dissipação por atrito. Enfatize que na torção do elástico armazena-se energia, o que promove a alteração do movimento da lata, desacelerando-a até parar. A energia armazenada no elástico passa a ser convertida em energia de movimento, ou cinética, promovendo a aceleração da lata e seu retorno na direção do lançador. O processo é repetido até a lata parar. A lata vai mais longe numa superfície com menor atrito, ou seja, mais lisa, isso por dissipar menor energia numa mesma distância. Ela também vai mais longe quanto menor for a força elástica, ou seja, com menor número de elásticos, e a maior distância alcançada ocorre sem elástico nenhum.

5. Escreva uma síntese das observações realizadas, descrevendo o que você fez, quais eram suas hipóteses iniciais e o que foi observado em cada etapa desse experimento. Não deixe de organizar os resultados, suas interpretações e conclusões, apresentando as relações identificadas.

   A síntese proposta deve ser entendida como um exercício de identificação dos aspectos mais relevantes da Situação de Aprendizagem e dos resultados obtidos. Sua organização e apresentação devem ser feitas por escrito e de forma organizada. Verifique se os alunos deixaram de apresentar elementos importantes. É comum eles acreditarem que podem suprimir o que entendam estar implícito. Discuta isso com eles.

Roteiro adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 3. Coisas que produzem movimentos. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 84. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

## Encaminhando a ação

Conforme o interesse e a disponibilidade da turma, a primeira etapa pode ser finalizada com uma discussão relativa às fontes ou aos recursos primários de energia (derivados de petróleo, gás natural, biomassa, urânio, sol etc.) e, finalmente, o reconhecimento de que a grande maioria das fontes tem origem na energia solar. Ela possibilita os ciclos do ar e da água (ventos, chuvas, quedas-d'água), a fotossíntese de vegetais (os quais podem servir de alimento para outros seres vivos), a formação do petróleo, do carvão mineral e do gás natural (que também têm o processo de fotossíntese em sua origem, constituindo uma

reserva de energia solar armazenada), além de ser utilizada de maneira direta em estufas, coletores e painéis solares. Há algumas exceções à energia solar, como a energia nuclear (produzida pela fissão/divisão de um núcleo atômico, por exemplo, do urânio) e a energia gravitacional.

Na segunda etapa, oriente os alunos na execução do experimento, observando e questionando seus procedimentos e discutindo suas interpretações.

Oriente os grupos a realizar os furos na tampa e no fundo da lata com o prego bem no centro. É importante que o tamanho do furo seja suficiente para passar a ponta dos elásticos que ficarão presos ao prego ou ao palito de dentes, como mostra a Figura 20. O parafuso com a porca deve ficar próximo ao meio da lata, e não às laterais. Também é importante orientá-los sobre os cuidados necessários no lançamento da lata: ela deve rolar pelo chão, como está indicado na Figura 21.

No movimento da lata, a energia cinética é transformada em energia potencial elástica. A maior velocidade inicial do lançamento da lata dependerá de cada conjunto montado. Inicie o experimento lançando a lata com velocidade baixa e depois vá aumentando; quando a velocidade for muito grande, o parafuso com a porca dentro da lata passará a girar, prejudicando o experimento.

Discuta o conceito de energia mecânica, destacando sua conservação no movimento de ir e vir da lata e sua dissipação por atrito com a variação da amplitude do movimento.

É importante discutir outras situações que evidenciam as transformações de energia mecânica, por exemplo, a energia potencial (elástica ou gravitacional) em cinética e vice-versa. Exemplos e discussões conceituais podem ser encontrados em livros didáticos. Utilize também simulações computacionais disponíveis no *site* do Lab Virt (disponível em: <http://www.labvirt.fe.usp.br>; acesso em: 23 maio 2013), sobre conservação da energia mecânica em situações como montanha-russa, exercícios no trapézio e muitas outras. Aprofunde e formalize o estudo das formas de energia mecânica e também as transformações de energia pelo trabalho de uma força.

**O movimento e as fontes de energia: substâncias para produzir movimento**

O que há em comum entre o motor de um carro e nossos músculos? Ambos produzem movimento a partir de uma reação química conhecida como combustão.

**combustível + oxigênio → gás carbônico + água**

Nessa reação, a energia contida nas ligações químicas do combustível é liberada e, tanto em nossos músculos como no motor, é convertida em energia de movimento, chamada de energia cinética. No caso dos motores, o combustível pode ser gasolina, álcool ou óleo diesel, ao passo que, para os nossos músculos, a energia vem dos alimentos que ingerimos.

**Eletricidade e movimento**

Motores elétricos, como os utilizados em liquidificadores e ventiladores, convertem energia elétrica em movimento. Os carrinhos de brinquedo já utilizam motores elétricos há muito tempo; hoje, contamos com motores elétricos em ônibus (como os trólebus), trens, metrôs e até em carros. Em todos esses exemplos a energia elétrica é fornecida por uma fonte, que pode ser pilha ou bateria, na qual ocorrem reações químicas que liberam a energia elétrica consumida pelo veículo. Essas fontes, por sua vez, podem ser recarregadas pela eletricidade das tomadas, proveniente das usinas. Ao contrário de um motor, as usinas hidrelétricas obtêm energia elétrica a partir da energia do movimento das águas, que giram as turbinas e movem os geradores de eletricidade.

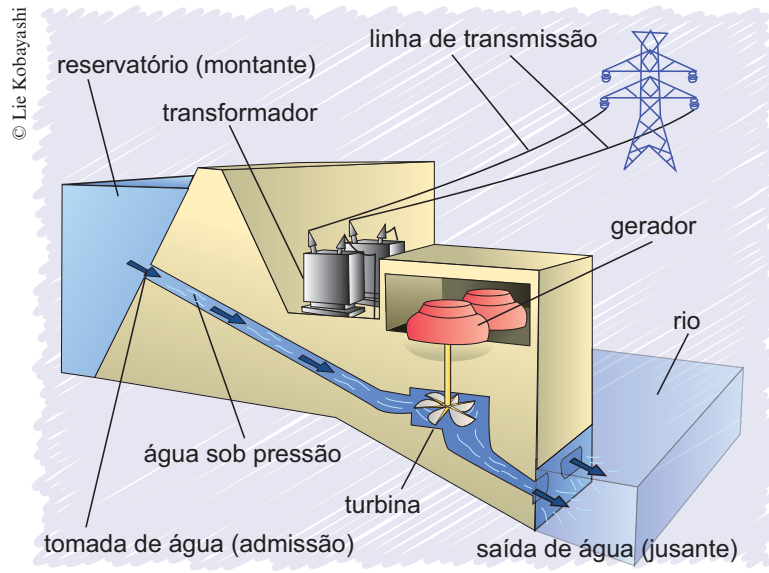



Figura 22.

**Gravidade e movimento**

Quando largamos uma bola numa rampa, ela logo inicia seu movimento de descida. Com a água da chuva ocorre a mesma coisa: ela cai e desce pelas ruas. Em hidrelétricas, a energia gravitacional da água no reservatório é convertida em energia cinética ao descer pelas canaletas.

Essa energia é transferida para a turbina conectada a um gerador, que produz energia elétrica, ou seja, a energia potencial gravitacional da água é convertida em energia cinética e depois transformada em energia elétrica que, pela linha de transmissão, é levada para o consumo, como mostra a figura anterior.

Esses e outros exemplos, como o da energia proveniente das inúmeras reações nucleares que ocorrem no Sol, nos mostram que a energia, de fato, sofre transformações. Na verdade, ela não pode ser "produzida" nem "eliminada". O que ocorre, sempre, é sua conversão de uma forma em outra.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Após a leitura do texto, identifique as transformações de energia que ocorrem na cozinha, descrevendo-as nos seguintes utensílios[a]:

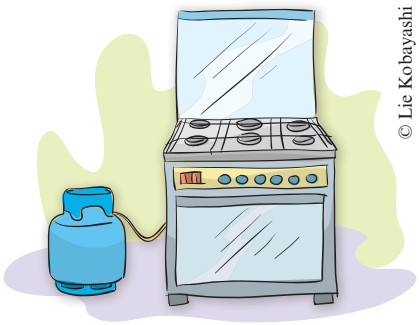



Figura 23.

**a)** Leve em conta as transformações de energia desde o gás até os movimentos que ocasionalmente ocorrem na água durante o cozimento.

O gás armazena energia química, que é liberada na queima (ao transformar a energia química em energia térmica). A energia térmica da chama aquece a panela, que aquece a água, transformando a energia térmica da chama em energia térmica da água. Com o aumento da temperatura, a água começa a movimentar-se por diferença de densidade e assim transforma parte da energia térmica em energia cinética (convecção da água).

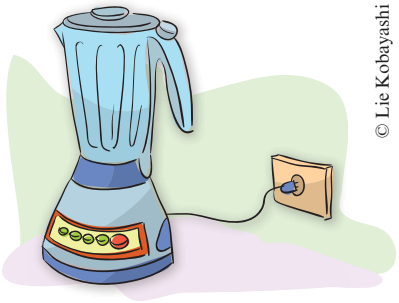



Figura 24.

**b)** Também no som do liquidificador se percebe a geração de energia cinética, pelo deslocamento de ondas da pressão do ar. Instantes depois, esse movimento vai se desordenando, elevando um pouco a temperatura ambiente.

O motor transforma a energia elétrica em energia cinética e parte dela é transformada em energia térmica pelo aquecimento do motor. A rotação do motor e a das pás do liquidificador movimentam o ar, transformando parte da energia de rotação em energia sonora (promovida pelo deslocamento do ar), modificando ao longo do tempo a distribuição da pressão do ar no espaço, o que é identificado por nosso aparelho auditivo como som.

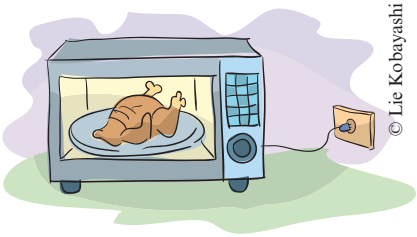



Figura 25.

**c)** Para produzir o calor que aquece o alimento, o forno emite micro-ondas (um tipo de onda eletromagnética que promove a rotação das moléculas de água). Note que um copo de vidro seco não se aquece nesse tipo de forno, mas muitos plásticos se deformam por conta da presença de moléculas de água em seu interior.

O forno de micro-ondas transforma a energia elétrica em energia radiante na faixa de micro-ondas (um tipo de onda eletromagnética), depois essa energia é transformada em energia cinética de oscilação das moléculas de água contida nos alimentos, que, em seguida, é transformada em energia térmica, aquecendo todo o alimento.

[a] Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 3. Coisas que produzem movimento. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 84. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

**Sistemas físicos que armazenam energia**

Os alimentos, os combustíveis e as nossas células também armazenam energia que pode ser transformada a qualquer momento por meio de processos químicos. Quando a energia se encontra nessa situação de armazenamento, de potencial uso, mas sem se manifestar de forma perceptível por meio de movimento, de som ou de luz, nós a chamamos de energia potencial.

Agora, o que causaria mais estrago se caísse sobre seu pé: uma bola de boliche ou uma bola de bilhar? Bem, a resposta mais correta seria: depende!

Tudo depende da altura da qual cada bola cai, não é verdade? Se a bola de boliche cair a 3 cm de altura de seu pé, o estrago será mínimo. Já se a pequena bola de bilhar for solta de uns 3 m de altura, não seria má ideia chamar uma ambulância... Acredite, nem precisa testar! Agora, se ambas as bolas forem soltas da mesma altura, aquela que possuir maior massa causará mais danos.

Se levássemos a bola de boliche para a Lua, onde a intensidade do campo gravitacional é seis vezes menor que a da Terra, e a soltássemos da mesma altura que a teríamos soltado daqui, o impacto lá seria bem menor.

Para calcular a energia potencial gravitacional ($E_{pg}$), levamos em conta todos esses parâmetros físicos. A expressão é:

$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$, onde $m \cdot g$ é o peso do objeto e h é sua altura de referência.

A energia armazenada no movimento pode ser convertida em eletricidade, como na usina hidrelétrica, ou então pode ser dissipada em calor, como quando um carro freia: utilizando o atrito entre os pneus e o asfalto, sua energia cinética diminui e as pastilhas de freio ficam quentes.

Outra forma de armazenar energia é por meio da elasticidade. Essa energia depende de dois fatores: a deformação (x), que representa a variação no tamanho do objeto (mola, elástico etc.); e a constante elástica (k), que representa a resistência à deformação do objeto (por exemplo, quanto mais dura a mola, maior sua constante elástica). Essa energia recebe o nome de energia potencial elástica: $E_{pe} = \frac{k \cdot x^2}{2}$.

A energia cinética é proporcional ao quadrado da velocidade e ela também depende da massa do veículo; por isso é difícil frear um veículo de carga, como um caminhão, ou parar um carro pequeno em alta velocidade. Determinamos a energia cinética usando a seguinte expressão: $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$, em que m é a massa e v, a velocidade.

A energia mecânica representa a energia do sistema em análise e é dada pela soma da energia de movimento e da energia armazenada, ou seja, a soma das energias cinética e potencial. Logo: $E_{mec} = E_c + E_{pg} + E_{pe}$.

A transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética pode ser tomada como uma primeira aproximação para entender um princípio geral da Física: o princípio da conservação da energia. Indicamos que há conservação da energia mecânica quando a soma das energias potenciais (gravitacional e elástica) com a energia cinética permanece constante, mesmo que cada uma delas varie seu valor, como ocorre durante a queda de um corpo: a energia potencial gravitacional diminui enquanto a energia cinética aumenta, mas a soma delas é constante durante toda a queda. É importante ressaltar que essa soma permanece inalterada desde que a transformação para outras formas de energia seja insignificante.

Elaborado por Marcelo de Carvalho Bonetti especialmente para o São Paulo faz escola.

**1.** Agora que você já sabe que os sistemas físicos podem armazenar energia, pense no seguinte: o calor produzido pelo freio dos automóveis poderia ser reaproveitado como outra forma de energia? Quem produziria mais energia durante uma freada: um automóvel ou um caminhão? Explique.

A energia cinética do carro pode ser armazenada e reaproveitada – como ocorre em diversos sistemas KERS (do inglês, *Kinetic Energy Recovery System*) já empregados na Fórmula 1. Pode-se realizar a transformação e o armazenamento da energia cinética em potencial elástica, como ocorre em sistemas com compressores de ar, ou em energia cinética de rotação, como em carrinhos a fricção, ou em energia elétrica por freios eletromagnéticos armazenando a energia produzida em baterias ou em capacitores. O caminhão com um sistema de reaproveitamento conseguiria armazenar mais energia, pois tem maior energia cinética para uma mesma velocidade.

**1.** Determine a energia armazenada em uma bola de boliche de 7 kg erguida a 1,5 m de altura.

$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$

$E_{pg\ bola\ de\ boliche} = 7\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 1,5\ (m)$

$E_{pg\ bola\ de\ boliche} = 105\ J$

Obs: o valor aproximado da gravidade na Terra é de 10 $m/s^2$ e a unidade de energia é dada em Joules (J).

**2.** Determine a energia armazenada em uma mola de constante k = 0,5 N/m se ela for distendida em 3 cm.

$E_{pe} = k \cdot x^2/2 = 0,5 \cdot (0,03)^2/2 = 2,25 \cdot 10^{-4}\ J$

**3.** Determine a energia de um caminhão de 45 000 kg a uma velocidade de 5 m/s e de um carro de 850 kg a uma velocidade de 30 m/s.

$E_c = (m \cdot v^2)/2$ logo:

$E_c = 45\ 000\ (kg) \cdot [5\ (m/s)]^2/2$

$E_c = 562\ 500\ J$

e

$E_c = 850\ (kg) \cdot [30\ (m/s)]^2/2$

$E_c = 382\ 500\ J$

Pesquise e registre, em seu caderno, como é possível extrair energia da luz, como fazem as plantas ao realizar fotossíntese e as células fotovoltaicas, que transformam energia solar em energia elétrica.

A pesquisa deve revelar o processo de fotossíntese ou o efeito fotoelétrico, que é responsável por transformar a energia solar em energia elétrica. Para auxiliar os alunos em sua pesquisa, sugerimos dois textos sobre o tema. O processo de fotossíntese é descrito em "Sol: a fonte da vida", em *Leitura de Física 6*, Física Térmica, do GREF. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/termo/termo2.pdf> ou <http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/FISICA TERMICA/termo6.pdf>. Acessos em: 4 jul. 2013. Já o efeito fotoelétrico pode ser encontrado em "Imagem quântica no filme e na TV", em *Leitura de Física 15*, Óptica, do GREF. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/optica/optica2.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2013.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 12
# CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DO COTIDIANO

Para abordar a conservação da energia, propomos duas situações bastante presentes no cotidiano das cidades: uma nas construções, outra nos transportes. Nelas, o conceito de trabalho mecânico pode ajudar a prever e diagnosticar parâmetros do sistema. Para iniciar a primeira discussão nesta Situação de Aprendizagem, partimos da análise de um sistema que pode ser considerado conservativo: um bate-estaca. Esse sistema pode ser pensado como um equipamento que transforma a energia potencial gravitacional armazenada ao levantar um objeto na energia que será utilizada para a penetração da estaca no solo. Dessa forma, é possível prever o valor da força média de interação com a estaca.

**Conteúdos e temas**: movimentos realizados no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação; energia mecânica, energia potencial, energia cinética, conservação de energia, variação de energia pelo trabalho de uma força.

**Competências e habilidades**: utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; identificar variáveis relevantes e estratégias para resolver uma situação-problema; utilizar instrumentos de cálculo matemático na solução de problemas envolvendo conservação de energia.

**Sugestão de estratégias**: trabalho individual na identificação das partes que compõem um bate-estaca e suas principais funções; atividade coletiva de discussão dos trabalhos individuais, com ênfase nos conceitos físicos envolvidos no processo de funcionamento do bate-estaca; trabalho em grupo na solução quantitativa do problema sobre a penetração do bate-estaca no solo.

**Sugestão de recursos**: roteiro 12 de atividade.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a participação dos alunos nos diferentes momentos da atividade; avaliar a habilidade de identificar variáveis relevantes na solução do problema, de utilizar modelos físicos de forma adequada, de propor estratégias de solução e de realizar cálculos consistentes.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Conduza a primeira etapa desta atividade com base no funcionamento de um bate-estaca. Certamente algum aluno já teve a oportunidade de ver ou sabe o que é um bate-estaca. A partir das respostas dadas, os alunos podem fazer o desenho ou o esquema proposto, com as correspondentes explicações. Assim, o problema será introduzido e os conhecimentos deles serão socializados. Não há necessidade de grande elaboração ou gasto de tempo. Você pode também solicitar que alguns alunos voluntários façam simultaneamente seus desenhos na lousa.

## Roteiro 12 – Trabalho mecânico ajudando a entender situações de nosso cotidiano

**1.** Você já viu um bate-estaca? Sabe como funciona? Para que serve? Onde é utilizado?

O bate-estaca é uma máquina usada para cravar estacas no solo e funciona da seguinte maneira: levanta-se uma grande massa a certa altura; em seguida, ela é solta por meio de um mecanismo e cai batendo numa estaca que vai afundando no solo. Ela serve, por exemplo, para fixar as estacas no solo em uma construção.

**2.** Elabore um desenho ou esquema de um bate-estaca em funcionamento, com legendas e um texto que explique seu funcionamento. Utilize conceitos físicos como força, trabalho e energia.

Com base nos desenhos feitos pelos alunos, discuta os princípios físicos envolvidos no sistema bate-estaca, enfatizando o conceito de trabalho e conservação de energia. Ressalte a ideia de que, nesse sistema, a energia dissipada por aquecimento da estaca e pelo barulho é muito pequena quando comparada à energia total envolvida no processo, concluindo que, por esse motivo, podemos considerá-lo praticamente conservativo.

Observe este exemplo de um pequeno bate-estaca empregado na construção civil.

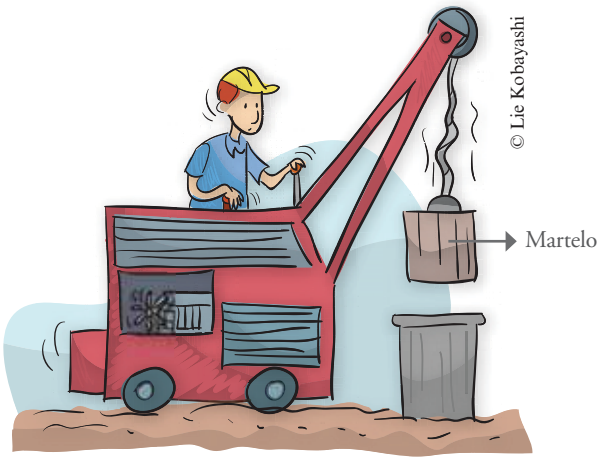



Figura 26.

**3.** Considere um bate-estaca cujo martelo, com massa de 490 kg, cai de uma altura de 5 m acima da estaca e, ao atingi-la, a faz penetrar 3 cm no solo.

**a)** Descreva o processo de funcionamento desse bate-estaca, discutindo: quem ou o que realiza o trabalho nessa situação?

O motor realiza o trabalho levantando a massa de 490 kg até a altura de 5 m, transformando a energia química do combustível em energia potencial gravitacional do bloco de ferro, que na altura de 5 m é de 24 500 J. Ao ser solta dessa altura, a massa tem sua energia potencial transformada em energia cinética e, ao atingir a estaca, transforma parte de sua energia em movimento da estaca, que penetra no solo, e parte em energia térmica da estaca e em som. Ao final, a estaca para em uma nova posição.

**b)** O que "fornece" energia ao sistema?

O combustível fornece energia ao sistema, e sua queima libera a energia química que é transformada em energia cinética e em energia potencial pelo trabalho realizado pelo motor do bate-estaca.

**c)** Que transformações de energia ocorrem?

A energia química é transformada em energia cinética e em energia potencial gravitacional na subida da massa. Na queda, há transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética. Na colisão, a energia cinética da massa se transforma em energia cinética da estaca, em energia térmica e em som. Na penetração da estaca no solo, a energia cinética é transformada em trabalho da força que a estaca exerce no solo, deformando-o, e é em parte dissipada sob forma de energia térmica e de som.

