

caderno do  
**PROFESSOR**

# FÍSICA



ensino médio

**1ª SÉRIE**

**volume 4 - 2009**



## GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador  
**José Serra**

Vice-Governador  
**Alberto Goldman**

Secretário da Educação  
**Paulo Renato Souza**

Secretário-Adjunto  
**Guilherme Bueno de Camargo**

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**

Coordenador de Ensino do Interior  
**Rubens Antonio Mandetta**

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

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

Ghislaine 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:** Ghislaine Trigo Silveira, Fabíola Bovo Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana, Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

**Ciências:** Ghislaine Trigo Silveira, Cristina Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Julio César Foschini Lisboa, 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 Jacometti Ydi e Yassuko Hosoume

**Física:** Luis Carlos de Menezes, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia Salem e Yassuko Hosoume

**Química:** Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Denise Moraes Zambom, Fábio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteadó Lamas e Yvone Mussa Esperidião

##### Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

**Arte:** Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins, Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino 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, Livia de Araujo 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 Piotropaolo e Walter Spinelli

##### Caderno do Gestor

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

##### Equipe de Produção

**Coordenação Executiva:** Beatriz Scavazza

**Assessores:** Alex Barros, 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 e Luis Márcio Barbosa

**Projeto Editorial:** Zuleika de Felice Murríe

**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

## 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

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.

Catálogo 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 4 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Yassuko Hosoume. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-405-6

1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Rouxinol, Estevam. III. Brockington, Guilherme. IV. Gurgel, Ivã. V. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VI. Bonetti, Marcelo de Carvalho. VII. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. VIII. Siqueira, Maxwell Roger da Purificação. IX. Hosoume, Yassuko. X. Título.

CDU: 373.5:53

Caras professoras e caros professores,

Este exemplar do Caderno do Professor completa o trabalho que fizemos de revisão para o aprimoramento 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.

Graças às análises e sugestões de todos os professores pudemos finalmente completar um dos muitos recursos criados para apoiar o trabalho em sala de aula.

O conjunto dos Cadernos do Professor constitui a base estrutural das aprendizagens fundamentais a serem desenvolvidas pelos alunos.

A riqueza, a complementaridade e a marca de cada um de vocês nessa elaboração foram decisivas para que, a partir desse currículo, seja possível promover as aprendizagens de todos os alunos.

Bom trabalho!

**Paulo Renato Souza**

Secretário 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 Caderno</b>	<b>8</b>
<b>Tema 1 – Universo, Terra e vida: Sistema Solar</b>	<b>9</b>
Situação de Aprendizagem 1 – Matéria, movimento e Universo	9
Situação de Aprendizagem 2 – 2001: o futuro que já passou	15
Situação de Aprendizagem 3 – As leis de Kepler	25
Proposta de Situação de Recuperação	30
<b>Tema 2 – Universo, Terra e vida: origem do Universo e compreensão humana</b>	<b>31</b>
Situação de Aprendizagem 4 – Dimensões do espaço e do tempo	31
Situação de Aprendizagem 5 – A enciclopédia galáctica	40
Proposta de Situação de Recuperação	43
Grade de Avaliação	44
<b>Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno sobre a compreensão do tema</b>	<b>46</b>
<b>Considerações finais</b>	<b>48</b>

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

Caros(as) professores(as)

Este volume dos Cadernos do Professor completa o conjunto de documentos de apoio ao trabalho de gestão do currículo em sala de aula enviados aos professores em 2009.

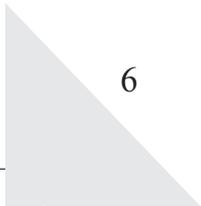
Com esses documentos, a Secretaria espera apoiar seus professores para que a organização dos trabalhos em sala de aula seja mais eficiente. Mesmo reconhecendo a existência de classes heterogêneas e numerosas, com alunos em diferentes estágios de aprendizagem, confiamos na capacidade de nossos professores em lidar com as diferenças e a partir delas estimular o crescimento coletivo e a cooperação entre eles.

A estruturação deste volume dos Cadernos procurou mais uma vez favorecer a harmonia entre o que é necessário aprender e a maneira mais adequada, significativa e motivadora de ensinar aos alunos.

Reiteramos nossa confiança no trabalho dos professores e mais uma vez ressaltamos o grande significado de sua participação na construção dos conhecimentos dos alunos.

**Maria Inês Fini**

Coordenadora Geral  
Projeto São Paulo Faz Escola



# FICHA DO CADERNO

## Universo, Terra e vida

<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>Volume:</b>	4
<b>Temas e conteúdos:</b>	<p>Mudança da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica, relacionando-a com as mudanças sociais que lhe são contemporâneas</p> <p>Campos gravitacionais e relações de conservação na descrição do movimento do sistema planetário, dos cometas, das naves e dos satélites</p> <p>Teorias e modelos propostos para origem, evolução e constituição do Universo</p> <p>Etapas da evolução estelar</p> <p>Estimativas das ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida, em geral, e a vida dos seres humanos, em particular, temporal e espacialmente no Universo</p> <p>Avaliação científica das hipóteses de vida fora da Terra</p> <p>Evolução dos modelos científicos sobre o Universo</p> <p>Algumas especificidades do modelo cosmológico atual</p>

## ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Dando continuidade ao aprendizado iniciado no Caderno anterior, propomos neste Volume a investigação do grande tema Universo, Terra e vida sob as perspectivas histórica e tecnológica. Do ponto de vista histórico, partimos da investigação da evolução das concepções de Universo e da matéria, enfatizando aspectos da história mais recente, como o surgimento de novas concepções sobre o espaço e o tempo e suas repercussões. Também apontamos para as possibilidades futuras que o atual conhecimento científico permite imaginar: os próximos passos na exploração do espaço e as chances de encontrarmos vida fora da Terra. Do ponto de vista tecnológico, espaçonaves, sondas espaciais, satélites e outros artefatos e técnicas relacionados ao tema são abordados no contexto das leis da mecânica e de suas aplicações.

Entre as habilidades e competências que procuramos promover, foi dada ênfase à leitura e à interpretação de textos escritos ou de

material audiovisual. Embora essenciais, essas ferramentas são raramente desenvolvidas em aulas de Física. Enfatizamos também as habilidades de transposição de uma forma de linguagem para outra, sobretudo em relação à matemática e aos textos científicos. O uso do computador e de recursos audiovisuais também é bastante presente, apesar de todas as atividades oferecerem alternativas, caso estes recursos não estejam disponíveis.

As oportunidades de avaliação de aprendizagem foram consideradas na elaboração de todas as atividades, havendo diversas situações em que você, professor, deverá acompanhar o processo de leitura, interpretação, tomadas de medidas, confecção de gráficos e diagramas e produção de apresentações. Esperamos que, por meio desta avaliação contínua, você tenha condições de acompanhar o desenvolvimento de cada aluno e tomar medidas que permitam sanar eventuais dificuldades ainda durante o processo de aprendizagem.

## TEMA 1 – SISTEMA SOLAR

Neste tema, o conjunto de Situações de Aprendizagem propostas tem como objetivo estudar três aspectos fundamentais sobre o Sistema Solar.

O primeiro deles, que poderíamos denominar aspecto **histórico-filosófico**, é explorado principalmente na Situação de Aprendizagem 1, por meio das visões de Universo historicamente construídas em sua relação com as concepções de espaço e matéria.

O segundo aspecto é o **sociotecnológico**,

que se refere à exploração do espaço, abordado sobretudo nas Situações de Aprendizagem 2 e 3. Finalmente, o terceiro aspecto fundamental é o **conceitual-fenomenológico**, que aparece nas três Situações de Aprendizagem, enfatizando o conhecimento sobre as leis e os conceitos empregados pela Física na interpretação dos fenômenos do movimento, particularmente dos corpos celestes. Isso pode ser visto mais intensamente nas Situações de Aprendizagem 2 e 3, em que as leis clássicas do movimento são apresentadas e empregadas na interpretação de diversos fenômenos.

### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 MATÉRIA, MOVIMENTO E UNIVERSO

Esta Situação de Aprendizagem tem duplo objetivo. Primeiramente, dando continuidade ao processo iniciado em diversas atividades propostas no Volume anterior, deseja-se desenvolver habilidades relacionadas à pesquisa em suas diversas etapas:

- ▶ Busca em fontes de consulta, seja pela internet, ou por meio de materiais bibliográficos ou audiovisuais.
- ▶ Interpretação desses materiais e identificação das informações relevantes aos objetivos da pesquisa.

- ▶ Elaboração de relato da pesquisa na forma de um pôster.

Além disso, pretende-se que os alunos tenham ao menos um contato abrangente com alguns aspectos da sucessão de teorias e modelos que explicam os fenômenos físicos fundamentais do Universo, o que inclui as teorias sobre a matéria, sobre o movimento e sobre o Universo em um contexto integrado.

**Tempo previsto:** 4 aulas.

**Conteúdos e temas:** teorias, modelos e processos de investigação sobre a origem, a evolução e a constituição do Universo; evolução dos modelos sobre o Universo (matéria, radiação e interações); as etapas da evolução estelar (formação, gigante vermelha, anã branca, supernova, buraco negro); algumas especificidades do modelo cosmológico atual (espaço curvo, universo inflacionário, *Big Bang*).

**Competências e habilidades:** buscar, interpretar e identificar informações relevantes, por meio da internet, de materiais audiovisuais ou de outras fontes de consulta bibliográfica; elaborar e apresentar relatos na forma de pôster.

**Estratégias:** pesquisa bibliográfica; elaboração e apresentação de pôsteres.

**Recursos:** *sites*, livros e revistas.

**Avaliação:** avaliar a participação e o desempenho dos alunos nas pesquisas; elaboração e apresentação dos pôsteres.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

A proposta para esta Situação de Aprendizagem é promover uma exposição de pôsteres elaborados pelos alunos, tal como em um simpósio de pesquisa. Os temas dos pôsteres serão distribuídos entre os grupos das diversas turmas. Seria conveniente conseguir um espaço na escola (um corredor, um pátio, uma quadra) onde os trabalhos possam ser expostos, permitindo que todos vejam os cartazes dos colegas.

Se possível, também seria interessante socializar os resultados dos trabalhos com toda a escola. Nesse caso, os grupos poderiam ficar à disposição dos colegas, funcionários e visitantes para explicar o conteúdo de seus pôsteres.

Um concurso para eleger os melhores cartazes também poderia ser promovido, com votação dos próprios alunos. Por meio desta

estratégia, espera-se que eles tenham interesse em produzir seus cartazes com a melhor qualidade possível, uma vez que os trabalhos serão expostos e poderão participar de um concurso.

Outra possibilidade é promover uma exposição dos melhores pôsteres para a Diretoria de Ensino ou de região, já que as diversas escolas estarão realizando a mesma atividade na mesma época.

Esta atividade pode contar com a ajuda de professores de outras áreas, promovendo a integração entre os componentes curriculares, por exemplo:

- ▶ **História e Filosofia:** professores destas disciplinas podem ajudar na pesquisa de informações, sobretudo (mas não somente) naquelas referentes às concepções de mundo da Antiguidade.

- ▶ Química: como boa parte do tema se relaciona às concepções sobre a matéria, o professor desta disciplina certamente terá muito a contribuir.
- ▶ Arte: a elaboração dos pôsteres pode contar com a ajuda destes professores.
- ▶ Língua Portuguesa e Literatura: os professores dessas disciplinas podem assessorar a elaboração dos textos e contribuir com elementos para a pesquisa.
- ▶ Língua estrangeira: muitas matérias podem ser obtidas em língua estrangeira. Uma assessoria pode ser útil tanto na fase da pesquisa (quais termos empregar para uma busca na internet ou em uma biblioteca, por exemplo), como para a tradução de textos.

## Encaminhando a ação

Estão previstas quatro aulas para esta Situação de Aprendizagem, porém, sua realização exige momentos não contíguos durante o bimestre. Sugerimos que a primeira aula deste Caderno seja ocupada com a orientação a respeito da pesquisa e que, na sequência, seja trabalhada a Situação de Aprendizagem 2, dando um prazo para que os alunos apresentem os materiais pesquisados. Da mesma forma, as outras duas aulas programadas para a atividade seriam intercaladas entre as outras Situações de Aprendizagem. A ideia é que, nestas aulas intermediárias, você possa verificar o andamento das pesquisas e a confecção dos cartazes, além de estabelecer breves relações entre a pesquisa e os demais assuntos tratados em aula. O Quadro 1 a seguir mostra um esquema possível de encaminhamento da Situação de Aprendizagem 1, em aulas intercaladas.

Aula	Etapa da pesquisa	Tema abordado
Situação de Aprendizagem 1 – Matéria, movimento e Universo		
1	Apresentação da pesquisa	Teorias da Antiguidade
Situação de Aprendizagem 2 – 2001: o futuro que já passou		
5	Checagem de materiais pesquisados	Astronomia e mecânica clássica
Situação de Aprendizagem 3 – As leis de Kepler		
9	Projetos dos pôsteres	Teorias da cosmologia moderna
Situação de Aprendizagem 4 – Dimensões do espaço e do tempo		
13	Apresentação dos pôsteres	
Situação de Aprendizagem 5 – A enciclopédia galáctica		

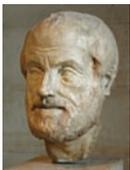
Quadro 1– Sugestão de encaminhamento da Situação de Aprendizagem 1.

