

ensino médio

1ª SÉRIE

4º bimestre - 2008



caderno do
PROFESSOR

FÍSICA



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretária da Educação
Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária-Adjunta
Iara Gloria Areias Prado

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenadora de Estudos e Normas Pedagógicas
Valéria de Souza

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

Coordenadora de Ensino do Interior
Aparecida Edna de Matos

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

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

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

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

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

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

APOIO

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

Coordenação de Área para o Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ciências Humanas e suas Tecnologias:
Angela Corrêa da Silva e Paulo Miceli

Ciências da Natureza e suas Tecnologias:
Sônia Salem

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias:
Alice Vieira

Matemática:
Nilson José Machado

Autores

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Adilton Luís Martins e Paulo Miceli

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araújo e Sérgio Adas

História: Diego López Silva, Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli, Paulo Miceli e Raquel dos Santos Funari

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Felipe Bandoni de Oliveira, Ghisleine Trigo Silveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira e Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Ciências: Cristina Leite, João Carlos Miguel Thomaz Micheletti Neto, Máira Batistoni e Silva, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro, Ricardo Rechi Aguiar e Yassuko Hosoume

Física: Ivã Gurgel, Guilherme Brockington, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira e Yassuko Hosoume

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

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Jéssica Mami Makino, Mirian Celeste Martins e Sayonara Pereira

Educação Física: Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches Neto e Mauro Betti

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira da Silva Shimoura, Lívia de Araújo Donnini Rodrigues e Priscila Mayumi Hayama

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

Matemática

Matemática: Carlos Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz Pastore Mello, Nilson José Machado, Roberto Perides Moisés e Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Zuleika de Felice Murrie

Consulta à rede sobre experiências exitosas

Lourdes Athiê e Raquel B. Namó Cury

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Denise Blanes, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias de Oliveira, Luís Márcio Barbosa, Luiza Christov, Paulo Eduardo Mendes e Vanessa Dias Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrie

Edição e Produção Editorial: Edições Jogo de Amarelinha, Conexão Editorial, Jairo Souza Design Gráfico e Occy Design (projeto gráfico)

CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

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

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

Catalogação na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.
S239c Caderno do professor: física, ensino médio – 1ª série, 4º bimestre / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Ivã Gurgel, Guilherme Brockington, Luís Paulo de Carvalho Piassi. – São Paulo : SEE, 2008.

ISBN 978-85-7849-111-6

1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. III. Hosoume, Yassuko. IV. Gurgel, Ivã. V. Brockington, Guilherme. VI. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VII. Título.

CDU: 373.5:53

Prezado(a) professor(a),

Iniciamos em 2008 uma nova jornada de trabalho para atender uma das prioridades da área de educação neste governo: o ensino de qualidade.

Sabemos que o alcance desta meta é concretizado essencialmente na sala de aula, pelo professor e seus alunos. Por essa razão, com o intuito de facilitar tal trajetória, este documento foi elaborado por competentes especialistas na área de educação. Com o conteúdo organizado por bimestre, o Caderno do Professor oferece orientação completa para o desenvolvimento das situações de aprendizagem propostas para cada disciplina.

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

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

Conto com você.

Maria Helena Guimarães de Castro

Secretária da Educação do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado	5
Ficha do Caderno	7
Orientação sobre os conteúdos do bimestre	8
Tema 1 – Sistema Solar	9
Situação de Aprendizagem 1 – Matéria, movimento e universo	9
Situação de Aprendizagem 2 – 2001: o futuro que já passou	14
Situação de Aprendizagem 3 – As leis de Kepler	23
Proposta de Situações de Recuperação	26
Tema 2 – O universo, sua origem e compreensão humana	27
Situação de Aprendizagem 4 – Dimensões do espaço e do tempo	27
Situação de Aprendizagem 5 – A enciclopédia galáctica	37
Proposta de Situações de Recuperação	39
Grade de Avaliação	40
Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno sobre a compreensão do tema	42
Considerações finais	44

SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

Apresento-lhe os textos gerais e específicos dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. A Secretaria da Educação do Estado assumiu a liderança na formulação dessa Proposta, visando aprimorar o trabalho pedagógico e docente na rede pública de ensino, em parceria com seus professores, coordenadores, assistentes pedagógicos, diretores e supervisores.

A Proposta não pretende ser mais uma novidade pedagógica, mas atuar como uma retomada dos diversos caminhos curriculares que esta Secretaria já traçou e que muitas escolas já incorporaram em suas práticas.

Nesse processo, a Secretaria da Educação já buscou identificar práticas de gestão escolar e de sala de aula para subsidiar a implementação da Proposta. Agora se propõe a coordenar, apoiar e avaliar o desenvolvimento curricular.

A relevância e a pertinência da aprendizagem dos conteúdos educacionais para a formação do cidadão foram definidas na organização curricular, proposta a todas as escolas. De acordo com elas, o sistema de ensino deve assumir a indicação de elementos básicos para que suas escolas possam promover uma educação de qualidade, que atenda os objetivos sociais.

Para atingir esses objetivos, o primeiro elemento construído foi a Base Curricular, referência comum a todas as escolas da rede estadual. Ela descreve os conteúdos disciplinares a serem desenvolvidos em cada série, bem como o que se espera dos alunos no que diz respeito à capacidade de realização desses conteúdos. De um lado, essa base orienta a organização dos projetos curriculares em cada escola; de outro, esclarece a sociedade sobre seu compromisso com o desenvolvimento de crianças e jovens.

Fruto do trabalho coletivo, de caráter interdisciplinar, a Proposta procura estabelecer elos entre os conhecimentos culturais socializados pela escola e as indicações de procedimentos organizadas didaticamente.

Para isso, foram identificados e organizados, nos Cadernos do Professor, os conhecimentos disciplinares por série e bimestre, assim como as habilidades e competências a serem promovidas. Trata-se de orientações para a gestão da aprendizagem na sala de aula, para a avaliação, e também de sugestões bimestrais de projetos para a recuperação das aprendizagens.

A sociedade exige dos indivíduos competências e habilidades específicas, que são desenvolvidas de forma espontânea por alguns, no contexto da educação familiar, mas que, para outros, estão atreladas ao processo de escolarização.

