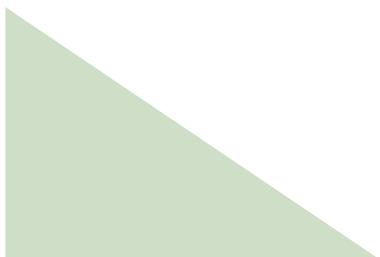


caderno do  
**PROFESSOR**

# FÍSICA

ensino médio  
**1<sup>a</sup> SÉRIE**  
volume 1 - 2009





## GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador  
**José Serra**

Vice-Governador  
**Alberto Goldman**

Secretária da Educação  
**Maria Helena Guimarães de Castro**

Secretária-Adjunta  
**Iara Glória Areias Prado**

Chefe de Gabinete  
**Fernando Padula**

Coordenadora de Estudos e Normas  
Pedagógicas  
**Valéria de Souza**

Coordenador de Ensino da Região  
Metropolitana da Grande São Paulo  
**José Benedito de Oliveira**

Coordenadora de Ensino do Interior  
**Aparecida Edna de Matos**

Presidente da Fundação para o  
Desenvolvimento da Educação – FDE  
**Fábio Bonini Simões de Lima**

### EXECUÇÃO

**Coordenação Geral**  
Maria Inês Fini

**Concepção**  
Guiomar Namó de Mello  
Lino de Macedo  
Luís Carlos de Menezes  
Maria Inês Fini  
Ruy Berger

### GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

**Presidente do Conselho Curador:**  
Antonio Rafael Namur Muscat

**Presidente da Diretoria Executiva:**  
Mauro Zilbovicius

**Diretor de Gestão de Tecnologias  
aplicadas à Educação:**  
Guilherme Ary Plonski

**Coordenadoras Executivas de Projetos:**  
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

### COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas  
Pedagógicas

### Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

### AUTORES

#### Ciências Humanas e suas Tecnologias

**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,  
Regina Célia Bega dos Santos 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 e suas Tecnologias

**Biologia:** Ghisleine Trigo Silveira, Fabioli Bovo  
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene  
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta  
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguiar 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 César Foschini Lisbôa, Lucilene Aparecida  
Esperante Limp, Maira 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, Sonia Salem,  
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 e  
Yassuko Hosoume

**Química:** Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de  
Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença  
de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi,  
Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Maria Fernanda  
Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião

### Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

**Arte:** Geraldo de Oliveira Suzigan, Gisa Picosque,  
Jéssica Mami Makino, Mirian Celeste Martins e  
Sayonara Pereira

**Educação Física:** Adalberto dos Santos Souza,  
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches  
Neto, Mauro Betti 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

**Língua Portuguesa:** Alice Vieira, Débora Mallet  
Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar,  
José Luís Marques López Landeira e João Henrique  
Nogueira Mateos

### Matemática

**Matemática:** Nilson 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

### Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice  
Murrrie

### Equipe de Produção

**Coordenação Executiva:** Beatriz Scavazza

**Assessores:** Alex Barros, Antonio Carlos Carvalho,  
Beatriz Blay, Carla de Meira Leite, Eliane Yambanis,  
Heloisa Amaral Dias de Oliveira, José Carlos  
Augusto, Luiza Christov, Maria Eloisa Pires Tavares,  
Paulo Eduardo Mendes, Paulo Roberto da Cunha,  
Pepita Prata, Renata Elsa Stark, Solange Wagner  
Locatelli e Vanessa Dias Moretti

### Equipe Editorial

**Coordenação Executiva:** Angela Sprenger

**Assessores:** Denise Blanes, Luis Márcio Barbosa

**Projeto Editorial:** Zuleika de Felice Murrrie

**Edição e Produção Editorial:** Conexão Editorial,  
Aeroestúdio, Verba Editorial e Occy Design (projeto  
gráfico).

### APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento  
da Educação

### CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

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

\* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Catalogação na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

S239c

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Caderno do professor: física, ensino médio - 1ª série, volume 1 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Guilherme Brockington, Estevam Rouxinol, 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 : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-175-8

1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Brockington, Guilherme. III. Rouxinol, Estevam. 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: 373.5:53



Prezado(a) professor(a),

Dando continuidade ao trabalho iniciado em 2008 para atender a uma das prioridades da área de Educação neste governo – *o ensino de qualidade* –, encaminhamos a você o material preparado para o ano letivo de 2009.

As orientações aqui contidas incorporaram as sugestões e ajustes sugeridos pelos professores, advindos da experiência e da implementação da nova proposta em sala de aula no ano passado.

Reafirmamos a importância de seu trabalho. O alcance desta meta é concretizado essencialmente na sala de aula, pelo professor e pelos alunos.

O Caderno do Professor foi elaborado por competentes especialistas na área de Educação. Com o conteúdo organizado por disciplina, oferece orientação para o desenvolvimento das Situações de Aprendizagem propostas.

Esperamos que você aproveite e implemente as orientações didático-pedagógicas aqui contidas. Estaremos atentos e prontos para esclarecer dúvidas ou dificuldades, assim como para promover ajustes ou adaptações que aumentem a eficácia deste trabalho.

Aqui está nosso novo desafio. Com determinação e competência, certamente iremos vencê-lo!

Contamos com você.

**Maria Helena Guimarães de Castro**

Secretária da Educação do Estado de São Paulo





# SUMÁRIO

<b>São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado</b>	<b>5</b>
<b>Ficha do Caderno</b>	<b>7</b>
<b>Orientação sobre os conteúdos do bimestre</b>	<b>8</b>
<b>Tema 1 – Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores</b>	<b>10</b>
Situação de Aprendizagem 1 – Levantamento e classificação dos movimentos do cotidiano	10
Situação de Aprendizagem 2 – Identificando as variáveis relevantes de um movimento	13
Situação de Aprendizagem 3 – Estimando valores de grandezas dos movimentos	15
Grade de Avaliação	18
Propostas de questões para aplicação em avaliação	19
<b>Tema 2 – Quantidade de movimento linear: variação e conservação</b>	<b>23</b>
Situação de Aprendizagem 4 – Alterando os movimentos	23
Situação de Aprendizagem 5 – A força de uma interação	26
Situação de Aprendizagem 6 – Compensando os movimentos na ação de forças internas	30
Situação de Aprendizagem 7 – A conservação do movimento linear	33
Situação de Aprendizagem 8 – Conhecimento físico ajuda a julgar ações do nosso dia-a-dia	35
Grade de Avaliação	37
Propostas de questões para aplicação em avaliação	38
<b>Tema 3 – Leis de Newton</b>	<b>41</b>
Situação de Aprendizagem 9 – Análise das partes de um sistema de corpos	41
Situação de Aprendizagem 10 – Comparando as leis de Newton e a lei da conservação da quantidade de movimento	44
Grade de Avaliação	46
Propostas de questões para aplicação em avaliação	47
<b>Proposta de Situação de Recuperação</b>	<b>51</b>
<b>Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema</b>	<b>53</b>
<b>Considerações finais</b>	<b>55</b>





# SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

É com muita satisfação que apresento a todos a versão revista dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. Esta nova versão também tem a sua autoria, uma vez que inclui suas sugestões e críticas, apresentadas durante a primeira fase de implantação da proposta.

Os Cadernos foram lidos, analisados e aplicados, e a nova versão tem agora a medida das práticas de nossas salas de aula. Sabemos que o material causou excelente impacto na Rede Estadual de Ensino como um todo. Não houve discriminação. Críticas e sugestões surgiram, mas em nenhum momento se considerou que os Cadernos não deveriam ser produzidos. Ao contrário, as indicações vieram no sentido de aperfeiçoá-los.

A Proposta Curricular não foi comunicada como dogma ou aceite sem restrição. Foi vivida nos Cadernos do Professor e compreendida como um texto repleto de significados, mas em construção. Isso provocou ajustes que incorporaram as práticas e consideraram os problemas da implantação, por meio de um intenso diálogo sobre o que estava sendo proposto.

Os Cadernos dialogaram com seu público-alvo e geraram indicações preciosas para o processo de ensino-aprendizagem nas escolas e para a Secretaria, que gerencia esse processo.

Esta nova versão considera o “tempo de discussão”, fundamental à implantação da Proposta Curricular. Esse “tempo” foi compreendido como um momento único, gerador de novos significados e de mudanças de ideias e atitudes.





Os ajustes nos Cadernos levaram em conta o apoio a movimentos inovadores, no contexto das escolas, apostando na possibilidade de desenvolvimento da autonomia escolar, com indicações permanentes sobre a avaliação dos critérios de qualidade da aprendizagem e de seus resultados.

Sempre é oportuno lembrar que os Cadernos espelharam-se, de forma objetiva, na Proposta Curricular, referência comum a todas as escolas da Rede Estadual, revelando uma maneira inédita de relacionar teoria e prática e integrando as disciplinas e as séries em um projeto interdisciplinar por meio de um enfoque filosófico de Educação que definiu conteúdos, competências e habilidades, metodologias, avaliação e recursos didáticos.

Esta nova versão dá continuidade ao projeto político-educacional do Governo de São Paulo, para cumprir as 10 metas do Plano Estadual de Educação, e faz parte das ações propostas para a construção de uma escola melhor.