## Apresentando a pesquisa

Na primeira aula desta Situação de Aprendizagem, você deve apresentar a proposta de pesquisa, indicando os temas a serem trabalhados. No Quadro 2 sugerimos 20 temas, dos quais talvez possam ser escolhidos oito por classe, dependendo do número de alunos por grupo. Cada tema de pesquisa está associado ao nome de um cientista ou de um filósofo que trabalhou em torno desse assunto. Os temas são distribuídos por épocas, abrangendo desde a Antiguidade grega, passando pela Renascença, até os tempos modernos. A escolha teve

como critério, além da relevância do assunto, a disponibilidade de informações, tanto na internet, como em livros e enciclopédias. Por isto, decidimos não sugerir, por exemplo, temas da Idade Média, cujos materiais em português são raros.

A pesquisa com recursos da internet deve ser dirigida de forma a não se restringir a um simples “copiar e colar”, sem reflexão. Para isto, tarefas específicas são solicitadas aos alunos, que deverão transformar as informações obtidas em suas pesquisas em uma nova mídia, com novos objetivos e enfoques.

	Filósofo ou cientista	Tema de pesquisa
1	Aristóteles  © Wikipedia	Os elementos, a teoria do movimento, o céu e a Terra.
2	Leucipo de Mileto	Os átomos, o movimento e a matéria. O vazio.
3	Cláudio Ptolomeu	O sistema geocêntrico.
4	Giordano Bruno  © Wikipedia	Cosmologia e vida em outros planetas.
5	Nicolau Copérnico	O sistema heliocêntrico.
6	Galileu Galilei	O heliocentrismo, a relatividade e a inércia.
7	Johannes Kepler  © Wikipedia	As leis de Kepler e o modelo de Sistema Solar.
8	Christiaan Huygens	As descobertas astronômicas e a teoria da luz.
9	Isaac Newton	A gravitação e as leis do movimento. Os átomos de luz.
10	Pierre Simon Laplace	A hipótese nebular da formação do Sistema Solar. O determinismo.

11	Immanuel Kant		A vida em outros planetas. A formação do Sistema Solar.
12	John Dalton	 © Library of Congress	A matéria e os átomos.
13	Niels Bohr	 © Library of Congress	O modelo do átomo.
14	Albert Einstein		A teoria da relatividade. Equivalência entre matéria e energia.
15	Werner Karl Heisenberg		A mecânica quântica e o princípio da incerteza.
16	Paul Adrien Maurice Dirac		A relatividade e a antimatéria.
17	Arthur Stanley Eddington		A fusão nuclear e as estrelas.
18	Edwin Hubble	 © Smoker Association	A lei de Hubble e a expansão do Universo.
19	Murray Gell-Mann		Os <i>quarks</i> e o modelo padrão.
20	George Anthony Gamov		A teoria do <i>Big Bang</i> .

Elaborado especialmente para o *São Paulo Faz Escola*

Quadro 2 – Propostas temáticas para realização da Situação de Aprendizagem 1.

A ideia é que os alunos procurem informações sobre estes assuntos e façam cópias dos materiais (impressão ou fotocópia) para trazer para a sala de aula. Você deverá checar estes materiais para se certificar de que têm realmente relação com o tema proposto. A pesquisa iconográfica (figuras, fotos, esquemas) também é importante, pois estes elementos serão fundamentais na elaboração dos cartazes.

Sobrando tempo, após a escolha dos temas e as questões que os alunos certamente terão sobre os trabalhos, você pode comentar algo sobre as ideias gregas a respeito do Universo (temas 1 a 3) e os questionamentos destas ideias surgidos no Renasci-

mento (temas 4 a 6). Um ponto importante é a passagem do modelo geocêntrico para o heliocêntrico e as complicações que isso produziu na época de Galileu, em razão da adoção do modelo geocêntrico pela Igreja. Havendo a possibilidade de aprofundar, você pode encontrar informações sobre o assunto em diversos livros. Recomendamos *O Universo: teorias sobre sua origem e evolução*, de Roberto de Andrade Martins. Disponível em muitas escolas, os DVDs da série *Cosmos* também podem ser úteis no preparo desta discussão, particularmente o episódio 3 (*A harmonia dos mundos*). Em algumas bibliotecas, pode-se encontrar a obra escrita na qual a série foi baseada.

## Checando os materiais pesquisados

A quinta aula do bimestre (conforme proposto na Quadro 1), logo após a Situação de Aprendizagem 2, pode ser reservada para uma checagem dos materiais obtidos pelos alunos. Neste dia, é importante que todos os grupos tragam os materiais encontrados e que servirão de base para a produção do pôster. Nesta etapa seria conveniente que você checasse os materiais de todos os grupos da classe, opinasse sobre sua pertinência e sugerisse eventuais aprofundamentos da pesquisa.

Nesta aula, também seria importante estabelecer regras para a confecção dos cartazes. A opção mais simples e barata é usar uma única folha de cartolina por grupo. Sobre esta folha poderiam ser escritos textos, desenhadas figuras à mão ou colados textos e figuras impressos em computador. É importante que o pôster tenha uma linguagem visual, com pouco texto, dando destaque apenas para os aspectos principais. Isto exigirá dos alunos a capacidade de síntese e a leitura atenta dos materiais pesquisados. Os textos deverão ser escritos em letras grandes, para que sejam legíveis. As figuras, igualmente, não podem ser pequenas demais. O título e o nome dos autores deverão estar presentes bem como a referência a todas as fontes consultadas. Você pode pedir também um resumo impresso, de uma única página, sobre o conteúdo do cartaz.

Nessa aula, se houver tempo, você pode discutir um pouco a respeito da importância dos trabalhos de Galileu, Newton e Kepler para a compreensão do Universo, dando continuidade à discussão iniciada na primeira aula. Pode-se falar também sobre as teorias de Laplace e Kant sobre a formação do Sistema Solar e as especulações em torno da existência de outros sistemas solares. Os mesmos materiais que recomendamos anteriormente (o livro de Roberto de Andrade Martins e o episódio 3 da série *Cosmos*) podem ser uma boa base.

## Os projetos dos pôsteres

Na nona aula deste Caderno, deverão ser feitos os projetos dos pôsteres. Para isso, os alunos precisam trazer para a sala de aula uma cartolina, bem como os textos e as imagens que pretendem colocar no pôster (por isto é importante, na aula anterior, lembrar os alunos de trazer estes materiais). Esta é mais uma oportunidade para você verificar o andamento do trabalho, checar se as orientações dadas anteriormente foram seguidas e dar mais algumas dicas e ideias para a confecção dos cartazes.

Uma discussão sobre aspectos das teorias cosmológicas modernas seria bastante recomendável neste momento e, de certa forma, terminaria de contemplar a maioria dos temas propostos para a sessão de painéis. Para isto, o livro de Roberto de Andrade Martins continua sendo uma boa referência, bem como o episódio 10 da série *Cosmos (O Limite do Eterno)*. Além disto, há uma página muito interessante sobre Cosmologia no *site* de Astronomia e Astrofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul <<http://astro.if.ufrgs.br/univ/>>, de autoria de Kepler Souza Oliveira Filho. Neste *site* o assunto é tratado em diversos aspectos.

## Apresentação dos pôsteres

Este é o grande momento. Sugerimos que ele seja feito na 13ª aula deste Volume. Caso não seja possível realizar um dia de sessão de painéis para a escola, a ideia é, ao menos, realizar a apresentação para a classe. Como a aula é muito curta, os grupos terão pouco tempo para falar sobre seu pôster, o que irá requerer a preparação de uma síntese. Organize a apresentação obedecendo à ordem do quadro de temas apresentada anteriormente (Quadro 2) e determine o tempo para cada grupo, conforme a quantidade de grupos. Após a aula, seria interessante que os cartazes fossem afixados no corredor, na proximidade da sala ou em outro local onde todos possam vê-los.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

### 2001: O FUTURO QUE JÁ PASSOU

Por meio do uso de cenas do filme *2001: uma odisseia no espaço* e da leitura de um texto, essa Situação de Aprendizagem discute alguns aspectos das leis da mecânica aplicadas

ao movimento dos corpos no contexto do espaço. Como produto final, propõe-se a realização de uma pesquisa sobre dispositivos de exploração espacial.

**Tempo previsto:** 3 aulas.

**Conteúdos e temas:** campos gravitacionais e relações de conservação na descrição do movimento de naves e satélites; conceituação de gravidade e imponderabilidade. Noções de referenciais e forças inerciais. Elementos da exploração espacial: satélites, estações, sondas, telescópios, ônibus espaciais etc.

**Competências e habilidades:** conhecer equipamentos tecnológicos de exploração espacial, reconhecer seus usos e associá-los a leis da mecânica; ler e interpretar informações sobre dispositivos espaciais apresentados em diferentes linguagens.

**Estratégias:** pesquisa de informações em diferentes fontes de consulta; análise e interpretação de cenas de filme e textos; debate em aula.

**Recursos:** DVD do filme *2001: uma odisseia no espaço*, de Stanley Kubrick; texto fornecido no corpo da atividade.

**Avaliação:** verificar a participação dos alunos nas discussões em aula, a qualidade das pesquisas e as respostas ao roteiro.

### Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

O filme *2001: uma odisseia no espaço*, dirigido por Stanley Kubrick, com roteiro de Arthur Clarke, é considerado uma das obras-primas do cinema de todos os tempos. Clássico da ficção científica, em 2008 completou 40 anos, no mesmo ano de falecimento de Clarke, um dos maiores escritores do gênero, autor de incríveis viagens pela imaginação científica. A arte cinematográfica de Kubrick aliada à meticulosidade científica de Clarke produziu uma obra que tem sido vista com novas leituras e interpreta-

ções desde seu lançamento. Por conta disto, este é um dos filmes mais utilizados como recurso didático no mundo todo, não apenas por professores de Física, mas também no ensino de História, Geografia, Biologia, Filosofia, entre outros temas, o que mostra seu potencial interdisciplinar.

Apesar disto, trata-se de uma obra difícil para alguns alunos do Ensino Médio, mais habituados a filmes de ação, narrativas explícitas e finais felizes e fáceis de entender.

O filme, no entanto, não atende a nenhuma destas expectativas. Nossa proposta é trabalhar com trechos cujas cenas envolvem movimento. Com elas, podem-se discutir alguns aspectos das leis da mecânica aplicadas ao movimento dos corpos no contexto do espaço.

Estão previstas três aulas para esta atividade. Na última delas, os alunos deverão trazer o resultado da pesquisa sobre os dispositivos de exploração espacial, sugerida adiante. Esta pesquisa é importante porque cada vez mais vemos notícias sobre exploração espacial e uso comercial de aplicações espaciais, como o GPS e as telecomunicações. Se quisermos que nossos alunos compreendam estes acontecimentos e suas implicações, eles devem ao menos ter conhecimento do que se está falando: o que é um satélite, um foguete, uma estação espacial e outros equipamentos do gênero.

A sugestão, portanto, é que cada grupo de alunos procure em livros ou na internet aspectos sobre um dos seguintes dispositivos de exploração espacial:

1. Foguete espacial
2. Espaçonave
3. Ônibus espacial
4. Satélite artificial
5. Sonda espacial
6. Estação espacial
7. Telescópio espacial
8. Jipe lunar

Como os alunos já terão uma tarefa de pesquisa mais extensa, proposta na Situação de Aprendizagem 1, é importante que essa pesquisa seja pequena, simples e direta. É suficiente que encontrem alguma descrição ou definição dos objetos e, se possível, também imprimam uma imagem.

## Encaminhando a ação

### 1. Trabalhando com o texto e o filme

A primeira dificuldade, evidentemente, é obter o filme. Embora seja uma obra muito conhecida, talvez não seja simples de conseguir em uma locadora. Se você não tiver acesso ao filme, sugerimos duas alternativas.

A primeira é procurar as cenas em um *site* de vídeos. Apesar de estes *sites* estarem sempre sendo atualizados, *2001: uma odisséia no espaço* é um filme conhecido e, por isto, não é difícil encontrar trechos disponíveis na internet. A pesquisa será mais eficiente se for efetuada em inglês: *2001: A space odyssey*\*.

O *site* *Ciência à Mão* disponibiliza imagens de cenas do filme indicadas na Tabela 1, na página 19, em: <<http://www.cienciamao.if.usp.br/aliens/2001>> (acesso em 24 jul. 2009). Se não for possível acessar o *site*, ainda resta a opção de trabalhar apenas com o texto a seguir, sem passar o trecho do filme. No texto, um personagem descreve com humor e linguagem coloquial sua experiência ao assistir a uma parte de *2001: uma odisséia no espaço*. Se o caminho for esse, organize a sala para a leitura. Os alunos de cada grupo podem se alternar na leitura em voz alta para os demais. Em qualquer encaminhamento, acreditamos que a leitura do texto deva ser feita antes de se passar qualquer trecho do filme.

\* Como não há diálogos nessas cenas, não é necessária a versão em português do filme.