**d)** Comparando o início e o fim do processo, pode-se dizer que há conservação da energia mecânica? Explique?

A partir da queda livre, podemos tomar o sistema como conservativo. Trabalhe a ideia de que nesse sistema a energia dissipada por aquecimento da estaca e pelo barulho é muito pequena quando comparada à energia total envolvida no processo, concluindo que, por esse motivo, podemos considerá-lo praticamente conservativo.

**e)** Determine a energia potencial do bloco antes de cair e qual é a sua energia cinética ao atingir a estaca.

$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$

$E_{pg} = 490\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 5\ (m)$

$E_{pg} = 24\ 500\ J$

Como o sistema pode ser considerado conservativo, a energia cinética, ao atingir a estaca, também é $E_c = 24\ 500\ J$

**f)** Explique as informações e os conceitos que utilizou, ou suposições que você fez, para responder aos itens anteriores.

Espera-se que os alunos percebam que, nesse sistema, a energia dissipada tanto na queda pela resistência do ar quanto na batida por aquecimento da estaca e no barulho proveniente da batida é muito pequena se comparada à energia total envolvida no processo. Eles devem concluir que, por esse motivo, o sistema pode ser considerado conservativo no que diz respeito à energia mecânica. É também importante que eles ressaltem que os 3 cm que a estaca afunda causam um pequeno incremento na energia potencial envolvida no processo, já que a altura da queda da estaca passará a 5,03 m. No entanto, esse acréscimo corresponde a uma parcela de cerca de 1/500 da energia total e pode ser desconsiderado.

**g)** Calcule a força média exercida sobre a estaca.

A força média pode ser calculada pela variação da energia mecânica por meio do trabalho realizado pela força aplicada na estaca, que afunda 3 cm a cada batida, resultando num valor médio de 816 666 N.

$\Delta E = F \cdot \Delta S$

$24\ 500\ (J) = F\ (N) \cdot 3 \cdot 10^{-2}\ (m)$

$F = 816\ 666\ N$

**h)** Imagine se esse trabalho fosse realizado integralmente por uma pessoa. Descreva como seria, quais as diferenças em relação ao uso do bate-estaca, analisando se isso é realizável.

Em cada batida do bate-estaca há transformação de 24 500 J. Supondo que a pessoa utilizasse uma marreta com massa de 10 kg e conseguisse imprimir uma velocidade de 1 m/s, cada batida seria transformada em 5 J. Sendo assim, para realizar o mesmo trabalho de uma batida do bate-estaca, ela precisaria realizar 4 900 batidas com a marreta. Supondo que a cada hora a pessoa consiga realizar 200 batidas (média de uma batida a cada 18 s), ela precisaria de 24,5 h de trabalho, o que, numa jornada de 8 h por dia, corresponderia aproximadamente a 3 dias de trabalho, supondo que seja possível fazer essa comparação. Na prática, a marretada nem moveria a estaca, e a pessoa poderia ficar batendo o resto da vida, sem resultado.

## Encaminhando a ação

O foco desta Situação de Aprendizagem está no entendimento de que a conservação da energia mecânica e sua dissipação pelo trabalho de uma força são ferramentas adequadas no prognóstico de parâmetros de um sistema físico.

Sobre a questão da determinação experimental das grandezas físicas relevantes, havendo tempo, trabalhe com a representação de valores. No exemplo apresentado, a energia e a força estariam mais corretamente expressas se seus valores fossem indicados por dois ou, no máximo, três algarismos significativos ($2{,}4 \cdot 10^4$ J e $8{,}2 \cdot 10^5$ N), já que são resultados obtidos a partir das medidas de distâncias (5 m de altura e 3 cm de afundamento no chão), e cujos instrumentos utilizados para determiná-las (réguas ou fitas métricas) não possuem grande precisão.

Cabe ressaltar que, mesmo que tivessem grande precisão, ainda há imprecisões relacionadas diretamente ao procedimento real de medição, por exemplo, para medir o afundamento da estaca seria necessário levar em consideração também a deformação da superfície de contato que altera a forma da peça.

Você pode dar continuidade a essa atividade discutindo a vantagem de estudar essas situações pelo conceito de energia, já que assim não é necessário identificar os processos intermediários, bastando determinar a energia em cada uma das posições a serem avaliadas.

É possível identificar se a interação é conservativa ou não, usar as análises apropriadas para cada caso e fazer as previsões sobre os movimentos referentes ao sistema.

A próxima Situação de Aprendizagem tratará da análise e da previsão de parâmetros de um sistema dissipativo, em que o prognóstico da variação da energia cinética será efetuado pelo cálculo (ou estimativa) do trabalho da força de atrito numa freada. Antes dela, é aconselhável que os alunos façam as atividades a seguir.

Faça uma pesquisa sobre os equipamentos de que os veículos dispõem para controlar a velocidade e manter uma distância segura dos demais ao trafegar pelas ruas e estradas. Converse com seus pais, parentes ou motoristas profissionais para que identifiquem qual é a distância a ser mantida entre os carros em uma estrada, de modo que, em caso de emergência, os carros possam parar sem colidir.

**1.** Um carrinho de 450 kg desce em uma montanha-russa de 80 m de altura.

**a)** Supondo que no topo da montanha-russa a velocidade do carrinho seja praticamente nula, determine a velocidade quando ele estiver a 60 m de altura.

$E_m = E_p = 450\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 80\ (m) = 360\,000\ J$

A 60 metros de altura, $E_p = 450\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 60\ (m) = 270000\ J$. Portanto, foram transformados $\Delta E_p = 360000 - 270000 = 90000\ J$ em energia cinética. Como podemos determinar a velocidade pela expressão $E_c = mv^2/2$, temos $90\,000\ (J) = 450\ (kg)\ v^2/2$, ou seja, $v = 20\ m/s$ (72 km/h).

**b)** Determine a velocidade do carrinho quando ele chegar ao final da rampa, no nível do chão.

$E_m = E_p = 450\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 80\ (m) = 360\,000\ J$. Ao chegar ao chão, $E_p = 0$. Portanto, foram transformados $\Delta E_p = 360\,000\ J$ em energia cinética. Como podemos determinar a velocidade pela expressão $E_c = m \cdot v_2/2$, temos $360\,000\ (J) = 450\ (kg) \cdot v^2/2$, ou seja, $v = 40\ m/s$ (144 km/h).

**2.** Um pingo de chuva cai de uma altura bastante elevada e atinge uma pessoa no solo sem machucá-la. Supondo que a gota de água tenha uma massa de 0,001 kg, determine em que velocidade deveria chegar ao solo, se caísse das seguintes alturas (somente sob ação da gravidade):

| 320 m | 720 m | 8 000 m |
|---|---|---|
| v = 80 m/s (288 km/h) | v = 120 m/s (432 km/h) | v = 400 m/s (1 440 km/h) |

Tabela 14.

Para a queda de 320 m:

$E_m = E_p = 0{,}001\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 320\ (m) = 3{,}2\ J$.

Ao chegar ao chão, $E_p = 0$. Portanto, foram transformados $\Delta E_p = 3{,}2\ J$ em energia cinética.

Como podemos determinar a velocidade pela expressão $E_c = m \cdot v^2/2$, temos

$3{,}2\ (J) = 0{,}001\ (kg) \cdot v^2/2$ ou seja $v = 80\ m/s$ (288 km/h).

Para a queda de 720 m:

$E_m = E_p = 0{,}001\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 720\ (m) = 7{,}2\ J$.

Ao chegar ao chão, $E_p = 0$. Portanto, foram transformados $\Delta E_p = 7{,}2\ J$ em energia cinética. Como podemos determinar a velocidade pela expressão $E_c = m \cdot v^2/2$, temos $7{,}2\ (J) = 0{,}001\ (kg) \cdot v^2/2$, ou seja, $v = 120\ m/s$ (432 km/h).

Para a queda de 8 000 m:

$E_m = E_p = 0{,}001\ (kg) \cdot 10\ (m/s^2) \cdot 8\,000\ (m) = 80\ J$.

Ao chegar ao chão, $E_p = 0$. Portanto, foram transformados $\Delta E_p = 80\ J$ em energia cinética, como podemos determinar a velocidade pela expressão $E_c = m \cdot v^2/2$, temos $80\ (J) = 0{,}001\ (kg) \cdot v^2/2$, ou seja, $v = 400\ m/s$ (1 440 km/h).

Depois de realizados os cálculos para determinar a velocidade de queda das gotas, explique: por que ela realmente não cai com essa velocidade tão alta?

Elas não caem com essas velocidades porque há transformação de energia em energia térmica pelo trabalho da resistência do ar. Portanto, nesse caso, não pode ser considerada conservação da energia mecânica, é preciso determinar a dissipação de energia mecânica pela transformação em energia térmica.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 13
## RISCOS DA ALTA VELOCIDADE EM VEÍCULOS

Construir argumentações consistentes com base em conceitos científicos para avaliar os riscos de movimentos de veículos em alta velocidade é um dos objetivos desta Situação de Aprendizagem.

Para avaliar esses riscos e compreender de quais variáveis dependem, é preciso perceber que ao passar da velocidade de 40 km/h para 60 km/h promove-se características no movimento que são diferentes das causadas ao se passar de 100 km/h para 120 km/h.

Ainda que nos dois casos a diferença de velocidade seja a mesma, as energias envolvidas no segundo caso são muito maiores do que no primeiro. Por meio de estimativas das distâncias de frenagem necessárias para cada velocidade de um veículo, é possível avaliar o aumento do risco de se dirigir em alta velocidade.

O estudo das freadas dos veículos apresenta sistemas físicos em que a variação da energia mecânica ocorre principalmente pelo trabalho da força de atrito dos pneus com o solo. Essa variação de energia é o foco principal dos dispositivos tecnológicos e das pesquisas sobre sistemas de freios que buscam meios mais seguros e eficientes de frenagem.

Para isso, torna-se importante compreender como se dá a variação da energia cinética dos veículos em função das forças de frenagem.

**Conteúdos e temas**: movimentos que se realizam no cotidiano e grandezas relevantes para sua observação; distância percorrida, velocidade média, velocidade instantânea, energia cinética, energia mecânica, variação de energia pelo trabalho de uma força.

**Competências e habilidades**: utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; prever, analisar e sistematizar fenômenos ou resultados de experimentos; utilizar modelos explicativos para compreender os movimentos de translação; construir, ler e interpretar dados e informações apresentados em tabelas e gráficos; avaliar e argumentar sobre riscos a partir de dados e informações sobre movimentos; identificar variáveis relevantes e estratégias para resolver uma situação-problema; expressar e elaborar, por meio de diferentes linguagens, relatos, cartas, folhetos, protótipos ou outras formas de comunicação para apresentar pontos de vista, propostas, informações técnicas e projetos.

**Sugestão de estratégias**: discussões em pequenos grupos; uso de tabelas, construção de gráficos; debate em grande grupo; elaboração de folheto.

**Sugestão de recursos**: roteiro 13 de atividade.

**Sugestão de avaliação**: avaliar habilidades de investigação, como elaboração de hipóteses, análise, organização e interpretação de dados em tabelas e gráficos; avaliar a capacidade dos alunos de identificar, argumentar de forma consistente e propor procedimentos relativos aos riscos de dirigir em alta velocidade; avaliar a capacidade dos alunos de se expressar por meio de diferentes formas de linguagem para apresentar informações de interesse público.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Organize os alunos em pequenos grupos e oriente o trabalho com o roteiro proposto.

### Roteiro 13 – Avaliando os riscos da alta velocidade

Dirigindo em uma estrada, um motorista identifica algo que exige uma freada brusca, mas ele leva um tempo para reagir e acionar o freio. Durante esse tempo de reação, o carro percorre alguns metros e, depois de acionado o freio, ainda percorre certa distância até parar. Para avaliar o risco de dirigir em alta velocidade, vamos utilizar e completar a tabela a seguir com os valores da distância percorrida por um automóvel durante a freada até parar.

A primeira coluna da tabela apresenta diversos valores da velocidade do automóvel no momento em que o motorista percebe um obstáculo (por exemplo, outro automóvel); na segunda coluna, a distância que percorre durante o tempo de reação; na terceira coluna, a distância que percorre após iniciar a frenagem; e, na quarta coluna, a distância total percorrida.

| Velocidade | Distância percorrida até reagir | Distância percorrida freando | Distância total percorrida |
|---|---|---|---|
| 20 km/h (5,5 m/s) | 3,3 m | 1,9 m | 5,2 m |
| 36 km/h (10 m/s) | 6 m | 6,3 m | 12,3 m |
| 45 km/h (12,5 m/s) | 7,5 m | 9,8 m | 17,3 m |
| 72 km/h (20 m/s) | 12 m | 25 m | 37 m |
| 80 km/h (22,2 m/s) | 13,3 m | 30,8 m | 44,1 m |
| 90 km/h (25 m/s) | 15 m | 39,1 m | 54,1 m |
| 108 km/h (30 m/s) | 18 m | 56,3 m | 74,3 m |
| 120 km/h (33,3 m/s) | 20 m | 69,3 m | 89,3 m |
| 144 km/h (40 m/s) | 24 m | 100 m | 124 m |
| 180 km/h (50 m/s) | 30 m | 156,3 m | 186,3 m |

Tabela 15.

Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 3. A energia dos movimentos. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 97. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

**1.** A partir dos dados apresentados na tabela, obtenha o tempo de reação desse motorista. Calcule a distância percorrida nesse intervalo de tempo e complete a coluna da "distância percorrida até reagir".

Supondo a velocidade constante durante o trecho que o motorista vai reagir (distância até reagir) temos:

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, podemos trabalhar com os dados da primeira e segunda linhas da tabela em que temos as velocidades de 5,5 m/s e 10 m/s, respectivamente.

Para o valor de 5,5 m/s, verifica-se a seguinte situação:

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow 5{,}5 = \frac{3{,}3}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{3{,}3}{5{,}5} \rightarrow \Delta t = 0{,}6\ s$ que é o tempo de reação.

Para o valor de 10 m/s, o tempo de reação será:

$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow 10 = \frac{6}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{6}{10} \rightarrow \Delta t = 0{,}6\ s$

Como vimos, é possível trabalhar com quaisquer valores da tabela desde que, além da velocidade, também se tenha o valor da "distância percorrida até reagir". Calcule, pelo menos, dois valores para que os alunos percebam que os valores do tempo de reação são sempre iguais ou aproximadamente iguais.

Com o tempo de reação e a velocidade inicial podemos determinar os valores da "distância percorrida até reagir" que estão faltando na tabela.

**2.** Durante a frenagem, o trabalho da força de atrito entre os pneus e a estrada reduz a energia cinética do veículo até que ele pare. Supondo um trecho horizontal com coeficiente de atrito (entre a estrada e os pneus do veículo) $\mu = 0{,}8$, calcule a "distância percorrida freando" e depois complete a coluna na tabela.

O conceito de transformação de energia pelo trabalho da força de atrito resgata as reações sobre atrito já estudadas neste Caderno. Agora espera-se que sejam explorados os aspectos formais da transformação de energia.

$\Delta E_c = F_{atrito} \cdot$ distância; logo, $0 - (m \cdot v^2 / 2) = (-m \cdot g \cdot 0{,}8) \cdot$ *distância*

Assim, determinam-se os valores respectivamente apresentados na terceira coluna da tabela.

**3.** Complete a última coluna da tabela. Depois, compare as distâncias percorridas em função da velocidade; por exemplo, quando o automóvel passa de 20 km/h para 45 km/h e de 120 km/h para 144 km/h. Qual é a variação da distância percorrida entre um caso e outro?

Para uma mesma variação de cerca de 25 km/h, a distância necessária para frear é muito diferente. No primeiro caso, aumenta apenas 12,1 m; no segundo, 34,7 m.

**4.** O que acontece com o valor da "distância percorrida freando" quando duplicamos a velocidade, por exemplo, passando de 20 m/s para 40 m/s ou de 25 m/s para 50 m/s? Por que isso acontece?

A distância percorrida freando aumenta quatro vezes quando duplicamos a velocidade. Por exemplo, passando de 20 m/s para 40 m/s (o dobro), a distância aumenta de 25 m para 100 m (quatro vezes); ao passar de 25 m/s para 50 m/s (dobro), a distância freando passa de 39,1 m para 156,3 m (quatro vezes). Isso acontece porque a energia cinética varia com o quadrado da velocidade e a distância percorrida freando é proporcional à energia que deve ser dissipada.

**5.** O que se pode concluir dessas comparações?

Continuando a questão anterior, essa pergunta nos leva à conclusão de que a distância percorrida freando aumenta ao quadrado, enquanto a velocidade aumenta linearmente. Assim, ao dobrar a velocidade, a distância percorrida freando aumenta quatro vezes; ao triplicar a velocidade, a distância é nove vezes maior.

**6.** Em uma revista especializada em automóveis foi realizado um teste de frenagem para o qual foram obtidos os seguintes valores: de 80 km/h a 0 km/h, a "distância percorrida freando" foi de 27,6 m, e de 120 km/h a 0 km/h, a distância foi 62,5 m. As estimativas que calculamos para a "distância percorrida freando" são compatíveis com esses dados obtidos por equipamentos profissionais?

Os dados da revista indicam que as estimativas apresentadas na tabela são muito próximas dos dados reais de equipamentos profissionais de medida.

Segundo a cartilha do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), *Direção defensiva*: trânsito seguro é um direito de todos, a distância segura que deve ser mantida em relação ao veículo da frente pode ser estimada utilizando-se uma regra simples, conhecida como "regra dos dois segundos", que determina que esse

valor pode ser estimado pela distância percorrida pelo carro em dois segundos em uma pista seca e em três segundos sob chuva. Discuta com seus colegas qual seria o melhor procedimento para determinar a distância a ser mantida do carro da frente, dentro dos limites de velocidade de uma estrada no Brasil. Com base nas conclusões do grupo, elaborem um "folheto" dirigido a motoristas, apresentando o procedimento para manter uma distância segura do carro à sua frente. Escreva as regras propostas e faça também esquemas e/ou desenhos.

A regra dos dois segundos é, na verdade, uma regra que estabelece a distância entre os dois veículos: a distância percorrida durante dois segundos em determinada velocidade. Essa distância varia linearmente com a velocidade, enquanto a distância necessária para a frenagem varia com o quadrado da velocidade. Por isso, a regra dos dois segundos funciona bem em baixas velocidades, mas não é adequada para altas velocidades. Determinar o limite de validade dessa regra é importante para a segurança no trânsito, e para isso devemos comparar, para cada velocidade, a distância percorrida durante dois segundos e a distância total necessária para a frenagem (veja a tabela desta Situação de Aprendizagem). A regra só é válida enquanto a distância percorrida durante dois segundo for maior que a distância necessária para frear, com os valores apresentados para as variáveis relevantes nesta Situação de Aprendizagem. Você poderá verificar que a regra funciona para a velocidade de 80 km/h, mas já não é adequada para a velocidade de 90 km/h. O limite pode ser estabelecido igualando-se as duas equações: $D = 2v$ e $D = 0{,}6v + v^2/1{,}6g$, obtendo-se uma velocidade-limite de aproximadamente 22,4 m/s, ou seja, cerca de 81 km/h. Cabe destacar que o limite de velocidade de 80 km/h foi adotado no Brasil para todas as rodovias durante muitos anos. Hoje os limites são mais flexíveis e dependem do tipo de veículo e das condições da estrada, mas não ultrapassam 120 km/h.

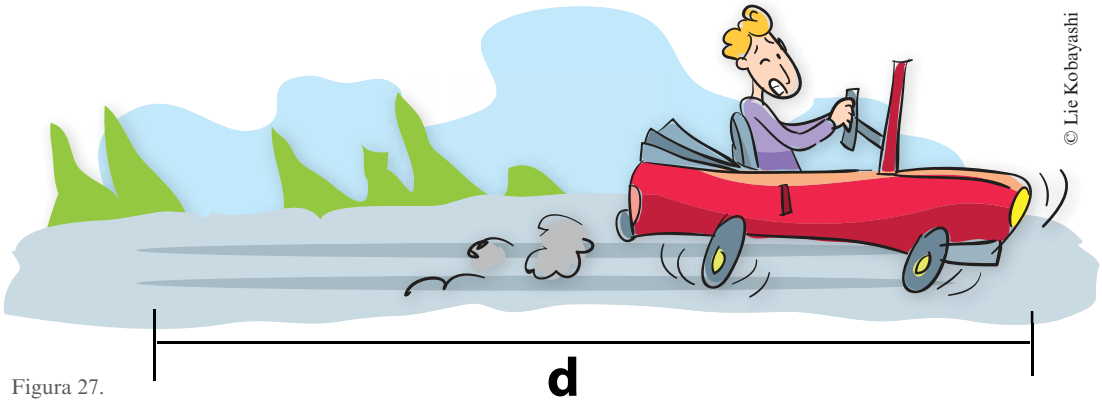



Figura 27.

## Encaminhando a ação

A questão 1 retoma conceitos já estudados neste Caderno, estabelecendo a relação entre distância, velocidade e tempo, supondo que, nesse trecho em que o motorista reage, mantém a velocidade do veículo constante.

Para determinar a "distância percorrida freando" (questão 2), é preciso utilizar o conceito de energia e trabalho: $\Delta E_c = \tau$. No caso, como o automóvel está freando, é necessário considerar o trabalho da força de atrito.

Com isso, temos:

$\Delta E_c = \tau \rightarrow \Delta E_c = F_{at} \cdot \text{distância} \cdot \cos\theta.$

Como a força de atrito tem a mesma direção e o sentido contrário ao movimento, ou do deslocamento (que, no caso, corresponde à distância), teremos um ângulo de 180° entre o sentido da força de atrito e a distância percorrida (o deslocamento, nesse caso). Logo, o valor do cosseno do ângulo será –1. O trabalho da força de atrito é contrário ao movimento.

A força de atrito pode ser calculada da seguinte forma: $F_{at} = \mu \cdot N$, e, nesse caso, a normal corresponde ao valor do peso do carro.