O uso dos Cadernos em sala de aula foi um sucesso! Estão de parabéns todos os que acreditaram na possibilidade de mudar os rumos da escola pública, transformando-a em um espaço, por excelência, de aprendizagem. O objetivo dos Cadernos sempre será apoiar os professores em suas práticas de sala de aula. Posso dizer que esse objetivo foi alcançado, porque os docentes da Rede Pública do Estado de São Paulo fizeram dos Cadernos um instrumento pedagógico com vida e resultados.

Conto mais uma vez com o entusiasmo e a dedicação de todos os professores, para que possamos marcar a História da Educação do Estado de São Paulo como sendo este um período em que buscamos e conseguimos, com sucesso, reverter o estigma que pesou sobre a escola pública nos últimos anos e oferecer educação básica de qualidade a todas as crianças e jovens de nossa Rede. Para nós, da Secretaria, já é possível antever esse sucesso, que também é de vocês.

Bom ano letivo de trabalho a todos!

**Maria Inês Fini**

Coordenadora Geral  
Projeto São Paulo Faz Escola





# FICHA DO CADERNO

## Movimento: variações e medidas

<b>Nome da disciplina:</b>	Física
<b>Área:</b>	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
<b>Etapa da educação básica:</b>	Ensino Médio
<b>Série:</b>	1 <sup>a</sup>
<b>Período letivo:</b>	1 <sup>o</sup> bimestre de 2009
<b>Temas e conteúdos:</b>	Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativas de valores  Quantidade de movimento linear: variação e conservação; Leis de Newton



## O RIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

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 instigante aos seus alunos e que, ao mesmo tempo, contribua 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. A opção foi pelo estudo das leis gerais, pois são elas que permitem entender as relações causais necessárias para a compreensão dos fenômenos. Embora estas leis tenham tido sua origem 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, passando por aqueles do cotidiano.

Várias atividades deste Caderno dão início ao estudo de um tema fazendo um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, em termos de conceitos e de representações linguísticas. Esse tipo de procedimento propõe desenvolver competências no domínio da linguagem por meio da reconstrução de conceitos e da adequação da linguagem matemática e científica. A construção de gráficos de dados experimentais reais, a transformação de unidades de uma mesma grandeza, como a velocidade e a redação de relatório de experiência, são também atividades que concorrem para a aquisição de linguagem científica.

Construir e aplicar conceitos para a compreensão de fenômenos naturais, tomar decisões e enfrentar situações-problema são a tônica das Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno. Os encaminhamentos são feitos por meio de questões que problematizam e solicitam a participação do aluno nas suas soluções. O desenvolvimento da competência de relacionar informações para construir argumentação consistente está presente em vários momentos do desenvolvimento das atividades.

As estratégias utilizadas para o desenvolvimento destas competências, a partir dos conhecimentos específicos de Física, foram escolhidas de forma a valorizar a ação e a autonomia do aluno, os seus conhecimentos prévios e a interação dinâmica do aluno com o professor e entre os alunos.

Coerentemente com estas opções, as avaliações devem propiciar situações-problema em que o aluno possa utilizar 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 frente a problemas socialmente relevantes e expressar-se de forma adequada por meio de linguagens formais da Física. Desta maneira, ao selecionar e propor formas de avaliação, você, professor, deve considerar que os procedimentos objetivam a consolidação de competências e habilidades específicas da Física, bem como aquelas gerais de leitura e escrita.

Este Caderno está dividido em três partes: a primeira, com o tema Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa de valores, é composta de três Situações de Aprendizagem; a segunda, com Quantidade



de movimento linear: variação e conservação, é desenvolvida em quatro Situações de Aprendizagem; e a terceira, com o tema Leis de Newton, é desenvolvida em duas Situações de Aprendizagem. Em cada Situação de Aprendizagem, é apresentado inicialmente um resumo e o quadro-síntese da atividade. Após a explicitação do objetivo e do contexto da proposta de atividade é apresentado um roteiro, dirigido ao aluno. A seguir, é apresentado o Encaminhamento da ação, em que se explicita o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem.

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

Como pode ser notado, o Caderno apresenta dez Situações de Aprendizagem, cujo desenvolvimento supera o número de aulas previsto para o bimestre. Cabe a você, segundo a realidade de suas turmas e as suas opções pedagógicas, selecionar as mais indicadas aos seus propósitos. 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 através do levantamento e classificação de objetos do mundo real do aluno e do professor. A Situação de Aprendizagem 3 discute o conceito de velocidade, utilizando como es-

tratégia 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; e para isso utiliza um procedimento experimental qualitativo como estratégia e estimula a produção da escrita por meio de uma síntese. Situação de Aprendizagem 7 retoma as características da conservação do momento linear com uma estratégia de discussão conceitual, com abordagem abstrata e trabalhando diretamente com a linguagem matemática. A Situação de Aprendizagem 8 sistematiza o conhecimento físico apresentado nas Situações de Aprendizagem deste Caderno e propõe que esse conhecimento seja utilizado para avaliar e prever situações cotidianas que envolvem a variação da quantidade de movimento, de forma lúdica. 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. Este conjunto de Situações de Aprendizagem trata dos principais conteúdos propostos no estudo dos movimentos deste bimestre: grandezas que caracterizam os movimentos, conservação da quantidade de movimento, variações dos movimentos associados às interações e leis de Newton da Mecânica. 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 à essa proposta e bom trabalho.



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

Neste tópico, busca-se 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) e os que se destinam à rotação (como o giro das pás de um ventilador ou de um liquidificador). Entre estes últimos, aqueles realizados para ampliar 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 percurso, estudo este realizado por meio de estimativas e medidas experimentais dessas grandezas e pelo uso das relações entre elas na solução de problemas.

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

Esta primeira Situação de Aprendizagem tem início com um exercício de sensibilização que consta de levantamento dos movimentos realizados pelo aluno durante um dia e a identificação dos motivos pelos quais ele os realiza. A partir do reconhecimento das finalidades e das causas que levaram à execução

desses movimentos, estes são classificados, o que resulta em um planejamento das aulas do bimestre. A relevância deste procedimento está no fato de o estudo dos movimentos se iniciar com elementos do mundo do aluno e contar com a participação deles na organização do que será estudado.

**Tempo previsto:** 1 aula.

**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 identificando as grandezas que os caracterizam; planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas.

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

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



**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 estudantes a refletir sobre transporte, esportes, atividades de lazer para 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?*

Enquanto os estudantes pensam e conversam sobre as questões propostas, distribua aos grupos o roteiro 1.

### Roteiro 1: Reconhecendo os movimentos no dia-a-dia

Todos os dias, precisamos sair de casa e nos dirigir a bairros ou ao centro da cidade. Para isso, tomamos ônibus, trem, metrô ou saímos de carro e chegamos mais rapidamente aos lugares, ou vamos de bicicleta ou a pé quando não precisamos ir tão longe nem tão rápido. Para bater um suco no liquidificador ou para se refrescar com um ventilador também fazemos girar suas pás. O movimento sempre está presente em nosso dia-a-dia.

1. Faça uma lista dos movimentos que você realizou hoje e de tudo que viu em movimento desde quando acordou.
2. Pense o que foi necessário para realizar esses movimentos e quais foram suas finalidades. Em grupo, converse e identifique as semelhanças e as diferenças dos movimentos realizados, o que é necessário para produzir esses movimentos e para controlá-los. Anote no caderno e, em seguida, responda às questões:
  - ▶ Que movimentos tiveram a finalidade de deslocamento?
  - ▶ Que movimentos produzem o giro?

- ▶ O que foi utilizado para controlar os movimentos?

É possível ampliar a força usando os movimentos? Veja figura a seguir.



Figura 1.

Retirado de *Leituras de Física*, do GREF.

3. Tente classificar tudo que você levantou em sua pesquisa e anote o que:
  - a) Desloca-se.
  - b) Gira.
  - c) Produz movimentos.
  - d) Controla os movimentos.
  - e) Amplia força aplicada.
  - f) Permanece em equilíbrio.



## Encaminhando a ação

Em relação ao item 1, cada grupo deverá relatar aos colegas dos demais grupos a sua lista dos movimentos. À medida que são apresentados, devem ser escritos na lousa para posterior classificação<sup>1</sup> de todos os movimentos levantados pelos grupos. Ao final da apresentação teremos um quadro daqueles reconhecidos pela classe e que serão retomados no desenvolvimento das aulas.

Em relação ao item 2, os grupos provavelmente terão dificuldades quanto ao que amplia a força ou controla os movimentos. A Figura 1 apresenta algumas pistas. Deixe que os alunos a discutam, mas será necessário auxiliá-los para que o conjunto identificado seja suficiente para a classificação que será feita a seguir. Complete o quadro

da lousa com novos elementos que surgiram neste item 2.

Quanto ao item 3, construa na lousa uma tabela cujas colunas correspondam às seis categorias apresentadas nele. Com a participação dos alunos, classifique a lista presente na lousa. Note que um mesmo item poderá ser classificado em mais de uma categoria, dependendo do enfoque da análise do movimento. Todos os itens apresentados pelos alunos devem ser classificados, o que poderá levar à inclusão de mais uma categoria chamada “outros”.

No exemplo de tabela a seguir, veja que a bola aparece nas duas primeiras colunas, e a bicicleta poderia também ser incluída na coluna dos objetos que se deslocam, ainda que no exemplo ela só esteja naqueles que ficam em equilíbrio.