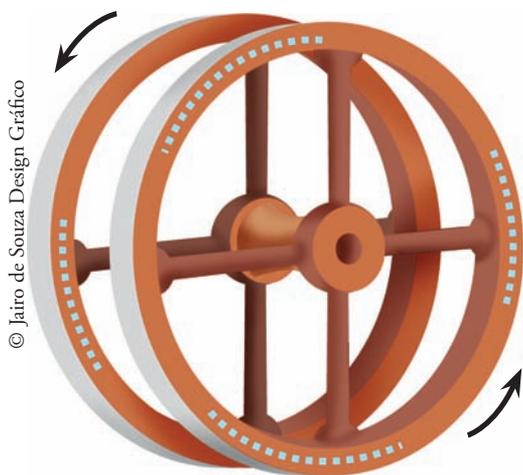
### 2008: uma odisseia no cinema (e no banheiro)

Luís Paulo de Carvalho Piassi

Dizem que o filme fez quarenta anos, mas é muito legal. Atrasado, eu entrei no cinema e a primeira coisa que vi foram aqueles macacos enormes lá na frente. Estavam muito bravos, gritando feito doidos e com uns ossos grandes na mão. A coisa *tava* feia. Fiquei assustado. Me veio rapidamente à mente: será que entrei no filme certo? Não era um filme de espaço? Mas bem nesse momento um dos macacos jogou um osso para cima. O osso subiu, subiu, subiu, até que quando ele começou a cair, tudo mudou. Um silêncio, o céu estrelado, um brilho no canto e uma nave, satélite ou sei lá o que passando calmamente, como se nada tivesse acontecido. Será que o osso virou uma nave? Foi quando senti algo estranho em minha nuca. Uma pancada. Uma voz lá do fundo da escuridão parecendo me dizer algo... “senta cabeça!”.

Sentei, tirei o saquinho amassado de pipoca que ficou na gola da camisa, mas continuei absorvido nas cenas. A nave continua lá, passeando devagar. Beem devagar... Ao fundo, um planetão azul, só pode ser a Terra, pelo menos aquele russo falou que ela era azul. Uma valsa começa a tocar. As cenas são lindas. A Terra, o céu, outra nave estranha, que parece ter um ventilador na ponta. Para onde foram os macacos? Agora aparece outra coisa orbitando a Terra. Deve ser algo importante, porque a música fica mais forte. Parece uma roda. Uma baita rodona, com janelinhas acesas e girando no espaço.

Seja lá o que for, ainda parece em construção. Imagine uma enorme roda de bicicleta. Melhor, uma roda de carroça. Acho que é uma coisa mais ou menos assim:



© Jairo de Souza Design Gráfico

A música continua. A roda sai de cena agora aparece outra nave, com formato de avião. Se essas naves são daqueles macacos, só posso dizer que eles estão cheios da grana. Mas não, agora aparece o interior da nave. Parece mesmo um avião. Só tem um passageiro, e, ainda por cima, dormindo. Uau, cada poltrona tem uma TV! A passagem não deve ser barata... Mas o que é isso? Uma caneta flutuando no ar, sossegada. Agora entra uma aeromoça. Acho que é aeromoça, mas essa roupa branca parece de enfermeira. E esse chapéu? Espero que no futuro ele nunca entre na moda. Lá vem ela, andando de jeito esquisito, tentando se equilibrar. Será que bebeu? Um close

no sapatinho branco dela... Está escrito *grip shoes*... hummm... Sapatos aderentes, coisa chique. Deve ser falta de gravidade. Ou será que não? Eles não estão em órbita da Terra? Lá não tem gravidade? Não sei, uma coisa é certa: não são macacos! Ela coloca a caneta de volta no bolso do passageiro, desliga a TV. Queria ver o que ela ia fazer se tivesse baba do dorminhoco voando pela cabine...

Opa, a nave está se aproximando da rodona. Caramba, o troço é grande mesmo. Estamos na cabine do piloto. Pela janela dá para ver: lá está a roda, girando, girando, e nós chegando perto. Isso sim é roda gigante. Será que vamos encontrar os macacos? E dá-lhe valsa, como essa coisa demora! O que é isso agora? Estamos no meio da roda, naquela entrada... deve ser a garagem. Lá vem a nave... E o céu, parece que está girando. Meu amigo, esses caras devem ficar tontos. Aliás, quem são aqueles sujeitos? No chão da garagem tem uns carinhas trabalhando. E no teto também, de cabeça para baixo. No espaço as coisas são estranhas.

Voltamos para a cabine do piloto. Que aconteceu agora? A roda não está mais girando, quem está girando é o céu! Que confusão... Ah, espera aí, acho que é só impressão, acho que a navezinha é que está girando igual à grandona. Lógico, senão como ia entrar na garagem? Gente, ninguém fala nada nesse filme, é só valsa... se bem que os macacos estavam trocando uma ideia forte. A valsinha tá animando, acho que vai acontecer alguma coisa, a navezinha está entrando na grandona.

Nossa, que elevador doido! Tem até sofá de couro. O cara chegou, acho que vai mesmo acontecer alguma coisa. Essas recepcionistas são bonitinhas, mas esse chapéu, quem inventou isso? Espera aí, estou sentido uma coisa me apertar. Epa, o cara tem de fazer identificação por voz. Ai está doendo... Agora ele está dentro da navezona, dá até para ver o chão curvado. Ai, ele deve estar na beirada da roda... Opa, o cara vai telefonar... uf... Em um videofone. Ui, que sensação estranha... Na janela... Ai... Aparece a Terra, parece que está girando no céu, mas deve ser o movimento da nave... Uma pontada na barriga. Engraçado, nessa nave as coisas não flutuam, é tudo normal, por que será? Não tem mais jeito... Tenho de ir ao banheiro. Justo agora que parece que vai rolar alguma coisa.

...

De fato, muita coisa aconteceu, lá no banheiro, mas estou de volta. Ei, o que é isso? Valsa de novo?! E essa outra nave? Parece uma bolota. Onde esse sujeito está indo? É a Lua! Será que os macacos estão lá? Essa nave é legal, mas esse cara só dorme... Lá vem a aeromoça de novo com umas bandejinhas. Credo parece papinha de nenê, para tomar de canudinho. Mas espera aí, o que essa aeromoça está fazendo? Está subindo pela parede... Ficou de ponta cabeça, acho que nessa nave as coisas flutuam também. Com certeza, olha lá a bandeja do cara pairando no ar! E o que é isso? *Zero Gravity Toilet*... banheiro de gravidade zero. Como será que eles fazem? Gente, eu já sofro naquele de gravidade normal, imagina com os produtos flutuando por aí.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Com base na leitura do texto, você pode pedir aos alunos que, coletivamente, expliquem o que leram. Isso é importante para perceber se eles compreenderam a história e se estabeleceram algumas relações. Algumas questões feitas pelo narrador poderão ser abordadas mais adiante. Depois, peça aos alunos que façam uma descrição das cenas e digam como imaginam cada uma das naves e o que estava acontecendo.

A próxima etapa é falar sobre o filme, para que os alunos se situem. Para aqueles mais empolgados, que quiserem saber mais a respeito, sugerimos o livro *Os mundos perdidos de 2001*, de Arthur Clarke, que conta toda a história de como o filme foi produzido. Também há informações na edição da revista *Exploradores do Futuro*, da *Scientific American Brasil*, e *O superlivro dos filmes de ficção científica*, editado pela revista *Superinteressante*.

Se você dispuser do DVD, este será o momento de exibir os trechos do filme. Uma possibilidade é trabalhar exatamente com o trecho correspondente ao texto *2008: uma odisseia no cinema (e no banheiro)*. Para isso, ajuste o DVD no tempo 19min30s e exiba o

filme até os 37 minutos, que é a cena do banheiro de gravidade zero. Isso tudo requer 18 minutos de exibição. Pulando o trecho do videofone e da conversa com cientistas russos, entre os instantes 28min e 33min, pode-se economizar mais cinco minutos, se for necessário. Quanto aos vídeos disponíveis na internet, há trechos menores. Talvez seja interessante exibir mais de um deles. Uma opção, para os alunos que tiverem acesso à internet, é pedir que associem os eventos descritos no texto lido àquilo que eles observaram nas cenas dos vídeos na internet. Nesse caso, é importante que você oriente a turma sobre como encontrar os vídeos.

### Trabalhando algumas questões

A tabela a seguir apresenta uma lista de cenas do filme, com indicações de tempo (baseadas na versão em DVD) e algumas questões que podem ser abordadas a partir delas. No site *Ciência à mão* <[www.cienciamao.if.usp.br/aliens/2001](http://www.cienciamao.if.usp.br/aliens/2001)>, pode-se encontrar uma versão visual dessa tabela, contendo fotos das cenas correspondentes e mais questões. Clicando nas fotos, tem-se acesso a uma versão ampliada de cada uma.

<b>2001: uma odisseia no espaço – Análise física de algumas cenas</b>			
<b>Cena</b>		<b>Observar</b>	<b>Questões</b>
19min 53s	Satélite em órbita		
20min 51s	Estação espacial	Rotação da estação, localização dos pisos	1. Qual a finalidade da rotação da estação espacial?

<b>2001: uma odisseia no espaço – Análise física de algumas cenas</b>			
<b>Cena</b>		<b>Observar</b>	<b>Questões</b>
21min 21s	Ônibus espacial		2. Em que local da estação as pessoas estão? E em que posição?
21min 42s	Interior do ônibus	Caneta e braço flutuando	3. Por que a caneta flutua?
22min 16s	Comissária de bordo	Sapatos aderentes	4. Os sapatos aderentes substituem a gravidade? Por quê?
22min 57s	Aproximação	Movimentos do ônibus e da estação	5. Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
23min 34s	Janela do ônibus	Céu estrelado e movimento da estação	6. Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
23min 51s	Entrada da estação	Céu estrelado e movimento do ônibus	7. Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
24min 07s	Entrada da estação <i>zoom out</i>	Salas com pessoas no piso e no teto	8. Como se explica as pessoas estarem de ponta-cabeça?
24min 36s	Acoplamento	Movimento do ônibus	9. O que mudou nesta cena em relação à cena 6? Por quê?
24min 56s	Janela do ônibus	Céu estrelado e movimento da estação	10. O que mudou nesta cena em relação à cena 7? Por quê?
25min 52s	Recepção	Janela da estação	
26min 13s	Esquema na parede	Planta da estação espacial	
26min 53s	Corredor	Curvatura do piso e do teto	11. Relacione a curvatura do piso com a cena 3.
27min 37s	Cabine videofônica	Movimento da Terra	12. Explique o movimento observado na janela da cabine.

<b>2001: uma odisseia no espaço – Análise física de algumas cenas</b>			
<b>Cena</b>		<b>Observar</b>	<b>Questões</b>
33min 48s	Nave lunar	Motores	13. Estes motores estão ligados? Explique.
34min 00s	Sala de passageiros	Formato da sala e janelas	
35min 22s	Copa	Subindo pelas paredes	14. Explique esta cena.
36min 00s	Sala de controle	Janelas	
36min 08s	Externa da nave	Janelas e formato da nave	15. Descreva a disposição da sala de estar e da de controle.
36min 35s	Floyd e o comandante	Bandeja flutuando	16. É possível a bandeja flutuar assim? Por quê?
36min 39s	<i>Zero Gravity Toilet</i>		

Tabela 1 – Roteiro de questões sobre o filme *2001: uma odisseia no espaço*.

Fonte: *Site Ciência à Mão* da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cienciamao.if.usp.br/aliens/2001/index-php>>. Acesso em: 20 fev. 2009

A sequência de questões traz conceitos em duas categorias principais:

1. Conceito de gravitação: a relação entre gravidade e movimento orbital.
2. A noção de referencial e os efeitos de um referencial girante.

Antes de discutirmos como encaminhar este questionário em sala de aula, vale a pena comentar um pouco a respeito de como as respostas podem ser dadas, de forma que você possa abordá-las com a classe.

Respostas possíveis para as questões:

1. *A rotação da estação espacial tem a finalidade de produzir um efeito centrífugo,*

*que simula uma gravidade artificial. Assim, se você amarrar uma corda na alça de um balde e girá-lo como faz um lançador olímpico de martelo, a água do fundo dele não irá derramar.*

2. *As pessoas estão situadas na borda da roda, com seus pés voltados para fora e as cabeças voltadas para o centro da estação.*
3. *A caneta flutua porque está em movimento orbital, junto com a nave e as pessoas dentro dela. Ali há gravidade, mas como todos os corpos estão igualmente em órbita, há a sensação de imponderabilidade, similar à que haveria para as pessoas dentro de um elevador em queda livre.*

4. *Os sapatos aderentes substituem apenas parcialmente a gravidade, pois não produzem uma força que atua em todo o corpo da moça. É por isso que ela anda com dificuldade.*
5. *Nesta cena, o referencial é externo tanto à nave quanto à estação espacial. Seria o referencial de outro objeto que estivesse em órbita da Terra.*
6. *Aqui o referencial é o do ônibus espacial.*
7. *Nesta cena estamos no referencial da estação espacial.*
8. *O efeito centrífugo da rotação da estação faz com que as pessoas sintam como se houvesse uma força apontada do centro para fora. Então, todos os tripulantes sempre estarão com os pés voltados para fora da roda e a cabeça voltada para o centro.*
9. *Aqui observamos que o ônibus espacial está em rotação para permitir o acoplamento à estação.*
10. *Observamos que a estação parece parada agora, mas as estrelas no céu efetuam um movimento circular. É a mudança do referencial.*
11. *Observamos que o piso é curvado de forma côncava, mostrando com esta curvatura que o piso fica localizado na periferia da estação e as pessoas andam com as cabeças voltadas para o centro.*
12. *Trata-se da Terra. Parece que está em movimento circular no céu. Isso ocorre porque estamos em um referencial girante.*
13. *Na verdade, os motores podem estar desligados, porque a nave pode prosseguir por inércia de um ponto a outro.*
14. *Aqui há novamente a sensação de ausência de peso, apesar de a nave estar*

*sujeita ainda à gravidade terrestre. Isto permite que a pessoa possa se posicionar livremente no espaço e é perfeitamente possível andar em qualquer parede ou teto que se desejar, desde que se disponha de um calçado aderente.*

15. *Observe que as janelas frontais estão em uma posição completamente perpendicular às janelas laterais. Os pilotos estão sentados virados “para a frente” da nave, e os passageiros estão sentados virados “para os lados”. Isso só é possível por conta da imponderabilidade.*

16. *Na verdade, isto só ocorreria se a nave sofresse uma pequena aceleração pelos motores. Caso contrário, a bandeja deveria permanecer em repouso em relação à nave.*

Você pode selecionar algumas destas questões para abordá-las com os alunos. Elas poderiam ser feitas diretamente à classe, para verificar o que os alunos concluem das cenas do filme, e logo em seguida respondidas por você, pois são questões que orientam a compreensão das demais ou que apresentam situações mais difíceis de serem compreendidas.