O compromisso de inter-relacionar as disciplinas, permitindo ao aluno compreendê-las no sentido global da cultura, da ciência e da vida, foi um trabalho árduo que procuramos realizar. Esperamos agora contar com o apoio da escola e de seus educadores na implantação, no desenvolvimento e na avaliação dessa Proposta.

A Proposta desenha, ainda, ações para apoiar a escola na gestão de seus recursos, a fim de oferecer aos alunos da rede pública de ensino uma educação à altura dos desafios contemporâneos. Seu desenvolvimento faz com que o Governo do Estado de São Paulo possa cumprir o compromisso de garantir a todas as crianças e jovens uma educação básica de qualidade.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral da Proposta Curricular
para o Ensino Fundamental – Ciclo II e
Ensino Médio do Estado de São Paulo

FICHA DO CADERNO

Universo, Terra e Vida

Nome da disciplina:	Física
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	1ª
Período letivo:	4º bimestre de 2008
Aulas semanais:	2
Semanas previstas:	8
Aulas no bimestre:	16
Temas e conteúdos:	Mudança da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica, relacionando-a com as mudanças sociais que lhe são contemporâneas; Campos gravitacionais e relações de conservação na descrição do movimento do sistema planetário, dos cometas, das naves e dos satélites; Teorias e modelos propostos para origem, evolução e constituição do Universo; Etapas da evolução estelar; 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; Avaliação científica das hipóteses de vida fora da Terra; Evolução dos modelos científicos sobre o Universo; Algumas especificidades do modelo cosmológico atual.
Coordenação de CNT:	Sonia Salem.
Equipe de Biologia:	Ghisleine Trigo Silveira, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp e Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira.
Equipe de Ciências:	Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Yassuko Hosoume, Cristina Leite, João Carlos Miguel Thomaz Micheletti Neto, Maíra Batistoni e Silva, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro e Ricardo Rechi Aguiar.
Equipe de Física:	Luis Paulo de Carvalho Piassi (responsável pelo caderno), Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Yassuko Hosoume, Guilherme Brockington e Ivã Gurgel.
Equipe de Química:	Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteadó Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO BIMESTRE

Dando continuidade ao aprendizado iniciado no Caderno anterior, propomos neste bimestre 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 à tecnologia espacial 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 audiovisuais. Enfatizamos também as habilidades de transposição de uma forma de linguagem

para outra, sobretudo em relação à linguagem matemática e aos textos científicos. Sob essa perspectiva, entre as estratégias adotadas, há um destaque especial para a leitura de textos e sua interpretação, que, embora essenciais, são ferramentas raramente desenvolvidas em aulas de Física. O uso do computador e de recursos audiovisuais também é bastante presente, apesar de todas as atividades preverem alternativas, caso esses recursos não estejam disponíveis.

As oportunidades de avaliação da aprendizagem durante o processo 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 dessa 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

O conhecimento sobre o Sistema Solar é muito importante nos dias de hoje. Neste conjunto de Situações de Aprendizagem, procuramos explorar três aspectos fundamentais sobre esse tema. 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 so-

bretudo 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. Esse aspecto aparece 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

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdo e temas : teorias, modelos e processos de investigação sobre a origem, evolução e 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 outras fontes de consulta bibliográfica; elaborar e apresentar relatos na forma de pôster.

Estratégias: pesquisa bibliográfica; elaboração e apresentação de pôsteres.

Recursos: *sites* da internet, livros e revistas; cartolina.

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

Objetivo / Contexto

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

- ▶ Busca em fontes de consulta, seja pela internet, seja por meio de materiais bibliográficos e 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.

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

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 os alunos vejam os cartazes dos colegas.

Se possível, seria também interessante promover uma sessão para a escola toda. 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 dessa 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 da região, já que as diversas escolas estarão realizando a mesma atividade na mesma época. Essa atividade pode contar com a ajuda de professores de outras áreas, em uma perspectiva de integração dos componentes curriculares. Por exemplo:

- ▶ História e Filosofia: esses professores 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 dessa disciplina certamente terá muito a contribuir.
- ▶ Educação Artística: a elaboração dos pôsteres pode contar com a ajuda desses 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 assessora 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 materiais.

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 bimestre seja ocupada com a orientação a respeito da pesquisa e que, na seqüência, seja trabalhada a Situação de Aprendizagem 2, dando um prazo para que os alunos apresentem os primeiros materiais pesquisados. Da

mesma forma, as outras duas aulas previstas para a atividade seriam intercaladas entre as outras Situações de Aprendizagem. A idéia é que, nessas 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. A Tabela 1 a seguir mostra um esquema possível de encaminhamento da Situação de Aprendizagem 1, em aulas intercaladas.

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

Tabela 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. Na Tabela 2 a seguir sugerimos vinte 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 filósofo

que trabalhou em torno desse assunto. Os temas são distribuídos por épocas, e abrangem desde a Antigüidade grega, passando pela Renascença, até os tempos modernos. A escolha teve como critério, além da relevância do tema, a disponibilidade de informações sobre o assunto, tanto na internet como em livros e enciclopédias. Por isso, decidimos não sugerir, por exemplo, temas da Idade Média, cujas informações em português são raras.

	Filósofo ou cientista	Tema de pesquisa
1	Aristóteles	Os elementos, a teoria do movimento, o céu e a Terra.
2	Leucipo	Os átomos, o movimento e a matéria. O vazio.
3	Ptolomeu	O sistema geocêntrico.
4	Giordano Bruno	Cosmologia e vida em outros planetas.
5	Copérnico	O sistema heliocêntrico.
6	Galileu	O heliocentrismo, a relatividade e a inércia.
7	Kepler	As leis de Kepler e o modelo de Sistema Solar.
8	Huygens	As descobertas astronômicas e a teoria da luz.
9	Newton	A gravitação e as leis do movimento. Os átomos de luz.
10	Laplace	A hipótese nebular da formação do Sistema Solar. O determinismo.
11	Kant	A vida em outros planetas. A formação do Sistema Solar.
12	Dalton	A matéria e os átomos.
13	Böhr	O modelo do átomo.
14	Einstein	A teoria da relatividade. Equivalência entre matéria e energia.
15	Heisenberg	A mecânica quântica e o princípio da incerteza.
16	Dirac	A relatividade e a antimatéria.
17	Eddington	A fusão nuclear e as estrelas.
18	Hubble	A lei de Hubble e a expansão do Universo.
19	Gell-Mann	Os <i>quarks</i> e o modelo padrão.
20	Gamov	A teoria do <i>Big Bang</i> .