Movimento		Forças		Equilíbrio	
Deslocam-se	Giram	Produzem movimento	Controlam movimento	Ampliam forças	Permanecem em equilíbrio
avião	hélices	motor	freio	martelo	ponte
bola	bola	vento	volante	alicate	balança
foguete	satélite	gasolina	trilho	macaco	bicicleta

A tabela assim construída apresenta uma visão dos objetos que serão estudados neste primeiro semestre: tem início com o estudo dos deslocamentos e giros, passando pela identificação das causas que produzem e controlam os movimentos, seguindo com os instrumentos que ampliam as forças e terminando com o estudo das condições que possibilitam o equilíbrio.

Iniciaremos assim o estudo do movimento pela discussão sobre as 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, peça aos alunos que pesquisem, perguntando aos adultos e fazendo buscas na internet, sobre tipos de placas que informam velocidade, tempo e distância na estrada e na cidade.

<sup>1</sup> Este 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.



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

Esta Situação de Aprendizagem inicia 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. Neste desenvolvimento, partiremos novamente dos elementos da vida cotidiana do aluno, portanto uma proposta bastante diferente da encontrada nos livros didáticos, em que as grandezas que descrevem o movimento são definidas matematicamente.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**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.

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

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

**Avaliação:** deve-se 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 esta etapa, convide os alunos a pensar nas placas de sinalização existen-

tes nas estradas e nas vias urbanas. Organize os alunos em grupos e distribua o roteiro 2.

**Roteiro 2: Velocidade: grandeza que caracteriza o movimento**

1. Desenhe pelo menos cinco diferentes

placas de sinalização de rodovias ou de vias urbanas. Quais indicam distância? Quais indicam tempo?



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?
3. O que significam as placas que indicam tempos, por exemplo: posto a 5 min ou

restaurante a 15 min etc.? Será que você realmente chega a essas localidades no tempo indicado? Você pode demorar um tempo menor que esse?

4. O que significam as placas que indicam velocidades? Como as velocidades são medidas nas estradas? E nas cidades?

### Encaminhando a ação

Com base nas placas desenhadas pelos alunos na pergunta 1, pode-se classificá-las 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.

A segunda e a terceira perguntas abordam a velocidade. Na segunda, a distância será percorrida em mais ou menos tempo, dependendo da velocidade do movimento. Na terceira, a necessidade da velocidade fica bem mais clara: no percurso vai se gastar o tempo indicado na placa se a velocidade do carro for aquela estimada pelo responsável pela placa, velocidade esta que é normalmente a máxima velocidade permitida naquele trecho da estrada. 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.

A quarta questão chama a atenção para o conceito de velocidade média e instantânea. Normalmente, a medida é feita da seguinte forma na estrada: a velocidade média de um

veículo é calculada a partir da medida da distância entre dois pontos estratégicos (uma árvore próxima à pista, o início de uma ponte, final de uma curva etc.). Calcula-se o tempo mínimo para se trafegar nesse trajeto com a velocidade máxima permitida: 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 será multado. O policial usará a medida de tempo registrada e a distância medida para determinar a velocidade média do infrator. Hoje, na maior parte das estradas, a velocidade instantânea é medida com radar eletrônico por efeito *Doppler*, determinando a velocidade pela variação da medida da frequência da onda 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 que chegam a ter o tamanho de uma garrafa pequena de refrigerante. Já as lombadas eletrônicas possuem dois sensores de pressão localizados no asfalto, que determinam a distância percorrida pela roda do carro, e um marcador digital de tempo, que identifica os infratores da mesma forma que é feito na estrada. O tempo é medido entre o disparo e o travamento do marcador por meio dos sensores de pressão fixos no chão, ajustados para acionar quando um veículo motorizado passa sobre eles



(motos pequenas e as bicicletas muitas vezes não disparam o sensor). Há ainda lombadas eletrônicas que indicam ao motorista a velocidade média do carro.

Essas discussões permitem definir a velocidade média como a razão entre deslocamento e tempo, e a velocidade instantânea como o limite da velocidade média para tempos muito pequenos. A indução para o limite pode ser feita por meio da diminuição progressiva da distância entre os dois sensores. Ao partir da velocidade média em uma estrada, passando pela velocidade medida

em uma lombada eletrônica e chegando ao radar eletrônico, progredimos no sentido do entendimento da velocidade instantânea, que é aquela determinada pela legislação e cujos limites apresentados nas placas de sinalização não podem ser superados na estrada ou nas ruas da cidade.

Para estender a discussão dos conceitos físicos ao seu âmbito social, solicite aos alunos que façam pesquisas incluindo o Código Nacional de Trânsito e *sites* em que há informações sobre as estradas para que descubram quais são os limites máximos de velocidade.

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

Esta Situação de Aprendizagem propõe desenvolver a habilidade de escolha de procedimentos e equipamentos adequados para 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 da rua.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**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.

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

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

**Avaliação:** deve-se avaliar a capacidade dos alunos de propor procedimentos em que sejam realizadas medidas de espaço e de tempo para determinar a velocidade média e também a capacidade dos alunos de executar o procedimento e determinar essa velocidade.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Caso você entenda que a execução dessa atividade fora da escola possa oferecer risco aos alunos ou trazer problemas institucionais, pode-se propor 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 participarão simulando os carros, os 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 distribua o roteiro 3.

### Roteiro 3: Determinando a velocidade de veículos

1. Com seus colegas, elabore um procedimento para determinar a velocidade de um veículo. O que medir e como? Com que equipamentos serão feitas as medidas? Quantos veículos terão suas velocidades determinadas? Cada grupo deve apresentar a sua proposta para a classe.
2. Execução da experiência: agora que já foi definido como medir a distância e o intervalo de tempo, vamos à prática. Com a ajuda de um colega, use a fita métrica, trena ou passo para medir a distância, de uma esquina à outra de um quarteirão (isso deve ser feito sobre a calçada para não haver riscos de atropelamentos). Marque esse valor na tabela a seguir. Agora, marque também nessa tabela o tipo do veículo (carro, moto, caminhão, bicicleta etc.) e os tempos que cada um leva para ir de uma esquina a outra na rua, em segundos.

Distância percorrida: \_\_\_\_\_ metros.

3. Calcule a velocidade média de cada um dos veículos e registre na tabela. Transforme os valores em km/h e coloque na tabela.
4. Responda à questão feita pelo professor: qual é a velocidade dos veículos que trafegam perto da escola?
5. Elabore um relatório descrevendo os seguintes itens:
  - ▶ Objetivo da experiência: o que o grupo queria medir.
  - ▶ Procedimento adotado para realizá-la e os instrumentos utilizados: como 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.

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

## Encaminhando a ação

É importante que a atividade experimental seja apresentada ao aluno como uma “situação-problema” a ser solucionada experimentalmente e que o aluno proponha 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 o debate sobre sua adequação. *Por que a trena é melhor que a régua e a fita métrica? A régua é melhor do que o passo?* 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 moto terá velocidade média maior que um caminhão se ambos partirem do repouso, mas se já estiverem em movimento, suas velocidades médias podem ser iguais, ou próximas, ao limite de velocidade da rua.

Ao final da discussão dos procedimentos propostos, deve ficar explícito 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 a ser considerada for pequena em razão do erro associado à medida da distância e do tempo.

A resposta à questão apresentada poderá ser feita de várias formas: tirando a média das velocidades dos veículos (em média, a velocidade dos veículos é...), apresentando um histograma ou, ainda, relatando os resultados de uma forma geral. Esta retomada é bastante importante, pois normalmente o aluno faz a experiência por fazer e não a encara como um problema a ser resolvido.

Devemos observar se o objetivo está claro para o aluno, 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 o aluno consegue determinar a velocidade média e que conclusões ele conseguiu organizar por meio de todo esse processo. Caso você entenda que não há tempo suficiente para a elaboração do relatório durante a aula, o aluno poderá 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 peso 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.

## GRADE DE AVALIAÇÃO

Situação de Aprendizagem	Competências e Habilidades	Indicadores de Aprendizagem
1	<p>Utilizar terminologia científica adequada para descrever movimentos de situações cotidianas.</p> <p>Identificar a presença de movimentos no cotidiano.</p> <p>Classificar os movimentos identificando as grandezas que os caracterizam.</p> <p>Planejar o estudo dos movimentos contemplando as classificações efetuadas.</p>	<p>Executar procedimento de determinação da velocidade.</p> <p>Identificar grandezas que caracterizam o movimento.</p> <p>Classificar os movimentos em categorias.</p>
2	<p>Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender os movimentos de translação.</p> <p>Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas.</p> <p>Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.</p>	<p>Reconhecer variáveis que caracterizam movimentos de translação.</p> <p>Reconhecer a velocidade como taxa de variação temporal das posições no espaço.</p> <p>Identificar distância (ou deslocamento) e tempo como variáveis que caracterizam o movimento de translação.</p> <p>Estimar o tempo, a distância (ou deslocamento) ou a velocidade, determinando um deles a partir dos dois outros.</p>
3	<p>Compreender características comuns e formas de sistematizar os movimentos segundo trajetórias, variações de velocidade etc.</p> <p>Fazer estimativas e escolha de procedimentos adequados para a realização de medidas.</p>	<p>Propor procedimentos em que sejam realizadas medidas de espaço e de tempo para determinação da velocidade.</p> <p>Executar o procedimento e determinar a velocidade.</p> <p>Identificar diferentes unidades de medida de uma mesma grandeza.</p> <p>Organizar informações em tabelas e histogramas.</p> <p>Realizar relatórios de atividades experimentais.</p> <p>Identificar diferentes formas de representar o movimento, com trajetórias, gráficos, funções etc.</p> <p>Generalizar o conceito de velocidade como taxa de variação em relação ao tempo.</p>