Elas estão destacadas na tabela com um fundo mais escuro. São elas: 1, 4, 8, 13, 15 e 16. Depois, você pode discutir a ideia de referencial e sugerir aos alunos que tentem responder em grupo as questões 5, 6, 7, 9 e 10. As questões 2, 3, 11, 12 e 14 podem ser passadas como tarefa para casa e podem ser comentadas na aula seguinte.

Deve-se lembrar aos alunos que, para a aula seguinte, também há uma pesquisa a ser entregue: trata-se de procurar a resposta a uma pergunta (o que é um foguete espacial, o que é um satélite de comunicações etc.) acompanhada, se possível, de uma imagem impressa do dispositivo.

### Leis da Mecânica e exploração espacial

A variedade de veículos e seus movimentos no trecho de *2001: uma odisseia no espaço* nos levam a questões interessantes: *O que são esses veículos? Quais seus usos? Como suas características físicas estão relacionadas à sua utilização?*

Podemos começar a aula comentando as questões que foram deixadas como tarefa da aula anterior (2, 3, 11, 12 e 14) e, em seguida, peça aos alunos que relatem o resultado das pesquisas sobre dispositivos de exploração espacial. O Quadro 3, a seguir, mostra alguns dos principais aspectos de cada um desses dispositivos.

	Finalidade	Trajetó	Tripulantes e controle	Propulsão
Foguete	Impulsionar outros dispositivos para a órbita terrestre ou fora dela.	Da superfície da Terra até o espaço, pondo outro dispositivo em órbita ou impulsionando-o a outro corpo celeste.	Pode levar tripulantes em uma cápsula ou lançar dispositivos. Após lançado, o controle é automático.	Realizada pela expulsão de gases, seguindo a lei de conservação da quantidade de movimento.
Nave	Transportar pessoas e materiais de um corpo celeste a outro.	Da Terra até outro corpo celeste, podendo ou não pousar e, deste corpo, voltar à Terra.	Transporta pessoas. Controle feito por computador de bordo e por tripulantes.	Usa um foguete para sair da Terra, mas possui propulsão a jato própria para manobras e retorno.
Ônibus Espacial	Transportar pessoas e materiais até a órbita terrestre.	Da superfície terrestre até uma trajetória orbital, com retorno mediante aterrissagem, como um avião.	Leva tripulantes. Controlado remotamente por computador e por tripulantes. Possui asas e formato de avião para o pouso na Terra.	Usa foguetes externos na ida e propulsão própria, também a jato, para o retorno.
Satélite	Estabelecer comunicações, monitorar a superfície da Terra, realizar experimentos científicos.	Permanece em órbita da Terra durante toda a sua vida útil.	Não leva tripulantes, apenas equipamentos como câmeras, antenas e outros dispositivos. Controlado da Terra.	Permanece em órbita, em movimento inercial. Possui rotação, mantendo a mesma direção pela conservação do momento angular. Possui jatos para ajustes de órbitas.

	Finalidade	Trajeto	Tripulantes e controle	Propulsão
Sonda	Realizar pesquisas e obter dados em outros corpos celestes como planetas, satélites, cometas etc.	Da Terra até outro corpo celeste, podendo orbitá-lo ou nele pousar. Eventualmente pode andar sobre a superfície. Quase sempre não há retorno à Terra.	Leva apenas equipamentos, e seu controle é feito remotamente a partir da Terra e por um computador de bordo.	Após a propulsão dos foguetes, segue trajetória inercial até o corpo celeste. Depois, usa foguetes próprios para ajustar órbitas e eventuais dispositivos de amortecimento de queda para o pouso.
Estação espacial	Realizar experimentos científicos. Base de lançamento de espaçonaves.	Permanece em órbita da Terra durante toda sua vida útil.	Abriga pessoas por longos períodos de tempo. Controlada por tripulantes, computador e remotamente.	Montada no espaço por partes. Permanece em órbita e tem ajustes feitos por propulsores próprios.
Telescópio espacial	Fazer observações astronômicas fora da atmosfera terrestre.	Permanece em órbita da Terra durante toda sua vida útil.	Leva somente instrumentos. Controlado a partir da Terra.	Fica em órbita por inércia. Possui propulsores para ajustes.
Jipe lunar	Transporte de pessoas no solo.	Move-se sobre o solo lunar.	Leva tripulantes, que controlam o veículo.	Por rodas com motor elétrico.

Elaborado especialmente para o *São Paulo Faz Escola*

Quadro 3 – Artefatos de exploração espacial e suas características.

Com relação às leis da Mecânica implicadas nos movimentos destes artefatos, alguns aspectos são especialmente interessantes:

- a) A lei da conservação da quantidade de movimento linear. Fundamental para a compreensão do princípio do foguete, usado não apenas no foguete em si, mas em satélites, estações espaciais e outros dispositivos quando é necessário realizar ajustes orbitais ou de trajetória.
- b) A lei de conservação do momento (quantidade de movimento) angular afirma que um objeto colocado em rotação livre no espaço permanecerá nesta mesma rotação, sem alterar sua velocidade angular, nem a direção de seu eixo de rotação. É fundamental em muitos satélites.
- c) Como no espaço quase não há atrito, os movimentos orbitais ocorrem sem necessidade de propulsão. Não é exata-

mente um caso de movimento livre da ação de forças, como exige a primeira lei de Newton, pois há a ação da gravidade. Mesmo assim, é importante ressaltar que se trata de um movimento que não requer combustível para ser mantido.

A partir da discussão das questões sobre os artefatos, você pode pedir aos alunos que procurem, lembrando-se do trecho do filme visto (ou do texto lido), identificar que tipos de artefatos apareciam. Nos trechos mencionados na Tabela 1, temos quatro categorias de dispositivos: na cena 1, aparece um satélite em órbita. Em seguida, na cena 2, aparece uma estação espacial girante. O ônibus espacial aparece em seguida, levando o personagem até a estação. Da cena 16 em diante, estamos em uma espaçonave que leva o personagem da estação espacial até a Lua. Algumas imagens desses e de outros veículos do filme podem ser obtidas no *site* *2001: A Space Odyssey – 3D Modeling Archive*: (disponível em: <<http://www.2001-3d-archive.info/>>).

Vale a pena comentar com os alunos que o Brasil desenvolve satélites de sensoriamento remoto em cooperação com a China (projeto CBERS) no INPE, em São José dos Campos. Neste local há um centro de visitantes que recebe excursões escolares. Para saber mais, entre na página do INPE <<http://www.inpe.br>> e clique em “visitas”. Há a opção de ir apenas ao centro de visitantes, mas também existe a possibilidade de conhecer o projeto CBERS. Vale a pena também ser comentado o programa espacial brasileiro descrito no *site*: <<http://www.aeb.gov.br/>>.

É importante lembrar aos alunos que, na próxima aula, ocorrerá a verificação de materiais pedidos para a Situação de Aprendizagem 1.

Para a próxima Situação de Aprendizagem, alguns materiais precisam ser solicitados aos alunos para que eles possam confeccionar alguns gráficos. Há duas opções: trabalhar com papel milimetrado ou com papel sulfite. No segundo caso, os alunos deverão trazer também uma régua de 30 cm. Para as duas opções serão necessários lápis e borracha.

### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 AS LEIS DE KEPLER

Nesta Situação de Aprendizagem, a proposta é trabalhar com alguns aspectos do movimento orbital, com destaque às características apontadas por Kepler em suas conhecidas leis. Não apresentaremos aqui as leis de Kepler, cuja discussão e enunciados podem ser obtidos na maior parte dos livros didáticos. Sugerimos que você escolha um desses

livros como base para a apresentação das leis. Nosso foco será discutir alguns aspectos importantes raramente apresentados em livros e propor uma sequência de atividades para que o aluno adquira uma compreensão do significado das leis, ao mesmo tempo em que desenvolve importantes habilidades e competências.

**Tempo previsto:** 3 aulas.

**Conteúdos e temas:** as leis da Mecânica nas interações astronômicas; campos gravitacionais e relações de conservação na descrição do movimento do sistema planetário, dos cometas, das naves e dos satélites.

**Competências e habilidades:** elaborar e interpretar dados em diferentes formas de apresentação; transformar informações de uma forma de apresentação em outra; realizar medidas.

**Estratégias:** confecção de gráficos; análise de dados pelos alunos.

**Recursos:** papel milimetrado; tabela com dados sobre os planetas (disponível no Caderno Volume 3).

**Avaliação:** realizada durante as atividades em classe, com a confecção de gráficos e do roteiro de análise dos dados.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

As leis de Kepler podem ser apresentadas inicialmente por meio de formas variadas que estão descritas a seguir. Após essa introdução, propõe-se a elaboração de um gráfico que evidencia a órbita de uma sonda espacial em torno de um planeta. Analisando algumas características da órbita desta sonda espacial, trabalharemos a compreensão e o aprofundamento das leis de Kepler.

### Encaminhando a ação

#### Apresentando Kepler e suas leis

Alguns aspectos biográficos de Kepler e de suas leis, dentro de um contexto histórico, podem ser obtidos no episódio 3 da série *Cosmos* em DVD (*A harmonia dos mundos*). Porém, não recomendamos a exibição do vídeo nesta Situação de Aprendizagem, pois tomaria mais de uma aula. De qualquer forma, você pode assistir ao vídeo e fazer uma apresentação do

tema baseado na discussão ali presente. Outra fonte interessante de informação é o *site Movimento dos Planetas: Tycho, Kepler e Galileo*, <<http://astro.if.ufrgs.br/movplan2/movplan2.htm>>, que também pode servir de base para a apresentação das leis de Kepler.

Neste mesmo *site* há uma página – *As três leis de Kepler sobre o movimento dos planetas* – que mostra simulações animadas das três leis, disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/Orbit/orbits.htm>>. Se for possível ter acesso a computadores conectados à internet, essa é uma forma bastante interessante de ilustrar cada uma das leis. Na primeira simulação, há um corpo em órbita e pode-se escolher a excentricidade da órbita, desde as mais circulares até as elípticas mais excêntricas. Na simulação da segunda lei, o trajeto mostra a área varrida pelo raio vetor durante o movimento, ilustrando a segunda lei de Kepler. Na terceira, pode-se escolher órbitas de um satélite mais próximas ou mais distantes do planeta e constatar as diferenças nos tempos de revolução, como estabelecido pela terceira lei de Kepler.

### Construindo uma órbita

A Figura 1 representa as posições de uma sonda espacial em órbita de um corpo celeste. Trata-se, na verdade, de uma trajetória simulada de uma sonda espacial orbitando o planeta Vênus (não conte para os alunos qual é o planeta, eles terão de descobrir). Na simulação, as marcas foram tomadas a cada três horas. São 46 marcas, o que significa que o período orbital é 46 vezes três horas, que dá um total de 138 horas. É possível notar que o espaçamento entre dois pontos sucessivos varia ao longo da trajetória. Quando a sonda está distante do planeta, as marcas são próximas, indicando que o artefato percorre uma distância menor nas três horas do que quando está próximo do planeta. Ou seja, sua velocidade vai aumentando conforme ele se aproxima do periastro (ponto mais próximo ao planeta) e reduz conforme se dirige ao apoastro (ponto da órbita mais afastado).

A ideia é que os alunos construam esta trajetória usando coordenadas fornecidas.



© Jairo de Souza Design Gráfico

Figura 1 – Posições sucessivas de uma sonda espacial em torno de um corpo celeste.

Na tabela a seguir, apresentamos dados que permitem construir uma trajetória similar à da Figura 1. São 46 pares de pontos que podem ser representados em um papel milimetrado ou até mesmo em uma folha de sulfite, com o auxílio de uma régua. Os valores estão em milímetros. Assim, cada milímetro equivale a 1 000 km, de modo que o primeiro par de coordenadas corresponderia, na escala real, a  $x = 0$  e  $y = 63\,000$  km.

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	63	9	93	40	120	104	134	210	65	102	0	40	15	8	42
0	68	12	98	48	124	120	133	195	33	90	1	33	19	5	46
1	73	16	102	58	127	136	131	173	16	77	3	26	23	3	52
2	78	22	107	68	130	155	127	152	7	66	4	21	28	2	57
3	83	27	112	79	133	176	117	133	3	56	8	15	33		
5	89	33	116	91	133	198	99	117	1	48	11	12	37		

Tabela 2 – Dados para a construção de uma trajetória similar à da Figura 1.

O centro do planeta está na coordenada  $x = 186 \text{ mm}$ ,  $y = 67 \text{ mm}$ . Para desenhar o planeta, deve-se traçar uma circunferência de  $6 \text{ mm}$  de raio em torno desse ponto, pois o raio de Vênus é de aproximadamente  $6\,000 \text{ km}$ . Apenas diga aos alunos que o raio da circunferência é  $6 \text{ mm}$ , pois eles devem descobrir qual é o raio verdadeiro e o planeta correspondente.