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

A idéia é que os alunos procurem informações sobre esses assuntos e façam cópias dos materiais (impressão ou fotocópia) para trazer para a sala de aula. Você deverá checar esses materiais para se certificar de que têm realmente relação com o tema proposto. A pesquisa iconográfica (figuras, fotos, esquemas) também é importante, pois esses 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 idéias gregas a respeito do Universo e os questionamentos que surgiram na Renascença (temas 1 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 evo-*

lução, de Roberto de Andrade Martins. Disponível em muitas escolas, os DVDs da série *Cosmos* também podem ser úteis no preparo dessa 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 Tabela 1), logo após a Situação de Aprendizagem 2, pode ser reservada para uma checagem dos materiais obtidos pelos alunos. Nesse dia, é importante que todos os grupos tragam os materiais encontrados e que servirão de base para a produção do pôster. Nessa etapa seria conveniente que você checasse os materiais de todos os grupos da classe, opinasse sobre sua pertinência e sugerisse eventuais aprofundamentos da pesquisa.

Nessa aula seria também importante estabelecer regras para a confecção dos cartazes. A opção mais simples e barata é usar uma única folha de cartolina por grupo. Sobre essa 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. Isso 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 também deverão estar presentes. Você pode pedir também um resumo impresso, de uma única página, sobre o conteúdo do cartaz.

Essa é uma aula em que, havendo 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 do bimestre, deverão ser feitos os projetos dos pôsteres. Para isso, os alunos devem levar para a sala de aula uma cartolina, bem como os textos e as imagens que pretendem colocar no pôster (por isso é importante, na aula anterior, lembrar aos alunos de trazer esses 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 idéias para a confecção dos cartazes.

Uma discussão sobre aspectos das teorias cosmológicas modernas seria bastante interessante nesse momento e, de certa forma, terminaria de contemplar a maioria dos temas propostos para a sessão de painéis. Para isso, o livro de Roberto de Andrade Martins continua interessante, bem como o episódio 10 da série *Cosmos (O limite do eterno)*. Além disso, há uma página muito interessante sobre Cosmologia no *site* de Astronomia e Astrofísica (disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/univ/>>), de autoria de Kepler Souza Oliveira Filho. Nesse *site* o assunto é tratado em diversos aspectos.

Apresentação dos pôsteres

Este é o grande dia, sugerido para a 13ª aula do bimestre. Caso não seja possível realizar um dia de sessão de painéis para a escola, a idéia 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 breve. Organize a apresentação obedecendo à ordem da tabela de temas apresentada anteriormente (Tabela 2), determinando 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.

Encaminhando a continuidade

A segunda Situação de Aprendizagem também irá exigir um pouco de pesquisa dos alunos, que deverão procurar em livros ou na internet informações sobre “o que são e para que servem” os 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 pequena pesquisa seja simples e direta. Basta que eles encontrem alguma descrição ou definição dos objetos acima (e, se possível, que também imprimam uma imagem). A sugestão é que cada dispositivo da lista seja pesquisado por um grupo diferente. O resultado será usado na terceira aula da próxima Situação de Aprendizagem.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 2001: O FUTURO QUE JÁ PASSOU

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdo 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: compreender 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 odisséia 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.

Objetivo / Contexto

O filme *2001: Uma odisséia 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 quarenta anos, mesmo ano do falecimento de Clarke, um dos maiores escritores de ficção científica, autor de incríveis viagens pela imaginação científica. A arte cinematográfica de Kubrick aliada à meticulosidade científica de Clarke produziu uma obra que tem sido assistida nos últimos quarenta anos com novas leituras e interpretações. Por conta disso, esse 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 o potencial interdisciplinar da obra.

Apesar disso, 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 dessas expectativas. Nossa proposta é trabalhar com trechos do filme cujas cenas envolvem movimento. Nessas cenas, discutiremos alguns aspectos das leis da mecânica aplicadas ao movimento dos corpos no contexto do espaço.

Essa atividade prevê três aulas. Na última delas, os alunos deverão trazer o resultado da pesquisa sobre os dispositivos de exploração espacial, sugerido no item Encaminhando a continuidade da Situação de Aprendizagem 1. Esse aspecto é importante na medida em que cada vez mais vemos notícias sobre exploração espacial e sobre o uso comercial de aplicações espaciais, como o GPS e as telecomunicações. Se quisermos que nossos alunos compreendam esses acontecimentos e suas implicações, eles devem ao menos ter conhe-

cimento do que se está falando: o que é um satélite, um foguete, uma estação espacial, e outros equipamentos do gênero.

Encaminhando a ação

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 esses *sites* estarem sempre sendo atualizados, *2001: Uma odisséia no espaço* é um filme conhecido e, por isso, não é difícil encontrar trechos disponíveis na internet. A pesquisa será mais eficiente se for efetuada em inglês – *2001: A space odyssey*.

Em uma pesquisa realizada em maio de 2008, encontramos diversas seqüências que podem ser empregadas na atividade. O *site* Ciência à Mão disponibiliza alguns desses vídeos (disponível em: <www.cienciamao.if.usp.br/aliens/2001>). Se no momento da atividade isso não for possível, ainda resta a opção de trabalhar apenas com o texto a seguir, sem passar trechos do filme. No texto, um personagem descreve com humor e linguagem coloquial sua experiência ao assistir um pedaço de *2001: Uma odisséia no espaço*. Se o caminho for esse, duas são as possibilidades: um ou mais alunos lêem o trecho em voz alta para a classe, ou são providenciadas cópias do texto. Na falta de recursos, você pode eventualmente tirar algumas cópias e distribuí-las entre grupos de alunos, recolhendo-as no final. Os alunos do 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 da exibição de qualquer trecho do filme.