Logo, temos: $N = P$, em que $P = m \cdot g$. Considerando que $\mu = 0{,}8$, conforme indicado na questão 2, temos:

$$F_{at} = \mu \cdot N \rightarrow F_{at} = 0{,}8 \cdot m \cdot g$$

A variação da energia cinética pode ser calculada da seguinte forma: energia cinética final – energia cinética inicial. A energia cinética pode ser calculada por:

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

Pode-se agora retomar a relação entre variação de energia cinética e trabalho: $\Delta E_c = \tau$, lembrando que, no caso, a energia cinética final será 0 porque o carro está freando, e a velocidade final será 0: $0 - \frac{m \cdot v^2}{2} = \tau$. Como estamos determinando o trabalho realizado pela força de atrito, pode-se escrever a relação da seguinte maneira: $-\frac{m \cdot v^2}{2} = F_{at} \cdot \text{distância} \cdot \cdot \cos\theta$. Conforme visto anteriormente: $F_{at} = \mu \cdot N \rightarrow F_{at} = 0{,}8 \cdot m \cdot g$, e, no caso, teremos $\cos 180° = -1$.

Portanto, essa relação pode se escrita da seguinte maneira:

$$-\frac{m \cdot v^2}{2} = -0{,}8 \cdot m \cdot g \cdot d$$

$$\frac{v^2}{2} = -0{,}8 \cdot g \cdot d$$

Utilizando $g = 10\ m/s^2$ e, como exemplo, a velocidade de 10 m/s (a segunda linha da tabela), tem-se que:

$$\frac{v^2}{2} = 0{,}8 \cdot g \cdot d \rightarrow \frac{10^2}{2} = 0{,}8 \cdot 10 \cdot d$$

$$\rightarrow 50 = 8 \cdot d \rightarrow \frac{50}{8} = d \rightarrow 6{,}25 = d \rightarrow 6 \cong d$$

Finalmente, somando as duas distâncias (distância percorrida até reagir e distância percorrida freando), temos a distância total que, nesse caso, corresponde a 12 m aproximadamente.

Vamos usar a velocidade de 90 km/h (25 m/s) como outro exemplo.

- Distância percorrida até reagir: como visto anteriormente, para as velocidades de 5,5 m/s e 10 m/s, o tempo de reação corresponde a $t = 0{,}6$ s. Logo, com a velocidade de 25 m/s e esse tempo de reação, podemos determinar a distância percorrida até reagir:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow 25 = \frac{\Delta s}{0{,}6} \rightarrow 25 \cdot 0{,}6 = \Delta s \rightarrow 15\ m = \Delta s$$

- Distância percorrida freando: pode ser determinada por meio da relação entre variação de energia e trabalho:

$$\frac{v^2}{2} = 0{,}8 \cdot g \cdot d \rightarrow \frac{25^2}{2} = 0{,}8 \cdot 10 \cdot d$$

$$\rightarrow \frac{625}{8} = 8 \cdot d \rightarrow 312{,}5 = 8 \cdot d$$

$$\rightarrow \frac{312{,}5}{8} = d \rightarrow 39{,}06 = d \rightarrow 39{,}1 \cong d$$

- Distância total percorrida: somando as duas distâncias, temos a distância total percorrida: 15 + 39,1 = 54,1 m.

O raciocínio exemplificado deve ser aplicado para completar os demais valores da tabela (questão 3). Quando comparamos as distâncias percorridas, notamos um aumento progressivo da dificuldade de frear o veículo com o aumento da velocidade.

Podemos resumir da seguinte forma os cálculos:

- Distância percorrida até reagir: assumindo a velocidade constante, durante o tempo de reação, basta multiplicá-la pelo tempo para encontrar a distância percorrida:

$$D_{reação} = V \cdot t_{reação}$$

Considerando um tempo de reação de 0,6 s, temos:

$$D_{reação} = V \cdot 0{,}6$$

- Distância percorrida freando: segundo o Teorema da Energia Cinética:

$$\Delta E_c = \tau$$

Como o trabalho é realizado pela força de atrito ($F_{at} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g$):

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta = -\mu \cdot m \cdot g \cdot d$$

Como o corpo irá para o repouso, a energia cinética final é nula, portanto:

$$\Delta E_c = 0 - E_{c\ inicial} = -E_{c\ inicial} = -m \cdot v^2 / 2$$

Com isso, temos:

$$m \cdot v^2 / 2 = \mu \cdot m \cdot g \cdot d \rightarrow v^2 / 2 = \mu \cdot g \cdot d$$

Isolando d, chegamos em:

$$d = v^2 / 2 \cdot \mu \cdot g$$

Como $\mu = 0{,}8$ e $g = 10\ m/s^2$, obtemos:

$$D_{freando} = v^2 / 16$$

- Distância total percorrida: para a distância total, basta somar os dois valores:

$$D = v \cdot 0{,}6 + v^2 / 16$$

Com os resultados da questão 4, os alunos devem concluir na questão 5 que é arriscado dirigir em alta velocidade.

Eles devem concluir na questão 6 que as estimativas são ferramentas eficazes.

A seção Você aprendeu? pode ser encaminhada, inicialmente, por meio de um debate em grande grupo. Peça que avaliem qual é o limite de velocidade para o qual a regra apresentada pelo Denatran é válida e como ela pode ser aprimorada.

Solicite aos alunos que elaborem, em grupo, o folheto, apresentando, por meio de textos e desenhos, a regra estabelecida pelos integrantes do grupo. O conceito de energia, que é algo que se conserva ao mesmo tempo em que se transforma, precisa ser evidenciado de muitas formas para tornar-se mais concreto. Assim, é recomendável que se retome com os alunos a discussão e os exemplos da transformação da energia cinética em outras formas de energia.

Inicie a discussão com casos simples (alguns podem ser encontrados em livros didáticos), para posteriormente discutir casos mais complexos, como o uso de freios magnéticos, em que a energia cinética é transformada em energia elétrica, ou os pneumáticos, em que a energia cinética é armazenada na compressão de um gás. Nesses dois tipos de freio, a energia armazenada pode voltar a se transformar em energia cinética, o que torna mais econômicos os veículos equipados com esse tipo de freio, presentes em

protótipos de carros idealizados para colaborar com a preservação ambiental, por consumirem menos energia.

Como foi dito, uma maneira de determinar o limite da regra dos dois segundos é igualar as duas equações seguintes: $D = 2v$ e $D = 0{,}6v + v^2/1{,}6g$. No primeiro termo da equação, a distância percorrida D corresponde à velocidade V multiplicada pelo tempo de 2 segundos. Já no segundo termo da igualdade, temos a distância percorrida durante a frenagem, obtida pela soma da distância percorrida durante 0,6 s, que é o tempo de reação, produto entre o tempo de 0,6 s e a velocidade. Isso somado à distância de frenagem, que é obtida pela dissipação de energia cinética pelo trabalho da força de atrito, que pode ser calculada pela expressão $\Delta E_{cinética}$ = trabalho da força de atrito ($F \cdot d = \mu \cdot Normal \cdot distância$).

Como a Normal pode, nesse caso, ser obtida pelo produto da massa pela aceleração da gravidade (g), passamos a ter a igualdade ($E_{cinética}$) $m \cdot v^2/2 = \mu \cdot m \cdot g \cdot$ distância (trabalho da força de atrito). Simplificando a equação obtemos $v^2/2 = \mu \cdot g \cdot$ distância, ou seja, a distância corresponde a $v^2/(2 \cdot \mu \cdot g)$. Como nesse exemplo o coeficiente de atrito pode ser determinado e seu valor corresponde a 0,8, obtemos as duas equações indicadas.

Mostra-se então que a "regra", que é uma aproximação, deixa de ser boa para altas velocidades.

O estudo proposto nessa atividade é introdutório. Já um estudo mais aprofundado sobre frenagem, que amplie a discussão para veículos de transporte de cargas e veículos pesados em geral, levará em conta que a avaliação de uma freada depende ainda de outros fatores, como inclinação do terreno, condições do pavimento, número de pneus do veículo, área de contato dos pneus com o solo, capacidade do solo de permanecer coeso sob a força de atrito aplicada, entre outros.

Na Física, trabalho (W), resumidamente, pode ser definido como o processo pelo qual a energia passa de um corpo para outro através da aplicação de uma força. A energia nesse processo depende do módulo da força aplicada (F) bem como do módulo do deslocamento (d) efetuado durante o processo e do ângulo ($\theta$) entre a força e o deslocamento. O trabalho pode ser calculado pela expressão: $W = F \cdot d \cdot \cos\theta$. Diferentemente dos sistemas que estão sob ação de forças constantes, como os que estudamos até aqui, as forças elásticas são variáveis, e isso impõe uma nova dificuldade para esse cálculo. Porém, utilizando um gráfico da força pela deformação, o cálculo do trabalho torna-se possível também para as forças variáveis. Pesquise em livros didáticos como se pode determinar o trabalho realizado por essas forças a partir de um gráfico da força pela deformação e registre o que você descobriu.

Quando a força é variável, é necessário empregar o cálculo integral para determinar o trabalho realizado pela força em um deslocamento, o que corresponde a calcular a área sob a curva que relaciona a força com o deslocamento. Assim, nos casos em que sabemos determinar geometricamente a área sob essa curva, podemos calcular também no Ensino Médio o trabalho realizado. Por exemplo, a força elástica é uma força variável que depende linearmente da deformação (elongação da mola). Dessa forma, o trabalho realizado pela força elástica pode ser determinado pela área limitada pela reta que relaciona a força elástica e a deformação (elongação), no gráfico que é denominado curva característica da mola. Como para a força nula a deformação também é nula, a área sob o gráfico pode ser obtida pela área de um triângulo. Já para determinar o trabalho necessário para passar de uma situação com uma força não nula (diferente de zero) para outra configuração também não nula, com outra deformação ou elongação, precisamos determinar a área que corresponde à figura de um trapézio. Dessa forma, podemos determinar o trabalho

realizado sempre que soubermos determinar a área sob o gráfico que relaciona a força com o deslocamento.

**1.** Um garoto puxa um carrinho de brinquedo usando uma cordinha. Se a tração no fio vale 30 N, o ângulo entre a corda e o chão é de 60º e o carrinho é puxado por 5 m, determine o trabalho (cos 60º = 0,5).

$W = \vec{F} \cdot \cos\theta \cdot \Delta S$

$W = 30\ N \cdot \cos 60° \cdot 5\ m$

$W = 30\ N \cdot 0{,}5 \cdot 5\ m$

$W = 75\ N \cdot m$

$W = 75\ J$

**2.** Determine a energia armazenada em um sistema que pode ser representado de forma resumida pelo gráfico de força por deslocamento a seguir.

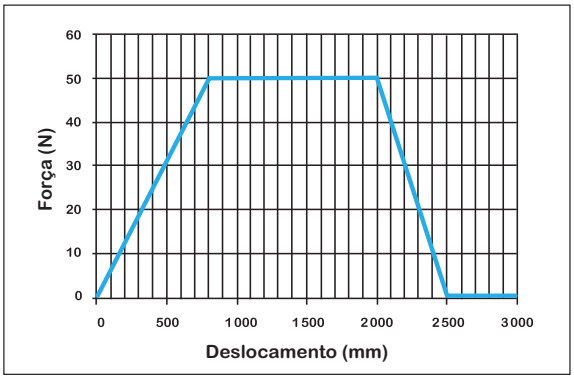



Figura 28.

O trabalho da força variável corresponde à área sob a curva, que pode ser determinada separando a figura em dois triângulos e um retângulo ou diretamente pela área do trapézio: A = [(base maior + base menor)/2] · altura. Assim, a energia armazenada é

E = 92,5 J = [(2,5 + 1,2) (m)/2] · 50 (N).

## GRADE DE AVALIAÇÃO

| | Competências e habilidades | Indicadores de aprendizagem |
|---|---|---|
| Situação de Aprendizagem 11 | ▶ Utilizar linguagem científica adequada para descrever movimentos em situações cotidianas.<br>▶ Identificar movimentos no cotidiano, reconhecendo as fontes e transformações de energia envolvidas em suas variações.<br>▶ Identificar variáveis relevantes, elaborar hipóteses, estabelecer relações e interpretar observações ou resultados de um experimento.<br>▶ Identificar regularidades, invariantes e transformações na análise experimental de fenômenos físicos.<br>▶ Elaborar relatórios analíticos de experimentos, apresentando procedimentos, discutindo resultados e fazendo uso da linguagem física apropriada. | ▶ Identificar a presença de fontes e transformações de energia nos movimentos do dia a dia, tanto nas translações como nas rotações, nos diversos equipamentos e máquinas e em atividades físicas e esportivas.<br>▶ Classificar as fontes de energia em categorias segundo critérios preestabelecidos.<br>▶ Identificar como causa da variação do movimento a transformação de energia de movimento em outras formas de energia.<br>▶ Identificar energia potencial elástica e energia cinética como componentes da energia mecânica. |

| | | |
|---|---|---|
| Situação de Aprendizagem 12 | ▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.<br>▶ Identificar variáveis relevantes e estratégias para resolver uma situação-problema.<br>▶ Utilizar modelos explicativos na interpretação de fenômenos tecnológicos.<br>▶ Utilizar instrumentos de cálculos matemáticos na solução de problemas envolvendo conservação de energia. | ▶ Utilizar a conservação da energia mecânica para determinar parâmetros do movimento.<br>▶ Identificar a energia potencial gravitacional e sua transformação em energia cinética.<br>▶ Identificar o trabalho da força gravitacional na transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.<br>▶ Utilizar a variação da energia cinética na determinação do trabalho de uma força. |
| Situação de Aprendizagem 13 | ▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.<br>▶ Prever, analisar e sistematizar fenômenos ou resultados de experimentos.<br>▶ Utilizar modelos explicativos para compreender os movimentos de translação.<br>▶ Construir, ler e interpretar dados e informações apresentados em tabelas e gráficos.<br>▶ A partir de dados e informações sobre movimentos, avaliar e argumentar sobre riscos envolvidos.<br>▶ Identificar variáveis relevantes e estratégias para resolver uma situação-problema.<br>▶ Expressar e elaborar, por meio de diferentes linguagens, relatos, cartas, folhetos, protótipos ou outras formas de comunicação para apresentar pontos de vista, propostas, informações técnicas e projetos. | ▶ Identificar o trabalho da força de atrito na dissipação de energia cinética numa freada.<br>▶ Determinar distâncias percorridas por veículos, identificando tempo de reação do motorista e o de frenagem.<br>▶ Identificar distâncias necessárias para a frenagem de veículos.<br>▶ Estabelecer critérios para manter distância segura numa estrada em função da velocidade. |

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

**1.** (Fuvest – 2008)

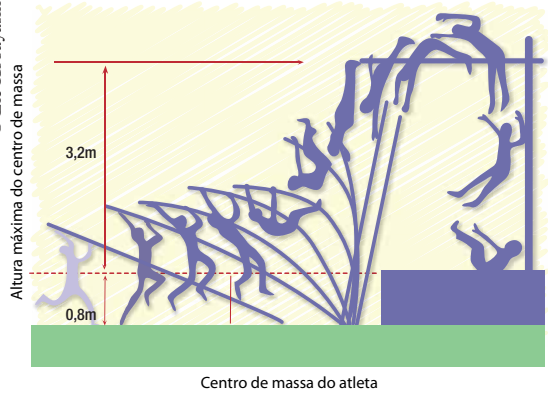



Figura 29.
Ilustração adaptada do original.

No "salto com vara", um atleta corre segurando uma vara e, com perícia e treino, consegue projetar seu corpo por cima de uma barra. Para uma estimativa da altura alcançada nesses saltos, é possível considerar que a vara sirva apenas para converter o movimento horizontal do atleta (corrida) em movimento vertical, sem perdas ou acréscimos de energia. Na análise de um desses saltos, foi obtida a sequência de imagens reproduzida na figura anterior. Nesse caso, é possível estimar que a

velocidade máxima atingida pelo atleta, antes do salto, foi de, aproximadamente:

**a)** 4 m/s.

**b)** 6 m/s.

**c)** 7 m/s.

**d)** 8 m/s.

**e)** 9 m/s.

Desconsidere os efeitos do trabalho muscular após o início do salto.

Desprezando o trabalho muscular, a energia cinética do atleta será totalmente transformada em energia potencial gravitacional, após passar por uma transformação intermediária em energia potencial elástica na deformação do bastão. Como as perdas de energia são muito pequenas, podemos utilizar como boa aproximação a conservação da energia mecânica, e, assim, $\frac{0 - m \cdot v^2}{2} = -m \cdot g \cdot$ altura. Usando a variação da altura do centro de massa do atleta conforme indica a figura, h = 3,2 m e a aceleração gravitacional g = 10 N/kg (ou m/s²), obtemos a velocidade do atleta v = 8 m/s.

**2.** (Fuvest – 2003) Uma criança estava no chão. Foi então levantada por sua mãe, que a colocou em um escorregador a uma altura de 2,0 m em relação ao solo. Partindo do repouso, a criança deslizou e chegou novamente ao chão com velocidade igual a 4 m/s. Sendo T o trabalho realizado pela mãe ao suspender o filho, e sendo a aceleração da gravidade g = 10 m/s², a energia dissipada por atrito, ao escorregar, é aproximadamente igual a:

**a)** 0,1 T.

**b)** 0,2 T.

**c)** 0,6 T.

**d)** 0,9 T.

**e)** 1,0 T.

A energia mecânica inicial está toda armazenada como energia potencial gravitacional pelo trabalho que a mãe realizou ao levantar seu filho e vale $E_m = m \cdot g \cdot H = 20 \cdot m$ J. Já a energia dissipada será calculada pelo trabalho da força de atrito:

$$\frac{0 - m \cdot v^2}{2} = -m \cdot g \cdot H + \tau_{atrito}$$

$$\frac{0 - m \cdot 4^2}{2} = -m \cdot 10 \cdot 2 + \tau_{atrito}$$

Portanto, o trabalho da força de atrito corresponde a 12 J.
A relação entre a energia dissipada por atrito e a energia mecânica total T é:
R = 12m/20m, ou seja, R = 0,6.

**3.** Fazendo a perícia de uma freada: a brecada seca de um carro com cerca de 1 000 kg deixou uma marca de 25 m no asfalto, mas não foi capaz de evitar a colisão com o muro de contenção de um barranco na estrada. O motorista responsável pelas marcas no asfalto afirma que naquele dia ensolarado ele estava viajando a menos de 60 km/h, velocidade máxima permitida naquele trecho da estrada.

A perícia técnica identificou que naquele trecho da pista o coeficiente de atrito do asfalto com o pneu é $\mu = 1$.

Escreva um relatório sobre o incidente, mostrando qual era a velocidade mínima que esse motorista estava ao frear o carro. Ao final, apresente sua conclusão sobre a alegação do motorista envolvido no acidente, justificando-a com os aspectos científicos e com os resultados expressos no relatório.

Essa atividade é tipicamente realizada por perícia técnica, que avalia características do pavimento e marcas de freada e, utilizando conceitos físicos, estima a velocidade inicial do veículo. O trabalho realizado na frenagem deve ser estimado em 250000 J, visto que o coeficiente de atrito do asfalto com o pneu é = 1. Pela conservação da energia, $\frac{0 - m \cdot v^2}{2} =$ $= [-m \cdot g \cdot 1]$ distância. O menor valor de velocidade que pode deixar uma marca com 25 m no solo é 22,3 m/s, que corresponde a aproximadamente 80 km/h. O relatório deve concluir que a velocidade do carro era superior ao limite

estabelecido. O relatório deve ser avaliado considerando-se a habilidade de organizar e apresentar os procedimentos científicos na forma de linguagem escrita. Não deve ser avaliado com o rigor de uma perícia técnica. Devemos observar se o objetivo da perícia está claro para os alunos, se o procedimento está devidamente caracterizado (com explicações que possibilitem ao leitor a reprodução dos resultados obtidos pelos alunos), se os dados e cálculos são apresentados de forma organizada e se a velocidade obtida é adequada e coerente com o prognóstico.

**4.** (Enem – 1999) A tabela a seguir apresenta alguns exemplos de processos, fenômenos ou objetos em que ocorrem transformações de energia. Nesta tabela, aparecem as direções de transformação de energia. Por exemplo, o termopar é um dispositivo onde energia térmica se transforma em energia elétrica.

| De / Em | Elétrica | Química | Mecânica | Térmica |
|---|---|---|---|---|
| Elétrica | Transformador | | | Termopar |
| Química | | | | Reações endotérmicas |
| Mecânica | | Dinamite | Pêndulo | |
| Térmica | | | | Fusão |

Tabela 16.

Dentre os processos indicados na tabela, ocorre conservação de energia:

**a)** em todos os processos.

**b)** somente nos processos que envolvem transformações de energia sem dissipação de calor.

**c)** somente nos processos que envolvem transformações de energia mecânica.

**d)** somente nos processos que não envolvem energia química.

**e)** somente nos processos que não envolvem nem energia química, nem energia térmica.

A conservação de energia é um princípio físico inviolável até hoje e as transformações de energia implicam dissipação de parte de um tipo específico de energia em energia térmica. Portanto, a energia é conservada, mas se transforma de um tipo em outro. Sistemas mecânicos muitas vezes podem ser aproximados por sistemas conservativos, quando a relação entre a energia dissipada (transformada em outras formas de energia) e a energia total é desprezível.

**5.** A potência "perdida" por um carro – Um carro, para se mover, tem de enfrentar a força de resistência do ar, que fica maior conforme aumenta a velocidade. Se calcularmos o trabalho realizado por essa força, saberemos quanta energia o carro "perde" em função da resistência do ar. Também podemos calcular a potência perdida com o vento e compará-la com a potência do carro. Usando a tabela a seguir, calcule a energia "perdida" em um trajeto de 100 km para as velocidades de 36 km/h, 72 km/h e 108 km/h.

| Velocidade | | Força de resistência |
|---|---|---|
| 10 m/s | 36 km/h | 80 N |
| 20 m/s | 72 km/h | 320 N |
| 30 m/s | 108 km/h | 720 N |

Tabela 17.

Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 3. Máquinas potentes. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 92. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

A energia mecânica "perdida" é a energia transformada pelo trabalho da força de resistência do ar, $T = F \cdot$ deslocamento. O deslocamento é de 100 km, corresponde a $1 \cdot 10^5$ m. Como a força de resistência do ar depende da velocidade, o trabalho será diferente para cada velocidade. Os resultados são apresentados na tabela a seguir.

Esse exercício é interessante para mostrar como, ao aumentar a velocidade em três vezes, de 36 km/h para 108 km/h, a energia dissipada pela resistência do ar aumenta em nove vezes.

| Velocidade (m/s) | Força de resistência (N) | Trabalho no trecho de 100 km |
|---|---|---|
| 10 | 80 | $8 \cdot 10^6$ J = 8 MJ |
| 20 | 320 | $32 \cdot 10^6$ J = 32 MJ |
| 30 | 720 | $72 \cdot 10^6$ J = 72 MJ |

Tabela 18.

## Grade de correção das questões

A questão 1 avalia a habilidade de utilizar um modelo explicativo de movimento para compreender a conservação da energia mecânica em movimentos de translação e utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.

A questão 2 avalia a habilidade de utilizar um modelo explicativo de movimento para compreender a variação da energia mecânica em movimentos de translação e utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.

A questão 3 avalia a habilidade de utilizar um modelo explicativo para compreender a variação da energia cinética em movimentos de translação e de redigir um relatório utilizando terminologia científica adequada para descrever situações que envolvem variação de movimento.

A questão 4 avalia a habilidade de identificar o modelo da conservação da energia para compreender as diferentes transformações de energia em processos naturais e tecnológicos.

A questão 5 avalia a habilidade de reconhecer e identificar, em movimentos presentes no cotidiano, a conservação e a variação da energia, além de reconhecer as alterações no movimento e identificar formas de controle de movimentos.

# TEMA 5 – EQUILÍBRIO ESTÁTICO E DINÂMICO

As situações de equilíbrio relativas aos movimentos devem ser analisadas sob dois aspectos: equilíbrio de translação e equilíbrio de rotação. Neste momento, abordaremos o equilíbrio de translação. Tal abordagem será realizada por meio das leis de Newton e da análise dos diagramas de forças. O estudo do equilíbrio de rotação será aprofundado no volume 2; por ora, optamos por uma introdução ao equilíbrio de rotação por meio da análise do torque[a].

Normalmente, o estudo das ferramentas, máquinas e equipamentos que utilizamos para ampliar forças é tratado por meio do conceito de trabalho de uma força. À primeira vista, a automação e o aumento de potência e de eficiência dos sistemas de produção podem ser tomados como uma meta em relação à evolução de máquinas. Contudo, uma análise mais crítica e solidária sobre a evolução das máquinas mecânicas evidencia que essas metas devem ser questionadas, principalmente no que tange aos impactos que causam na sociedade.

Esse tema tem início com uma atividade de reflexão, que parte da comparação entre o trabalho animal e o trabalho das máquinas. Espera-se a identificação da evolução das máquinas ao longo do tempo em relação aos aspectos técnicos, históricos e sociais. É importante reconhecer que todos esses aspectos influenciam diretamente nosso dia a dia e precisam ser entendidos em suas inter-relações para que possamos atuar de forma crítica e solidária e propor intervenções que não sejam meramente pragmáticas, ao buscar soluções de problemas ligados à evolução das máquinas e dos sistemas de produção cada vez mais potentes e automatizados.

O equilíbrio de translação será discutido a partir de atividade experimental de construção e utilização de um dinamômetro. Acreditamos que para avaliar esse tipo de equilíbrio, a construção de um dinamômetro e a realização de medidas de força são apropriadas, pois se trata de um instrumento que indica adequadamente a força em ambas as situações de equilíbrio estático ou dinâmico. A análise de sistemas físicos, realizada por diagramas de forças, indica situações de equilíbrio, como um objeto pendurado ou algo flutuando na água, e será abordada nesse tema. Em continuidade ao estudo do equilíbrio de translação, trataremos do equilíbrio de rotação de forma introdutória, discutindo o conceito de torque.

Situações típicas do cotidiano, como gangorras, balanças de braço etc., propiciarão o contexto para o estudo do torque em sistemas em equilíbrio de rotação. Também nesse tema, vamos nos dedicar a entender o funcionamento de ferramentas e equipamentos que ampliam forças. Para isso, utilizaremos o conceito de trabalho que será aprofundado ao evidenciar fisicamente os princípios de funcionamento dos mecanismos de amplificação de força, como o giro de uma chave de fenda ou o deslocamento por meio de uma alavanca ou roldana.

A Situação de Aprendizagem 14 ressalta aspectos da evolução tecnológica das máquinas que realizam trabalho mecânico. É proposto um debate sobre a evolução tecnológica, suas implicações sociais e os impactos ambientais. O estudo das situações de equilíbrio de translação é discutido na Situação de Aprendizagem 15, por meio dos diagramas de forças e da construção de um dinamômetro. Em seguida, na Situação de Aprendizagem 16, passamos a discutir o equilíbrio de rotação por meio do conceito de

[a] Também conhecido em materiais didáticos de Ensino Médio como momento de uma força.

torque e da construção de uma balança de braços. A Situação de Aprendizagem 17 finaliza o tema, discutindo ferramentas, equipamentos e instrumentos que utilizam o trabalho mecânico para a amplificação de força.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 14
## A EVOLUÇÃO DAS MÁQUINAS MECÂNICAS

Essa Situação de Aprendizagem propõe a discussão sobre os impactos tecnológicos, sociais e históricos da evolução do trabalho mecânico. É importante estabelecer comparações entre o trabalho animal e o trabalho mecânico, evidenciando que, atualmente, nos acostumamos com motores e máquinas com potências muito superiores às dos animais.

Construindo máquinas com potências que jamais poderiam ser alcançadas usando o trabalho animal, quebramos a barreira do som com aviões e carros, exploramos o fundo do oceano e lançamos foguetes que conquistaram o espaço. No entanto, essa evolução vem acompanhada de uma desenfreada transformação do ambiente. Hoje, há máquinas que são pequenas indústrias de processamento de madeira: derrubam as árvores, recolhem-nas, cortam e embalam o produto como tábuas e selecionam os resíduos do processamento, tudo num único equipamento móvel. Promovem maior degradação ambiental num tempo menor. Fenômeno semelhante ocorre com máquinas utilizadas na extração de minérios.

Em todos esses casos, promovemos grandes impactos ambientais, muitos deles irreversíveis. Nesse sentido, a atividade proposta busca avaliar de forma crítica os avanços trazidos pela tecnologia, seus impactos sociais e ambientais, trazendo para o debate dos alunos a necessidade de tomar posições que levem em consideração não apenas o pragmatismo tecnológico: é preciso identificar vantagens e desvantagens dos processos tecnológicos, posicionando-se criticamente em relação a eles.

**Conteúdos e temas**: evolução histórica dos processos de utilização do trabalho mecânico (por exemplo, na evolução dos meios de transportes ou de máquinas mecânicas) e suas implicações na sociedade.

**Competências e habilidades**: reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social; analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação ao avanço tecnológico das máquinas; reconhecer a tecnologia como resultado de uma construção humana, identificando a evolução das máquinas que realizam o trabalho mecânico.

**Sugestão de estratégias**: trabalho em grupo, preparação para o debate e debate entre grupos; fechamento em grande grupo.

**Sugestão de recursos**: roteiro 14 de atividade em grupo visando à identificação da evolução das máquinas que realizam trabalho mecânico e à avaliação dos riscos e benefícios trazidos por esse processo evolutivo.

**Sugestão de avaliação**: avaliar o entendimento dos alunos sobre a evolução das máquinas que realizam trabalho mecânico e a avaliação dos riscos e benefícios trazidos por esse processo evolutivo; no cartaz ou mural, verificar a capacidade de síntese.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

O roteiro 14 propõe um trabalho individual até a questão 3; a partir da questão 4, a turma deverá ser organizada em três grupos. Faça essa divisão previamente e proponha o trabalho.

### Roteiro 14

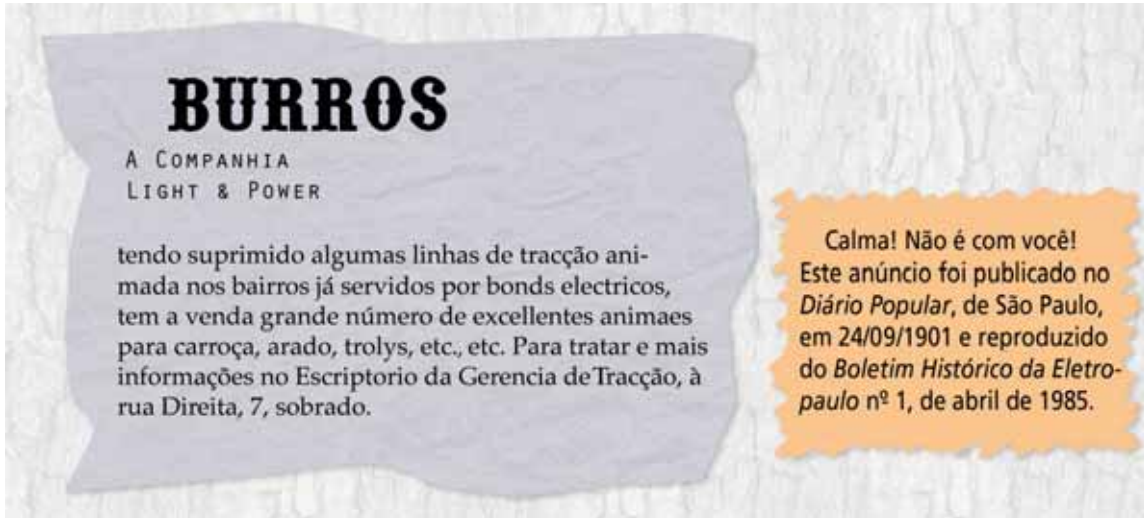



Figura 30.
Adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 3. Trabalho, trabalho, trabalho! São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 85. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

| Animal/equipamento | Potência típica (W) |
|---|---|
| Homem | 40 |
| Boi | 380 |
| Cavalo | 746 |
| Roda-d'água (300 a.C.) | 2 200 |
| Moinho de vento (1600) | 10 500 |
| Usina solar | 20 000 |
| Turbina de água (1850) | 600 000 |
| Gerador eólico | 3 000 000 |
| Usina hidrelétrica | 6 000 000 000 |

| Máquina térmica | Potência típica (W) |
|---|---|
| Bomba de vapor de Sarvey (1702) | 746 |
| Máquina de Watt (1778) | 30 000 |
| Carro popular 1.0 | 42 000 |
| Carro pequeno 2.0 | 98 000 |
| Carro de Fórmula 1 | 670 000 |
| Máquina a vapor naval (1900) | 6 000 000 |
| Máquina a vapor terrestre (1900) | 9 000 000 |
| Usina termoelétrica a vapor (1970) | 1 100 000 000 |
| Usina nuclear (1974) | 1 300 000 000 |

Tabela 19.
Adaptado de: GOLDEMBERG, José. LUCON, Osvaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

No início do século XX, o transporte urbano ainda era puxado por tração animal. Hoje, os veículos e as máquinas são muito mais eficientes e utilizam motores a combustão e tração mecânica.

**1.** Comparando os dados de potência, usando tração animal, quantos cavalos seriam equivalentes a um carro 1.0? Quantos cavalos equivaleriam à potência de um carro de Fórmula 1?

A questão compara o trabalho animal com o trabalho mecânico. Nessa comparação, a potência equivalente à de um carro 1.0 corresponde a cerca de 56 cavalos. Para se equiparar a um carro de Fórmula 1, seriam necessários cerca de 900 cavalos.

**2.** A tabela de potências indica que as máquinas a vapor utilizadas em navios ou em indústrias apresentam potência característica de cerca de 6 MW, equivalente a aproximadamente _____ cavalos, e de 9 MW, correspondente a _____ cavalos.

Uma máquina de 6 MW corresponderia a cerca de 8 000 cavalos, e a de 9 MW, a 12 000 cavalos.

**3.** Qual seria o tamanho do pátio de uma indústria em que cavalos andariam em círculos concêntricos para alcançar, com seu trabalho animal, uma potência equivalente à da máquina a vapor? Discuta também a viabilidade do arranjo mecânico.

Levando em conta uma máquina de 6 MW que utilizasse 8 000 cavalos e para cada cavalo uma área de 4 m de comprimento por 2 m de largura, um círculo mínimo com cerca de 50 cavalos teria um raio de 30 m e um círculo máximo com 230 cavalos teria raio de 146 m. Ao todo haveria cerca de 60 círculos concêntricos com área de aproximadamente 67 000 $m^2$. Já para uma máquina de 9 MW que utilizasse 12 000 cavalos e para cada cavalo uma área de 4 m de comprimento por 2 m de largura, um círculo mínimo com cerca de 50 cavalos teria um raio de 30 m e um círculo máximo com 230 cavalos teria raio de 178 m. Ao todo, nesse caso, haveria cerca de 75 círculos concêntricos com área de aproximadamente 100 000 $m^2$. Uma forma de estimar a área é realizar uma conta simples: primeiro estima-se a área ocupada por um cavalo, 4 m · 2 m = 8 $m^2$. Em seguida, multiplica-se o resultado por 12 000 cavalos, o que corresponde a 96 000 $m^2$. Numa segunda aproximação, podemos dar conta de que o movimento dos cavalos que minimizará a área envolvida é o movimento em círculos. Nesse caso, deve-se pensar que no centro do círculo há o aparato mecânico que concentrará o trabalho realizado pelos animais. Assim, pode-se propor que o menor círculo ocupado pelos cavalos é de 30 m, nele o perímetro corresponde a ($2 \cdot \pi \cdot R$), então, $2 \cdot \pi \cdot 30 = 188$ m. Enfileirando-os, cada um num espaço de 4 m de comprimento, teremos 188 m / 4 m = = 47 cavalos no primeiro círculo (aproximadamente 50). O círculo seguinte (o segundo) terá raio de 32 m (distância de 2 m para a largura do cavalo). Neste segundo círculo, com perímetro de 200 m, enfileiram-se mais 50 cavalos, e assim sucessivamente até completar 12 000 cavalos. São totalizados 120 193 cavalos no círculo com 178 m de raio, cuja área ($\varpi$ x $R^2$) corresponde a 99 487 $m^2$, aproximadamente 100 000 $m^2$. Pode-se melhorar ainda mais essa estimativa. Incorpore outros parâmetros e tente! É preciso também duvidar da viabilidade do arranjo, pois cada fila radial de cavalos deveria empurrar uma barra de quase 180 m de raio, que dificilmente sustentaria o próprio peso.

**4.** A turma será dividida em três grupos.

**a)** O primeiro grupo deve discutir as vantagens da ampliação da força humana proporcionada por máquinas, equipamentos e veículos e os problemas causados por elas. Por exemplo, as usinas hidrelétricas: por um lado, abastecem grandes regiões do país com energia elétrica, por outro, provocam desmatamento, assoreamento e poluição, ou seja, degradação do meio ambiente.

O primeiro grupo discutirá, por um lado, como a ampliação da força humana pelas máquinas permite a manutenção de aglomerações urbanas, como grandes cidades, metrópoles etc. Ele pode trazer também questões como a evolução dos sistemas de produção, fábricas automatizadas e industrialização dos alimentos, além da questão da dimensão das usinas hidrelétricas, que permitem abastecer

grandes regiões do país com energia elétrica. Por outro lado, discutirá os impactos ambientais e os problemas urbanos trazidos pela grande produtividade dessas máquinas e seus desdobramentos. Alguns exemplos são os problemas resultantes de: construção de grandes centrais hidrelétricas, como o alagamento de grandes regiões; aglomerações humanas, como o descarte do lixo; e crescimento desorganizado dos centros urbanos, como a captação e o tratamento de água.

**b)** O segundo grupo deve discutir as conquistas do ser humano, que foram possíveis graças às máquinas. Por exemplo, mineração, carros, navios, aviões, foguetes, usinas hidrelétricas e nucleares trazem vantagens para a humanidade. No entanto, o grupo também deverá discutir os problemas advindos dessas conquistas, como poluição, riscos de acidentes, o desmatamento, o assoreamento, poluição ambiental etc.

O segundo grupo discutirá, por um lado, realizações humanas que só são possíveis pela evolução de máquinas e equipamentos, como a conquista do espaço (foguetes, estação espacial), dos mares (submarinos nucleares), os transportes aéreos, as usinas nucleares, a exploração de grandes quantidades de minério em gigantescas escavações, a exploração de petróleo em plataformas submarinas etc. Por outro lado, discutirão a poluição espacial, os restos de foguetes, pequenas peças que se desprendem e permanecem em órbita, os satélites artificiais obsoletos etc.; os riscos de acidente com material radioativo, como ocorreu em Goiânia em 1987, ou de naufrágio de submarinos nucleares; a exploração desenfreada dos recursos naturais, como os minérios e o petróleo, trazendo desmatamento, assoreamento e outros prejuízos ambientais.

**c)** O terceiro grupo deve discutir as vantagens e as desvantagens da substituição do trabalho humano pelo trabalho mecânico das máquinas e dos robôs, como ocorre nas linhas de montagem das indústrias ou nos campos, onde é comum o uso de semeadoras e de colheitadeiras automatizadas.

O terceiro grupo deve discutir, por um lado, as vantagens da substituição do trabalho humano pelo trabalho mecânico nos diversos casos; por exemplo, no uso de robôs para a realização de atividades perigosas ou insalubres. Por outro lado, discutirá os problemas sociais ligados à substituição do trabalho humano pelo trabalho mecânico, tendo como consequência as ondas de desemprego na indústria e no campo.

Ao final, os três grupos devem debater as vantagens e as desvantagens dos avanços tecnológicos das máquinas utilizadas pelo homem e produzir um cartaz ou mural que apresente a síntese de suas conclusões.

## Encaminhando a ação

O ponto importante a ser discutido na questão 1 é que o trabalho mecânico é realizado por máquinas que conseguem concentrar grande potência nos pequenos motores que equipam os veículos.

As questões 2 e 3 concretizam a inviabilidade de obter por trabalho animal potências como as obtidas por trabalho mecânico nas máquinas modernas.

Nesse momento, é interessante que você esclareça o motivo de utilizar o conceito de potência e não o de energia ao comparar o trabalho realizado por diferentes máquinas e animais. Ressalte que é preciso comparar o tempo necessário para se obter a energia, uma vez que mesmo um pequeno motor pode fornecer grande energia se funcionar por um longo período de tempo, mas, se for preciso que essa energia seja obtida rapidamente, é necessária uma potência maior. Por isso o conceito adequado é o de potência. Pense agora numa usina nuclear com potência de 1,5 milhão de cavalos! É difícil imaginar como esse número de animais poderia ser disponibilizado para obter tal potência.

A questão 4 propõe reflexões sobre diferentes pontos de vista acerca da evolução tecnológica.

O conceito de potência pode ser aprofundado, também, relacionando energia e tempo, explorando seu significado, as unidades de medida etc. Outras questões que contribuam para a reflexão sobre a responsabilidade social no desenvolvimento tecnológico podem ser exploradas, como o desmatamento da Floresta Amazônica por madeireiras, trazendo para o debate o questionamento sobre a evolução de máquinas de corte de árvores*: Elas devem evoluir para máquinas que consigam derrubar mais florestas num menor tempo?* Esse tipo de questão pode ser debatida em grupo, como foi realizado no tribunal de pequenas causas físicas.

Para concluir, solicite aos alunos uma redação, conforme exposto na atividade a seguir.

Procure em CDs ou na internet as letras das seguintes músicas. *Construção* e *Brejo da cruz*, de Chico Buarque; *Lunik 9*, de Gilberto Gil; *Pacato cidadão*, de Samuel Rosa e Chico Amaral; e *De volta ao planeta dos macacos*, de Marco Túlio, PJ e Rogério Flausino. Faça uma redação de, no mínimo, uma página que incorpore trechos dessas músicas e aborde a relação entre ciência, tecnologia e sociedade.

A redação deve articular partes das letras dessas músicas com o tema discutido pelos três grupos.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 15
## AVALIANDO SITUAÇÕES DE EQUILÍBRIO ESTÁTICO

Nas situações em que há equilíbrio, a força resultante sobre o objeto deve ser nula, não havendo aceleração. O equilíbrio é denominado estático se a velocidade do objeto é nula, como numa ponte ou numa casa, e dinâmico se o objeto está em movimento com velocidade constante e diferente de zero, como um avião, um helicóptero ou um barco. Para avaliar as situações de equilíbrio, vamos recorrer ao diagrama de forças estudado com as leis de Newton sobre o movimento.

Nesta Situação de Aprendizagem propomos a construção de um dinamômetro, que indica a força atuante nos sistemas por meio da comparação com a força elástica. Utilizando situações de equilíbrio, os alunos farão a calibração e as medidas com o equipamento. Ao final, com a imersão de objetos em líquidos, a medida do dinamômetro será alterada, oferecendo a oportunidade de discutir sobre "peso aparente" por meio da inserção de uma nova força: o empuxo.

**Conteúdos e temas**: condições necessárias para a manutenção do equilíbrio de translação de objetos, incluindo situações no ar ou na água.

**Competências e habilidades**: ler e interpretar textos e procedimentos experimentais e elaborar comunicação escrita ou oral para relatar experimentos; identificar variáveis relevantes na análise da situação-problema e reconhecer possíveis estratégias experimentais para resolvê-la; elaborar hipóteses e interpretar resultados; realizar, de maneira cuidadosa e consistente, os procedimentos experimentais, reconhecendo as condições necessárias para estabelecer o equilíbrio estático de forças.

**Sugestão de estratégias**: atividade experimental de construção, calibração e utilização de equipamento para medir forças em situações de equilíbrio.

**Sugestão de recursos**: roteiro15 de atividade em grupo, que aborda a construção, a calibração e a utilização do dinamômetro; materiais para construção do dinamômetro.