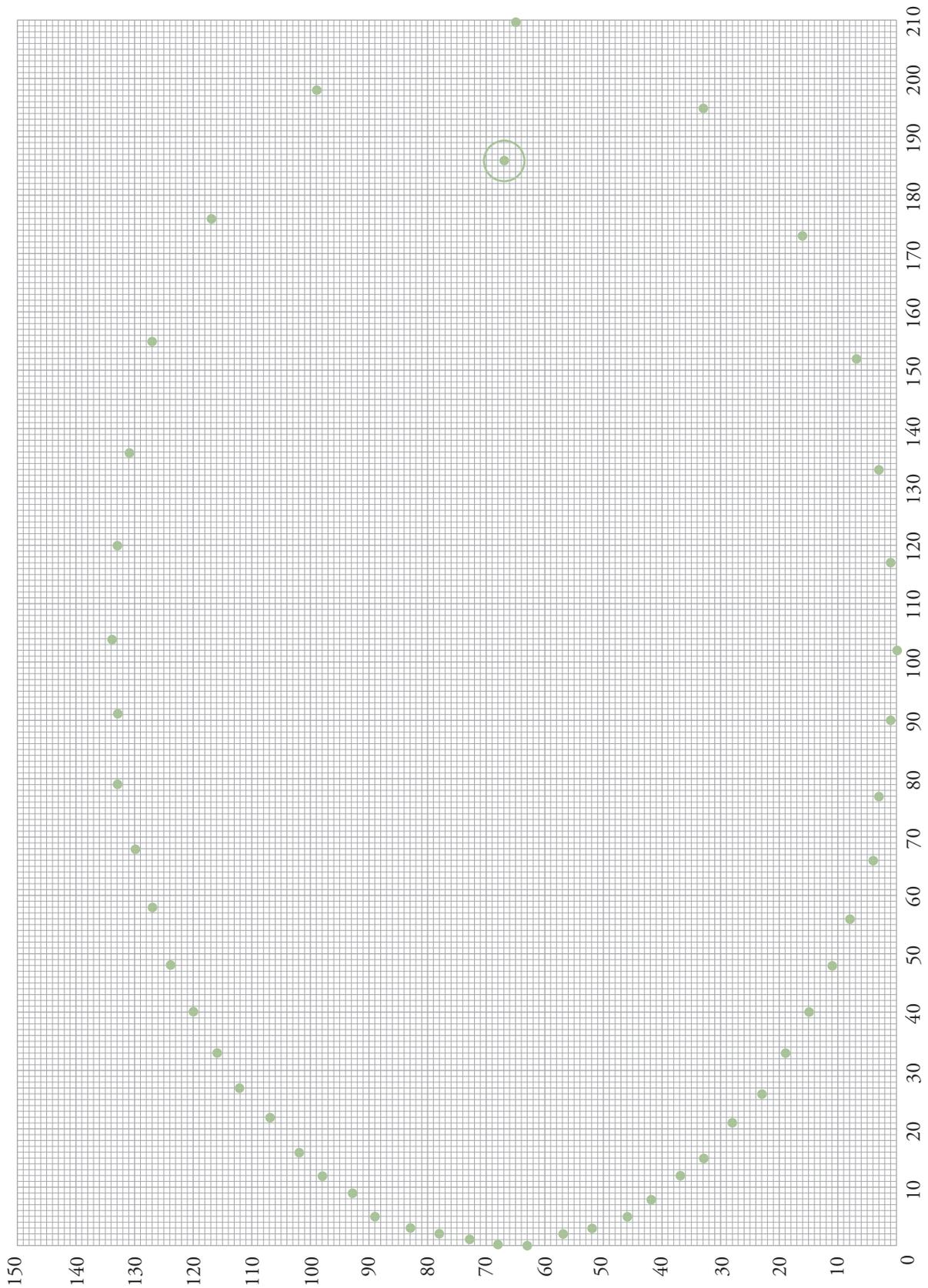
Explique brevemente a situação, dizendo que esses dados servirão para compreender um pouco mais as leis de Kepler. Caso opte pelo papel milimetrado, o procedimento é mais simples, bastando explicar aos alunos como representar os pontos no papel. No caso do sulfite, sugerimos que se faça antes uma margem de  $1 \text{ cm}$  em toda a volta da folha. Nesse local serão feitas marcas de um em um centímetro para facilitar a confecção do gráfico. Esse procedimento possivelmente tomará uma aula inteira. Caso os alunos não concluam o gráfico nessa aula, solicite que terminem em casa.

### Analizando os dados orbitais

Com os gráficos em mãos, peça aos alunos que analisem os dados da órbita para chegar a algumas conclusões interessantes. Para direcionar esta análise, sugerimos o seguinte roteiro de questões:

1. Sabendo que no gráfico  $1 \text{ mm}$  corresponde a  $1\,000 \text{ km}$ , determine a distância máxima que a sonda espacial atinge, em relação ao planeta, no percurso de sua órbita. (Este ponto é denominado apoastro).\*
2. Agora tente determinar o periastro, que é o ponto onde a distância é mínima. Não há nenhuma marca neste ponto, por isso você deverá tentar imaginar a trajetória seguida pela sonda entre uma marca e outra.
3. Explique por que o espaçamento entre as marcas não é sempre igual ao longo da trajetória, apesar de o intervalo de tempo decorrido entre duas posições sucessivas ser igual.
4. Com base nisso, explique como a velocidade da sonda varia ao longo da órbita em torno do planeta.
5. Usando o gráfico, determine qual é a distância máxima percorrida pela sonda entre duas marcações.
6. Da mesma forma, determine a distância mínima entre duas marcas.
7. Sabendo que o tempo entre duas marcações é de  $3 \text{ h}$ , determine a velocidade mínima e a velocidade máxima, em metros por segundo (ou quilômetros por hora), atingida pela sonda em sua órbita.
8. Qual é o período orbital da sonda, isto é, quanto tempo ela leva para percorrer uma órbita completa? Calcule o resultado em segundos. Este valor será chamado de  $T$ .
9. Baseado no tamanho do planeta no gráfico e em uma tabela com dados sobre os planetas do Sistema Solar, descubra a qual planeta estes dados se referem. Explique seu raciocínio.
10. Determine as larguras máxima e mínima da trajetória da sonda. Calcule a média, somando os dois valores e dividindo o resultado por dois. Esse valor é chamado de raio orbital médio,  $R$ .
11. Desafio especial: há uma fórmula para encontrar a massa do planeta por meio dos dados orbitais. Ela é derivada da terceira lei de Kepler:  $M = 5,9 \cdot 10^{11} \cdot R^3 / T^2$ . Determine a massa do planeta e confira com uma tabela se era realmente o planeta que você deduziu na questão 9.

\* Quando o corpo está orbitando a Terra, o ponto mais distante é denominado apoastro. Esta palavra “geo” se refere à Terra como em *geografia*



Não é preciso trabalhar necessariamente com todas as questões. Você pode selecionar algumas delas de acordo com o tempo disponível, lembrando que é importante comentar e dar as respostas às questões após a atividade dos alunos.

Para a próxima aula, os alunos deverão trazer os projetos dos pôsteres para que você possa avaliar e sugerir eventuais alterações. É importante lembrá-los disso e solicitar mais uma vez que tragam os materiais necessários.

## PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

A atividade de elaboração dos pôsteres conta com a recuperação a cada passo em sua própria estrutura, mas acreditamos que é interessante prever procedimentos de recuperação para as Situações de Aprendizagem 2 e 3. Na Situação 2, o foco central é a interpretação do texto e as questões propostas. É interessante que você verifique se os alunos tiveram acesso ao trecho do filme e, se possível, providencie isto. A formação de pequenos grupos interagindo com você para a abordagem das questões é uma forma de recuperação simples e efetiva. Depois de discutir as questões, solicite aos alunos que entreguem novamente as respostas reformuladas. Uma alternativa, caso não seja

possível conseguir o filme, é trabalhar com a interpretação do texto *2008: uma odisséia no cinema (e no banheiro)*, comparando as situações apresentadas com os resultados da pesquisa sobre dispositivos espaciais.

Na Situação de Aprendizagem 3, você pode empregar diretamente a figura da órbita presente neste Caderno para realizar medidas se perceber que a dificuldade se encontra nesta etapa.

Caso ela esteja na elaboração do gráfico, uma sugestão é acompanhar de perto o grupo de alunos com problemas, talvez utilizando somente metade dos dados da tabela.

## TEMA 2 – UNIVERSO, TERRA E VIDA: ORIGEM DO UNIVERSO E COMPREENSÃO HUMANA

O estudo do Universo vem sendo objeto dos Cadernos desde o Volume 3. É chegado o momento de abordar duas questões gerais que ainda não foram trabalhadas. A primeira delas é a respeito de nossa própria concepção de Universo. Trata-se de uma questão complexa que se confunde com as próprias noções de espaço e tempo. Procuramos, na Situação de Aprendizagem 4, apresentar alguns questionamentos

introdutórios a respeito do tema, a partir de conceitos centrais da Física contemporânea. A segunda questão, que todos nós nos fazemos, é se estamos sós no Universo. Esta é uma pergunta recorrente nos meios de comunicação, mas raramente apresentada aos estudantes do ponto de vista do conhecimento científico atual. A Situação de Aprendizagem 5 propõe justamente uma introdução a este assunto.

### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 DIMENSÕES DO ESPAÇO E DO TEMPO

Nesta Situação de Aprendizagem, nosso objetivo é trazer ao aluno, ainda que de forma elementar, as discussões em torno da natureza das dimensões do espaço. No século XIX, avanços na Matemática de Riemman e de outros cientistas levaram a concepções novas a respeito do conceito de espaço e de suas di-

mensões. Estes desenvolvimentos, inicialmente imaginados apenas como formas sofisticadas de abstração matemática, acabaram por formar a base teórica para a formulação da teoria da relatividade de Einstein, que, por sua vez, está na origem das modernas teorias cosmológicas.

**Tempo previsto:** 3 aulas.

**Conteúdos e temas:** teorias e modelos propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, além das formas atuais para sua investigação e os limites de seus resultados; evolução dos modelos sobre o Universo.

**Competências e habilidades:** desenvolver a leitura e a interpretação de textos. Formular hipóteses; estabelecer relações entre representações hipotéticas.

**Estratégias:** leituras e discussão de textos.

**Recursos:** textos (fornecidos ao longo da Situação de Aprendizagem) e mapas ou guias de ruas.

**Avaliação:** realizada durante o processo de leitura e interpretação de textos e na pesquisa sobre artefatos espaciais.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

A ideia de que o espaço, da forma como o vivenciamos, possui três dimensões não é imediatamente óbvia, apesar de tanto se falar hoje em dia em outras dimensões, em 3-D e outras expressões que se tornaram comuns em nosso cotidiano. Vale a pena, inicialmente, discutir o significado de o espaço possuir três dimensões e, com base nisso, analisar o que poderia ser entendido como um espaço de mais de três dimensões, do ponto de vista físico.

Para o professor que quiser se aprofundar no tema e compreender a importância da discussão em torno das dimensões para a Física contemporânea, sugerimos o livro *Hiperspaço*, de Michio Kaku, que apresenta a questão de uma forma bastante interessante. Outros livros bons para conhecer mais sobre essa questão são os de divulgação escritos por Stephen Hawking, como *Uma breve história do tempo*, *O Universo numa casca de noz* e *Uma nova história do tempo*, este último integrante da Biblioteca do Professor.

## Encaminhando a ação

### As dimensões

Inicie a aula com um debate, perguntando aos alunos o que eles conhecem a respeito da ideia de dimensões. Alguns podem se referir a situações que viram ou ouviram na mídia (viagens a outras dimensões, seres de outras dimensões), pois a palavra é muito empregada em desenhos animados e histórias em quadrinhos. Outros poderão lembrar que essa palavra está relacionada a tamanho, como observamos em frases do tipo “as dimensões do apartamento são muito reduzidas”, “um desastre de grandes dimensões”, “um país de dimensões continentais”. Outra possibilidade é que mencionem aspectos tecnológicos, como o cinema em três dimensões ou algo do gênero.

Após essa breve discussão, alguns pontos podem ser enfatizados:

- ▶ dimensão é algo que se refere a espaço e sua medida;
- ▶ nosso espaço, em princípio, possui três dimensões;
- ▶ é possível imaginar a existência de espaços com mais de três dimensões.

Para que isto fique mais claro, um primeiro passo é discutir a tridimensionalidade do espaço. Isto pode ser feito a partir da ideia de coordenadas, ainda que de forma superficial. Como localizamos um objeto no espaço? Se estivermos no espaço da sala de aula, podemos dizer algo como “Maria senta-se na quarta carteira da primeira fileira”, utilizando duas coordenadas. Para isso, logicamente, temos de saber qual é a primeira fileira, mas de qualquer forma são duas coordenadas. Para identificar um local em um mapa usamos uma ideia parecida: em um guia de ruas, por exemplo, há normalmente duas coordenadas (uma letra e um número, ou duas letras) para indicar onde está determinada rua.