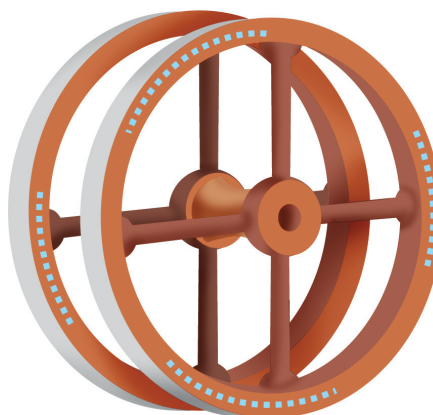
2008: uma odisséia no cinema (e no banheiro)

Luis 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 continuo absorvido nas cenas. A nave continua lá, passeando devagar. Beeem 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 acasas 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:



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, a bicha 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 idéia 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 rolou, 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.

Com base na leitura do texto, você pode pedir aos alunos que, coletivamente, expliquem o que leram. Isso é importante para checar 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 um pouquinho sobre o filme, para que os alunos se situem. Para aque-

les 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 *super livro 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 descrito anteriormente. Para isso, ajuste o DVD no tempo 19min30 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 a conversa com cientistas russos, entre os instantes 28 min e 33 min, 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, se os alunos dispuserem de acesso à internet, é deixar essa tarefa para casa, pedindo que eles associem os eventos descritos no texto que eles leram àquilo que eles observaram nas

cenar 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 da Universidade de São Paulo pode-se encontrar uma versão virtual da Tabela 3, contendo fotos das cenas correspondentes e mais questões. Clicando nas fotos, tem-se acesso a uma versão ampliada de cada uma.

2001: Uma odisséia no espaço - Análise física de algumas cenas					
Cena			Observar	Questões	
[1]	19'53"	Satélite em órbita			
[2]	20'51"	Estação espacial	Rotação da estação, localização dos pisos	1	Qual a finalidade da rotação da estação espacial?
[3]	21'21"	Ônibus espacial		2	Em que local da estação as pessoas estão e em que posição?
[4]	21'42"	Interior do ônibus	Caneta e braço flutuando	3	Por que a caneta flutua?
[5]	22'16"	Comissária de bordo	Sapatos aderentes	4	Os sapatos aderentes substituem a gravidade? Por quê?
[6]	22'57"	Aproximação	Movimentos do ônibus e da estação	5	Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
[7]	23'34"	Janela do ônibus	Céu estrelado e movimento da estação	6	Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
[8]	23'51"	Entrada da estação	Céu estrelado e movimento do ônibus	7	Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
[9]	24'07"	Entrada da estação (<i>zoom out</i>)	Salas com pessoas no piso e no teto	8	Como se explica as pessoas de ponta-cabeça?
[10]	24'36"	Acoplamento	Movimento do ônibus	9	O que mudou nesta cena em relação à cena 6? Por quê?
[11]	24'56"	Janela do ônibus	Céu estrelado e movimento da estação	10	O que mudou nesta cena em relação à cena 7? Por quê?
[12]	25'52"	Recepção	Janela da estação		

[13]	26'13"	Esquema na parede	Planta da estação espacial		
[14]	26'53"	Corredor	Curvatura do piso e do teto	11	Relacione a curvatura do piso com a cena 3.
[15]	27'37"	Cabine videofônica	Movimento da Terra	12	Explique o movimento observado na janela da cabine.
[16]	33'48"	Nave lunar	Motores	13	Esses motores estão ligados? Explique.
[17]	34'00"	Sala de passageiros	Formato da sala e das janelas		
[18]	35'22"	Copa	Subindo pelas paredes	14	Explique esta cena.
[19]	36'00"	Sala de controle	Janelas		
[20]	36'08"	Externa da nave	Janelas e formato da nave	15	Descreva a disposição da sala de estar e da de controle.
[21]	36'35"	Floyd e o comandante	Bandeja flutuando	16	É possível a bandeja flutuar assim? Por quê?
[22]	36'39"	<i>Zero Gravity Toilet</i>			

Tabela 3 – Roteiro de questões sobre o filme *2001: Uma odisséia no espaço*. Fonte: Site Ciência à Mão da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cienciamao.if.usp.br/aliens/2001>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

A seqüência 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.*
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 para fora do centro. 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 essa curvatura que o piso é 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. Isso 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, isso 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 dessas questões para abordar com os alunos. Algumas delas poderiam ser feitas diretamente à classe como um todo, para verificar o que os alunos concluem das cenas do filme, e logo em seguida respondidas por você, professor, 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 idéia 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 odisséia 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 pedir aos alunos que relatem o resultado das pesquisas sobre dispositivos de exploração espacial. A Tabela 4, a seguir, mostra alguns dos principais aspectos de cada um desses dispositivos.

	Finalidade	Trajeto	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. Depois de 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 de volta à Terra.	Transporta pessoas. Controle feito por computador de bordo e tripulantes.	Usa um foguete para sair da Terra, mas possui propulsão a jato própria para manobras e retorno.
Ônibus	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 por computador, tripulantes e remotamente. Possui asas e formato de avião para o pouso na Terra.	Usam 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 levam tripulantes, apenas equipamentos, como câmeras, antenas e outros dispositivos. Controlado da Terra.	Permanecem em órbita, em movimento inercial. Possuem rotação, mantendo a mesma direção pela conservação do momento angular. Possuem jatos para ajustes de órbitas.
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	Realização de experimentos científicos. Base de lançamento de espaçonaves.	Permanece em órbita da Terra durante toda a 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	Fazer observações astronômicas fora da atmosfera terrestre.	Permanece em órbita da Terra durante toda a sua vida útil.	Leva somente instrumentos. Controlado a partir da Terra.	Fica em órbita por inércia. Possui propulsores para ajustes.
Jipe	Transporte de pessoas no solo.	Move-se sobre o solo lunar.	Leva tripulantes, que controlam o veículo.	Por rodas com motor elétrico.

Tabela 4 – Artefatos de exploração espacial e suas características.