## 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.

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

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

$$\Delta s = 6,3 \cdot 1\,406 = 8\,857,8 \text{ metros.}$$

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:

$$10 \text{ minutos} = 1/6 \text{ hora}$$

$$90 \cdot (\Delta t + 1/6) = 120 \cdot \Delta t; 90 \cdot \Delta t + 15 = 120 \cdot \Delta t;$$

$$15 = 30 \cdot \Delta t, \text{ portanto } \Delta t = 0,5 \text{ hora.}$$

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

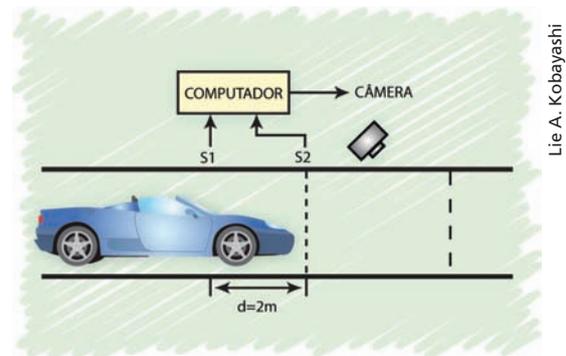
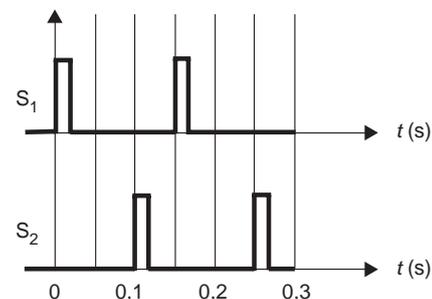


Figura 2.

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:





- 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:*

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

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

*Analisando-se 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:  $v \cdot \Delta t = 20 \cdot 0,15 = 3 \text{ m}$*

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

 Chave inglesa	 Bailarina rodando	 Alicate	 Tesoura
 Carro na pista em alta velocidade em dia chuvoso	 Carrinho de mão	 Barco a vela	 Helicóptero
 Avião	 Chave	 Carroça	 Ventilador
 Pássaro	 Chave de fenda	 Saca-rolhas	 Pedestres
 Engrenagem - bicicleta		 Navio	 Surfista
		 Jovens empurrando carro	



Movimento		Força			Equilíbrio
Deslocam	Giram	Produzem movimento	Controlam movimento	Ampliam força	Permanecem em equilíbrio

*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 possa parecer inadequada pode estar adequada. Por exemplo, a figura da bailarina está colocada para indicar seus rodopios, mas pode também ser interpretada como um deslocamento dela durante sua apresentação, ou ainda o rotor do helicóptero gira para transladar o helicóptero. A seguir apresentamos algumas das possíveis respostas:*

*Deslocam: 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, hélice 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 boca, chave etc. Ficam em equilíbrio: helicóptero, avião, barco, navio, pessoa, bailarina etc.*

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

- Que procedimento você sugere para obter essas informações efetivamente?
- Que coisas ou equipamentos você utilizaria para realizar as medições?
- 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 régua, trenas, fita métrica dependerão 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: VARIÇÃO 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 põe o foco da 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

Esta Situação de Aprendizagem tem início com um exercício que consta de um levantamento de como os movimentos são alterados nas diversas modalidades de esporte e de 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 mo-

vimento para algo parado e a compensação da alteração do movimento de um corpo pela variação do movimento do outro, como ocorre nas interações por atrito, por exemplo entre o carro e o chão. Portanto, esta 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.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**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 juntamente com sua conservação no sistema todo.

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

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



**Avaliação:** deve-se avaliar o entendimento dos alunos sobre a produção e a 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 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 estudantes a refletir sobre como as bolas ou 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. Enquanto os estu-

dantes pensam e conversam sobre as questões propostas, distribua aos grupos o roteiro 4. Os alunos devem fazer um levantamento de objetos que promovem a mudança de um movimento; ao final, você deve sistematizar juntamente com os alunos que, em todos os casos, há uma interação com outro corpo para que ocorra alteração do movimento. Se necessário, deve apontar 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: Descobrimo o que produz a mudança no movimento

Com seus colegas, discuta as seguintes questões:

1. O que é necessário para a bola de futebol parada começar a se mover? E as bolas de vôlei, tênis e pingue-pongue? Como é que nesses jogos as bolas inicialmente paradas começam a se movimentar?
2. Por que jogos com raquetes utilizam bolas pequenas e leves e não grandes e pesadas?
3. Como é possível num jogo de tênis a bolinha chegar a ter velocidade de 180 km/h, como indicam medidores de velocidade utilizados durante o saque do tenista em competições? É possível que o jogador seja tão rápido assim com os braços?
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 fazem a mesma coisa?
5. Por que é mais fácil empurrar uma bicicleta do que empurrar um carro ou um ônibus ou um caminhão?
6. O que é preciso para um veículo como a bicicleta fazer uma curva modificando a trajetória e o movimento? Com um carro é a mesma coisa? E com um avião?
7. A pedra que rola de um barranco, a bola que desce a ladeira, o pingo de chuva que cai do céu... Como é que eles começam a se mover?
8. Existe algum tipo de movimento que pode iniciar ou ser alterado sem que o objeto interaja com alguma outra coisa (ou empurre, ou bata, ou puxe outro objeto)?



9. Faça uma lista com objetos que vocês conhecem e que modificam seu movimento, ou começam a se mover, ou param de se mover, ou mudam sua trajetória, sua velocidade etc. Tentem explicar o que causa essas mudanças nos movimentos, classificando-as em virtude do tipo de interação que promove a alteração no movimento:
- a) Transferência: quando um objeto em movimento transfere em parte ou integralmente sua quantidade de movimento para outro objeto, numa colisão.
  - b) Compensação: quando dois ou mais objetos interagem e compensam-se em sua variação da quantidade de movimento; a quantidade de movimento adquirida por um deles corresponde à variação equivalente na outra parte, como um carro numa estrada de cascalho que joga pedras longe ao dar uma arrancada repentina.
  - c) Outros.

### 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, e 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 aos itens 4, 5 e 6, os grupos provavelmente determinarão a interação por força de atrito com o chão, que caracteriza 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 em um derramamento de óleo na pista, ou uma grossa lâmina de água de uma chuva forte, faz o veículo deslizar em linha reta sem alterar o movimento até que volte a ter atrito com o chão. Eles terão dificuldade para explicar o caso do avião, em que é a resistência do ar que faz o papel do atrito, ou seja, sem o deslocamento do ar não há alteração no movimento do avião; já para um barco a motor, é a interação com a água que faz este papel.

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 rampa abaixo. Para que elas caíam, necessariamente o planeta sobe, o que é imperceptível e, por isso, difícil de entender.

Em relação ao item 8 é importante que fique claro que é impossível qualquer alteração do movimento sem sua compensação por outra alteração em outra parte do sistema físico. Fisicamente, nem mesmo o Super-Homem pode voar sem interagir com outro objeto alterando-lhe também o movimento.



Para o item 9, cada grupo deverá apresentar aos colegas a 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 um quadro das alterações dos movimentos reconhecidas pela classe, que serão classificadas nas categorias indicadas no roteiro:

- a. Transferência.
- b. Compensação.
- c. Outros.

Em “outros”, podem estar presentes forças de interação, como empuxo, deformação elástica de molas etc.

Sistematize e desenvolva com os alunos a concepção de quantidade de movimento.

O exemplo do tenista pode ser um bom início para a sistematização da quantidade de movimento, ao estimar a velocidade em que o braço do tenista se move. Também pode-se 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.<sup>2</sup>

Na próxima Situação de Aprendizagem, discutiremos a variação do momento linear. Peça que os alunos pesquisem para que servem os *airbags* 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?*

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 A FORÇA DE UMA INTERAÇÃO

Essa Situação de Aprendizagem conduz os estudantes à compreensão e à 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 se problematizar tal relação são os sistemas de segurança utiliza-

dos em veículos, como os *airbags* e os freios ABS. A Situação de Aprendizagem propõe ainda a escrita de uma carta para os órgãos competentes questionando a decisão do Contran de obrigar que os veículos saiam de fábrica com equipamentos antifurto em detrimento dos equipamentos de segurança.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

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

<sup>2</sup> Veja nas páginas 28 a 38 do livro *Física 1: Mecânica* do GREF, editora da Universidade de São Paulo, uma forma de discutir a quantidade de movimento, sua conservação e variação. 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 sítio eletrônico do Pró-Universitário você também encontrará a lista de exercícios do módulo 5.



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

**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 para 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.

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

**Avaliação:** deve-se 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; o produto final é a carta a ser encaminhada; verifique a articulação dos argumentos utilizados e as conclusões expressas, avalie 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  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ , 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, para o que é necessário entender como se dá a variação da quantidade de movimento dos veículos em virtude das forças de frenagem deles. Sistemas como o ABS, que impedem o travamento de rodas evitando o deslizamento; pneus fabricados com compostos macios feitos para aumentar a aderência, *airbags* 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 a introdução acima, separe os alunos em grupos e entregue o roteiro 5.