Você pode ilustrar isto melhor, por exemplo, localizando a rua da escola em um guia ou em um mapa da cidade. No caso de um guia ou mapa com índice de ruas, talvez valha a pena providenciar uma cópia ampliada, com destaque (com caneta marca-texto) para a rua da escola, tanto do índice, quanto do trecho do mapa onde ela se encontra. Estas cópias ampliadas podem ser coladas em uma cartolina e levada para as salas onde você irá trabalhar com a atividade. Depois, pode ser afixada no corredor para que todos os alunos possam ver. Nos casos em que a escola não puder ser localizada em um mapa com índice, ou em um guia de ruas, o professor pode optar por outra localidade conhecida pela maioria dos alunos, como um ponto turístico de uma grande cidade.

de, por exemplo. No índice deve constar algo do seguinte tipo:

Rua Machado de Assis, C7

Rua Manuel Bandeira, D6

Rua da Matriz, B4

Neste caso, as coordenadas da Rua Machado de Assis são C e 7, e no mapa deve haver a indicação de um quadrado em que aparece esta rua. Não é necessário que os alunos façam esta localização, basta ilustrar rapidamente a ideia e depois deixar o mapa disponível para que todos possam ver. Você pode comentar também (e até mostrar) mapas do Estado, do Brasil, ou de região que possuam indicações de coordenadas geográficas. O que importa destacar, em todos os casos, é que o mapa é uma representação em duas dimensões. Depois, questione os alunos se estas duas dimensões são suficientes para localizar um objeto no espaço.

Neste momento é importante mostrar a necessidade, em algumas localizações, de utilizar uma terceira coordenada para determinar em que altura em relação ao solo, ou altitude (em relação ao nível do mar), o objeto se encontra. Por exemplo, alguns sistemas de GPS, sistema portátil de localização por satélite usado atualmente, indicam, além das duas coordenadas geográficas, a altitude. As localizações de um avião ou de um helicóptero são exemplos em que é necessário saber não apenas as coordenadas geográficas, mas

também a distância em relação ao solo. Da mesma forma, para definir as dimensões de uma sala, como a classe, podemos medir sua largura, seu comprimento e sua altura, ou seja, três dimensões.

É interessante mostrar que um evento demanda a “coordenada tempo” como uma colisão de veículos numa certa esquina em um certo instante. Lembre então que um gráfico  $x \times t$  já trabalha com a “quarta dimensão” pois o  $y$  e o  $z$  estão implícitos. Essa discussão está desenvolvida na seção **Você Aprendeu**, no Caderno do Aluno página 33 a 35.

Toda esta discussão deve ser breve, para que possamos seguir para a outra etapa, que exigirá um pouco de esforço de imaginação dos alunos. Trata-se da discussão inspirada em um livro escrito em 1884 por Edwin Abbott, teólogo e escritor inglês, conhecedor da matemática. A obra, denominada *Flatland – a romance of many dimensions* (traduzido no Brasil pela editora Conrad como *Planolândia: um romance de muitas dimensões*) é uma crítica à estrutura social inglesa escrita de forma satírica. Na história, o protagonista e narrador vive em um mundo de duas dimensões, que é brevemente descrito no texto, e, em dado momento, recebe a visita de uma esfera do mundo tridimensional, o que o leva a inúmeras descobertas interessantes.

Trata-se de uma leitura muito indicada aos alunos interessados e, evidentemente, recomendável ao professor. O trecho a seguir mostra um pouco do que a história aborda.

### Texto 1 - Planolândia (Edwin Abbott, 1884)

Eu chamo meu mundo de Planolândia não porque o chamamos assim, mas para deixar clara sua natureza para vocês, meus felizes leitores, privilegiados por viver no espaço. Imagine uma vasta folha de papel com linhas retas, triângulos, quadrados, pentágonos, hexágonos e outras figuras que, em vez de ficarem fixas em seus lugares, se movessem livremente na superfície, sem poder dela sair ou entrar, como se fossem sombras. Você terá uma boa ideia de como é o meu país e as pessoas que vivem nele. [...]

Em um país assim, você irá perceber imediatamente que é impossível existir uma coisa que se possa chamar de “figura sólida”; mas talvez imagine ser possível ao menos distinguir visualmente triângulos, quadrados e outras figuras, movendo-se como acabei de descrever. Ao contrário, não podemos ver nada do gênero, nem sequer distinguir uma figura da outra. Nada é visível para nós, exceto linhas retas e a razão disso eu vou mostrar rapidamente. Coloque uma moeda no centro de uma mesa e incline-se sobre ela olhando para baixo. Ela terá a aparência de um círculo. Mas se você for se abaixando aos poucos, verá que a moeda parecerá cada vez mais oval, e quando você estiver olhando do nível da borda da mesa a moeda deixará de ser uma oval para se tornar uma linha reta.

O mesmo ocorre se você tentar fazer isso com um triângulo, um quadrado ou qualquer outra figura de cartolina. Assim que você olha da borda da mesa, verá que ela deixa de parecer uma figura, tornando-se uma linha reta. [...] Você pode se perguntar como conseguimos distinguir nossos amigos uns dos outros, mas a resposta a essa questão muito natural será dada mais facilmente quando eu descrever os habitantes de Planolândia. [...]

ABBOTT, Edwin. *Flatland: a romance of many dimensions*. Disponível em inglês: <<http://www.gutenberg.org/etext/97>>. Acesso em: 24 jul. 2009. Tradução e adaptação Luís Paulo de Carvalho Piassi

Nossa sugestão após um breve comentário sobre essa história é que se inicie uma discussão a respeito desta possibilidade imaginária. *Como seria um mundo bidimensional? O que veríamos? O que não veríamos? O que seria possível ou não fazer?*

Havendo tempo nesta aula, proponha aos alunos que se sentem em grupos e imaginem como seria um mundo bidimensional. Nosso objetivo maior não é a exatidão das previsões

e sim o esforço de imaginação, que ajuda, ao mesmo tempo, o desenvolvimento do conceito de dimensões do espaço e da possibilidade de imaginar mundos com números diferentes de dimensões.

### O tempo como uma dimensão

A próxima etapa do trabalho é introduzir a ideia de que o tempo também pode ser imaginado como uma dimensão. Essa ideia é uma

das bases para a teoria da relatividade elaborada por Einstein, mas não foi ele que a imaginou pela primeira vez. Dez anos antes da publicação do trabalho de Einstein, o escritor britânico H. G. Wells já publicara um livro em que esse tipo de especulação aparecia. Trata-se do famoso *A máquina do tempo*, que gerou não apenas adaptações do romance para o cinema, mas que também inspirou muitos escritores de ficção científica a imaginar as mais interessantes possibilidades de viagem no tempo.

Prosseguindo na estratégia de trabalhar com a leitura e a interpretação de textos como um estímulo à imaginação e ao hábito de ler, iniciaremos com um pequeno trecho, que é uma tradução adaptada das primeiras páginas de *A máquina do tempo*. A sugestão é dizer aos alunos que se trata de uma obra famosa, escrita no final do século XIX e que apresentou, pela primeira vez na ficção, uma ideia muito interessante. Em seguida, peça que leiam o trecho:

### Texto 2 – A máquina do tempo (H. G. Wells, 1895)

Na sua casa dum bairro de Londres, o “explorador do tempo” expunha-nos misterioso problema. Seus olhos brilhantes faiscavam. Na lareira as chamas crepitavam. A luz refletia-se nas bolhazinhas que se formavam em nossos corpos.

Era depois do jantar, quando os pensamentos vagueiam em liberdade. Recostados nas poltronas, admirávamos a profusão de suas ideias. Naquele instante, tomávamos conhecimento de um dos novos paradoxos do nosso bizarro anfitrião:

– Prestem atenção, por favor. Tenho de discutir uma ou duas ideias universalmente aceitas. Por exemplo: a Geometria que nos ensinaram na escola é baseada sobre uma concepção errônea.

– Não é uma proposição grande demais para início de conversa? – perguntou Filby, um sujeito discutidor, de cabeleira ruiva.

– Um pouco de paciência. Sabem todos que uma linha matemática, uma linha de dimensão nula, não tem existência real. O mesmo se dá com o plano matemático. Estas coisas são meras abstrações.

– Perfeito – disse o psicólogo.

– Assim – prosseguiu o explorador – um cubo, tendo apenas comprimento, largura e espessura, pode ter existência real?

– Tenho uma objeção: é claro, um corpo sólido existe. Todas as coisas reais... – interferiu Filby.

– Assim pensa a maioria. Mas esperem um pouco. Pode existir um cubo instantâneo?

– Não estou entendendo – disse Filby.

– Pode um cubo ter existência real sem durar um espaço de tempo qualquer?

Filby ficou pensativo, enquanto o outro continuava:

– Todo corpo real deve ter comprimento, largura, espessura e ... Duração. Temos a tendência de menosprezar esse fato. Há realmente quatro dimensões: as três, que chamamos planos do espaço, e uma quarta: o tempo. Temos a tendência de estabelecer uma distinção imaginária entre as três primeiras dimensões e o tempo. Eis aí o que significa a quarta dimensão, embora muitas pessoas falem nisso sem saber o que dizem. A quarta dimensão é apenas um modo de encarar o tempo. Não há diferença alguma entre o tempo e qualquer uma das três dimensões do espaço, a não ser que a nossa consciência se mova ao longo do primeiro.

O explorador do tempo continuou suas explorações, como se tratasse duma lógica fantástica, concluindo que a ciência moderna levou o homem a admitir uma Geometria das Quatro Dimensões. Dizendo ocupar-se dessa Geometria, acrescentou:

– Os homens de ciência sabem perfeitamente que o tempo não passa duma espécie de espaço.

– Ora – disse o médico – se o tempo é apenas uma quarta dimensão do espaço, por que não nos podemos mover no tempo como fazemos nas dimensões do espaço?

– Podemos ir dum lado para outro em todas as direções do espaço, mas não podemos andar de um lado para outro no tempo – acrescentou o psicólogo.

– Pois é este justamente o germe da minha descoberta. Há muito que tive a ideia duma máquina... Tenho provas experimentais.

– Uma máquina para viajar no tempo! – exclamou alguém.

– Que poderá viajar indiferentemente em qualquer direção do espaço ou do tempo, ao sabor do piloto.

WELLS, H. G. *A máquina do tempo*. Texto em português de Paulo Mendes Campos. São Paulo: Ediouro, 1972. (Coleção Elefante). © by Joan A. Mendes Campos.

Assim como no Texto 1, sugerimos numa primeira etapa que você peça aos alunos que falem sobre aquilo que leram, anotando no quadro os pontos principais. Novamente, é possível que surjam as mais variadas perguntas, por isto, embora você não seja obrigado a ter uma resposta para tudo, é conveniente ao menos ler alguma indicação sobre o assunto. Uma questão que pode surgir é se é possível a viagem no tempo. Deve-se ter cuidado ao responder questões do tipo “é possível”, porque, afinal de contas, o conhecimento científico não é definitivo e algo que parece impossível hoje pode perfeitamente ser corriqueiro daqui a alguns anos. De qualquer forma, as teorias atuais da Física parecem indicar a impossibilidade da viagem ao passado.

Por outro lado, embora seja tecnicamente inviável, a viagem ao futuro é de certa forma possível, de acordo com a teoria da relatividade. Mas trata-se, ao que sabemos, de uma viagem sem volta. Poderíamos, movendo-se em um corpo a uma velocidade próxima à da luz, avançar 50 ou 100 anos no futuro, consumindo para isso um tempo bem menor, como uma semana. No entanto, não existe nenhuma indicação de que seja possível retornar.

Um argumento interessante contra a possibilidade de viagens no tempo ao passado é que, se isso fosse viável, deveríamos ter viajantes do futuro entre nós. Mas isso, é claro, não garante nada. Eles poderiam estar aqui, porém escondidos; este é o argumento dos que gostam de emoção e fantasia. Os pessimistas poderiam dizer que não temos viajantes do futuro simplesmente porque o mundo acabará antes que se descubra a máquina do tempo. Outros podem dizer que a viagem ao passado é possível, mas não para pontos do tempo antes da descoberta da máquina do tempo. Em outras palavras, esta discussão pode ir longe.

Embora sejam apenas especulações, estimular este tipo de debate entre os alunos é interessante, pois trabalha justamente com a capacidade de argumentação lógica e com a atitude positiva dos estudantes diante de questões científicas.

Uma vez que o texto tenha sido retomado, pode-se confrontá-lo com aquele que foi lido anteriormente, sobre a Planolândia. *Que semelhanças e diferenças observamos nas ideias dos dois autores?* Esta pergunta pode ser feita para os alunos. Alguns pontos de contato evidentes são a questão das dimensões que aparece nos dois textos e a forte dose de fantasia que eles trazem. Podemos perguntar qual das histórias parece menos fantasiosa e por quê.

Para finalizar esta etapa, veja se os alunos se lembram de filmes ou de histórias que envolvam viagens no tempo. A ideia é deixá-los refletir livremente sobre algumas dessas histórias e estimulá-los a falar a respeito das consequências que a viagem do tempo parecia ter. Caso não se recordem de filmes com viagens no tempo, você pode sugerir que eles imaginem consequências a respeito do que iria acontecer caso pudéssemos viajar no tempo. Como sugestão de filmes para os alunos assistirem em casa, poderíamos citar a última versão de *A máquina do tempo*, *O exterminador do futuro*, a série *De volta para o futuro*, além de alguns menos conhecidos, como *Um som de trovão* e *Linha do tempo* que são interessantes e fáceis de serem encontrados em DVD.

### As viagens espaciais

Todos os procedimentos desta atividade, até aqui, levam ao que podemos chamar de discussões abertas, em que ideias e possibilidades são lançadas. Este processo é importante para que os alunos percebam que

trabalhar com conceitos físicos muitas vezes envolve esforço de imaginação e abertura a novas possibilidades.