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

- 1) 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.
- 2) A lei de conservação do momento (quantidade de movimento) angular. Essa lei implica que um objeto colocado em rotação livre no espaço permanecerá nessa mesma rotação, sem alterar sua velocidade angular, nem a direção de seu eixo de rotação. É fundamental em muitos satélites.
- 3) Como no espaço quase não há atrito, os movimentos orbitais ocorrem sem necessidade de propulsão. Não é exatamente um caso de movimento livre da ação de forças, como exige a primeira lei de Newton, pois há a ação da gravidade. Mesmo assim, o que é importante ressaltar é que se trata de um movimento que não requer combustível para ser mantido.

Um bom material de consulta sobre a conservação das quantidades de movimento linear e angular é o livro do GREF do professor (Física 1 GREF Mecânica). A partir da discussão das questões sobre os artefatos, você pode pedir aos alunos que procurem, lembrando do trecho do filme assistido (ou do texto lido),

identificar que tipos de artefatos apareciam. Nos trechos mencionados na Tabela 3, 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. Nesse local há um centro de visitantes que recebe excursões escolares. Para saber mais, visite a página do INPE (disponível em: <<http://www.inpe.br>>) e clique em “visitas”. Há a opção de visita apenas ao centro de visitantes, mas também existe a possibilidade de visitar o projeto CBERS. Outro aspecto que vale a pena ser comentado é sobre o programa espacial brasileiro, dirigido pela Agência Espacial Brasileira, cujo *site* traz sempre informações atualizadas sobre o programa (disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/>>).

Para quem quer uma atividade de lançamento de foguetes, há o Centro de Estudos do Universo, em Brotas, que realiza lançamentos de minifoguetes com estudantes, mas como se trata de uma entidade privada, o custo pode se tornar elevado.

Encaminhando a continuidade

É importante lembrar aos alunos que na próxima aula ocorrerá a verificação dos materiais pesquisados para a Situação de Aprendizagem 1. Para a próxima Situação de Aprendizagem, alguns materiais precisam ser

solicitados aos alunos, para que 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

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdo 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 do 3º bimestre).

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

Objetivo / Contexto

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 disponíveis no mercado. Sugerimos que você escolha um desses livros como base para a apresentação das leis. Nosso foco será discutir alguns aspectos importantes que raras vezes são 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 desenvolva importantes habilidades e competências.

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

Nesse 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 de um planeta em órbita e pode-se escolher a excentricidade da órbita, desde órbitas 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 prega a terceira lei de Kepler.

Outra possibilidade é o jogo Kepler (disponível em: <<http://www.scite.pro.br>>), que pode ser baixado e usado no computador, mesmo quando ele não estiver conectado à internet. Isso permite, por exemplo, levar um computador para a sala de aula, mesmo não havendo acesso à internet. No jogo, uma pequena nave orbita um planeta do Sistema Solar. A nave pode ser controlada por meio de jatos, mudando sua órbita, que pode ficar mais ou menos excêntrica, ou com maior ou menor tempo de revolução. Além disso, o planeta pode ser escolhido entre um dos oito do nosso Sistema Solar, mostrando que os tempos de revolução e as órbitas possíveis variam de acordo com as massas dos planetas e com seu diâmetro.

Construindo uma órbita

A figura a seguir 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 3 horas e 45 minutos. São 46 marcas, o que significa que o período orbital é 46 vezes 3 horas e 45 minutos, que dá um total de 172 horas e meia. É possível notar que o espaçamento entre duas marcas sucessivas 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 3 horas 45 minutos 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).



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

A idéia é que os alunos construam essa trajetória usando coordenadas fornecidas. 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 1000 km, de modo que o primeiro par de coordenadas corresponderia, na escala real, a $x = 0$ e $y = 73000$ km.

x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
0	73	10	108	47	140	121	156	244	75	119	0	46	17	9	49
0	79	14	114	56	144	139	155	226	38	104	1	38	22	6	54
1	85	19	119	67	148	158	152	201	19	89	3	30	27	3	60
2	91	25	124	79	151	180	147	177	8	77	5	24	32	2	66
4	97	31	130	92	154	204	136	155	3	65	9	18	38		
6	103	38	135	106	155	230	115	136	1	56	13	14	43		

Tabela 5 – Dados para a construção de uma trajetória similar à da Figura 1.

O centro do planeta está na coordenada $x = 216 \text{ mm}$ e $y = 78 \text{ mm}$. Para desenhar o planeta, deve-se traçar uma circunferência de 6 mm de raio em torno desse ponto, pois o raio de Vênus é de aproximadamente 6000 km . Apenas diga aos alunos que o raio da circunferência é 6 mm , pois eles devem descobrir qual 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 cm em toda a volta da folha e, nessas margens, 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.

Analisando os dados orbitais

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

1. Sabendo que, no gráfico, 1 mm corresponde a 1000 km , determine a distância máxima que a sonda espacial atinge, em relação ao planeta, no percurso de sua órbita. (Esse ponto é denominado **apoastro**.)
2. Tente agora determinar o **periastro**, que é o ponto onde a distância é mínima. Não há nenhuma marca nesse 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.
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 $3 \text{ horas e } 45 \text{ minutos}$, determine a velocidade mínima e a velocidade máxima, em metros por segundos (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. Esse 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 esses dados se referem. Explique seu raciocínio.

10. Determine as larguras máxima e a mínima da trajetória da sonda. Calcule uma 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: $M = 5,9 \times 10^{11} \times R^3 / T^2$. Determine a massa do planeta e confira através de uma tabela se era realmente o planeta que você deduziu na questão 9.

Não se deve 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.

Encaminhando a continuidade

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

PROPOSTA DE SITUAÇÕES DE RECUPERAÇÃO

A atividade de elaboração dos pôsteres conta em sua própria estrutura com a recuperação a cada passo, 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 que, se possível, providencie isso. A formação de pequenos grupos interagindo com você para a abordagem das questões é uma forma de recuperação simples e efetiva. Depois de rediscutir as questões, solicite aos alunos que entreguem novamente as respostas reformuladas. Uma alternativa, caso não seja possível o

acesso ao 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 caso perceba que a dificuldade se encontra nessa etapa. Caso a maior dificuldade esteja na elaboração do gráfico, uma sugestão é acompanhar de perto o grupo de alunos com dificuldades, utilizando talvez somente metade dos dados da tabela.