### Roteiro 5: Breca! Vai!! Breca!!!

Discuta com seus colegas as questões seguintes e resolva os exercícios propostos:

1. O que um motorista faz para parar um veículo em movimento? Certamente ele aciona o freio, mas o jeito de frear depende do quê?
2. Classifique os tipos de freada em:
  - a) Freada repentina.
  - b) Freada suave.
  - c) Freio motor.
  - d) Outros.
3. A fim de parar um carro com massa de 800 kg e velocidade de 17 m/s (\_\_\_km/h), será necessário que uma força varie a quantidade de movimento do veículo  $\Delta Q = m \cdot \Delta v$ ;  $\Delta Q = 800 \cdot (0 - 17) = -13\,600 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ . Complete a tabela estimando valores para a força  $F$  (força de atrito) e, para o tempo da freada, pense nos três tipos de freada.

Freada	Força de atrito (N)		Tempo da freada (s)		$\Delta Q$ (N · s)
I	- 3 400	·	4	=	- 13 600
II		·		=	
III		·		=	

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

b) A unidade de quantidade de movimento  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$  é equivalente à unidade  $\text{N} \cdot \text{s}$ ?

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

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

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

4. A partir da tabela, escrevam uma equação matemática que relacione a Força ( $F$ ), o intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) e a variação de quantidade ( $\Delta Q$ ).
5. Calcule o quanto diminui a força que atua em um motorista durante uma colisão, admitindo que o tempo da interação sem *airbag* seja de 0,05 s e com *airbag* passe a ser 0,5 s.
6. Em julho de 2007, o Contran aprovou a Resolução 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 obrigue os veículos a ter *airbag* ou freios “inteligentes”, como o ABS. Realize um debate envolvendo essas prioridades e, ao final, escreva uma carta endereçada ao Contran com o posicionamento do grupo sobre as prioridades adotadas.

## Encaminhando a ação

A primeira pergunta refere-se a um tipo de levantamento em que os alunos trarão elementos que conhecem e que são importantes quando se usam os freios dos veículos. Alguns deles trarão elementos das freadas de bicicletas, principalmente os alunos mais novos, que não podem dirigir veículos motorizados, embora todos conheçam as freadas dos carros ou dos ônibus.

A segunda pergunta resulta em uma classificação: freadas repentinas são bruscas, como as que cantam pneus, fruto de imprevistos e da necessidade de frear imediatamente. Freadas suaves são as programadas e realizadas em geral nos veículos pelo acionamento progressivo do freio. Freio motor é a frenagem em que não se pisa no freio e é utilizada em veículos motorizados. Nela, as rodas de tração do veículo que estão ligadas ao motor pelos eixos, homocinéticas, bielas etc. permanecem engrenadas a este que, quase sem injeção de combustível, realiza o trabalho de frenagem pela compressão dos gases que nele se encontram e pela redução na rotação do eixo do motor devido aos trabalhos e atritos internos. Isso poupa os freios e impede que eles se aqueçam demais, deixando de funcionar em longas descidas. Por isso, as placas de sinalização: “Use o freio motor”. Em “outros” devem estar presentes as frenagens sem uso dos freios ou motor, mas por atrito dos pneus e resistência do ar, muito comuns nas bicicletas, as quais param se você não pedalar, mesmo em uma reta.

A terceira pergunta possibilita os cálculos da variação da quantidade de movimento e das forças de atrito a partir da estimativa dos tempos de frenagem. É importante, nesse caso, ressaltar que, no item **a**, não há mudan-

ça no valor da variação. No item **b**, as duas unidades são equivalentes. Faça uma análise dimensional ou mostre a equivalência transformando-as em unidades elementares do Sistema Internacional. Nos itens **c** e **d**, o relevante é a comparação entre as forças e os tempos, e no item **e**, o que é desconfortável para o motorista é uma força de intensidade elevada.

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

A quinta pergunta generaliza o fenômeno tratado na pergunta 3, também para um dispositivo de segurança. Repare que, nesse caso, com o *airbag*, a força será dez vezes menor que sem ele, o que, em uma colisão, faz toda diferença para o passageiro.

A sexta pergunta 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. Assim, o debate sobre as prioridades deve ser encaminhado de forma a destacar a obrigatoriedade do sistema antifurto de interesse comercial, em contraposição à segurança dos ocupantes de interesse social. Isto porque a segurança dos passageiros permanece em segundo plano, já que os modernos sistemas de segurança como *airbag* ou freios “inteligentes” são disponibilizados apenas como artigo de luxo nos veículos.

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.



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

Esta Situação de Aprendizagem propõe 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.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**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.

**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, fazer generalizações sobre a variação da quantidade de movimento por compensação.

**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.

**Avaliação:** deve-se avaliar o entendimento dos alunos sobre a produção e a alteração dos movimentos, além da necessidade de ocorrer a interação; o produto final é a síntese que deve ser avaliada no que se refere à descrição dos procedimentos apresentados, à organização dos dados e à clareza dos resultados obtidos.

### Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Propomos iniciar essa discussão partindo da análise de como é possível começar o movimen-

to com todos os corpos parados. Depois, divida a classe em grupos e distribua o roteiro 6.



### Roteiro 6: Produzindo movimentos

Discuta e realize com seu grupo as seguintes atividades:

1. Quando você joga sua mochila para a frente, você vai para trás? Quando você anda para a frente (a pé ou de patins), você provoca o movimento de alguma coisa para trás? Podemos produzir ou alterar o nosso movimento quando jogamos algo para longe?
2. Com seus colegas, faça o seguinte experimento: usando um carrinho movido a mola (ou de fricção), alguns lápis e uma cartolina ou um pedaço de isopor, como está indicado na Figura 3, responda: Será que o “chão” vai se mover para compensar o movimento do carrinho?

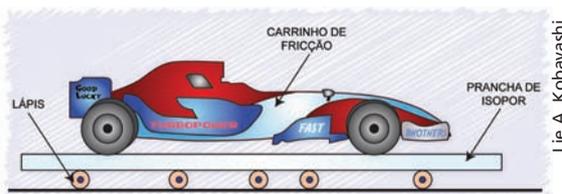


Figura 3. Retirado de *Leituras de Física*, do GREF.

3. 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?

4. Repita a atividade sem usar os lápis, coloque o isopor sobre o chão da sala. O que acontece?
5. Por que, enquanto o carrinho permanece na sua mão, mesmo que a roda dele esteja girando, ele não faz força para a frente? Por que o carrinho vai para a frente e o “chão” se move para trás quando você solta o carrinho no chão?
6. Discuta a importância do atrito para conseguir ficar em pé parado, para começar a andar e para modificar o movimento durante uma caminhada.
7. Você já ouviu falar que os astronautas fazem a “caminhada espacial” quando eles se movem do lado de fora da nave espacial? Como é possível que o astronauta “ande” do lado de fora da nave espacial?
8. Escreva uma síntese das observações realizadas: Conte o que fizeram e o que foi observado. Organize os resultados das observações em uma tabela.

### Encaminhando a ação

O primeiro item faz emergir elementos do senso comum que reforçam a concepção de que o movimento é gerado isoladamente, sem a 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 a frente. Essas concepções serão reinterpretadas após o experimento, mas não se preocupe com isso nesse momento. Apenas indique situações em que a compensação fique clara: recuo do canhão, pneu de moto ou carro jogando lama ou pedrisco para trás para o carro começar a andar.

Os itens 2, 3 e 4 referem-se ao fato de a quantidade de movimento depender tanto da



velocidade como da massa dos corpos. No item 2, 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<sup>3</sup>. Assim, por exemplo, para carrinhos pequenos, placas com 20 cm × 60 cm são suficientes; para carrinhos pouco maiores, placas com 40 cm × 100 cm etc. Faça um teste antes de realizar a atividade: é adequado que o carro saia com menor velocidade, e o chão, com a maior velocidade. No experimento da terceira pergunta, o chão sairá com velocidades cada vez menores até no limite apresentado na quarta questão, 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. Nessa atividade, você deve ressaltar 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 que sai para trás, para igualar à quantidade de movimento do carrinho que tem maior massa e menor velocidade para a frente. Não utilize essa atividade para tentar determinar o valor da quantidade de movimento, pois esse aparato não é adequado para isso.

Nos itens 5 e 6 deve-se evidenciar 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. Enquanto o carrinho ficar no ar mantido pela mão, ele não estará interagindo de forma perceptível, a não ser pelo peso dele. Já para permanecer em pé, o atrito com o chão é fundamental para permanecer estático com os pés firmes. Se o chão estiver recoberto por óleo, não conseguimos firmar nosso pé no chão e permanecer em pé.

No item 7, para “andar” no espaço o astronauta precisa interagir com a nave por meio de cabos de segurança, sapatos magnéticos, ou estar preso a ela por braços mecânicos; ou então ele deverá interagir com um equipamento de propulsão, que pode ser a gás ou outro fluido, que o impulsiona em uma direção e em determinado sentido, enquanto o fluido é impelido na mesma direção e no sentido contrário.

A síntese deve ser entendida como um exercício de identificação dos aspectos mais relevantes da atividade e dos resultados obtidos; sua organização e apresentação devem ser feitas na forma de linguagem escrita. Deve-se observar se o procedimento está devidamente caracterizado e se os dados são apresentados de maneira organizada. Para isso, a tabela é uma forma bastante apropriada de apresentação. Verifique, ainda, se os alunos deixaram de apresentar elementos importantes, o que ocorre muitas vezes, pois é comum que os alunos acreditem que podem suprimir tudo o que entendam estar implícito no procedimento realizado. Esse procedimento, muitas vezes, não é o correto, 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 no item 9 como “outros” 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.