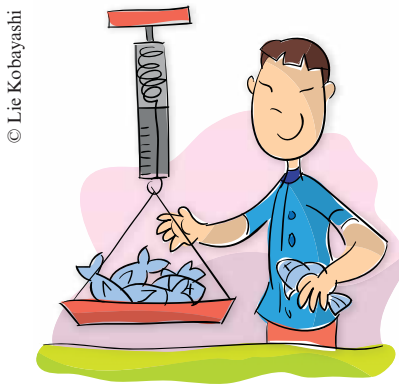
**Sugestão de avaliação**: avaliar a participação dos alunos na atividade, seu interesse, motivação, capacidade de colaboração, argumentação e síntese; avaliar o entendimento dos alunos sobre as condições necessárias para estabelecer o equilíbrio de translação num sistema físico.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Organize a turma em grupos e trabalhe com o roteiro 15.

### Roteiro 15 – Avaliando situações de equilíbrio

Para avaliar situações de equilíbrio estático, vamos construir um equipamento que se baseia no equilíbrio entre a força elástica e outras forças, um dinamômetro. Esse equipamento mede a força e é bastante conhecido. Um exemplo é a balança de peixeiro, ou balança de dedo, como é chamado o equipamento; ele utiliza o dinamômetro para medir a força e avaliar a massa dos objetos, em unidades como o que se costuma denominar *quilo*, ou mais precisamente, o quilograma.



© Lie Kobayashi

Figura 31.

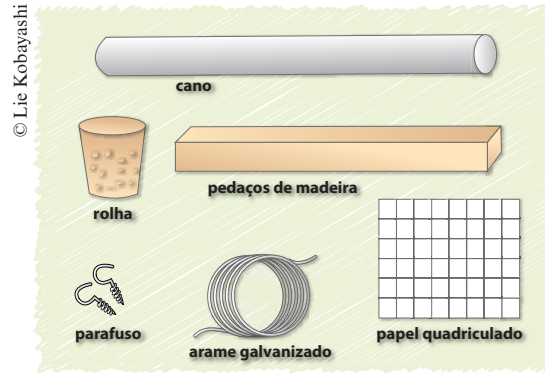
**Dinamômetro**

**Materiais**

- uma rolha;
- 1 m de arame galvanizado (número 18 ou 20);
- cano plástico de 1/2 polegada ou 3/4 polegada de 20 cm a 50 cm de comprimento;
- pedaço de madeira com largura e profundidade de até 3 cm e comprimento entre 10 cm e 20 cm;
- papel quadriculado ou milimetrado com 10 cm a 20 cm de comprimento por 3 cm de largura;
- quatro parafusos pequenos com ponta em gancho.

**Mãos à obra!**

Vamos montá-lo como indica a figura.




© Lie Kobayashi

Seu dinamômetro deve ficar assim:

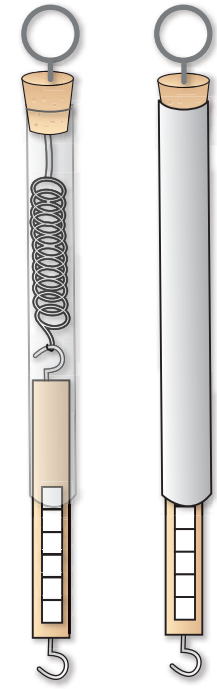


Figura 32.

1. Enrole um pedaço de arame em um lápis ou em uma caneta grossa, formando as espirais da mola.

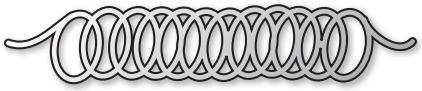


Figura 33.

2. Com as pontas do arame faça um gancho. A mola está pronta.

3. Certifique-se de que a espessura da mola seja suficiente para ela caber dentro do cano.

4. Cole uma tira do papel quadriculado na madeira.

5. Usando um parafuso, prenda um lado da mola à madeira; prenda o outro lado à rolha.

6. Insira o conjunto dentro do cano, iniciando pela madeira.

7. Pressione a rolha contra o tubo até ficar firme.

Agora vamos calibrar o dinamômetro, utilizando as marcas do papel quadriculado, para indicar alguns valores de força. Lembre-se: cada vez que acrescentamos massa ao dinamômetro, ocorre um novo equilíbrio estático entre a força elástica da mola e a força gravitacional exercida pela massa pendurada.

**1.** Realize marcações no papel milimetrado que indiquem a força correspondente. Podemos usar moedas ou outros objetos cuja massa seja conhecida. Cada 1 g de massa corresponde a 0,01 N de força.

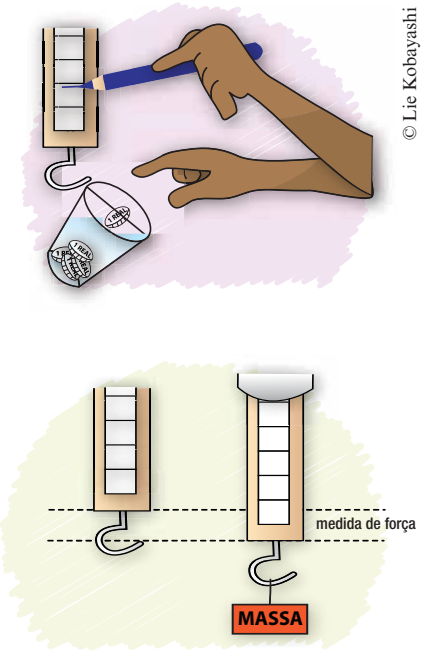



Figura 34.

| Moeda | R$ 1 (cores: bronze e prata) | R$ 0,50 (grossa) | R$ 0,50 (fina) | R$ 0,25 (cor: bronze) | R$ 0,25 (cor: prata) |
|---|---|---|---|---|---|
| Massa média | 6,9 g | 7,8 g | 3,9 g | 7,6 g | 4,8 g |

| Moeda | R$ 0,10 (cor: bronze) | R$ 0,10 (cor: prata) | R$ 0,05 (cor: cobre) | R$ 0,05 (cor: prata) |
|---|---|---|---|---|
| Massa média | 4,8 g | 3,6 g | 4,1 g | 3,3 g |

Tabela 20. Massa de moedas brasileiras. Outras informações e características técnicas das moedas podem ser obtidas diretamente no site do Banco Central do Brasil. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/?MOEDAREAL>. Acesso em: 24 maio 2013.

**2.** Construa os diagramas de forças que atuam no corpo do dinamômetro e no suporte com a massa.

Os diagramas esperados são:

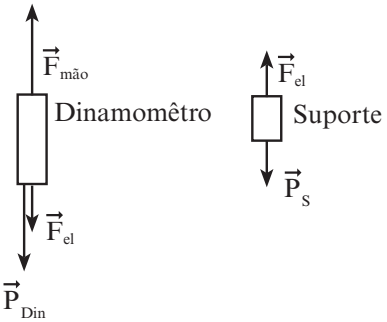
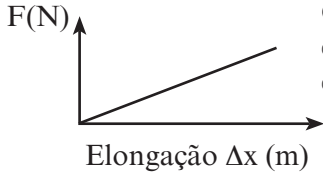



Figura 35.

**3.** Construa no papel milimetrado o gráfico da força exercida em função da massa e determine a equação que pode representar a curva de calibração de seu dinamômetro. Pronto! Seu dinamômetro já pode ser usado.

O gráfico deve ser semelhante a este:




Curva característica de calibração do dinamômetro

Figura 36.

Na curva de calibração, a força em função da massa deve ser relacionada com a elongação da mola. A equação deve corresponder à Lei de Hooke: $F = k \cdot \Delta x$.

**4.** Meça a força exercida para segurar seu estojo.

Resposta pessoal, depende da massa do estojo.

**5.** Com o dinamômetro, puxe seu caderno movimentando-o pela carteira; meça a força necessária para iniciar o movimento dele e anote-a:

Resposta pessoal, depende da massa do caderno e de seu atrito com a superfície.

**6.** Tente o seguinte: pendure um objeto liso (que não absorva água, por exemplo, uma pedra) em seu dinamômetro para determinar seu peso. Depois, pegue o mesmo objeto e coloque dentro de uma vasilha com água, pendurado pelo dinamômetro, como indica a figura. O que você percebe? Será que o objeto ficou mais leve? Ou não? Que fato extraordinário ocorre quando o objeto é mergulhado?

Figura 37.

O diagrama de forças é imprescindível para a discussão do "peso aparente" – indicado pelo dinamômetro – que o objeto passará a ter ao ser imerso na água. O surgimento da força de empuxo ($\vec{E}$) precisa ser evidenciado para se contrapor à ideia de que os objetos são mais leves dentro da água. O peso do objeto não varia. A discussão sobre o equilíbrio em fluidos deve ser sistematizada, por meio de diagramas de forças, leis de Newton e do movimento e a concepção de empuxo. O estudo do empuxo pode ser explorado a partir do peso do líquido deslocado. (No entanto, o entendimento físico do empuxo necessita do aprofundamento do conceito de pressão e de seu gradiente num líquido sob ação do campo gravitacional.)

Dentro ou fora da água o peso não se altera, apenas a força exercida pelo dinamômetro. Quando o objeto é imerso na água ou em qualquer outro fluido, a força de sustentação, nesse caso, exercida pelo dinamômetro, passa a ser chamada peso aparente.

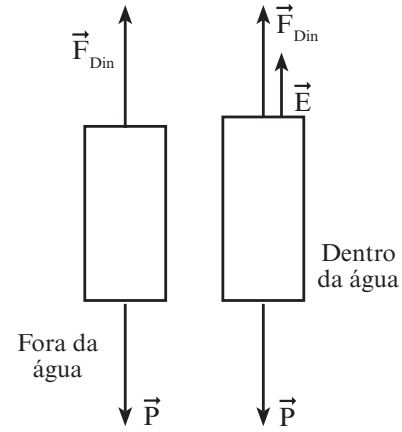



Figura 38.

Roteiro adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 2. Medindo forças. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 53-56. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec2.pdf>. Acesso em: 24 maio 2013.

## Encaminhando a ação

Os materiais necessários para a construção do dinamômetro são facilmente encontrados em lojas de materiais de construção e sua montagem é bastante simples, bastando seguir a figura. Monte um dinamômetro antes da aula para avaliar as dificuldades que os alunos poderão apresentar e para organizar as orientações em função das especificidades dos materiais utilizados em cada montagem, como a constante da mola, o tamanho do tubo etc.

Em relação à calibração, você deve escolher o melhor padrão a ser utilizado. Um padrão bastante útil é a moeda corrente. Foram efetuadas medidas de massa das moedas brasileiras em uso e você pode verificar a massa média para cada tipo de moeda. É necessário, no entanto, observar o ano de produção da moeda, pois moedas anteriores ao ano de 2002 apresentam massas distintas das atuais em virtude das mudanças em sua composição, promovidas pela Casa da Moeda.

O procedimento será o mesmo descrito na atividade. É importante que os alunos construam os diagramas de força numa situação de equilíbrio.

Em relação ao peso medido, é interessante lembrar que a mola não pode ser esticada demasiadamente sob risco de sofrer deformação permanente ou alterar a constante elástica aferida na calibração. Assim, o peso a ser medido deve ser compatível com o instrumento construído. Esse objeto deve ser impermeável ou não ter suas características alteradas pela água, uma vez que deverá ser mergulhado nela.

Em continuidade à Situação de Aprendizagem, você deve abordar o equilíbrio dinâmico, em que as mesmas regras e os mesmos critérios são utilizados no equilíbrio estático. No entanto, para os alunos, isso não é imediato – é preciso que seja trabalhado como situação análoga. Exercícios devem ser propostos para que a analogia adquira significado, por exemplo, discutindo o diagrama de forças de um balão, avião, pássaro voando etc., todos eles com velocidade constante.

A discussão sobre o equilíbrio em fluidos deve ser sistematizada utilizando a análise por diagramas de forças, as leis de Newton sobre o movimento e a concepção de empuxo[a]. Faça e proponha exercícios sobre situações em equilíbrio estático e dinâmico e de determinação do peso aparente e do empuxo; esse tipo de atividade é encontrado em livros didáticos.

**1.** (Fuvest – 2001) Na pesagem de um caminhão, no posto fiscal de uma estrada, são utilizadas três balanças. Sobre cada balança, são posicionadas todas as rodas de um mesmo eixo. As balanças indicaram 30000 N, 20000 N e 10000 N. A partir desse procedimento, é possível concluir que o peso do caminhão é de:

**a)** 20000 N.

**b)** 25000 N.

**c)** 30000 N.

**d)** 50000 N.

**e)** 60000 N.

[a] Essa discussão pode ser encontrada em muitos livros de Física, e uma sugestão aos alunos pode ser a de consultar diferentes livros-texto sobre o princípio de Arquimedes, que explicam a flutuação de grandes navios com casco de aço e outras situações interessantes.

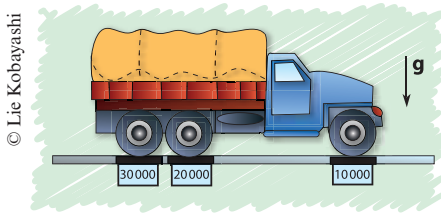



Figura 39.

O peso do caminhão é a soma das medidas nas balanças.

**2.** Um aluno calibrou seu dinamômetro didático e montou o gráfico:

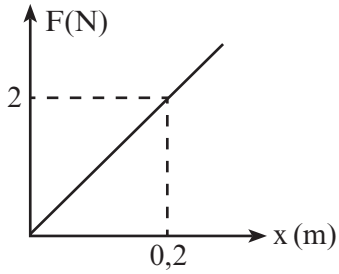



Figura 40.

Admita $g = 10\ m/s^2$ e responda:

**a)** Qual é o valor da constante elástica dessa mola?

A constante elástica pode ser obtida pela Lei de Hooke, sendo nesse caso determinado o valor k = 10 N/m.

**b)** Qual é a massa do corpo pendurado no dinamômetro quando o deslocamento da extremidade da mola é de 0,5 m?

A massa é de 0,5 kg (correspondente ao peso de 5 N).

**c)** Qual é o trabalho da força elástica ao passar de um deslocamento de 0,3 m para um de 0,5 m? Você pode obter o trabalho pela aplicação direta da fórmula ou pelo cálculo da área sob o gráfico nesse intervalo de deslocamento.

Pode-se calcular o trabalho pela diferença da energia potencial elástica nas duas configurações: E = 1,25 J − 0,45 J = 0,8 J.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 16
## O TORQUE EM SITUAÇÕES DE EQUILÍBRIO

Nas situações em que há equilíbrio de rotação, o torque resultante sobre o objeto deve ser nulo. O torque (ou momento de uma força) é obtido pelo produto entre o braço (distância entre o ponto de apoio e o ponto em que a força é aplicada) e a intensidade da componente da força que é perpendicular a ele.

Em casos em que a somatória dos torques não é nula, haverá aceleração angular e o objeto inicia ou altera seu movimento de rotação. Por exemplo, nas rodas dos carros, enquanto há aceleração, o torque resultante não é nulo, mas, quando a roda está em repouso ou quando a velocidade angular é constante, a somatória dos torques aplicados será nula, de forma análoga ao que vimos no equilíbrio de translação. Será discutido o equilíbrio de rotação por meio do estudo de uma balança de braços, mas os mesmos princípios valem para quaisquer corpos extensos, como uma ponte ou uma casa.

Nesta Situação de Aprendizagem, construiremos uma balança de braços, que é um equipamento que compara massas e permanece em equilíbrio se o torque resultante for nulo.

**Conteúdos e temas**: condições necessárias para a manutenção do equilíbrio de rotação de objetos em equilíbrio estático; momento de uma força.

**Competências e habilidades**: ler e interpretar textos e procedimentos experimentais e elaborar comunicação escrita ou oral para relatar experimentos; identificar variáveis relevantes na análise de situação-problema e reconhecer possíveis estratégias experimentais para resolvê-la; elaborar hipóteses e interpretar resultados; realizar de maneira cuidadosa e consistente os procedimentos experimentais.

**Sugestão de estratégias**: atividade experimental de construção e utilização de uma balança de braço para comparar torques em situações de equilíbrio estático.

**Sugestão de recursos**: roteiro 16 de atividade em grupo; materiais para a construção e utilização de balança de braços.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a participação dos alunos na atividade: interesse, motivação, capacidade de colaboração, argumentação e síntese; avaliar o entendimento dos alunos sobre as condições necessárias para estabelecer o equilíbrio de rotação num sistema físico; avaliar se o relatório explicita o experimento realizado, apresenta os dados em tabelas e se chega na expressão do torque, que relaciona massa e distância.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Organize a turma em grupos e proponha o trabalho com o roteiro 16.

### Roteiro 16 – Momento de uma força, ajudando a entender o equilíbrio

**Balança de braços**

**Materiais**

- uma régua rígida de plástico, madeira ou metal;
- barbante;
- copinhos plásticos;
- clipes de papel e um punhado de moedas iguais (podem ser também bolinhas de gude ou arruelas).

**Mãos à obra!**

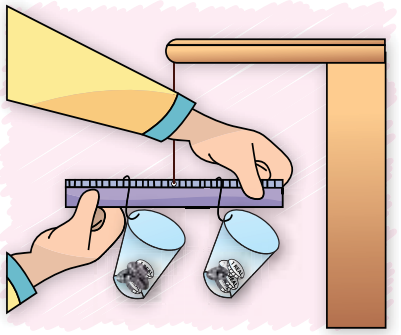
1. Com um prego, um parafuso ou uma broca, faça um furo para passar o barbante, bem no meio da régua, próximo à borda.

2. Em seguida, pendure-a no tampo da carteira ou em outro suporte. Ela deve ficar como está indicada na figura.

3. Use os clipes e os copinhos como suporte para pendurar as massas na balança.

4. Eles devem ficar móveis, podendo se deslocar pela régua.

5. Use a escala graduada da régua para medir a distância entre cada copinho e o centro da régua, onde está o barbante.



© Lie Kobayashi

Figura 41.

**Interpretação e análise dos resultados**

**1.** Pendure objetos da mesma massa (moedas, arruelas ou bolinhas de gude) a distâncias iguais do barbante que segura a balança. O que acontece?

A balança permanece em equilíbrio. Trata-se do equilíbrio do torque, utilizando forças iguais a distâncias iguais, o que produz torques cuja resultante é zero.

**2.** Repita o procedimento ao menos três vezes, aumentando ou diminuindo a distância. O que você observa?

A balança continua em equilíbrio, em todos esses casos. O importante é que os alunos percebam que, em qualquer distância adotada, desde que sejam massas iguais e distâncias iguais, ocorrerá uma situação de equilíbrio de rotação.

**3.** Pendure massas iguais a distâncias diferentes. O que acontece?

A balança pende para o lado em que distância é maior.

**4.** Pendure massas diferentes a distâncias iguais. O que acontece?

A balança pende para o lado em que a massa é maior.

**5.** Pendure de um lado da balança uma massa à determinada distância (por exemplo, uma moeda a 10 cm) e do outro lado coloque o dobro da massa (duas moedas), em uma distância que seja a metade da distância usada do outro lado (no caso do exemplo, 5 cm). O que acontece?

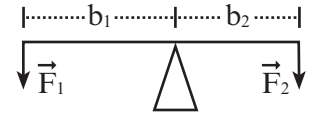
A balança fica em equilíbrio, pois o aumento da massa foi balanceado pela diminuição da distância, permanecendo em equilíbrio.

**6.** Pendure de um lado da balança três moedas a 10 cm do centro e, do outro lado, usando dois copinhos, pendure uma moeda a 20 cm e outras duas moedas a 5 cm do centro. Explique por que a balança ficou equilibrada.

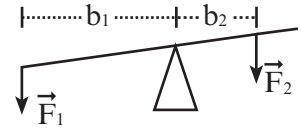
A balança fica em equilíbrio porque o produto da massa pela distância de um lado é igual à soma dos mesmos produtos do outro lado. Assim, as massas balanceadas pelas distâncias em ambos os lados resultam em torques iguais, permanecendo em equilíbrio.

**7.** Monte os diagramas de força das situações estudadas, indicando neles as distâncias das forças ao centro da balança (faça um diagrama para cada item).

O essencial é a construção dos diagramas de força, com a indicação das distâncias (braço).




permanece em equilíbrio se $b_1 \cdot \vec{F}_1 = b_2 \cdot \vec{F}_2$




não permanece em equilíbrio se $b_1 \cdot \vec{F}_1 > b_2 \cdot \vec{F}_2$

Figura 42.

**8.** Escreva um relatório da atividade e explique qual regra deve ser seguida para deixar a balança em equilíbrio utilizando massas diferentes dos dois lados da balança.

Nessa atividade, o essencial é que os alunos apresentem o conceito de momento de uma força, explicitando que, em situações de equilíbrio, a soma de todos os momentos em cada um dos lados da balança é igual. O relatório deve ser entendido como um exercício da habilidade de organizar e apresentar os procedimentos científicos na forma de linguagem escrita. Nessa fase, não deve ser avaliado com rigor o que um relatório científico deve ter em relação à precisão de medidas, propagação de erros ou normas.

## Encaminhando a ação

Em relação à construção da balança de braços, os materiais são de fácil aquisição em papelarias e sua montagem é bastante simples, bastando seguir a figura.

O importante nas questões 1 e 2 é que os alunos percebam que, em qualquer distância adotada, desde que sejam massas iguais e distâncias iguais, ocorrerá uma situação de equilíbrio de rotação.

A questão 3 trata de uma situação em que não há equilíbrio. Como as forças-peso são iguais, mas as distâncias são diferentes, os torques não se anulam e a balança penderá para o lado que tiver maior torque, aquele cuja distância ao centro for maior.

A questão 4 trata de uma situação em que não há equilíbrio. Como as distâncias são iguais, mas as forças-peso são diferentes, os torques não se anulam e a balança penderá para o lado que tiver maior torque, aquele cuja força-peso é maior.

As questões 5 e 6 tratam de situações em equilíbrio de rotação, com forças-peso e distâncias cujo torque resultante é nulo. Nelas, os alunos são direcionados a relacionar a massa com a distância. Essa relação será fundamental para o entendimento da concepção de momento de uma força a ser explorada no diagrama de forças.