TEMA 2 – O UNIVERSO, SUA ORIGEM E COMPREENSÃO HUMANA

O estudo do Universo vem sendo objeto dos Cadernos desde o 3º bimestre. É chegado o momento de abordar duas questões gerais que ainda não tivemos a oportunidade de apresentar. 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 questionamen-

tos introdutórios a respeito do tema, a partir de conceitos centrais da Física contemporânea. A segunda questão, e que todos nós nos fazemos, é se estamos sós no Universo. Essa é uma questão 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 ao assunto.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 DIMENSÕES DO ESPAÇO E DO TEMPO

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdo 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); cartolina; mapas ou guias de ruas.

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

Objetivo / Contexto

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 dimensões. Esses desenvolvimentos, inicialmente imaginados ape-

nas 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.

A idéia 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 dia-a-dia. Vale a pena, inicialmente, discutir o significado de o espaço possuir três dimensões e, com base nisso, discutir 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 *Hiperespaço*, de Michio Kaku, que apresenta a questão de uma forma bastante interessante. Outros livros que certamente serão interessantes para se 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 idéia 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 a palavra **dimensão** 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”. Uma outra possi-

bilidade 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 isso fique mais claro, um primeiro passo é discutir a tridimensionalidade do espaço. Isso pode ser feito a partir da idéia 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 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 idéia 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 isso melhor, por exemplo, localizando a rua da escola em um guia de ruas 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 no índice, como no trecho do mapa onde a rua se encontra. Essas cópias ampliadas podem ser coladas em uma cartolina e levadas para as salas onde você irá trabalhar com a atividade. Depois, essa cartolina pode ser afixada no corredor da escola, 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, por exemplo. No índice deve constar algo do seguinte tipo:

Rua Machado de Assis, C7

Rua Manuel Bandeira, D6

Rua da Matriz, B4

Nesse 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 essa rua. Não é necessário fazer com que os alunos façam essa localização, basta ilustrar rapidamente a idéia e depois deixar o mapa disponível para que todos possam ver. Você pode comentar também (e até mostrar) mapas do estado de São Paulo, do Brasil ou de uma 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** e, depois, questionar aos alunos se essas duas dimensões são suficientes para localizar um objeto no espaço.

Nesse momento é importante destacar a necessidade, em algumas situações, de 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 coordena-

das geográficas, a coordenada da altitude. A localização de um avião ou de um helicóptero é outro exemplo 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 sala de aula, podemos medir sua largura, seu comprimento e sua altura, ou seja, três dimensões.

Toda essa discussão deve ser breve, para que possamos passar para a outra etapa, que exigirá um pouco de esforço de imaginação dos alunos. Trata-se da leitura do Texto 1 a seguir, tradução e adaptação nossa de 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 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 recomendável, que pode ser indicada aos alunos interessados. No entanto, faremos uso em aula apenas do pequeno trecho a seguir. Sugerimos que você comente um pouco sobre o livro e o contexto de sua produção e peça aos alunos que leiam o trecho:

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 idéia 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.

O tamanho de um habitante adulto de Planolândia pode ser estimado em 28 centímetros, aproximadamente. Trinta centímetros pode ser considerado um máximo.

Nossas mulheres são linhas retas.

Nossos soldados e os trabalhadores das classes mais baixas são triângulos com dois lados iguais, cada um deles com mais ou menos 28 centímetros e uma base tão estreita (geralmente não passando de um centímetro e meio) que eles formam em seus vértices um ângulo muito agudo e perigoso. De fato, quando suas bases são do tipo mais degradado (não mais do que 3 milímetros), eles dificilmente podem ser distinguidos das mulheres, tão pontudos são seus vértices. Entre nós, assim como entre vocês, tais triângulos são denominados isósceles e é assim que os denominarei daqui por diante.

Nossa classe média consiste de triângulos equiláteros, com os três lados iguais. Nossos profissionais e cavaleiros são quadrados (classe à qual pertencem) e figuras de cinco lados, pentágonos. Logo acima deles vem a nobreza, onde há várias categorias, iniciando pelas figuras de seis lados, hexágonos, e daí aumentando o número de lados até receberem o honroso título de poligonais. Finalmente, quando os lados se tornam muito numerosos e pequenos e a figura não pode ser distinguida de um círculo, ele é incluído na ordem circular ou sacerdotal, e esta é a classe mais alta de todas.

É uma Lei da Natureza entre nós que um filho homem tenha um lado a mais que seu pai, de modo que cada geração subirá (como uma regra) um degrau na escala de desenvolvimento e nobreza. Assim, o filho de um quadrado é um pentágono; o filho de um pentágono, um hexágono, e assim por diante.

Mas tal regra nem sempre se aplica aos comerciantes, e ainda menos aos soldados e aos trabalhadores que, de fato, mal merecem o nome de figuras humanas, já que não possuem todos os seus lados iguais. Com eles, a Lei da Natureza não funciona e o filho de um isósceles permanece sempre um isósceles. No entanto, nem toda esperança é perdida, mesmo para os isósceles. Após uma longa série de sucessos militares ou de trabalhos habilidosos e dedicados, geralmente nota-se um leve aumento no tamanho da base e uma redução dos outros dois lados. Com muita dificuldade e com casamentos cuidadosamente arranjados é possível, embora seja muito raro, que depois de muitas gerações nasça um genuíno triângulo com lados iguais. Após um exame detalhado do Departamento Sanitário e Social, a criança é certificada como Regular, retirada de sua família e adotada por algum equilátero sem filhos, que tem o dever de não permitir que a criança retorne a seu antigo

lar ou mantenha suas antigas relações, para que não acabe voltando a seu antigo nível hereditário, pela imitação inconsciente.

Se os nossos triângulos pontudos da classe dos soldados são perigosos, pode-se imediatamente perceber que as mulheres são muito mais perigosas, pois se o soldado é uma cunha, a mulher é uma agulha, com pontas agudas em suas duas extremidades. Some-se a isso o poder de tornar-se praticamente invisível quando quiser e você irá perceber que uma mulher, na Planolândia, de forma alguma é uma criatura com que se possa brincar.