<sup>3</sup> Veja a atividade apresentada no vídeo referente ao *Caderno do professor* de Física 1<sup>a</sup> bimestre.



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 A CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR

Esta Situação de Aprendizagem finaliza o debate sobre a conservação da quantidade de movimento no sistema todo e de suas variações nas partes do sistema. Sistematiza 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 diferencia essa Situação de Aprendizagem é recorrer à concepção de conservação para caracterizar a variação da quantidade de movimento.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**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.

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

**Recursos:** roteiro 7 de atividade em grupo, visando a estimar valores de grandezas físicas e solucionar problemas utilizando-se a lei de conservação da quantidade de movimento.

**Avaliação:** deve-se 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-se a lei de conservação da quantidade de movimento; avalie 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 entregue o roteiro 7.

#### Roteiro 7: Colisões ou Trombadas

Discuta com seu grupo as questões e resolva os exercícios propostos:



1. Complete a tabela abaixo com as quantidades de movimento usando a lei de conservação. Faça um desenho para cada uma das colisões, representando os veículos, a direção e o sentido dos movimentos.

Colisão 1	Carro 1		Carro 2		Total
antes	100	+	0	=	100
depois	40	+		=	

Colisão 3	Carro 1		Carro 2		Total
antes	30	+	-100	=	
depois		+	10	=	

Colisão 2	Carro 1		Carro 2		Total
antes	100	+	100	=	
depois	-60	+		=	

2. Complete a tabela a seguir, que apresenta dados de colisões em uma mesma direção com veículos de massas diferentes. Use conservação da quantidade de movimento para calcular o valor das quantidades de movimento ( $Q$ ), da velocidade ( $V$ ) e da massa ( $M$ ). Faça um desenho para cada uma das colisões, representando os veículos, a direção e o sentido dos movimentos.

Colisão	Jamanta		Carro		Total
antes	$M \cdot 20 = Q$	+	$40 \cdot 0 = 0$	=	2 000
depois	$100 \cdot V = 1\ 000$	+	$40 \cdot 25 = 1\ 000$	=	

Colisão 2	Jamanta		Carro 2		Total
antes	$100 \cdot 0 = 0$	+	$40 \cdot 100 = 4\ 000$	=	
depois	$M \cdot 50 = 5\ 000$	+	$40 \cdot V = Q$	=	

Colisão 3	Jamanta		Carro 2		Total
antes	$100 \cdot (-8) = -800$	+	$40 \cdot 20 = 800$	=	
depois	$100 \cdot 10 = 1\ 000$	+	$M \cdot (-25) = -1\ 000$	=	

## Encaminhando a ação

A primeira pergunta proporciona a realização do cálculo da quantidade de movimento total do sistema, a partir dos valores de suas partes, e pede ao aluno que determine o valor envolvido em uma de suas partes, após ter o conhecimento do valor total. O foco está na conservação da quantidade de movimento. No desenho, você poderá identificar 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 do aluno.

A segunda pergunta proporciona a realização do cálculo da quantidade de movimento total do sistema a partir dos valores de suas partes, e pede ao aluno 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 dá fechamento ao tema, envolve um bom entendimento dos elementos discutidos ao longo desse tema.

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

Esta Situação de Aprendizagem finaliza a discussão sobre as variações das quantidades de movimento nas partes do sistema e de sua conservação no sistema todo, visando a dar um fechamento para a discussão sobre a produção e alteração nos movimentos no nosso dia-a-dia. É proposta a simulação de um jul-

gamento num tribunal de “pequenas causas físicas”. Organizando os alunos em grupos de juízes, advogados de defesa e acusação, eles deverão estudar os casos em questão, discutindo-os com base nos conceitos científicos discutidos nas aulas.

**Tempo previsto:** 3 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.

**Estratégias:** debate entre três grupos de alunos com finalidade de organização dos conhecimentos científicos adquiridos, para subsidiar argumentação em atividade lúdica de jogo, em que é simulado um julgamento.

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

**Avaliação:** deve-se avaliar o entendimento do aluno sobre a conservação da quantidade de movimento e sua capacidade de realizar previsões e avaliações de situações cotidianas que envolvem produção e a alteração dos movimentos pautado na variação da quantidade de movimento na parte do sistema mediante a interação; realizar estimativas de força e de tempo nas interações; o produto final de cada julgamento é o veredicto que deve ser avaliado em relação aos conhecimentos físicos desenvolvidos ao longo do semestre e em relação à capacidade de argumentação que cada indivíduo ou cada grupo expressou.



## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Organize a turma em três grupos: um grupo dos juízes, outro dos advogados de acusação (promotores) e outro dos advogados de defesa (defensores). Essa divisão pode ser feita por meio de sorteio, pela sua indicação, ou os alunos já podem ser orientados a escolher em que grupo gostariam de participar. Assim que os grupos estiverem formados, distribua o roteiro 8 e peça que escolham um dos casos apresentados para realizar o julgamento.

Determinado o julgamento que ocorrerá na aula e o papel que cada um 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 entre os grupos, 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 nesse bimestre. 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

Vocês vão simular uma situação de julgamento num tribunal de “pequenas causas físicas”. Para isso vão promover um debate e, no final da aula, devem pronunciar o veredicto para os casos apresentados a seguir (vocês devem escolher um caso por vez). Façam as acusações, defesas e julgamentos usando os conceitos científicos discutidos nas aulas.

**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 dá para pôr o pneu em uma roda.

**Processo x00xx0x0x.2** – Um astronauta é acusado de jogar fora um conjunto de propulsão Me Empurra da Agência Na-

cional de Empurrões Espaciais, devendo indenizar a Agência em cinco *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; o astronauta 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. Em legítima defesa de sua vida, teve que jogar o equipamento para se mover em direção à nave.

**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 do pintor Quadrolângelo, 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 podem ser usados, sem distinção, para pregar pregos de qualquer tamanho em qualquer parede.

**Baixos x00xx0x0x.4** – A Associação dos Pneus Cantores de São Paulo acusa o cantor Luccchhianno 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.

**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 alguma coisa; como não há nenhum objeto ou propulsor ligado ao corpo dele que compense seu movimento, e o campo gravitacional faz ele cair, fica evidente que ele dispara superbufas 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.

## GRADE DE AVALIAÇÃO

Situação de Aprendizagem	Competências e Habilidades	Indicadores 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. Reconhecer a produção do movimento. Reconhecer as interações com outra parte do sistema físico como causa das alterações no movimento. Identificar as interações nas formas de controle das alterações no movimento. Classificar as alterações do movimento em categorias.
5	Utilizar terminologia científica adequada para descrever as variações no movimento. 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. $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$ Identificar características e propriedades de materiais, tecnologias e procedimentos, necessários para privilegiar uma característica desejada nessas variáveis durante a interação. Realizar transformações de unidades.



6	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.	Identificar procedimentos em que sejam realizadas medidas qualitativas de espaço e de tempo para determinação da variação da quantidade de movimento.  Executar um procedimento que evidencie a compensação na produção do movimento.  Reconhecer a importância da interação na produção do movimento.  Identificar as diferentes características do movimento adquiridas pelas partes do sistema físico em interações, relacionando-as com as massas de seus componentes.
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.
8	Utilizar modelo explicativo de movimento para compreender a variação e a compensação dos movimentos de translação.  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 nos movimentos no nosso dia-a-dia.

## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. Um automóvel para quase que instantaneamente ao bater frontalmente em uma grande árvore. Explique qual a vantagem para seus passageiros o fato de ele ter *airbag*.

*Terá menor força durante maior período de tempo.*

*A proteção oferecida pelo airbag é definida pela relação entre a variação da quantidade de movimento e o tempo, dados pela expressão  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$  ou  $F = \Delta Q/\Delta t$ . 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 minutos = 120 segundos e o deslocamento é de 120 metros, a velocidade  $v = \Delta S / \Delta t = 120 / 120 = 1 \text{ m/s}$ . 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 oposta ao foguete; 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  $v = 60 \text{ kg} \cdot \text{m/s} / 3 \text{ kg} = 20 \text{ m/s}$ .

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 segundos, qual será a separação 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.

$Q \text{ antes} = Q \text{ depois} = 0$   
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 segundos, 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 – 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!**



*Pendência entre o conde Amassadini e sir Hard Arm*

Retirado de *Leituras de Física*, do GREF.

Colisão	Alfa Morreo		Ford 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	$1,2 \text{ t} \cdot 0 \text{ km/h} = 0 \text{ t} \cdot \text{km/h}$	+	$0,8 \text{ t} \cdot 0 \text{ km/h} = 0 \text{ t} \cdot \text{km/h}$	=	$t \cdot \text{km/h}$

Pela conservação da quantidade de movimento  $Q = -7,2 \text{ t} \cdot \text{km/h}$ , já que a soma delas deve ser zero (total), portanto  $Y = -9 \text{ km/h}$ , o sinal negativo indica que a velocidade do Ford 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.
- Que procedimento você sugere para obter estas informações efetivamente?
  - Que coisas 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, determinação da velocidade, 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:  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$*

### 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, avalia 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 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; 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<sup>4</sup> 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 de conservação da quantidade de movimento<sup>5</sup>.