Entretanto, também é interessante trazer para a sala de aula algumas perspectivas mais consistentes daquilo que a ciência já estabeleceu. Não é possível, é claro, em uma ou duas aulas, imaginar que seja viável desenvolver conteúdos da teoria da relatividade ou das teorias mais modernas. No entanto, pode-se falar aos alunos sobre a existência destas teorias e o que elas prevêm.

Você pode utilizar alguns materiais como referência nessa discussão, além dos livros já sugeridos. Um muito interessante, dirigido a adolescentes, é *O tempo e o espaço do tio Albert*, que conta a história de uma menina envolvida com seu tio em aventuras relativísticas. Outro livro de divulgação científica que trata da questão do tempo é *O enigma do tempo*, de Paul Davies.

A ideia é informá-los da existência de tais teorias e de alguns de seus aspectos, já que elas constituem hoje um dos maiores ícones culturais da Física na sociedade contemporânea. Ao mesmo tempo, devemos abrir uma porta para que eles queiram e possam encontrar caminhos para saber mais, para se interessar pelo assunto.

Uma linha de abordagem que julgamos interessante e estimulante é uma discussão a respeito das viagens espaciais e suas possibilidades reais. Na maioria dos filmes de ficção, viajar no espaço é algo quase tão simples quanto entrar em um carro, ligar o motor e sair por aí. Poucos são os que procuram retratar as dificuldades envolvidas neste processo e, talvez, uma razão para isto é que estas dificuldades são tão imensas, que fazem a coisa toda perder a graça. Particularmente, o livro *O guia do mochileiro das*

*galáxias* trata com graça esta forma de apresentar as viagens espaciais, propondo até um “motor de improbabilidade infinita”, que literalmente quer dizer algo que nunca vai poder existir.

Apesar de tudo isso, há alguns pontos que podem ser discutidos como possibilidades futuras, embora remotas. Primeiramente, imaginemos o que ocorreria se um dia pudermos viajar para fora de nosso Sistema Solar em um tempo razoável, de forma que, no prazo de algumas semanas, possamos dar um passeio entre as estrelas mais próximas e voltar para contar tudo aos amigos. De acordo com a teoria da relatividade, quando voltássemos, nossos amigos estariam muito velhos para se interessar pelas nossas histórias. Isto porque, para que fosse possível ir e voltar em algumas semanas, teríamos de desenvolver uma velocidade próxima à da luz, e então os efeitos relativísticos passariam a ser bastante significativos.

Um pulinho em Alfa do Centauro, como proposto no Caderno do volume 3, ocuparia algo em torno de quatro anos na velocidade da luz. Contando com a volta, levaria mais quatro anos. Ou seja, seriam necessários oito anos, no mínimo, para ir e voltar. Mas – e isso é a coisa importante – é possível (na teoria) fazer este trajeto em muito menos tempo, de acordo com a teoria da relatividade. Isto porque quando viajamos a uma velocidade próxima à da luz, o espaço se contrai, ou seja, encolhe na direção de nosso movimento.

É como se você fosse pegar uma rodovia de 500 km de comprimento e, estando a 100 km/h, imaginasse que levaria cinco horas para chegar ao seu destino. Mas, de repente, você nota que quando está a essa velocidade a rodovia estranhamente passa a ter apenas 10 km de comprimento, de forma que seu trajeto duraria meros seis minutos. E isso não

ocorre devido ao encolhimento da estrada, mas porque o espaço encolheu na direção do seu movimento.

Se você acha isso muito difícil de entender ou de aceitar, pode ter certeza de que é um excelente sinal – é mesmo muito difícil de entender ou de aceitar. Isso por conta de toda nossa experiência cotidiana que diz que estas coisas são impossíveis. Para fazer a viagem até Alfa do Centauro em uma semana, você teria de ter uma velocidade equivalente a 99,999% da velocidade da luz, o que deixaria a distância aproximadamente 200 vezes menor. Supondo que você fosse fazer um passeio em um veículo do tamanho de um carro pequeno, você precisaria dispor de 100 bilhões de bilhões de joules ( $10^{20}$  J) de energia, que é mais ou menos o consumo mundial de energia em um ano.

Talvez, no futuro, encontremos maneiras mais eficientes de obter energia. O Sol, por exemplo, emite 4 milhões de vezes este valor em um único segundo. Talvez um dia aprendamos a obter energia de forma mais eficiente. O outro problema é o tempo. Ir até Alfa do Centauro irá exigir um mínimo de oito anos entre ida e volta, para quem está na Terra, embora se passe pouco tempo dentro da nave. Você faz uma viagem de duas semanas, mas o pessoal aqui na Terra tem de esperar oito anos até você voltar com os *souvenirs*.

Não tem jeito. Isto pode ser muito pior se você decidir fazer turismo em Betelgeuse, terra de Ford Prefect, o simpático personagem de *O guia do mochileiro das galáxias*, que fica a 500 anos-luz. Com boa quantidade de energia, você vai e volta em duas semanas, porém, aqui na Terra já se terão passado mais de 1 000 anos.

A não ser que inventem uma maneira de as pessoas viverem todo este tempo, de preferência sem tédio, seus amigos terão se tornado figuras esquecidas no passado longínquo e, de qualquer forma, muita coisa poderá ter mudado na Terra nestes 1 000 anos.

A melhor maneira de trabalhar com esta aula é contar alguns destes fatos e outros que você encontrará em livros, *sites* e revistas de divulgação científica. Além dos livros que sugerimos, damos algumas ideias de outros materiais que seriam um apoio interessante para quem quer se aprofundar no assunto.

Dois deles estão relacionados aos filmes de ficção científica e suas viagens espaciais: *A ciência de Star Wars*, de Jeanne Cavellos, e principalmente *A Física de jornada nas estrelas* de Lawrence Krauss. Para quem quer conhecer mais sobre a literatura de ficção, três livros são muito interessantes por abordarem a questão das viagens espaciais levando em conta os obstáculos impostos pela teoria da relatividade. Um deles é *Nêmesis*, de Isaac Asimov que, além de trazer muitos outros conceitos interessantes de Astronomia, trata do problema e de uma fictícia invenção da viagem superluminal, ou seja, acima da velocidade da luz. Este livro, porém, pouco aborda a questão do tempo, o que é feito de forma interessante em *Tau Zero*, de Paul Anderson, que traz muitos conceitos de relatividade (e até sobre o *Big Bang*), e de uma forma realmente impressionante em *O orador dos mortos*, de Orson Scott Card, que mostra que o impacto do problema do tempo nas viagens espaciais poderia levar a outras maneiras de nos relacionarmos com o tempo. Finalmente, não podemos deixar de indicar *Contato*, de Carl Sagan, no qual foi baseado o filme de mesmo nome. Tanto no livro como no filme

não apenas aparecem muitas das ideias de relatividade e conceitos de Astronomia, mas também a discussão da possibilidade de detecção de vida inteligente fora da Terra.

Estas aulas foram programadas estrategicamente para acontecer logo antes da apresentação dos pôsteres, que ocorrerá na próxima aula. A ideia é que durante as aulas os alunos tenham bastante oportunidade de dis-

cutir e de manifestar suas dúvidas e interesse sobre o assunto, de forma que isso possa criar um clima propício para o dia da apresentação. Estamos chegando ao final do ano e, quanto mais às atividades puderem prender o interesse e a atenção do aluno, maiores as chances de terminarmos o período letivo de forma positiva e quem sabe, se não for sonhar demais, eles terminem o ano com vontade de ler e aprender mais sobre ciência.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 A ENCICLOPÉDIA GALÁCTICA

Nesta Situação de Aprendizagem, o objetivo é tratar de uma questão que interessa não apenas aos jovens alunos, mas também a

muitos adultos: *Existe vida fora da Terra? Será que um dia faremos contato com outras civilizações?*

**Tempo previsto:** 3 aulas.

**Conteúdos e temas:** avaliação científica das hipóteses de vida fora da Terra; estimativas das ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar a vida em geral, e vida dos seres humanos em particular, temporal e espacialmente no Universo.

**Competências e habilidades:** observação e interpretação de cenas de vídeo e de dados sobre pesquisas relativos à busca de vida inteligente extraterrestre.

**Estratégias:** análise de cenas de filme; debate em aula; pesquisa.

**Recursos:** DVD ou VHS da série *Cosmos*, episódio 12 (*Enciclopédia Galáctica*).

**Avaliação:** verificar a participação dos alunos nas discussões em aula, na pesquisa e nas respostas ao roteiro.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

O ponto de partida para esta discussão pode se basear no vídeo da série *Cosmos*, episódio 12, denominado *Enciclopédia Galáctica*. Verifique se a série está disponível em sua escola. Caso você não tenha acesso ao vídeo, algumas alternativas podem ser encaminhadas:

1. Se você tiver acesso ao livro *Cosmos*, pode procurar o capítulo 12 e discuti-lo com os alunos.
2. Pode pesquisar informações sobre o projeto SETI (Busca de Vida Inteligente Extraterrestre). Um bom livro em português sobre o assunto é de Jean Heidmann, *Inteligências extraterrestres*. O projeto consiste em uma pesquisa de sinais de rádio provenientes do espaço, de forma a detectar possíveis sinais de origem artificial.
3. Pode procurar o filme *Contato*, com Jodie Foster, e exibir para a turma. Porém, isto exigirá muito mais do que uma simples aula e só poderá ser viabilizado se for possível uma exibição coletiva. Lembre-se de que o filme tem duração de 150 min e não faz muito sentido exibir um filme se isto impedir que depois se possa prosseguir nas discussões.

Em qualquer abordagem, é interessante conhecer algo sobre o projeto SETI, e particularmente sobre SETI@home, empreendimento que emprega a capacidade de realizar cálculos de milhões de computadores pessoais ao redor do mundo para ajudar na análise dos sinais recebidos pelo projeto SETI. Qualquer um pode colaborar com o projeto, simplesmente instalando um *software* disponível para

*download* nas páginas do projeto. Com ele, toda vez que seu computador estiver ocioso, analisará uma pequena porção dos dados e enviará os resultados ao projeto. Infelizmente, não há um *site* do SETI@home Brasil atualmente no ar. Porém há a versão portuguesa, o Portugal@home. (Disponível em: <<http://www.portugalathome.org/seti.php>>. Acesso em: 24 jul. 2009.)

Diretamente relacionada a esta questão é a equação de Drake, formulada para se fazer uma estimativa do número de civilizações existentes em nossa galáxia. Para compreender com mais detalhes a equação, sugerimos a leitura do capítulo 12 de *Cosmos*, ou então dar uma olhada no livro *Inteligências extraterrestres*, de Jean Heidmann (2001). Outra leitura interessante é o livro *Civilizações extraterrenas*, de Isaac Asimov (1980), que também constitui uma excelente base para aspectos de Astronomia em geral.

### Encaminhando a ação

Como cada episódio de *Cosmos* tem duração de 60 minutos, não será possível exibi-lo por inteiro em uma única aula. Sugerimos que você fale um pouco sobre a série e sobre Carl Sagan (informações encontradas na própria embalagem da obra) e exiba o episódio 12 em duas partes, terminando na segunda aula da Situação de Aprendizagem.

Após a exibição do filme, o ponto principal será a discussão dos temas que ele envolve. Do mesmo modo como na leitura dos textos, vale a pena retomar com os alunos aquilo que eles entenderam a respeito do vídeo e quais dúvidas surgiram. Certamente

haverá perguntas para as quais nem você, e possivelmente nem os cientistas, terão respostas, o que é perfeitamente natural porque estamos tratando literalmente de uma fronteira da ciência.

Na última aula, é possível trabalhar um pouco com a equação de Drake:

$$N = R \cdot f_p \cdot n_c \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N é o número total estimado de civilizações em nossa galáxia. Esse número depende de vários fatores, muitos dos quais não possuímos nenhuma indicação segura (a respeito disso, sugerimos o livro de Asimov anteriormente citado). A suposição por trás da equação é que o Sistema Solar e a Terra são cenários típicos da possibilidade de desenvolvimento da vida e da inteligência em um planeta. Porém, esta suposição é questionada por alguns cientistas, que acreditam que na Terra se desenvolveu uma civilização por circunstâncias muito raras e específicas. Com os dados astronômicos de que dispomos hoje, ainda não é possível decidir em favor de uma ou outra posição. De qualquer maneira, os fatores da equação de Drake são os seguintes:

R = Taxa de formação de estrelas semelhantes ao Sol, por ano na galáxia.

$f_p$  = Fração de estrelas similares ao Sol que possuem planetas ao seu redor.

$n_c$  = Número de planetas cujas condições permitem o surgimento da vida, em cada Sistema Solar.

$f_l$  = Fração dos planetas onde, havendo condições, a vida efetivamente surge.

$f_i$  = Fração dos planetas onde uma forma de vida inteligente se desenvolve.

$f_c$  = Fração dos planetas em que a vida inteligente desenvolve tecnologias de comunicação.

L = Tempo de duração, em anos, de uma civilização tecnológica.

Na página Aliens da Ciência do *site Ciência à Mão*, da USP, pode-se fazer este cálculo de forma interativa e instantânea. (Disponível em: <<http://www.cienciamao.if.usp.br/aliens/drake.php>>. Acesso em: 24 jul. 2009.)

Sugerimos que você entre nesta página e tente algumas configurações para ver os resultados. Seria muito interessante fazer isto com os alunos em classe, nem que você dispusesse de apenas um único computador ligado à internet.