Na questão 7, você deverá explorar o conceito de momento de uma força, mostrando que os produtos da força por distância são iguais nos dois lados da balança nos casos em que há equilíbrio e são diferentes nos casos em que não há equilíbrio.

Na questão 8, verifique se o objetivo está claro para os alunos, se o procedimento realizado está devidamente caracterizado com explicações que possibilitem ao leitor a reprodução do experimento, se os dados são apresentados de forma organizada e se os alunos conseguem determinar uma regra que promova equilíbrio de rotação na balança de braços.

Caso não haja tempo suficiente para a elaboração do relatório durante a aula, eles poderão realizá-lo como atividade extraclasse. Nesse caso, estipule o prazo de entrega para uma das próximas aulas, sem que isso prejudique a atividade.

Voltando à atividade, você deve abordar formalmente o torque como momento de uma força e pode realizar medidas com o dinamômetro (construído na Situação de Aprendizagem 15) na balança de braços. Pode discutir o funcionamento das balanças de comparação com braços de diferentes tamanhos, como, por exemplo, a balança utilizada em consultórios médicos. Mostre como gangorras utilizam o torque para divertir as crianças. Faça alguns exercícios sobre situações em equilíbrio de rotação, que podem ser facilmente encontrados em livros didáticos.

No Roteiro de experimentação a seguir, sugira que entre a mão e a porta se coloque um objeto deformável, como uma esponja, para verificar que a força aplicada tem de ser maior quanto mais perto da dobradiça estiver o ponto de aplicação.

**Por que as maçanetas das portas sempre estão distantes das dobradiças?**

Figura 43.

**1.** Você vai investigar diversas possibilidades de fechar uma porta aplicando-lhe apenas um empurrão.

**2.** Você vai trabalhar com três variáveis nessa investigação:

**a)** distância em relação à dobradiça do ponto de aplicação do empurrão;

**b)** intensidade da força no empurrão;

**c)** ângulo de aplicação da força, em relação à própria porta.

**3.** Fixe duas variáveis e teste diversas possibilidades da terceira variável.

**4.** Em seguida, faça o mesmo com as outras duas.

**5.** Depois de realizados os experimentos, monte um relatório que sintetize suas conclusões.

**1.** Que conclusões você tirou dessa investigação? Em quais situações foi mais fácil e em quais foi mais difícil fechar a porta?

Quanto mais distante a maçaneta da dobradiça, mais fácil fechar a porta; quanto mais próxima, mais difícil fechar. Quanto maior a força, mais fácil fechar a porta; quanto mais perpendicular à porta, mais fácil fechá-la; quanto mais próximo ao plano paralelo, à superfície da porta, mais difícil.

**2.** Haveria alguma vantagem em colocar a maçaneta da porta próxima à dobradiça ou mesmo no meio da porta? Por quê?

Não, pois a força necessária para abri-la ou fechá-la seria maior. O melhor lugar é próximo à extremidade oposta à dobradiça, em que é mais fácil abrir ou fechar a porta.

**1.** (Fuvest – 2009) Em uma academia de musculação, uma barra B, com 2,0 m de comprimento e massa de 10 kg, está apoiada de forma simétrica em dois suportes, $S_1$ e $S_2$, separados por uma distância de 1,0 m, como indicado na figura. Para a realização de exercícios, vários discos, de diferentes massas M, podem ser colocados em encaixes, E, com seus cen-

tros a 0,10 m de cada extremidade da barra. O primeiro disco deve ser escolhido com cuidado, para não desequilibrar a barra. Entre os discos disponíveis, cujas massas estão indicadas abaixo, aquele de maior massa e que pode ser colocado em um dos encaixes sem desequilibrar a barra é o disco de:

**a)** 5 kg.

**b)** 10 kg.

**c)** 15 kg.

**d)** 20 kg.

**e)** 25 kg.

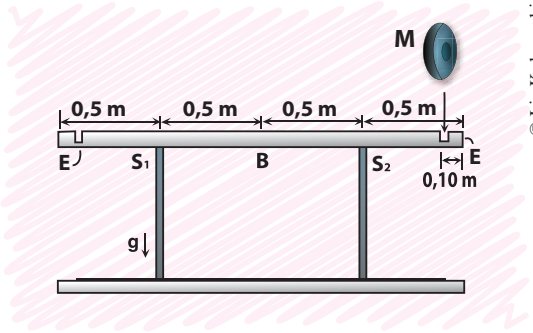
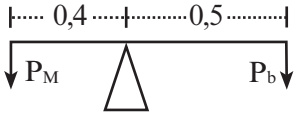
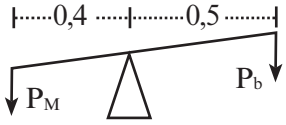



Figura 44.

Nessa situação, temos o peso da massa M ($P_M$) aplicado à distância de 0,4 m do apoio e o peso da barra ($P_b$) aplicado a 0,5 m do apoio. Assim, se $P_M \cdot 0{,}4$ fosse maior que $P_b \cdot 0{,}5$, a barra se desequilibraria e cairia dos apoios. Dessa forma, a resposta que apresenta a maior massa que manteria a barra em equilíbrio corresponde à alternativa b, 10 kg.




Permanece em equilíbrio: $0{,}4 \cdot P_M = 0{,}5 \cdot P_b$




Não permanece em equilíbrio: $0{,}4 \cdot P_M > 0{,}5 \cdot P_b$

Figura 45.

**2.** (Fuvest – 2002) Um avião, com massa M = 90 t, para que esteja em equilíbrio em voo, deve manter seu centro de gravidade sobre a linha vertical CG, que dista 16 m do eixo da roda dianteira e 4,0 m do eixo das rodas traseiras, como na figura a seguir. Para estudar a distribuição de massas do avião, em solo, três balanças são colocadas sob as rodas do trem de aterrissagem. A balança sob a roda dianteira indica MD, e cada uma das que estão sob as rodas traseiras indica MT.

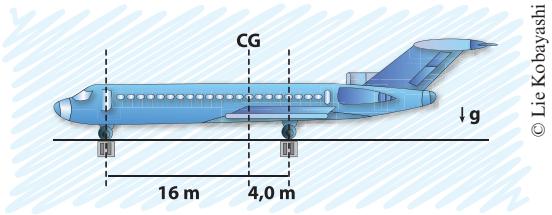



Figura 46.

Uma distribuição de massas, compatível com o equilíbrio do avião em voo, poderia resultar em indicações das balanças, em toneladas, correspondendo aproximadamente a:

**a)** MD = 0 MT = 45.

**b)** MD = 10 MT = 40.

**c)** MD = 18 MT = 36.

**d)** MD = 30 MT = 30.

**e)** MD = 72 MT = 9,0.

Como no avião há duas rodas traseiras e apenas uma roda dianteira, para que ocorra equilíbrio de rotação em relação ao CG, os momentos de ambos os lados devem ser iguais. Para isso, a igualdade MD · 16 = 2 · MT · 4 deve ser satisfeita, ou seja, MT = 2 · MD, o que corresponde à resposta apresentada na alternativa c, MD = 18 e MT = 36.

# SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 17
# AMPLIAÇÃO DE FORÇAS: AUMENTANDO O DESLOCAMENTO NA REALIZAÇÃO DE TRABALHO

Em nosso dia a dia, convivemos com tantos amplificadores de força que mal nos damos conta: escadas, rampas, facas, saca-rolhas, maçanetas, chaves de portas e de cadeados, interruptores de luz, ferramentas em geral (chaves de fenda, chaves de boca, chaves de grifa e alicates), apontador de lápis, tesoura, estilete.

Em todos esses objetos, e em muitos outros instrumentos, ferramentas e utensílios, há um mesmo processo físico: o de realizar igual trabalho com menor intensidade de força, em troca do aumento do deslocamento, o que normalmente chamamos de amplificação da força.

Nesta Situação de Aprendizagem, propomos estudar esse processo de amplificação de força, tratando-o do ponto de vista da conservação da energia, usando quatro categorias de máquinas simples:

**I.** Planos inclinados.

**II.** Alavancas.

**III.** Rodas e eixos.

**IV.** Roldanas.

Com essas categorias, damos conta dos principais amplificadores de força que usamos no cotidiano, excetuando-se máquinas e equipamentos mais sofisticados.

É importante que os alunos tenham contato com ferramentas e objetos identificados nesta Situação de Aprendizagem. Para isso, você pode organizar um conjunto deles e levar no dia da atividade, ou então pedir a cada aluno que traga algumas ferramentas ou utensílios domésticos que sejam utilizados para amplificar a força e apresentar à sala.

**Conteúdos e temas**: processos de amplificação de forças em ferramentas, instrumentos ou máquinas.

**Competências e habilidades**: utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas; interpretar situação-problema e utilizar modelos explicativos de equilíbrio estático para sua solução; utilizar a linguagem matemática na apresentação do desenvolvimento e da solução de problemas que envolvem amplificação de força.

**Sugestão de estratégias**: discussões em pequenos grupos com fechamento da classificação em grande grupo; intervenção e exposição do professor.

**Sugestão de recursos**: roteiro 17 de atividade em grupo, visando à identificação da amplificação da força, realizando a troca de força por deslocamento para realizar o mesmo trabalho.

**Sugestão de avaliação**: avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos no desenvolvimento da atividade; avaliar o entendimento dos alunos sobre o princípio de funcionamento da amplificação da força, ou seja, aumento do deslocamento para aplicar uma força menor e executar o mesmo trabalho.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Organize a sala em pequenos grupos, distribua diferentes categorias de máquinas simples entre eles e trabalhe com o roteiro 17.

### Roteiro 17 – Trocando força por deslocamento para realizar o mesmo trabalho

**1.** Depois de colocar um parafuso em uma bucha encaixada na parede e girá-lo até prendê-lo, o que você usa para aumentar sua força e conseguir girá-lo?

Utiliza-se uma chave de fenda, que tem um eixo mais grosso na empunhadura e mais fino na ponta em que se encaixa o parafuso.

**2.** Uma pessoa sozinha consegue colocar uma motocicleta na caçamba de uma caminhonete usando uma rampa, feita com uma prancha de madeira ou de metal. Será que também é possível fazê-lo sozinho sem a rampa, só no muque? Explique.

Se a motocicleta for pequena e a pessoa for muito forte, é possível. No entanto, se a motocicleta for grande, só com a ajuda da rampa! Sem ela, a pessoa deverá realizar uma força pouco maior que o peso da motocicleta (entre 1 500 e 4 000 N) e deslocá-la diretamente na vertical por uma distância de cerca de 1 m, o que só pessoas bem fortes conseguem. Com a rampa, a força necessária será menor, já que a distância percorrida será maior, e, como não está diretamente na vertical, dependerá da inclinação da rampa. Quanto mais suave a inclinação, maior a distância para subir 1 m; portanto, menor a força necessária.

**3.** Você acha que uma rampa amplifica sua força? Como?

Sim, pois a rampa diminui a força necessária para levar a motocicleta para cima, pois ela vai subindo, inclinada, aumentando a distância e facilitando o seu deslocamento. Dessa forma, consegue-se realizar tarefas que antes não seriam possíveis, amplificando nossa força.

**4.** Como uma só pessoa consegue levantar o motor de um carro na oficina mecânica usando uma talha com várias roldanas móveis?

Ao usar a talha, a pessoa usa uma força menor, mas tem de aumentar o número de vezes que puxa as correntes.

**5.** Você acha que as roldanas podem amplificar sua força? Como?

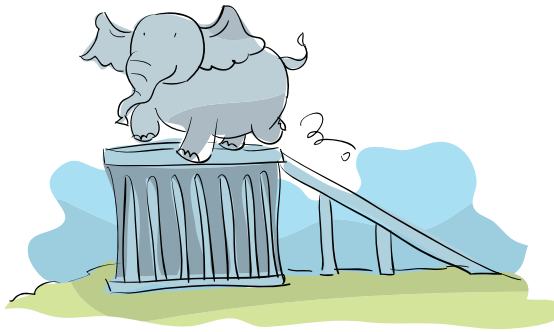
Sim, pois usando roldanas móveis, a força necessária para mover algo diminui. Para erguer o motor de um carro utilizando uma talha com roldanas móveis, vários metros de corrente devem ser puxados para que o motor suba apenas alguns centímetros. Ou seja, a amplificação da força é obtida à custa de uma troca: aplica-se uma força menor (do que a que seria necessária sem o uso da talha) por uma distância maior.

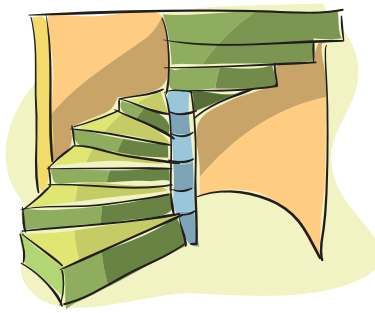
**6.** Os alicates têm cabos mais compridos que seus bicos. Como isso amplifica nossa força na hora de segurar, amassar ou cortar objetos?

Como a distância do cabo ao apoio é maior que a distância da ponta do alicate ao apoio, a força aplicada no cabo é menor que a força na ponta. Assim, fazemos uma força menor no cabo do que a força que é feita na ponta do alicate.

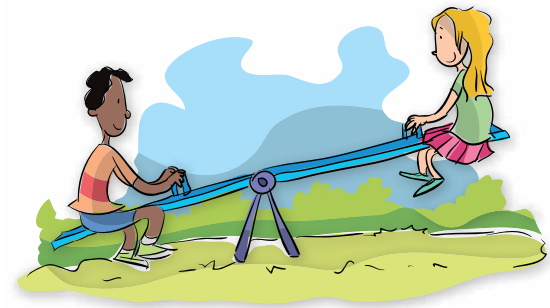
**7.** Classifique as imagens a seguir em grupos de aparatos que amplificam nossa força (I. Planos inclinados; II. Alavancas; III. Rodas e eixos; e IV. Roldanas) e preencha a tabela.

© Lie Kobayashi/Adaptado de GREF

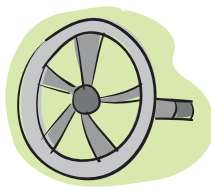


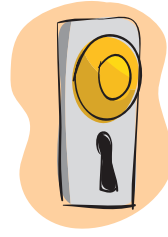


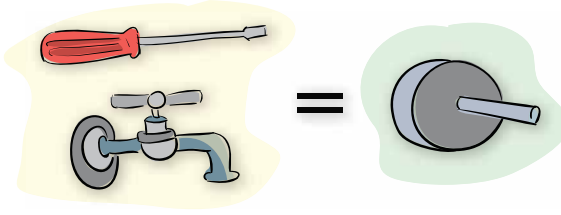
Planos inclinados



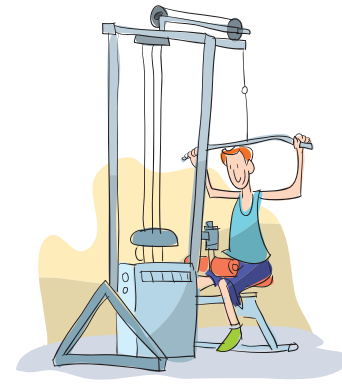
Alavancas

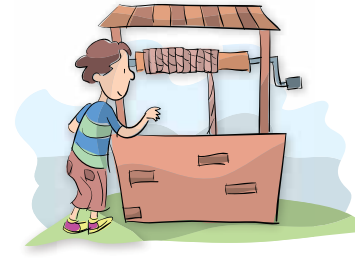






Rodas e eixos





Roldanas

Figura 47.

Atividade adaptada de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*: Mecânica 3. Como facilitar um trabalho. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 101. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mec/mec3.pdf> e <http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/MECANICA/mec26.pdf>. Acessos em: 23 maio 2013.

| I – Planos inclinados | II – Alavancas | III – Rodas e eixos | IV – Roldanas |
|---|---|---|---|
| Rampa pela qual o elefante subiu na caixa; Escada | Gangorra; Alicate; Tesoura; Carrinho de mão | Chave de fenda e torneira; Volante de direção; Maçaneta da porta | Roldana para tirar água de poço; Equipamento de ginástica |

Tabela 21.

Para entender como utensílios e ferramentas domésticos são usados para a amplificação de força, proponha algumas questões (indicadas no Caderno do Aluno):

**1.** Por que o martelo tem um cabo comprido?
Para aumentar a força aplicada em sua extremidade, como uma alavanca, quando se usa a "orelha" para tirar pregos. O cabo longo também promove maior velocidade no impacto.

**2.** Por que a parte da chave de casa que fica para fora da porta é mais larga que a parte que fica para dentro?
Para a pessoa realizar uma força menor para girar a chave, como numa chave de fenda. O percurso executado pela parte mais larga da chave (roda) é maior que o realizado pelo eixo; assim, a força aplicada é menor na parte externa da chave.

**3.** Por que uma chave de fenda tem a empunhadura mais grossa do que o tamanho da fenda?
Porque a força aplicada pela pessoa ao parafuso é menor, pois o percurso executado pela parte mais larga da chave (roda) é maior que o realizado pelo eixo. Assim, a força aplicada pela pessoa é menor que a força aplicada ao parafuso, ou seja, a força da pessoa é amplificada.

## Encaminhando a ação

As questões de abertura são um tipo de levantamento em que os alunos trarão elementos, como o uso de ferramentas, máquinas e equipamentos. Vamos nos fixar apenas nas máquinas simples:

- Em planos inclinados (I), estão presentes rampas, escadas, saca-rolhas, planos inclinados em geral e também as cunhas e ferramentas de corte que utilizam a cunha, como tesouras, facas etc.
- Em alavancas (II), estão presentes balanças, gangorras, braços articulados, carrinhos de mão, pinças e ferramentas que formam pinças, como alicates, tesouras, sistemas de freio de veículos etc., bastões e raquetes, como os utilizados em jogos esportivos.
- Em rodas e eixos (III), encontram-se chaves em geral, objetos nos quais podemos identificar um eixo menor acoplado a outro maior, como a maçaneta redonda de uma porta, a direção de um carro, a chave, a "borboleta" da torneira, manivelas etc.
- Em roldanas (IV), estão presentes talhas lineares e talhas exponenciais, muito utilizadas em veleiros e outras embarcações náuticas, e também em ferramentas, como a talha para levantar o motor dos veículos em oficinas mecânicas, roldanas utilizadas em elevadores, portas, aparelhos de musculação etc.

Assim, contemplamos as diversas máquinas simples que estão presentes no dia a dia. Em todos os casos, o princípio de amplificação de força se baseia no aumento do deslocamento para realizar um mesmo trabalho e, portanto, o emprego de uma força proporcionalmente menor.

Nesse momento, você deve realizar uma intervenção, tratando de identificar e demonstrar aos alunos, em cada um desses grupos, como se realiza o mesmo trabalho trocando força por deslocamento. Deve ser realçado que realmente há o aumento da força aplicada por meio desse processo.

Em todos os casos, para realizar um mesmo trabalho ($\tau$ = Força · deslocamento), quanto maior o deslocamento, menor a força, e vice-versa. Para entender esse processo físico de amplificação de força, o exemplo da alavanca é bastante didático.

Na Figura 48, o ponto de apoio da alavanca identifica o ponto que separa a figura em dois arcos: $D_1$, de raio $b_1$, e $D_2$, de raio $b_2$. Os dois arcos correspondem a ângulos de mesmo valor $\theta$, com vértice no ponto de apoio. Como os ângulos inscritos são iguais, $\theta = (D_2/b_2) = (D_1/b_1)$, a relação entre $D_1$ e $D_2$ é a mesma relação entre $b_1$ e $b_2$. O trabalho realizado por uma força $F_2$ aplicada do lado direito da alavanca corresponde a $\tau = F_2 \cdot D_2$ e o trabalho de uma força $F_1$ do lado esquerdo da alavanca corresponde a $\tau = F_1 \cdot D_1$. Como não há significativa transformação da energia mecânica em outra forma de energia, pelo princípio da conservação da energia, temos então que $F_1 \cdot D_1 = \tau = F_2 \cdot D_2$ e, por isso, quanto maior o deslocamento, menor a força e vice-versa.

A questão 7 possibilita a classificação de objetos e elementos do cotidiano, que são utilizados como amplificadores de força em situações reais nas quatro categorias apresentadas nesta Situação de Aprendizagem. Durante a discussão podem ser citados alguns elementos que não são amplificadores de força e, portanto, não devem ser classificados. Cada grupo deverá apresentar aos colegas a sua classificação. À medida que os elementos forem apresentados, devem ser escritos na lousa. Ao final, faça a classificação em grande grupo.

O formalismo envolvido nessas máquinas simples pode ser aprofundado. Você pode buscar nos materiais didáticos atividades e exercícios que complementem sua explanação sobre alavancas, roldanas, talhas lineares e exponenciais, planos inclinados e cunhas, rodas, eixos e manivelas.

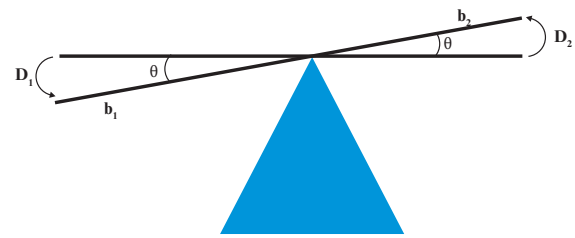


Figura 48.