A segunda lei determina a força como a razão entre a quantidade de movimento em re-

lação ao tempo, como já vimos,  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$  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  $d\vec{P} = \vec{F}dt$  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 outra parte<sup>6</sup>.

### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9 ANÁLISE DAS PARTES DE UM SISTEMA DE CORPOS

Esta Situação de Aprendizagem tem início com um diagrama de força (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  $\Delta\vec{Q} = \vec{F} \cdot \Delta t$ .

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> Veja p. 44 do livro *Física 1: Mecânica* do GREF, Edusp, 2002.

<sup>6</sup> Veja pp. 45 e 46 do livro *Física 1: Mecânica* do GREF, Edusp, 2002.



**Tempo previsto:** 2 aulas.

**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.).

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

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

**Avaliação:** deve-se avaliar a variedade e a qualidade das manifestações dos alunos sobre as questões físicas envolvidas em cada caso apresentado; avalie 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

O professor 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 na Situação de Aprendizagem 9.

Organize os alunos em grupos de no máximo três alunos; distribua aos grupos o roteiro 9.

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 Normal  $N$  deverá ser igual ao do peso neste caso. O atrito nesse caso será calculado pela fórmula  $F_{at} = \mu \cdot N$ . Informe aos alunos que eles devem achar a força resultante e a aceleração do trem, para depois obter as demais forças, a velocidade e o tempo etc.



**Roteiro 9: Leis de Newton – identificando forças e construindo diagramas de corpo livre<sup>7</sup>**

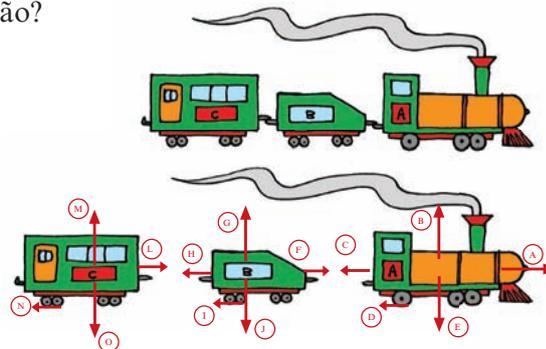
Resolva com seu grupo as seguintes questões:

	<p>O ladrão ao lado não conseguiu abrir o cofre e decidiu “levar serviço para casa”. O diagrama de forças abaixo indica as várias interações presentes nesta delicada operação.</p>
	Força N°
Atrito do pé no chão	
Atrito do chão no pé	
Normal do ladrão no cofre	
Normal do cofre no ladrão	
Atrito do cofre no chão	
Atrito do chão no cofre	
Peso do cofre	
Normal do chão no cofre	
Peso do ladrão	
Normal do chão no ladrão	

1. Complete a tabela desse quadro com os números corretos das forças.
2. Indique quais as forças que possuem a mesma intensidade.
3. Que forças constituem pares de ação e reação?

**A situação:**

Uma locomotiva de 30 000 kg é utilizada para movimentar dois vagões, um de combustível de 5 000 kg e outro de passageiros de 25 000 kg, conforme mostra a figura. Sabe-se que a força de tração sobre a locomotiva é de 30 000 N.



Conexão Editorial

1. Encontre o valor de todas as forças. Considere que o coeficiente de atrito é igual 0,008.
2. Encontre a força resultante.
3. Encontre a aceleração.
4. Calcule o tempo que ele leva para atingir 21 m/s.

Agora, faça no seu caderno uma tabela que organize os dados e os cálculos de cada força.

<sup>7</sup> Atividades extraídas das *Leituras de Física* do GREF, com adaptação das imagens.



## Encaminhando a ação

Ao término do tempo estipulado para a atividade nos pequenos grupos, peça aos alunos dos grupos 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 trata-se da força de atração no centro da Terra. Para elucidar essa questão pode ser feita 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 pratiquem exercícios que podem ser respondidos com as leis de Newton; faça listas de exercícios para eles. Há muitos exercícios tanto em livros didáticos de Ensino Médio como em questões para vestibulares.

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

Essa Situação de Aprendizagem tem o objetivo de comparar as leis de conservação com as leis de Newton. As leis de conservação da quantidade de movimento que propiciam a compreensão de um sistema físico como um todo, identificando as variações da quantidade de movimento em suas partes, deter-

minadas 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, é possível concluir o que acontecia antes e depois da interação.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**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 na partes do sistema e lei de conservação como determinação do sistema todo.

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

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



**Avaliação:** deve-se 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 de conservação da quantidade de movimento quanto pelas leis de Newton.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

De início, explique para os alunos que serão retomados conteúdos já trabalhados em

sala de aula, mas discutidos com outra abordagem. Divida a classe em grupos e distribua o roteiro 10.

### 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.

1. 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  $\Delta Q = m \cdot \Delta v$ ;  $\Delta Q = 800 \cdot (0 - 17) = -13\,600 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ , tendo percebido que  $\Delta Q = F \cdot \Delta t$

Freada	Força de atrito (N)	Tempo da freada (s)	$\Delta Q$ (N · s)
I	-3 400	4	= -13 600

Agora, use a segunda lei de Newton e determine a força de atrito. Partindo da aceleração do sistema, use a estimativa de 4 segundos para a freada, a função horária do movimento e determine a aceleração.

Lembre-se de que a velocidade final após 4 segundos deve ser zero e a força de atrito necessária será igual à que foi determinada anteriormente. Verifique!

2. Também podemos determinar a variação de uma parte do sistema a partir da determinação da variação da outra, usando as leis de Newton.

Colisão 2	Jamanta	Carro
antes	$100 \cdot 0 = 0$	$40 \cdot 100 = 4\,000$
depois	$100 \cdot 50 = 5\,000$	$40 \cdot v = Q$

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 do carro. Compare os resultados com os obtidos na Situação de Aprendizagem 7. Será 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.



## Encaminhando a ação

Na questão 1, determinaremos a força de atrito pela aplicação da segunda lei de Newton. A partir dos valores estimados para o tempo da freada, pode-se 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 obtido 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 segunda questão explicita a necessidade de estimar o tempo de interação para a reso-

lução 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 determinar 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 ajudados e orientados a executar todas essas etapas.

Deve ser ressaltado que as leis de Newton tratam o momento da interação, enquanto as leis de conservação tratam da quantidade de movimento e as de sua variação tratam do sistema todo. Deve ser ressaltado ainda que as duas formas podem trazer soluções para os sistemas físicos clássicos antes, durante e depois das interações.

## GRADE DE AVALIAÇÃO

Situação de Aprendizagem	Competências e Habilidades	Indicadores de Aprendizagem
9	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.).	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. Determinar valores de grandezas do movimento e sua variação pela atuação de força em interações físicas.
10	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 lei de 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. Identificar o caráter geral da lei de conservação e o caráter particular das leis de Newton. Identificar que tanto a lei de conservação da quantidade de movimento (antes, durante e depois da interação) determinam 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 a vela pede que os marinheiros abanem as velas para que o barco comece a andar. 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, se chocam. Durante a colisão, em valor absoluto, a aceleração média do carro A é igual a  $1,0 \text{ cm/s}^2$  e a do carro B é igual a  $0,8 \text{ cm/s}^2$ . Sendo  $800 \text{ kg}$  a massa do carro A, a massa do carro B é de

- a)  $600 \text{ kg}$ .
- b)  $800 \text{ kg}$ .
- c)  $1000 \text{ kg}$ .
- d)  $1600 \text{ kg}$ .
- e)  $2000 \text{ kg}$ .

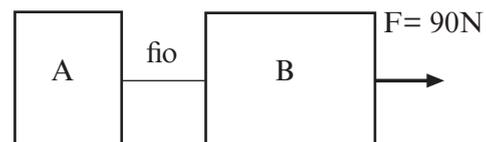
*Do princípio de Ação e Reação, temos que as intensidades das forças no momento da interação são iguais,  $F_a = F_b$ , portanto:*

$$m_a \cdot a_a = m_b \cdot a_b$$

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

$$m_b = 1000 \text{ kg.}$$

3. Dois blocos A e B, com massas  $A = 15 \text{ kg}$  e  $B = 30 \text{ kg}$ , 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  $90 \text{ N}$ .





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

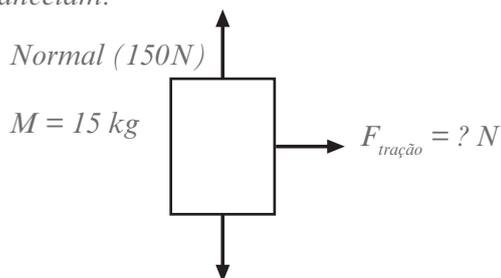
- a)  $2\text{m/s}^2$  e  $30\text{N}$ .
- b)  $2\text{ m/s}^2$  e  $20\text{ N}$ .
- c)  $3\text{ m/s}^2$  e  $5\text{ N}$ .
- d)  $3\text{ m/s}^2$  e  $10\text{ N}$ .
- e)  $2\text{ m/s}^2$  e  $10\text{ N}$ .

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

$$F = m \cdot a, \text{ ou seja, } 90\text{ N} = 45\text{ kg} \cdot a$$

portanto  $a = 2\text{m/s}^2$ .