Mas aqui, talvez, alguns dos meus jovens leitores podem perguntar como uma mulher na

Planolândia pode se tornar invisível. Isso deveria ser evidente sem explicação. Porém, algumas poucas palavras podem deixar as coisas claras para aqueles que pensam menos. Coloque uma agulha na mesa. Então, com seu olho no nível da mesa, observe a agulha de lado e você a verá em seu comprimento total; mas observe-a pelas pontas e você não verá mais do que um ponto, ela se tornou praticamente invisível. Assim é com nossas mulheres.

Flatland

Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/etext/97>>
(em inglês). Acesso em: 13 ago. 2008.
Tradução de Luís Paulo de Carvalho Piassi.

A primeira coisa a fazer depois da leitura do texto é trabalhar coletivamente sua interpretação. Cabe perguntar aos alunos, coletivamente, o que diz a história que acabaram de ler. Anotar na lousa os pontos principais ajuda você a avaliar a interpretação do texto. Ao mesmo tempo, auxilia os alunos que tiveram maior dificuldade em compreender alguns aspectos do que foi lido.

É importante dizer aos alunos que se trata de uma sátira, isto é, o autor não está dizendo que concorda com a estrutura social que discrimina as classes trabalhadoras e as mulheres. Ao contrário, a história pretende dizer que a sociedade faz isso, e o autor critica esse fato. O que nos interessa, no entanto, é a idéia de um mundo bidimensional. Nossa sugestão após a leitura é que se inicie uma discussão a respeito dessa possibilidade imaginária. *Como seria um mundo bidimensional? O que veríamos? O que não veríamos?*

Havendo tempo nessa aula, proponha aos alunos que se sentem em grupos e imaginem como seria um mundo bidimensional. O objetivo maior aqui é menos a precisão das previsões e mais 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 idéia de que o tempo também pode ser imaginado como uma dimensão. Essa idéia 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 famoso escritor 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 interpretação de textos como um estímulo à imaginação e ao hábito da leitura, iniciaremos com um pequeno trecho, que é uma tradução adaptada das primeiras páginas de *A máquina do tempo*. A sugestão é dizer aos alunos inicialmente que se trata de uma obra famosa, escrita no final do século XIX, e que apresentou pela primeira vez na ficção uma idéia muito interessante, para, em seguida, pedir a eles que leiam o trecho:

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

O viajante do tempo (assim será conveniente chamá-lo) estava expondo uma matéria incomum. Seus olhos cinzentos brilhavam e sua face normalmente pálida estava corada e animada. O fogo na lareira brilhava e os raios suaves da luz incandescente dos candelabros de prata eram capturados pelas bolhas que subiam em nossos copos. Nosso palestrante, pontuando com seu fino dedo indicador, colocou a coisa da seguinte forma:

– Vocês devem me seguir com cuidado. Terei que contestar uma ou duas idéias aceitas quase universalmente. A geometria que ensinaram a vocês na escola, por exemplo, é baseada em uma idéia errada.

– Não seria um pouco demais começar por aí?, disse Filby, um sujeito argumentativo com cabelos vermelhos.

– Não pretendo que aceitem nada sem fornecer uma base razoável. Logo concordarão comigo. Claro que vocês sabem que uma reta matemática, uma reta sem espessura, não possui existência real. Ensinaram isso a vocês? O mesmo ocorre com o plano matemático. Tais coisas são meras abstrações.

– Isso é verdade, disse o psicólogo.

– Nem um cubo pode ter existência real, tendo apenas comprimento, largura e profundidade.

– Aí eu tenho uma objeção, disse Filby. Obviamente um corpo sólido pode existir. Todas as coisas reais...

– Isso é o que a maioria pensa. Mas espere um pouco. Um cubo instantâneo pode existir?

– Não compreendo o que quer dizer, disse Filby.

– Um cubo que existe por um tempo nulo possui existência real?

Filby ficou pensativo. “Claramente”, continuou o viajante do tempo, “qualquer corpo real deve ter extensão em quatro direções: deve ter altura, largura, profundidade e duração.

– Porém, por uma imperfeição humana, que explicarei a vocês em um momento, somos inclinados a ignorar esse fato. Há na realidade quatro dimensões, três das quais chamamos de planos do espaço e uma quarta, o tempo. Há, entretanto, uma tendência em diferenciar as três primeiras da última, porque nossa consciência se move continuamente em uma direção ao longo da última, do começo ao fim de nossas vidas.

– Isso, disse um rapaz muito jovem, fazendo esforços para reacender seu charuto, “isso... Muito claro, de fato”.

– Agora, é realmente notável que isso seja tão extensivamente ignorado, continuou o viajante do tempo, com certo humor. Realmente, é isso que significa quarta dimensão, apesar de que alguns que falam da quarta dimensão não sabem do que estão falando. É apenas outro jeito de olhar para o tempo. Não há diferença entre o tempo e qualquer das três dimensões do espaço, a não ser o fato de que nossa consciência caminha pelo tempo. Porém, algumas pessoas tolas têm pegado a idéia pelo lado errado. Vocês têm ouvido o que eles dizem sobre esta quarta dimensão?

– Eu não, disse o prefeito.

– É simplesmente isso. Que o espaço, como os nossos matemáticos imaginam, é considerado como possuindo três dimensões, que podem ser chamadas altura, largura e profundidade, sempre definidas em relação a três planos, cada um deles perpendicular aos demais. Mas algumas pessoas filosóficas têm questionado por que três dimensões em particular – por que não haveria uma outra direção em ângulo reto com

as outras três? E têm procurado construir uma geometria de quatro dimensões.

– Bem, não me importo em contar a vocês que tenho trabalhado nessa geometria de quatro dimensões por algum tempo. Alguns de meus resultados são curiosos. Por exemplo, aqui há um retrato de um homem aos oito anos de idade, outro aos quinze, outro aos dezessete, outro aos vinte e três e assim por diante. Todos eles são recortes, como se fossem representações tridimensionais de sua natureza quadridimensional, que é uma coisa fixa e inalterável.

– Mas, disse o médico, olhando firmemente para uma brasa na lareira, se o tempo é na verdade apenas uma quarta dimensão do espaço, porque é, e sempre foi considerado como algo diferente? E por que não podemos nos mover no tempo como nos movemos nas outras dimensões do espaço?