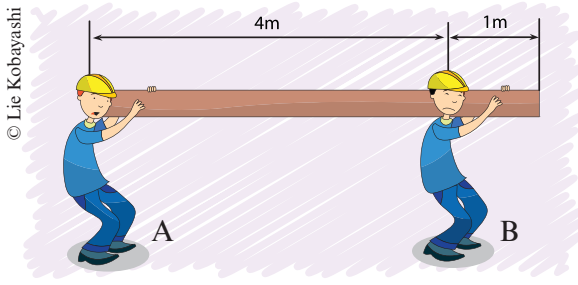
# GRADE DE AVALIAÇÃO

| | Competências e habilidades | Indicadores de aprendizagem |
|---|---|---|
| Situação de Aprendizagem 14 | ▶ Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.<br>▶ Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação ao avanço tecnológico das máquinas.<br>▶ Reconhecer a tecnologia como resultado de uma construção humana, identificando a evolução das máquinas que realizam o trabalho mecânico. | ▶ Identificar os avanços trazidos pela tecnologia, seus impactos sociais e ambientais.<br>▶ Posicionar-se criticamente frente às vantagens e às desvantagens dos processos tecnológicos e de sua evolução. |
| Situação de Aprendizagem 15 | ▶ Ler e interpretar textos e procedimentos experimentais e elaborar comunicação escrita ou oral para relatar experimentos.<br>▶ Identificar variáveis relevantes na análise de situação-problema e reconhecer possíveis estratégias experimentais para resolvê-la.<br>▶ Elaborar hipóteses e interpretar resultados.<br>▶ Realizar de maneira cuidadosa e consistente os procedimentos experimentais, reconhecendo as condições necessárias para estabelecer o equilíbrio estático de forças. | ▶ Construir diagramas de forças para situações de equilíbrio de translação.<br>▶ Utilizar o dinamômetro para realizar medidas de força.<br>▶ Identificar situações em equilíbrio de translação estático e dinâmico.<br>▶ Identificar e medir a força de empuxo ao imergir um objeto num fluido. |
| Situação de Aprendizagem 16 | ▶ Ler e interpretar textos e procedimentos experimentais e elaborar comunicação escrita ou oral para relatar experimentos.<br>▶ Identificar variáveis relevantes na análise de situação-problema e reconhecer possíveis estratégias experimentais para resolvê-la.<br>▶ Elaborar hipóteses e interpretar resultados.<br>▶ Realizar de maneira cuidadosa e consistente os procedimentos experimentais, reconhecendo as condições necessárias para estabelecer o equilíbrio estático de rotação. | ▶ Reconhecer equilíbrio de rotação numa balança de braços.<br>▶ Identificar situações em equilíbrio de rotação.<br>▶ Determinar o momento de cada força aplicada num sistema em equilíbrio de rotação. |

| Situação de Aprendizagem 17 | | |
|---|---|---|
| | ▶ Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.<br>▶ Interpretar situação-problema e utilizar modelos explicativos de equilíbrio estático para sua solução.<br>▶ Utilizar a linguagem matemática na apresentação do desenvolvimento e solução de problemas que envolvem amplificação de força. | ▶ Identificar forças e deslocamentos na realização do trabalho nas máquinas simples.<br>▶ Reconhecer, por meio do trabalho das forças envolvidas, a amplificação de forças em máquinas simples.<br>▶ Classificar amplificadores de força em categorias. |

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

**1.** (Fuvest – 1988) Dois homens estão carregando uma viga de madeira nas posições A e B indicadas na figura. Se a viga é homogênea e pesa 40 kgf, qual a carga suportada por cada um?



© Lie Kobayashi

Figura 49.

**a)** A = 15 kgf; B = 25 kgf

**b)** A = 25 kgf; B = 15 kgf

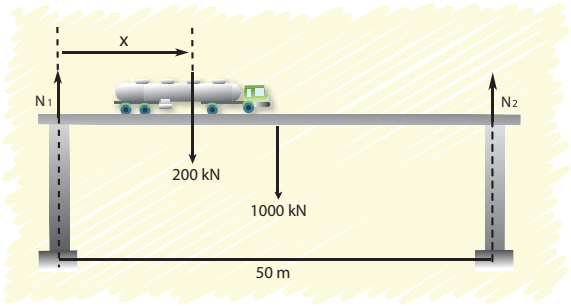
**c)** A = 8 kgf; B = 32 kgf

**d)** A = 32 kgf; B = 8 kgf

**e)** A = 20 kgf; B = 20 kgf

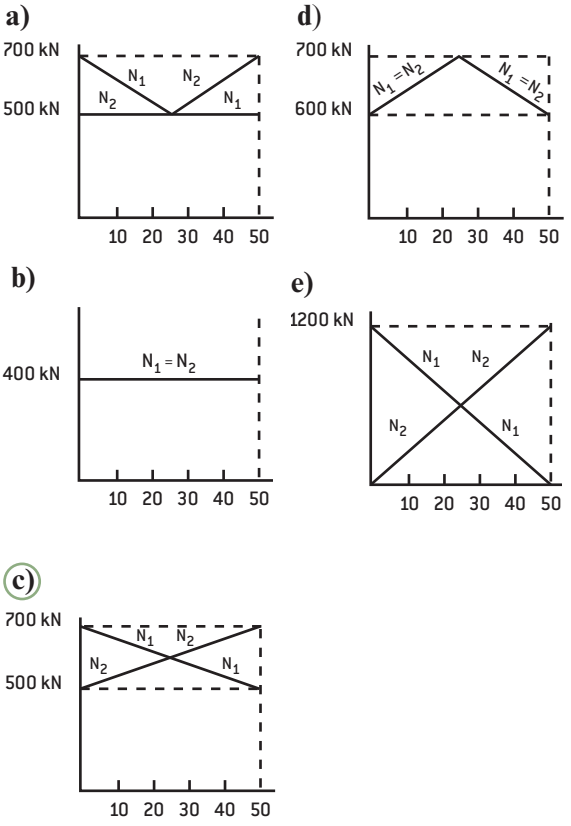
A viga pesa 40 kgf, e, sendo homogênea, seu centro de massa encontra-se no meio da madeira, a 2,5 m de cada extremidade. Se construirmos um diagrama de forças e utilizarmos o centro da madeira para determinar os torques, teremos de um lado a força A exercida a uma distância de 2,5 m e, do outro lado, a força B exercida a uma distância de 1,5 m. Para que ocorra o equilíbrio, os valores dos torques devem ser iguais, portanto, $A \cdot 2,5 = B \cdot 1,5$, ou seja, $A = 0,6\ B$. Como $A + B = 40$ kgf (equilíbrio de translação), $0,6\ B + B = 40$, portanto, B = 25 kgf e A = 15 kgf.

**2.** (Fuvest – 1998) Um caminhão pesando 200 kN atravessa com velocidade constante uma ponte que pesa 1 000 kN e é suportada por dois pilares distantes 50 m entre si. O gráfico que melhor representa as forças de reação $N_1$ e $N_2$ nos dois pilares em função da distância x do centro de massa do caminhão ao centro do primeiro pilar é:




© Lie Kobayashi

Figura 50.




Quando a ponte se encontra livre de veículos, os pilares exercem forças iguais correspondentes a 500 kN. No momento em que o caminhão passar sobre o primeiro pilar, este exercerá uma força de 700 kN (500 + 200). O mesmo ocorre com o segundo pilar quando o caminhão estiver sobre ele. Enquanto o caminhão trafega do primeiro pilar em direção ao segundo, a força exercida pelo primeiro decresce de 700 kN para 500 kN, enquanto a força exercida pelo segundo aumenta de 500 kN para 700 kN, de forma gradual. O gráfico que corresponde a essa situação é o gráfico apresentado na alternativa c. Veja que a soma das forças exercidas pelos pilares corresponde, em todos os momentos, a 1200 kN, que é a soma do peso da ponte com o peso do caminhão. Portanto, está garantido o equilíbrio de translação. Essa questão também pode ser resolvida por equilíbrio de rotação, calculando os torques.

**3.** (Fuvest – 2003) Considere dois objetos cilíndricos maciços A e B, de mesma altura e mesma massa e com seções transversais de áreas, respectivamente, SA e SB = 2 · SA. Os blocos, suspensos verticalmente por fios que passam por uma polia sem atrito, estão em equilíbrio acima do nível da água de uma piscina, conforme mostra a figura ao lado. A seguir, o nível da água da piscina sobe até que os cilindros, cujas densidades têm valor superior à da água, fiquem em nova posição de equilíbrio, parcialmente imersos. A figura que melhor representa esta nova posição de equilíbrio é:

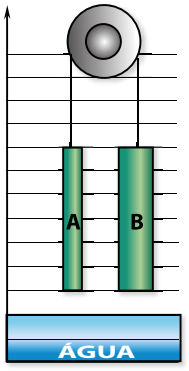
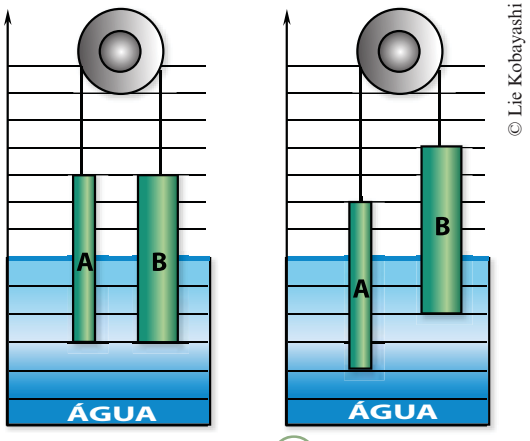
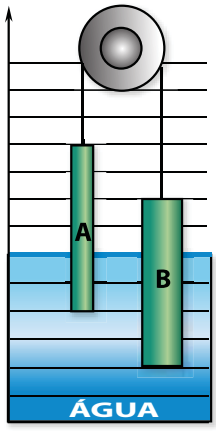



Figura 51.

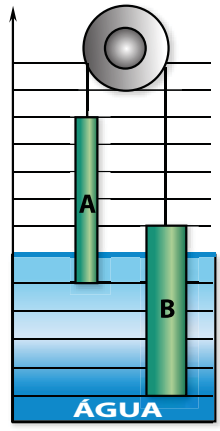



© Lie Kobayashi

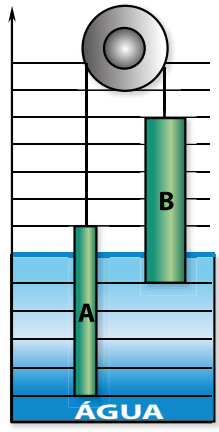
a) b)




c)




d)




e)

Os dois objetos cilíndricos têm a mesma massa, logo eles têm o mesmo peso, e, por isso, apesar de formas distintas, permanecem em equilíbrio enquanto estão fora do líquido. Ao ser imerso na água, para que as forças de empuxo sejam iguais e uma nova situação de equilíbrio ocorra, o volume de líquido deslocado deve ser o mesmo para ambos os objetos. Como o volume dos dois corpos é diferente, então aquele com menor área ficará mais imerso que o outro, de forma que ambos desloquem o mesmo volume de água. A área é SB = 2 SA, portanto, o corpo A, em relação ao corpo B, terá o dobro da profundidade imersa no líquido. Assim, ambos deslocarão a mesma quantidade de líquido. SB · h = 2 · SA · h = SA · 2h.

**4.** Observe na tabela a seguir alguns meios de transporte e a energia que consomem para transportar uma pessoa, por quilômetro rodado.

| **Meio de transporte** | **Energia consumida para transportar uma pessoa (em kJ/km)[1]** |
|---|---|
| Bicicleta | 65 |
| Pessoa caminhando | 230 |
| Ônibus | 240 |
| Carro com 5 pessoas | 500 |
| Carro com uma pessoa | 2 250 |

Tabela 22.

[1] 1 kJ (quilojoule) corresponde a 1 000 J, uma unidade de medida de energia.
Extraído de: ENCCEJA – *Livro do Estudante do Ensino Fundamental*, Ciências, p. 44.

Com base nos dados apresentados nessa tabela, responda às questões.

**a)** Qual dos meios é o mais eficiente? Qual é o menos eficiente?

Tomando a eficiência como a relação apresentada entre energia e deslocamento, a bicicleta é o veículo mais eficiente, com 65 kJ/km.

**b)** Compare uma bicicleta e um carro transportando apenas um passageiro. Quais as vantagens e desvantagens que você vê em cada um?

Vantagens e desvantagens da bicicleta: é muito mais eficiente do ponto de vista energético, não polui o ambiente, dependendo do trajeto evita ficar parada no trânsito (podendo até ser mais rápida), mas pode ser mais cansativa e oferecer menos segurança. Automóvel com um

passageiro: mais rápido (dependendo do trajeto), pode ser menos cansativo, mais seguro e confortável (também depende das condições de trânsito e outros fatores pessoais), mas é menos eficiente, consome combustível, polui o ambiente e contribui com maior congestionamento de trânsito.

**c)** O mais eficiente é sempre o melhor? Por quê?

Não, como indica a resposta b. Outros fatores devem ser considerados.

**d)** Com base nesse critério, você diria que um veículo é mais eficiente quando é mais veloz?

Não, pois o mais veloz pode consumir mais energia.

**5.** Com as ideias contidas no trecho extraído do livro do aluno do Ensino Médio do Encceja, página 71, escreva um pequeno texto de 10 linhas discutindo aspectos da evolução tecnológica do trabalho mecânico e seu impacto ambiental.

Veja o trecho da carta atribuída ao chefe Seattle, da tribo Suquamish, que teria sido endereçada ao presidente estadunidense Franklin Pierce, em 1854, a propósito de uma oferta de compra do território da tribo:

*De uma coisa temos certeza: a terra não pertence ao homem branco: o homem branco é que pertence à terra.*

*Todas as coisas estão relacionadas, como sangue que une uma família.*

*O que fere a terra, fere também os filhos da terra. O homem não tece a teia da vida: é antes um de seus fios.*

*O que quer que faça a essa teia, faz a si próprio.*

A resposta é aberta. A ideia é propiciar a discussão de que o progresso tecnológico pode ser vital para a sociedade, mas precisa ser realizado de forma harmoniosa e responsável. "O que quer que faça a essa teia, faz a si próprio." É importante que não tenhamos uma visão pragmática de sempre buscar a evolução tecnológica, mas ter em conta outros fatores nessa análise, como os aspectos históricos, sociais e ambientais, entre outros. Avanço tecnológico não é sinônimo de evolução da humanidade e, muitas vezes, pode ser exatamente o contrário.

## Grade de correção das questões

As questões 1 e 2 avaliam a habilidade de utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas e de identificar situações em equilíbrio de translação e de rotação.

A questão 3 avalia a habilidade de utilizar terminologia científica adequada para descrever equilíbrio de translação, de identificar situações em equilíbrio de translação e de força de empuxo em fluidos.

As questões 4 e 5 avaliam a habilidade de reconhecer os avanços trazidos pela tecnologia, seus impactos sociais e ambientais, de identificar vantagens e desvantagens dos processos tecnológicos e de sua evolução, de reconhecer e identificar em movimentos presentes no cotidiano a conservação da energia e a variação da energia, que fazem parte do estudo da Mecânica.

# PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Em caso de defasagens, para encaminhar os alunos para uma recuperação, é necessário que você tenha claro quais as competências e habilidades que eles não desenvolveram adequadamente. É importante construir uma avaliação que explicite, tanto para você quanto para o aluno, quais as competências e habilidades atingidas ou não. Os limites para dar continuidade aos estudos foram reagrupados em quatro grupos de competências e habilidades a serem atingidas:

**1. Conservação da energia mecânica**

- Formas de energia mecânica e sua associação aos movimentos reais.
- Utilizar modelo explicativo de conservação de energia mecânica para determinar parâmetros do movimento.
- Processos físicos e a conservação do trabalho mecânico.
- Processos de amplificação de força em ferramentas, instrumentos ou máquinas.
- Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os processos de amplificação de forças em máquinas simples.
- Identificar a conservação da energia nos amplificadores de força.

Para preparar a recuperação dessas competências e habilidades, utilize o texto das *Leituras de Física do GREF* – Mecânica, n. 21, 22, 23, 24, 25 e 26, que podem auxiliar em aspectos relativos à conservação do trabalho mecânico. Estão no *site* do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP) (Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mecanica.htm>. Acesso em: 24 maio 2013). São encontrados em muitas escolas da Rede Estadual e trazem os subsídios para que você possa sistematizar esses conhecimentos.

Veja também a apostila 5 do Pró-Universitário, p. 16-21. Busque selecionar, organizar e relacionar os exercícios das p. 21-22. Com relação aos processos de amplificação de força, utilize o texto das *Leituras de Física do GREF* – Mecânica, n. 26, (Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mecanica.htm>. Acesso em: 24 maio 2013). Selecione exercícios sobre a conservação da energia mecânica disponíveis em materiais didáticos e organize uma lista de estudo para os alunos.

**2. Transformação da energia mecânica**

- Trabalhar com a força como uma medida da variação do movimento, inclusive nas situações envolvendo atrito.
- Utilizar modelo explicativo de variação da energia mecânica para determinar parâmetros do movimento.
- Avaliar os riscos da alta velocidade em veículo por meio dos parâmetros envolvidos na variação do movimento.

Para preparar a recuperação dessas competências e habilidades, utilize o texto da apostila 5 do Pró-Universitário, p. 14-16. Com relação aos riscos da alta velocidade, utilize o texto das *Leituras de Física do GREF* – Mecânica, n. 25 (Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mecanica.htm>. Acesso em: 24 maio 2013). Selecione exercícios sobre a conservação da energia mecânica disponíveis em materiais didáticos e organize uma lista de estudo para os alunos.

**3. Situações de equilíbrio**

Condições necessárias para a manutenção do equilíbrio de objetos, incluindo situações no ar ou na água.

- Utilizar terminologia científica adequada para descrever equilíbrios de translação e de rotação.
- Identificar situações em equilíbrio de translação, inclusive em casos com força de empuxo em fluidos.
- Identificar situações em equilíbrio de rotação.

Para preparar a recuperação dessas competências e habilidades, utilize o texto das *Leituras de Física do GREF* – Mecânica, n. 12 e 14 (Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/mecanica.htm>. Acesso em: 24 maio 2013). Esses materiais são encontrados em muitas escolas da Rede Estadual, e trazem os subsídios para que você possa sistematizar esses conhecimentos.

Veja também a apostila 3 do Pró-Universitário, p. 29-34. Busque selecionar, organizar e relacionar os exercícios disponíveis em materiais didáticos e organize uma lista de estudo para os alunos.

**4. Impactos sociais da evolução tecnológica**

- Evolução histórica dos processos de utilização do trabalho mecânico (como na evolução dos meios de transportes ou de máquinas mecânicas) e suas implicações na sociedade.
- Reconhecer os avanços trazidos pela tecnologia, seus impactos sociais e ambientais.
- Identificar vantagens e desvantagens dos processos tecnológicos e de sua evolução.

Para preparar o trabalho de recuperação em torno dessas competências e habilidades, pode-se utilizar o *Livro do Estudante do Ensino Médio* do Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (Encceja), "Ciências da natureza", disponível no *site* do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), p. 222-229. Veja também as indicações no *Livro do Professor* do Encceja.

As questões de interpretação e releitura dos textos dos Roteiros de atividades abordados na recuperação devem ser elaboradas de forma a permitir a verificação dessas competências e habilidades. Tome como base as propostas usadas nas diversas atividades para elaborar as questões de interpretação para os textos e as atividades que serão trabalhados na recuperação.

# RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Os temas tratados neste Caderno podem ser aprofundados e estendidos com o uso das referências a seguir. A lista é constituída por referências citadas no corpo das Situações de Aprendizagem.

## Livros

GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Física 1* – Mecânica. 3. ed. São Paulo: Edusp, 1998. Nesse livro, dirigido ao professor de Física, o estudo dos movimentos é desenvolvido com abordagem diferenciada da maioria dos outros livros didáticos. Os temas são apresentados de forma contextualizada, com o rigor formal da Física e enfoque conceitual. Traz exercícios e atividades diversificadas, também diferentes dos da grande maioria dos livros didáticos. Há um grande número de experimentos que utilizam materiais de baixo custo, que podem ser realizados pelos alunos. O Livro do Professor elaborado pelo GREF inicia as discussões sobre movimento com a organização do plano de curso partindo do levantamento dos conhecimentos dos alunos. A opção adotada pelos autores traz a sequência que começa com o estudo dos invariantes na translação seguindo para os invariantes nas rotações, buscando com isso mostrar que as variações nos movimentos se dão de forma a conservar a quantidade de movimento total do sistema. As analogias entre as leis das translações e das rotações introduzem, no Ensino Médio, uma discussão consistente sobre a dinâmica dos movimentos de rotação, favorecendo o entendimento dos princípios fundamentais da Física. Finaliza-se a primeira parte com a conservação da energia e a relação da força com a variação da energia, determinando e conceituando a potência como grandeza fundamental na análise da variação temporal da energia. A segunda parte discute as condições físicas presentes em situações de equilíbrio estático e dinâmico, enfocando a ação do campo gravitacional. A terceira parte traz a amplificação de forças como consequência das conservações de movimento e de energia, com suas aplicações tecnológicas, por meio da vantagem mecânica. A quarta parte retoma os movimentos de translação e de rotação, com o enfoque na descrição dos movimentos e sua sistematização em linguagem matemática, envolvendo a natureza vetorial das grandezas físicas e análises gráficas sobre os movimentos. Há apêndices e exercícios complementares que tratam de situações específicas e que podem auxiliá-lo na elaboração de aulas.

## *Sites*

Nos *sites* a seguir, podem ser encontrados projetos especiais para escolas, cursos, cartilhas e eventos.

*Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (Detran-SP)*. Disponível em: <http://www.detran.sp.gov.br/wps/portal/detran/cidadao/educacao>. Acesso em: 24 maio 2013.

*Departamento Nacional de Trânsito (Denatran)*. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/eventos/eventos.htm>. Acesso em: 24 maio 2013.

*Exame nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (Encceja)*. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/encceja/materiais-para-estudo>. Acesso em: 24 maio 2013.

*Grupo de Reelaboração do Ensino de Física* (GREF). Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/gref_leituras.html>. Acesso em: 24 maio 2013.

*Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares* (Nupic). Disponível em: <http://www.nupic.fe.usp.br/>. Acesso em: 24 maio 2013. *Site* do Núcleo de Pesquisa em Inovação Curricular da Faculdade de Educação da USP. Contém sequências de ensino, propostas de atividades, objetos virtuais.

*PEC – Construindo Sempre*. Disponível em: <http://paje.fe.usp.br/estrutura/pec/>. Acesso em: 24 maio 2013. Espaço originário do Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio de Física. Contém os cadernos utilizados nos cursos, com leituras e propostas de atividades de ensino.