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



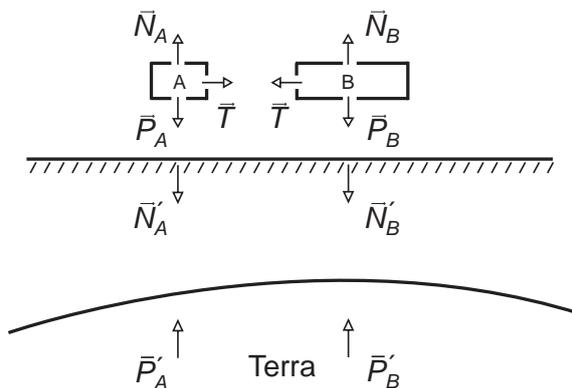
(Diagrama de forças)  $a = 2\text{m/s}^2$  portanto pela segunda lei de Newton

$$F = m \cdot a, \text{ ou seja,}$$

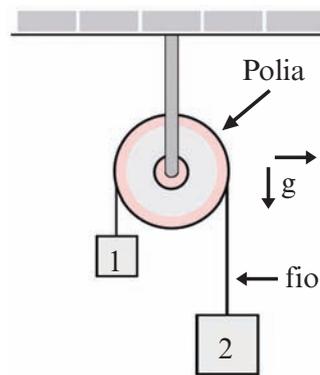
$$F_{\text{tração}} = 15\text{ kg} \cdot 2\text{ m/s}^2 = 30\text{ N}.$$

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

deste 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.



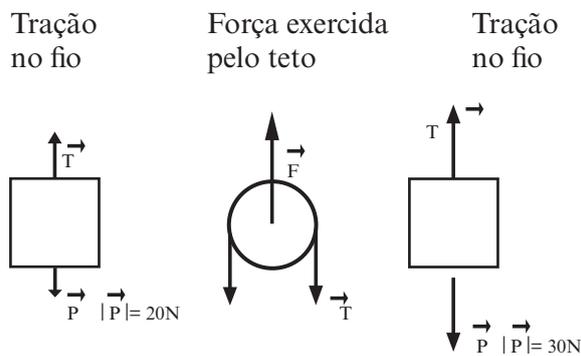
4. A máquina de Atwood consiste numa polia presa ao teto, um fio e duas massas presas como é indicado na figura. Usando massas  $m_1 = 2\text{ kg}$  e  $m_2 = 3\text{ kg}$ , uma polia ideal e um fio ideal e inextensível, num local em que a aceleração da gravidade é  $10\text{ m/s}^2$ , faça o diagrama 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:



Conexão Editorial

Qual seria a velocidade de cada um dos blocos, 15 segundos 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 ( $P = m \cdot g$ ).



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  $F = m \cdot a$ , ou seja,  $10 \text{ N} = 5 \text{ kg} \cdot a$ ;  $a = 2 \text{ m/s}^2$ .

Usando os diagramas de força, determina-se a força de tração; veja que se pode 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 20N, pela segunda lei teremos  $F = m \cdot a$ , ou seja,  $(T - 20) \text{ N} = 2 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2$ ; portanto  $T = 24 \text{ N}$ .

O corpo 2 à direita desce, portanto o peso de 30 N é maior que a tração, pela segunda lei teremos  $F = m \cdot a$ , ou seja,  $(30 - T) \text{ N} = 3 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2$ ; portanto  $T = 24 \text{ N}$ , 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 ocorreria 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 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  $a = 2 \text{ m/s}^2$  e o conceito de aceleração média ou a função horária do movimento.



$$a = \Delta V / \Delta t \quad 2 \text{ m/s}^2 = (V_f - 0) / 15 \text{ s}$$

portanto  $V_f = 30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$ .

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

### Grade de correção das questões

As perguntas 1 e 2 tratam da terceira lei de Newton e avaliam o entendimento do aluno sobre quando o par ação e reação está em cor-

pos distintos e por isso não se anula, tendo a mesma intensidade, a mesma direção e sentidos opostos.

As questões 3, 4 e 5 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, para encaminhar os alunos para uma recuperação 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 o aluno quais foram as competências e habilidades atingidas ou não é muito importante em todo este processo. Os limites para dar continuidade aos estudos no final do 1º bimestre, 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 3 do roteiro 1, a pergunta 4 do roteiro 2 e as perguntas 1, 2 e 3 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, as competências e habilidades a seguir devem ser atingidas durante o bimestre:

- ▶ 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 para 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 2 e 5 do roteiro 6 e o roteiro 7 completo. Discuta as informações apresentadas e determine os cálculos necessá-



rios 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 de 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 o aluno a compreender 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 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 discu-

tam as leis de Newton, sendo que você deve realizar 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 na pergunta 5 do roteiro 3, na pergunta 5 do roteiro 5, e na pergunta 8 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 verificação destas competências e habilidades e, para isso, tome como base as questões usadas nas diversas Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno.

## 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, citadas no corpo das Situações de Aprendizagem.

O livro do professor do 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, e com isso buscam caracterizar que as variações nos movimentos se dão de forma a conservar a quantidade de movimento total do sistema. 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 ampliação 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 ainda apêndices e exercícios complementares, que tratam de situações específicas e que podem auxiliar você.

Nos *sites* e livros a seguir existe material de apoio para complementar o planejamento das aulas. Há quatro espaços particulares para consulta de materiais de ensino que ampliam as discussões propostas em todos os Cadernos.

### Sites

NuPIC. Disponível em: <[http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal\\_leituras.html](http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal_leituras.html)>. Acesso em: 20 jun. 2008.

Site do Núcleo de Pesquisa em Inovação Curricular da Faculdade de Educação da USP. Contém sequências de ensino, propostas de atividades, objetos virtuais. Na página principal o item PCSP contém material específico para algumas Situações de Aprendizagem dos Cadernos desta coleção.

PEC/PEBII. Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/estrutura/pec>>. Acesso em: 29 jul.2008.

Espaço originário do Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio de Física. Contém os cadernos utilizados nos cursos, com leituras, propostas de atividades de ensino.

PROFIS. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/profis/grefleituras.html>>. Acesso em: 20 jun. 2008.

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 Fi-



sica, eventos e todo o material desenvolvido pelo GREF.

**PRÓ-UNIVERSITÁRIO FÍSICA.** Disponível em: <<http://naeg.prg.usp.br/puni/disciplinas/fisica/index.htm>>. Acesso em: 20 jun.2008.

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.

Outras leituras e sugestões de atividades podem ser obtidas em:

## Livros

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF. *Física 1 – Mecânica*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 1998.

Nesse livro do GREF, dirigido ao professor de Física, o estudo dos movimentos é desenvolvido de forma totalmente diferenciada da maioria dos outros livros didáticos. Os temas são apresentados de maneira contextualizada e com rigor formal da Física, com enfoque conceitual, e não apresenta os repetitivos exercícios encontrados na maioria dos livros didáticos, pois cada atividade cumpre uma função no aprendizado. Ao final de cada capítulo são apresentados vários exercícios que tratam de maneira inteligente os pontos centrais. Há um grande número de experimentos de baixo

custo que podem ser feitos pelos alunos, além de ótimas sugestões de atividades.

## Filmes

Veja os filmes *Armageddon* e *Impacto profundo*, que podem ser utilizados nas discussões desse bimestre.

*Armageddon*. Direção: Michael Bay. EUA, 1998. 150 min. 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 irá colidir com a Terra. O filme retrata a preparação de um grupo para tentar evitar a colisão tentando modificar a trajetória do asteroide.

*Impacto profundo*. Direção: Mimi Leder. EUA, 1998. 120 min. DreamWorks SKG / Paramount Pictures / Zanuck / Brown Productions. Paramount Pictures / UIP.

Um astrônomo-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 americanos e russos planeja colocar detonadores nucleares para fragmentar o cometa e salvar o planeta, o que funciona em parte, mas fragmentos dele ainda atingem o planeta, causando grande destruição.

## 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 da reflexão e da tomada de decisão, que propiciam uma argumentação consistente e científica acerca do mundo em que vivemos. Outra prioridade dos textos é a valorização do trabalho prático, bem como a resolução de problemas. Desta forma, procuramos tornar o cotidiano das aulas de Física mais interessante, tanto ao estudante como a você, por estimular a criatividade e a iniciativa à superação de desafios.

Procuramos também preservar o seu espaço, professor, requisitando um grande trabalho de sua parte, seja na organização, escolha e encaminhamento do trabalho prático, tendo como referência os procedimentos apresentados neste Caderno. O maior desafio está na articulação entre as atividades propostas e a realidade da escola de cada um, que é o momento de criação, de iniciativa, de sua autoria. E são esses encaminhamentos que darão corpo e realidade à proposta. Nesse trabalho, você adequará a proposta às situações espe-

cíficas de cada grupo de alunos, resgatando a importância da especificidade da formação discente.

As questões de interpretação e releitura dos textos dos roteiros de atividade abordados na recuperação devem ser elaboradas de forma a permitir a verificação destas competências e habilidades. É importante identificar que o desenvolvimento destas competências relacionadas à formação de um leitor competente não pode ser apartado do estudo dos conhecimentos de áreas específicas.

Por fim, este material possibilita que você ofereça um repertório diversificado de Situações de Aprendizagem para seus alunos, permitindo-lhes desempenhar 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 bimestral, poderá promover uma educação mais dialogada e aumentar consideravelmente as possibilidades de aprendizagem.

Bom trabalho!



 *Anotações*

A spiral-bound notebook page with horizontal lines. The spiral binding is on the right side. The page is mostly blank, with the word 'Anotações' written at the top left.