Se nada disso for possível, uma alternativa é fazer um exemplo de cálculo na lousa. Na página inicial do *site* temos os seguintes parâmetros:

	R	$f_p$	$n_c$	$f_l$	$f_i$	$f_c$	L	
N =	50	20%	2	50%	10%	50%	200	= 100

Aqui a estimativa é de cem civilizações tecnológicas em nossa galáxia vivendo ao mesmo tempo que nós. Alguns dados são mais ou menos conhecidos, outros são meros “chutes”.

O tempo de duração de uma civilização tecnológica, por exemplo, colocado como  $L = 200$  anos. Desde que começamos a nos comunicar por rádio, ainda não se passaram cem anos. Isto pode continuar por milhares ou milhões de anos, ou podemos nos destruir amanhã.

É difícil obter um número confiável para esta média, se o único exemplo que temos

somos nós, e mesmo assim não sabemos o número (e quando soubermos, de nada mais adiantará).

Outros dados também são duvidosos, como a fração de desenvolvimento de inteligência  $f_i$ . Não temos nenhuma informação confiável que possa nos dar um número. A única coisa que sabemos é que aqui se desenvolveu uma espécie inteligente. Ocorre que a vida surgiu há muitos milhões de anos na Terra. *Por que outras raças inteligentes não surgiram antes em nosso planeta?* Talvez a inteligência seja um fenômeno raro, mas não sabemos.

## PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

A recuperação aqui pode ser focada nos textos e nos materiais audiovisuais e em sua respectiva interpretação. É possível que o aluno tenha tido dificuldade na compreensão de algum destes materiais ou até mesmo tenha faltado no dia em que algum material foi trabalhado. A sugestão é que você retome ao menos um trecho dos textos ou do filme com os alunos e discuta sua interpretação. Aspectos mais informativos, como os tipos de artefatos espaciais ou os fatores da equação de Drake, não precisam ser enfatizados. No entanto, se a

dificuldade for esta, forneça aos alunos o quadro que mostra as características dos artefatos e a explicação da equação de Drake e discuta-as com os alunos.

Uma alternativa, caso não se disponha de materiais audiovisuais, é o uso de trechos de textos extraídos de alguns dos *sites* indicados, como o Portugal@home e o Astronomia e Astrofísica (disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br>>; acesso em: 24 jul. 2009), trabalhando com a interpretação de textos.

## GRADE DE AVALIAÇÃO

### Tema 1 – Sistema Solar

1. Nas espaçonaves de filmes e livros de ficção científica, como a *Coração de Ouro* de *O guia do mochileiro das galáxias*, as pessoas podem caminhar normalmente, pois ali há uma espécie de gravidade artificial. No entanto, no filme *2001: uma odisseia no espaço*, apenas algumas naves parecem possuir algo parecido com gravidade artificial. Explique por quê.

*A gravidade artificial, tal como aparece na maioria dos filmes de ficção, não é prevista como possível pelo conhecimento científico atual. No entanto, pode-se simular a gravidade acelerando um veículo, seja linearmente, seja por rotação. As naves em órbita (em torno da Terra, do Sol, ou de outros corpos) estão sob ação da gravidade; mas, como todos os corpos em seu interior percorrem o mesmo movimento orbital, existe a situação de imponderabilidade, que vemos em diversas naves do filme 2001: uma odisseia no espaço.*

2. Para que servem os satélites artificiais? Como eles são colocados em órbita da Terra?

*Há satélites para diversas finalidades. Os de comunicação permitem a transmissão de dados da internet, telefonia e transmissão de TV. Há os meteorológicos, que auxiliam na previsão do tempo, os de sensoriamento remoto que servem para mapear a superfície da Terra, os satélites espíões usados para observar atividades e instalações militares e muitos outros. Os satélites são colocados em órbita por foguetes ou ônibus espaciais.*

3. Sabemos que diversos artefatos podem ser mantidos em órbita da Terra, em movimento contínuo, a altíssimas velocidades, por longos períodos. Isto não exigiria o consumo de muita energia? Explique.

*Uma vez em movimento orbital, não é necessário o consumo de energia para o movimento dos satélites, pois ele se dá em uma região onde a resistência do ar é extremamente pequena.*

*Para entrar em órbita na Terra, qualquer artefato, como por exemplo um satélite artificial, necessita de uma velocidade inicial, um impulso que demanda um gasto de energia para iniciar seu movimento. Porém, para que este movimento se perpetue, não é necessário gastar energia: o artefato tende a seguir seu movimento em linha reta pelo princípio da inércia e, ao mesmo tempo sofre a ação da força gravitacional. O resultado é o movimento circular que o faz orbitar a Terra. Ver também: FEYNMAN, Richard. Física em 12 lições. p. 114 – 115. Rio de Janeiro: Ediouro, 2006.*

4. De acordo com as leis de Kepler (assinale a alternativa correta):
  - a) Os planetas possuem órbitas circulares.
  - b) Cada planeta possui uma velocidade fixa, de acordo com sua órbita.
  - c) O tempo de revolução de um planeta em torno do Sol depende de sua massa.
  - d) O Sol está localizado no centro das órbitas dos planetas.
  - e) Um planeta move-se mais rapidamente quando está mais próximo do Sol.

5. Dos veículos espaciais relacionados abaixo, assinale aquele que deve possuir formato aerodinâmico e asas para que possa ser controlado na atmosfera terrestre:

- a) Satélite meteorológico
- b) Ônibus espacial
- c) Sonda espacial
- d) Jipe lunar
- e) Estação espacial

### Tema 2 – Universo, terra e vida: origem do Universo e compreensão humana

1. Explique em um parágrafo qual é a principal diferença entre o mundo da Planolândia e o nosso mundo real.

*Na Planolândia temos um mundo de apenas duas dimensões, enquanto em nosso Universo temos três dimensões espaciais.*

2. De acordo com o viajante do tempo, no texto *A máquina do tempo*, por que deveria ser possível caminhar para o passado e para o futuro?

*O viajante do tempo argumenta que o tempo é uma dimensão como as outras. Então se podemos viajar livremente no espaço, também podemos fazê-lo no tempo.*

3. De acordo com a teoria da relatividade:

- a) As viagens no tempo são possíveis, para o passado e para o futuro.
- b) É possível atingir e até superar a velocidade da luz.
- c) As dimensões do tempo e do espaço são influenciadas pelo movimento dos corpos.
- d) Não é possível realizar viagens a outros sistemas solares.
- e) O tempo é absoluto, mas a velocidade da luz é uma grandeza relativa.

4. A equação de Drake nos mostra que:

- a) Existe vida em outros planetas.
- b) A civilização é um evento muito raro no Universo.
- c) Os discos voadores são uma realidade.
- d) Podemos estimar o número de civilizações na galáxia.
- e) Civilizações de outros planetas já podem ter entrado em contato conosco.

5. Explique em linhas gerais do que se trata o projeto SETI.

*O projeto SETI emprega radiotelescópios para captar emissões de ondas de rádio do espaço exterior, analisando se estes sinais possuem indícios de terem sido produzidos artificialmente por seres inteligentes.*

## RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO SOBRE A COMPREENSÃO DO TEMA

ABBOTT, Edwin A. *Planolândia: um romance de muitas dimensões*. Tradução de Leila de Souza Mendes. São Paulo: Conrad, 2002.

ADAMS, Douglas. *O guia do mochileiro das galáxias*. Rio de Janeiro: Sextante, 2004. Obra de ficção que retrata as aventuras de um personagem pela galáxia.

ANDERSON, Poul. *Tau Zero*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1983.

ASIMOV, Isaac. *Civilizações extraterrenas*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1980. Neste livro, Asimov discute de forma didática as possibilidades de existência de civilizações em outros lugares do Universo além da Terra.

\_\_\_\_\_. *Nêmesis*. Rio de Janeiro: Record, 1989.

CALIFE, Jorge Luiz. *Como os astronautas vão ao banheiro? E outras questões perdidas no espaço*. Rio de Janeiro: Record, 2003.

CARD, Orson Scott. *O orador dos mortos*. São Paulo: Aleph, 1990.

CAVELOS, Jeanne. *A ciência de Star Wars (Guerra nas Estrelas)*. São Paulo: Market Books, 1999.

Uma análise astrofísica sobre viagens espaciais alienígenas, planetas e robôs, conforme retratados nos filmes e livros da série *Star Wars*.

CLARKE, Arthur. *Mundos perdidos de 2001*. 2. ed. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1973. Obra onde Clarke conta a história da produção de *2001: uma odisseia no espaço*.

DAVIES, Paul. *O enigma do tempo: a revolução iniciada por Einstein*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2000.

HAWKING, Stephen. *O Universo numa casca de noz*. São Paulo: Mandarim, 2001.

HEIDMANN, Jean. *Inteligências extraterrestres*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001. Livro que discute a pesquisa a respeito da possibilidade de existência de civilizações extraterrestres.

KRAUSS, Lawrence M. *A física de jornada nas estrelas*. São Paulo: Makron Books, 1996.

MARTINS, Roberto de A. *O Universo: teorias sobre sua origem e evolução*. São Paulo: Moderna, 1994.

SAGAN, Carl. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. Neste livro, Sagan discute a natureza da ciência em contraposição a pseudociências e crenças místicas.

\_\_\_\_\_. *Contato*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

SHEFFIELD, Charles. *Maré de verão*: livro um de O Universo dos Construtores. Rio de Janeiro: Record, 1993.

Vide comentários na Situação de Aprendizagem 1.

STANNARD, Russel. *O tempo e o espaço do tio Albert*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

As aventuras relativísticas da menina Gedanteen e seu tio Albert.

*O superlivro dos filmes de ficção científica*. v. 1 Edição Erika Sallum e Juliana Lopes. São Paulo: Abril, 2005. (Cinemão).

Neste livreto especial lançado pela revista *Superinteressante*, você encontra um breve catálogo ilustrado dos principais filmes de ficção científica.

*Universo*. São Paulo, Ática, 1990. (Série Atlas Visuais). Neste livro é apresentado um panorama geral dos corpos celestes, iniciando pelo Sistema Solar, pela descrição das estrelas e das galáxias, além de aspectos da exploração espacial.

### Sites e Softwares

Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (Gref). Leituras de Física: Mecânica. Documento eletrônico em formato PDF. Disponível em: <[www.if.usp.br/profis/leituras\\_mec.html](http://www.if.usp.br/profis/leituras_mec.html)>. Acesso em: 24 jul. 2009. <<http://cenp.edunet.sp.gov.br>>. Acesso em: 8 ago. 2009.

Material didático do Gref voltado para o aluno, constituído de leituras curtas, atividades e exercícios.

OLIVEIRA FILHO, Kepler S. O.; SARAIVA, Maria F. O. Astronomia e Astrofísica. Página da internet. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/>>. Acesso em: 24 jul. 2009.

Nesta página os autores apresentam um panorama geral dos conceitos de Astronomia e Astrofísica.

### Artigos e Revistas

*Scientific American*. Exploradores do futuro. Arthur Clarke: Ficção das origens. São Paulo: Duetto, 2005.

Nesta edição especial da revista *Scientific American*, apresentam-se aspectos da vida e da obra de Arthur Clarke. O título faz parte de uma coleção que inclui mais três autores famosos: Isaac Asimov, Júlio Verne e H. G. Wells.

### Filmes

*A máquina do tempo (The Time Machine)*. Direção: Simmon Wells. EUA, DreamWorks/Warner Bros. 2002. 96min.

*Contato (Contact)*. Direção: Robert Zemeckis. EUA, Warner Bros. 1997. 150min.

*De volta para o futuro (Back To The Future)*. Direção: Robert Zemeckis. EUA, Universal Pictures. 1985. 116min.

*De volta para o futuro II (Back to the Future Part II)*. Direção: Robert Zemeckis. EUA, Universal Pictures. 1989. 107min.

*De volta para o futuro III (Back to the Future Part III)*. Direção: Robert Zemeckis. EUA, Universal Pictures. 1990. 117min.

*Linha do tempo (Timeline)*. Direção: Richard Donner. EUA, Paramount Pictures/UIP. 2003. 116min.

*O exterminador do futuro (Terminator)*. Direção de James Cameron. EUA, Pacific Western/Orion Pictures Corporation. 1984. 107min.

*O som do trovão (A Sound of Thunder)*. Direção de Peter Hyans. EUA/ Alemanha/ República Tcheca, Warner Bros/ Vip/ Europa Films. 2005. 103min.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre as questões que mais interessam os jovens de hoje, certamente está a da conquista do espaço e das possibilidades que isso pode nos trazer no futuro.

Longe de ser um aspecto sonhador ou fantasioso da ciência, o interesse pelo espaço é fundamental para nossa sociedade.

Hoje em dia, o mercado espacial já movimentava bilhões de dólares com os satélites de telefonia, previsão do tempo, GPS, internet e muitas outras aplicações.

Em futuro próximo, deverão entrar em operação os primeiros protótipos de indústrias orbitais em microgravidade, sobretudo na área farmacêutica, de materiais e da eletrônica.

No espaço há minérios, energia solar e condição de imponderabilidade que serão alvo de

interesse econômico. Assim como hoje existem técnicos que trabalham em plataformas de petróleo longe da costa, daqui a poucas décadas a profissão de astronauta será muito mais comum.

Não é à toa que países como a França mantêm bases espaciais na América do Sul: estamos próximos do Equador, o que nos torna privilegiados no lançamento de foguetes. Por conta disso, há muito tempo se defende que o Brasil deve investir mais e mais em tecnologia espacial, daí a existência do programa espacial brasileiro.

Um dos principais objetivos deste desenvolvimento é despertar os jovens para o assunto e mostrar sua importância no que deve ser, muito em breve, um mercado de trabalho promissor.