*PROFIS*. Disponivel em: <http://fep.if.usp.br/~profis/gref_leituras.html>. Acesso em: 24 maio 2013. Espaço de apoio, pesquisa e cooperação de professores de Física para promover projetos e atividades complementares. Engloba diversos materiais de ensino de Física, como banco de teses e trabalhos na área de ensino de Física, eventos e todo o material desenvolvido pelo GREF.

*Pró-Universitário Física*. Disponível em: <http://www.cienciamao.if.usp.br/tudo/index.php?midia=pru&filter=disciplina &by=f%EDsica>. Acesso em: 24 maio 2013. Programa de apoio aos estudantes do Ensino Médio, ministrado por estudantes de licenciatura da USP. Contém o material produzido para uso com estudantes do Ensino Médio, em sua maioria textos e questões.

## Filmes

*Armageddon*. Direção: Michael Bay. EUA, 1998. 150 min. 14 anos. Touchstone Pictures / Jerry Bruckheimer Films / Valhalla Motion Pictures. O filme inicia com uma chuva de pequenos meteoros que atingem a Terra (incluindo Nova Iorque), e a Nasa então localiza um asteroide gigantesco que vai colidir com nosso planeta. O filme retrata a preparação de um grupo de perfuradores de petróleo para tentar evitar a colisão buscando modificar a trajetória do asteroide.

*Impacto profundo (Deep impact)*. Direção: Mimi Leder. EUA, 1998. 120 min. 12 anos. Dreamworks SKG / Paramount Pictures / zanuck / Brown Productions. Paramount Pictures / UIP. Um astônomo mirim acidentalmente descobre um cometa com 11 mil metros de diâmetro. Esse cometa passa a ser monitorado e algum tempo depois está prestes a se chocar com a Terra. Uma equipe formada por estadunidenses e russos planeja colocar detonadores nucleares para fragmentar o cometa e salvar o planeta, o que funciona em parte, mas fragmentos dele ainda atingem a Terra, causando grande destruição.

*Inimigo do Estado (Enemy of the state)*. Direção: Tony Scott. EUA, 1998. 131 min. 14 anos. Suspense. Com a evolução da tecnologia, o Estado tem instrumentos de monitoramento de seus cidadãos. Câmeras, microfones, escutas telefônicas, sistemas de computadores interligados, satélites e até aparentemente inofensivos telefones celulares e cartões de crédito são alguns dos aparelhos tecnológicos que podem ser utilizados para se obter informações sobre qualquer cidadão.

*K-19 – The Widowmaker*. Direção: Kathryn Bigelow. EUA, 2002. 138 min. 12 anos. Suspense. Este filme mostra boa parte dos processos de transformações de energia sendo aplicados no mundo tecnológico. Em plena Guerra Fria, o submarino nuclear russo K-19, em sua viagem inaugural em junho de 1961, ruma para as águas estadunidenses numa missão rotineira de espionagem. Descobre-se que seu reator está vazando e precisa ser consertado para evitar um desastre nuclear.

*Koyaanisqatsi – Uma vida fora de equilíbrio (Koyaanisqatsi – Life out of balance)*. Direção: Godfrey Reggio. EUA, 1982. 87 min. Livre. Documentário. O filme contrasta a tranquila beleza da natureza com a agitação da sociedade urbana contemporânea. Reúne belas imagens a uma premiada e eloquente trilha sonora, discutindo a desenfreada evolução tecnológica. O filme é o primeiro da trilogia *Quatsi – Koyaanisqatsi* (vida desequilibrada), *Powaqqatsi* (vida em transformação) e *Naqoyqatsi* (vida em guerra).

*Syriana: a indústria do petróleo (Syriana)*. Direção: Stephen Gaghan. EUA, 2005. 126 min. 14 anos. Ação/Drama. Uma crítica à indústria de petróleo e à dependência dos Estados Unidos em relação a ela. O filme mostra um agente da Agência Central de Inteligência (CIA) no Oriente Médio investigando terroristas. Ele observa a ação da CIA sendo deixada de lado para dar lugar a negociatas políticas.

*Twister*. Direção: Jan De Bont. EUA, 1996. 116 min. Livre. Ação. Uma tempestade está se prenunciando e dois grupos de cientistas rivais planejam entrar para a história colocando sensores dentro de um tornado. Mas, para colocar os sensores, é necessário ficar o mais próximo possível do tornado para que eles sejam sugados pela tempestade. Em uma das equipes está uma jovem obcecada por tal ideia, pois ela viu o pai ser levado por uma tempestade.

*Uma verdade inconveniente (An inconvenient truth)*. Direção: Davis Guggenheim. EUA, 2006. 100 min. Livre. Documentário. O cineasta mostra os esforços do ex-vice-presidente dos Estados Unidos, Al Gore, a fim de alertar a população mundial em relação ao superaquecimento global.

# Considerações finais

As Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno foram pautadas em conteúdos específicos da Física que priorizam o desenvolvimento das capacidades de leitura e de escrita, construídas a partir da reflexão e da tomada de decisão, que propiciam uma argumentação consistente e científica acerca do mundo em que vivemos.

Outra prioridade é a valorização do trabalho em grupo, bem como a resolução de problemas. Dessa forma, procuramos tornar o cotidiano das aulas de Física mais interessante, tanto para os alunos como para você, professor, estimulando a criatividade e a iniciativa de superação de desafios.

Procuramos também preservar o seu espaço, requisitando um grande trabalho de sua parte, seja na organização, na escolha ou no encaminhamento do trabalho prático, tendo como sugestão os procedimentos apresentados neste Caderno.

O maior desafio está na articulação entre as atividades propostas e a formalização que necessita de sua ação contínua, pois é você quem conhece as dificuldades específicas dos grupos de alunos e pode adaptar de forma correta essa proposta e implementá-la nas salas de aula. Esse é um dos momentos de criação e de autoria prevista para o professor.

Essa variedade de sugestões de Situações de Aprendizagem e avaliações necessita ser adequada à realidade de cada turma. Por isso, sempre que utilizar e modificar alguma etapa da atividade, anote no próprio Caderno as alterações feitas e os motivos disso. Encaminhe essas anotações para o *site* da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo.

Essas sugestões serão compartilhadas com outros professores e, assim, acreditamos que o material poderá ser mais útil para todos, vindo a tornar-se uma criação coletiva.

Esperamos ter ajudado o seu trabalho, minimizando os problemas de interesse, responsabilidade e disciplina dos alunos, frequentemente apontados como causas da dificuldade de aprendizagem.

Este material possibilita que você ofereça um repertório diversificado de atividades para os seus alunos, exigindo que eles desempenhem um papel tão ativo quanto o seu no processo de construção dos conhecimentos.

Com os recursos didáticos e metodológicos aqui sugeridos, juntamente com os que você incrementará em seu planejamento, será possível promover uma educação mais dialogada e aumentar consideravelmente as possibilidades de aprendizagem.

# QUADRO DE CONTEÚDOS DO ENSINO MÉDIO

| | 1ª série | 2ª série | 3ª série |
|---|---|---|---|
| Volume 1 | **MOVIMENTOS: GRANDEZAS, VARIAÇÕES E CONSERVAÇÕES**<br>– Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa<br>– Quantidade de movimento linear, variação e conservação<br>– Leis de Newton<br>– Trabalho e energia mecânica<br>– Equilíbrio estático e dinâmico | **CALOR, AMBIENTE E USOS DE ENERGIA**<br>– Fenomenologia: calor, temperatura e fontes<br>– Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria<br>– Aquecimento e clima<br>– Calor como energia<br>– Máquinas térmicas<br>– Entropia e degradação de energia | **EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS**<br>– Circuitos elétricos<br>– Campos e forças eletromagnéticas<br>– Motores e geradores<br>– Produção e consumo de energia elétrica |
| Volume 2 | **UNIVERSO, TERRA E VIDA**<br>– Universo: elementos que o compõem<br>– Interação gravitacional<br>– Sistema Solar<br>– Origem do universo e compreensão humana | **SOM, IMAGEM E COMUNICAÇÃO**<br>– Som: fonte, características físicas e usos<br>– Luz: fontes e características físicas<br>– Luz e cor<br>– Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas | **MATÉRIA E RADIAÇÃO**<br>– Matéria, suas propriedades e organização<br>– Átomo: emissão e absorção da radiação<br>– Fenômenos nucleares<br>– Partículas elementares<br>– Microeletrônica e informática |

CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO GERAL
NOVA EDIÇÃO 2014-2017

COORDENADORIA DE GESTÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA – CGEB

Coordenadora
Maria Elizabete da Costa

Diretor do Departamento de Desenvolvimento Curricular de Gestão da Educação Básica
João Freitas da Silva

Diretora do Centro de Ensino Fundamental dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação Profissional – CEFAF
Valéria Tarantello de Georgel

Coordenadora Geral do Programa São Paulo faz escola
Valéria Tarantello de Georgel

Coordenação Técnica
Roberto Canossa
Roberto Liberato
Suely Cristina de Albuquerque Bomfim

EQUIPES CURRICULARES

Área de Linguagens
**Arte:** Ana Cristina dos Santos Siqueira, Carlos Eduardo Povinha, Kátia Lucila Bueno e Roseli Ventrela.

**Educação Física:** Marcelo Ortega Amorim, Maria Elisa Kobs Zacarias, Mirna Leia Violin Brandt, Rosângela Aparecida de Paiva e Sergio Roberto Silveira.

**Língua Estrangeira Moderna (Inglês e Espanhol):** Ana Paula de Oliveira Lopes, Jucimeire de Souza Bispo, Marina Tsunokawa Shimabukuro, Neide Ferreira Gaspar e Sílvia Cristina Gomes Nogueira.

**Língua Portuguesa e Literatura:** Angela Maria Baltieri Souza, Claricia Akemi Eguti, Idê Moraes dos Santos, João Mário Santana, Kátia Regina Pessoa, Mara Lúcia David, Marcos Rodrigues Ferreira, Roseli Cordeiro Cardoso e Rozeli Frasca Bueno Alves.

Área de Matemática
**Matemática:** Carlos Tadeu da Graça Barros, Ivan Castilho, João dos Santos, Otavio Yoshio Yamanaka, Rodrigo Soares de Sá, Rosana Jorge Monteiro, Sandra Maira Zen Zacarias e Vanderley Aparecido Cornatione.

Área de Ciências da Natureza
**Biologia:** Aparecida Kida Sanches, Elizabeth Reymi Rodrigues, Juliana Pavani de Paula Bueno e Rodrigo Ponce.

**Ciências:** Eleuza Vania Maria Lagos Guazzelli, Gisele Nanini Mathias, Herbert Gomes da Silva e Maria da Graça de Jesus Mendes.

**Física:** Carolina dos Santos Batista, Fábio Bresighello Beig, Renata Cristina de Andrade Oliveira e Tatiana Souza da Luz Stroeymeyte.

**Química:** Ana Joaquina Simões S. de Matos Carvalho, Jeronimo da Silva Barbosa Filho, João Batista Santos Junior e Natalina de Fátima Mateus.

Área de Ciências Humanas
**Filosofia:** Emerson Costa, Tânia Gonçalves e Teônia de Abreu Ferreira.

**Geografia:** Andréia Cristina Barroso Cardoso, Débora Regina Aversan e Sérgio Luiz Damiati.

**História:** Cynthia Moreira Marcucci, Maria Margarete dos Santos e Walter Nicolas Otheguy Fernandez.

**Sociologia:** Alan Vitor Corrêa, Carlos Fernando de Almeida e Tony Shigueki Nakatani.

PROFESSORES COORDENADORES DO NÚCLEO PEDAGÓGICO

Área de Linguagens
**Educação Física:** Ana Lucia Steidle, Eliana Cristine Budisk de Lima, Fabiana Oliveira da Silva, Isabel Cristina Albergoni, Karina Xavier, Katia Mendes e Silva, Liliane Renata Tank Gullo, Marcia Magali Rodrigues dos Santos, Mônica Antonia Cucatto da Silva, Patrícia Pinto Santiago, Regina Maria Lopes, Sandra Pereira Mendes, Sebastiana Gonçalves Ferreira Viscardi, Silvana Alves Muniz.

**Língua Estrangeira Moderna (Inglês):** Célia Regina Teixeira da Costa, Cleide Antunes Silva, Ednéa Boso, Edney Couto de Souza, Elana Simone Schiavo Caramano, Eliane Graciela dos Santos Santana, Elisabeth Pacheco Lomba Kozokoski, Fabiola Maciel Saldão, Isabel Cristina dos Santos Dias, Juliana Munhoz dos Santos, Kátia Vitorian Gellers, Lídia Maria Batista Bomfim, Lindomar Alves de Oliveira, Lúcia Aparecida Arantes, Mauro Celso de Souza, Neusa A. Abrunhosa Tápias, Patrícia Helena Passos, Renata Motta Chicoli Belchior, Renato José de Souza, Sandra Regina Teixeira Batista de Campos e Silmara Santade Masiero.

**Língua Portuguesa:** Andrea Righeto, Edilene Bachega R. Viveiros, Eliane Cristina Gonçalves Ramos, Graciana B. Ignacio Cunha, Letícia M. de Barros L. Viviani, Luciana de Paula Diniz, Márcia Regina Xavier Gardenal, Maria Cristina Cunha Riondet Costa, Maria José de Miranda Nascimento, Maria Márcia Zamprônio Pedroso, Patrícia Fernanda Morande Roveri, Ronaldo Cesar Alexandre Formici, Selma Rodrigues e Sílvia Regina Peres.

Área de Matemática
**Matemática:** Carlos Alexandre Emídio, Clóvis Antonio de Lima, Delizabeth Evanir Malavazzi, Edinei Pereira de Sousa, Eduardo Granado Garcia, Evaristo Glória, Everaldo José Machado de Lima, Fabio Augusto Trevisan, Inês Chiarelli Dias, Ivan Castilho, José Maria Sales Júnior, Luciana Moraes Funada, Luciana Vanessa de Almeida Buranello, Mário José Pagotto, Paula Pereira Guanais, Regina Helena de Oliveira Rodrigues, Robson Rossi, Rodrigo Soares de Sá, Rosana Jorge Monteiro, Rosângela Teodoro Gonçalves, Roseli Soares Jacomini, Silvia Ignês Peruquetti Bortolatto e Zilda Meira de Aguiar Gomes.

Área de Ciências da Natureza
**Biologia:** Aureli Martins Sartori de Toledo, Evandro Rodrigues Vargas Silvério, Fernanda Rezende Pedroza, Regiani Braguim Chioderoli e Rosimara Santana da Silva Alves.

**Ciências:** Davi Andrade Pacheco, Franklin Julio de Melo, Liamara P. Rocha da Silva, Marceline de Lima, Paulo Garcez Fernandes, Paulo Roberto Orlandi Valdastri, Rosimeire da Cunha e Wilson Luís Prati.

**Física:** Ana Claudia Cossini Martins, Ana Paula Vieira Costa, André Henrique Ghelfi Rufino, Cristiane Gislene Bezerra, Fabiana Hernandes M. Garcia, Leandro dos Reis Marques, Marcio Bortoletto Fessel, Marta Ferreira Mafra, Rafael Plana Simões e Rui Buosi.

**Química:** Armenak Bolean, Cátia Lunardi, Cirila Tacconi, Daniel B. Nascimento, Elizandra C. S. Lopes, Gerson N. Silva, Idma A. C. Ferreira, Laura C. A. Xavier, Marcos Antônio Gimenes, Massuko S. Warigoda, Roza K. Morikawa, Sílvia H. M. Fernandes, Valdir P. Berti e Willian G. Jesus.

Área de Ciências Humanas
**Filosofia:** Álex Roberto Genelhu Soares, Anderson Gomes de Paiva, Anderson Luiz Pereira, Claudio Nitsch Medeiros e José Aparecido Vidal.

**Geografia:** Ana Helena Veneziani Vitor, Célio Batista da Silva, Edison Luiz Barbosa de Souza, Edivaldo Bezerra Viana, Elizete Buranello Perez, Márcio Luiz Verni, Milton Paulo dos Santos, Mônica Estevan, Regina Célia Batista, Rita de Cássia Araujo, Rosinei Aparecida Ribeiro Libório, Sandra Raquel Scassola Dias, Selma Marli Trivellato e Sonia Maria M. Romano.

**História:** Aparecida de Fátima dos Santos Pereira, Carla Flaitt Valentini, Claudia Elisabete Silva, Cristiane Gonçalves de Campos, Cristina de Lima Cardoso Leme, Ellen Claudia Cardoso Doretto, Ester Galesi Gryga, Karin Sant'Ana Kossling, Marcia Aparecida Ferrari Salgado de Barros, Mercia Albertina de Lima Camargo, Priscila Lourenço, Rogerio Sicchieri, Sandra Maria Fodra e Walter Garcia de Carvalho Vilas Boas.

**Sociologia:** Anselmo Luis Fernandes Gonçalves, Celso Francisco do Ó, Lucila Conceição Pereira e Tânia Fetchir.

Apoio:
Fundação para o Desenvolvimento da Educação - FDE

CTP, Impressão e acabamento
Log & Print Gráfica e Logística S. A.

GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EDITORIAL 2014-2017

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI

Presidente da Diretoria Executiva
Antonio Rafael Namur Muscat

Vice-presidente da Diretoria Executiva
Alberto Wunderler Ramos

GESTÃO DE TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO

Direção da Área
Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto
Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão Editorial
Denise Blanes

Equipe de Produção

**Editorial:** Amarilis L. Maciel, Angélica dos Santos Angelo, Bóris Fatigati da Silva, Bruno Reis, Carina Carvalho, Carla Fernanda Nascimento, Carolina H. Mestriner, Carolina Pedro Soares, Cíntia Leitão, Eloiza Lopes, Érika Domingues do Nascimento, Flávia Medeiros, Gisele Manoel, Jean Xavier, Karinna Alessandra Carvalho Taddeo, Leandro Calbente Câmara, Leslie Sandes, Mainã Greeb Vicente, Marina Murphy, Michelangelo Russo, Natália S. Moreira, Olivia Frade Zambone, Paula Felix Palma, Priscila Risso, Regiane Monteiro Pimentel Barboza, Rodolfo Marinho, Stella Assumpção Mendes Mesquita, Tatiana F. Souza e Tiago Jonas de Almeida.

**Direitos autorais e iconografia:** Beatriz Fonseca Micsik, Érica Marques, José Carlos Augusto, Juliana Prado da Silva, Marcus Ecclissi, Maria Aparecida Acunzo Forli, Maria Magalhães de Alencastro e Vanessa Leite Rios.

**Edição e Produção editorial**: R2 Editorial, Jairo Souza Design Gráfico e Occy Design (projeto gráfico).

CONCEPÇÃO DO PROGRAMA E ELABORAÇÃO DOS CONTEÚDOS ORIGINAIS

COORDENAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DOS CADERNOS DOS PROFESSORES E DOS CADERNOS DOS ALUNOS
Ghisleine Trigo Silveira

CONCEPÇÃO
Guiomar Namo de Mello, Lino de Macedo, Luis Carlos de Menezes, Maria Inês Fini (coordenadora) e Ruy Berger (em memória).

AUTORES

Linguagens
**Coordenador de área:** Alice Vieira.
**Arte**: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins, Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino e Sayonara Pereira.

**Educação Física**: Adalberto dos Santos Souza, Carla de Meira Leite, Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches Neto, Mauro Betti, Renata Elsa Stark e Sérgio Roberto Silveira.

**LEM – Inglês**: Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira da Silva Shimoura, Lívia de Araújo Donnini Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo.

**LEM – Espanhol**: Ana Maria López Ramírez, Isabel Gretel María Eres Fernández, Ivan Rodrigues Martin, Margareth dos Santos e Neide T. Maia González.

**Língua Portuguesa**: Alice Vieira, Débora Mallet Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar, José Luís Marques López Landeira e João Henrique Nogueira Mateos.

Matemática
**Coordenador de área:** Nílson José Machado.
**Matemática**: Nílson José Machado, Carlos Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e Walter Spinelli.

Ciências Humanas
**Coordenador de área:** Paulo Miceli.
**Filosofia**: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton Luís Martins e Renê José Trentin Silveira.

**Geografia**: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo e Sérgio Adas.

**História**: Paulo Miceli, Diego López Silva, Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e Raquel dos Santos Funari.

**Sociologia**: Heloisa Helena Teixeira de Souza Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe, Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina Schrijnemaekers.

Ciências da Natureza
**Coordenador de área:** Luis Carlos de Menezes.
**Biologia**: Ghisleine Trigo Silveira, Fabíola Bovo Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana, Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo.

**Ciências**: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Julio Cézar Foschini Lisbôa, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maíra Batistoni e Silva, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro, Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão, Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume.

**Física**: Luis Carlos de Menezes, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia Salem e Yassuko Hosoume.

**Química**: Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

Caderno do Gestor
Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice Murrie.

Catalogação na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

S239m São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Material de apoio ao currículo do Estado de São Paulo: caderno do professor; física, ensino médio, 1ª série / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Yassuko Hosoume. - São Paulo: SE, 2014.

v. 1, 128 p.

Edição atualizada pela equipe curricular do Centro de Ensino Fundamental dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação Profissional – CEFAF, da Coordenadoria de Gestão da Educação Básica - CGEB.

ISBN 978-85-7849-591-6

1. Ensino médio 2. Física 3. Atividade pedagógica I. Fini, Maria Inês. II. Rouxinol, Estevam. III. Brockington, Guilherme. IV. Gurgel, Ivã. V. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VI. Bonetti, Marcelo de Carvalho. VII. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. VIII. Siqueira, Maxwell Roger da Purificação. IX. Hosoume, Yassuko. X. Título.

CDU: 371.3:806.90

* Nos Cadernos do Programa São Paulo faz escola são indicados sites para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram checados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo não garante que os sites indicados permaneçam acessíveis ou inalterados.

* Os mapas reproduzidos no material são de autoria de terceiros e mantêm as características dos originais, no que diz respeito à grafia adotada e à inclusão e composição dos elementos cartográficos (escala, legenda e rosa dos ventos).

* Os ícones do Caderno do Aluno são reproduzidos no Caderno do Professor para apoiar na identificação das atividades.

Validade: 2014 – 2017

GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO

Secretaria da Educação