– Essa é a semente de minha descoberta. Mas você está errado ao dizer que não podemos nos mover no tempo. Por exemplo, se estou relembando um incidente muito vividamente, retorno ao instante de sua ocorrência. Estou com a mente ausente, como se diz. Eu volto atrás por um momento. Lógico que não dispomos de meios de permanecer ali por qualquer tempo, assim como um selvagem ou um animal

de permanecer a dois metros sobre o solo. Mas um homem civilizado é melhor que o selvagem nesse aspecto. Ele pode ir contra a gravidade em um balão, e por que não poderia afinal tornar-se capaz de parar ou acelerar seu trajeto ao longo do tempo, ou mesmo voltar atrás nele?

– Oh, isso..., começou Filby, é tudo...

– Por que não?, disse o viajante do tempo.

– É contra a razão, disse Filby.

– Qual razão?, disse o viajante do tempo.

– Você pode provar que preto é branco por meio de argumentos, disse Filby, mas nunca irá me convencer.

– Possivelmente não, disse o viajante do tempo. Mas agora vocês começam a ver o objeto de minha investigação na geometria de quatro dimensões. Há muito tempo tenho pensando vagamente em uma máquina.

– Para viajar pelo tempo!, exclamou o rapaz muito jovem.

– Que irá viajar indiferentemente em qualquer direção do espaço e do tempo, como o motorista determinar.

The Time Machine

Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/etext/35>>
(em inglês). Acesso em: 13 ago. 2008.

Tradução de Luís Paulo de Carvalho Piassi.

Assim como no Texto 1, sugerimos como 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 isso, 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 sobre questões do tipo “é possível”, porque afinal de contas o conhecimento científico não é definitivo, e algo que parece impossível hoje

pode perfeitamente ser algo 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 possível, deveríamos ter viajantes do futuro entre nós. Mas isso, é claro, não garante nada. Eles poderiam estar aqui, porém escondidos; esse é o argumento dos que gostam de emoção e fantasia. Os pessimistas poderiam dizer que não temos viajantes do futuro simplesmente porque o mundo acaba 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, essa discussão pode ir longe. Embora sejam apenas especulações, estimular esse tipo de debate entre os alunos é interessante, pois justamente trabalha 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, uma idéia é confrontá-lo com aquele que foi lido anteriormente, sobre a Planolândia. *Que semelhanças e diferenças observamos nas idéias dos dois autores?* Essa 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 aos alunos qual das histórias lhes parece menos fantasiosa e por quê.

Como momento final dessa etapa, pergunte aos alunos se eles se lembram de filmes ou histórias que envolvam viagens no tempo. A idéia é deixá-los lembrar livremente de algumas dessas histórias e estimulá-los a falar a respeito das conseqüências que a viagem no tempo parecia ter. Caso os alunos não recordem de filmes com viagens no tempo, você pode sugerir que eles imaginem conseqüências a respeito do que iria acontecer caso pudessem viajar no tempo. Como sugestão de filmes interessantes para os alunos assistirem em casa, poderíamos citar a última versão de *A máquina do tempo*, o filme *O exterminador do futuro*, a série de filmes *De volta para o futuro*, além de alguns filmes menos conhecidos,

como *Um som de trovão* e *Linha do tempo*, que são interessantes e fáceis de ser encontrados em DVD.

As viagens espaciais

Todos os procedimentos dessa atividade, até aqui, levam ao que podemos chamar de discussões abertas, em que idéias e possibilidades são lançadas. Esse 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, é também 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, é perfeitamente possível falar aos alunos da existência dessas teorias e o que elas prevêm.

Discorra um pouco sobre a Teoria da Relatividade de Einstein, destacando o ponto que talvez seja o mais impressionante para todos nós – **o transcorrer do tempo não é absoluto**. Uma pessoa viajando em velocidades próximas à da luz viverá um tempo fisicamente diferente de outra considerada em repouso. Também poderá comentar a respeito da Teoria da Relatividade Geral de Einstein, que estabelece que a gravidade é, na verdade, um efeito da deformação do espaço.

Você pode utilizar alguns materiais como referência nessa discussão, além dos livros já sugeridos. Um livro 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.

Nossa proposta é que você fale um pouco a respeito dessas idéias, evidentemente sem entrar em muitos detalhes, já que não há tempo hábil, nem maturidade dos alunos para isso.

A idéia é realmente 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 filmes que procuram retratar as dificuldades envolvidas nesse processo e, talvez, uma razão para isso é que essas dificuldades são tão imensas, que fazem a coisa toda perder a graça. Particularmente, o livro *O guia do mochileiro das galáxias* trata com graça essa 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 pudéssemos viajar para fora de nosso Sistema Solar em um tempo razoável, de forma que, no prazo de algumas semanas, pudéssemos 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 por nossas histórias. Isso porque, para que seja 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 3º bimestre, ocuparia algo em torno de quatro anos na velocidade da luz. Contando com a volta, levaria mais quatro anos. Ou seja, levaria oito anos, no mínimo, para ir e voltar. Mas – e isso é a coisa

importante – é possível (na teoria) fazer esse trajeto em muito menos tempo, de acordo com a Teoria da Relatividade. Isso 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 notasse 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 porque *a estrada encolheu*, 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 essas 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, porém, dispor de 100 bilhões de bilhões de joules (10^{20} J) de energia para fazer isso, que é mais ou menos o consumo mundial de energia em um ano.

Você pode achar que esse é um grande problema, mas não é. Talvez encontremos maneiras mais eficientes de obter energia. O Sol, por exemplo, emite 4 milhões de vezes esse 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 pouco tempo possa passar 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. Isso pode ser muito pior se você decidir fazer turismo em Betelgeuse, terra de Ford Prefect, o simpático personagem do *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 1000 anos. A não ser que inventem uma maneira de as pessoas viverem todo esse 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 nesses 1000 anos.

Portanto, mesmo que um dia possamos viajar pelo espaço entre as estrelas, a Teoria da Relatividade nos diz que o problema do tempo é insuperável. Porém, vem da própria Teoria da Relatividade a idéia de que se poderia contornar o problema por um outro caminho. Porque não necessariamente temos de viajar pelo espaço entre as estrelas, porque se o espaço pode ser curvado, talvez pudéssemos fazer um atalho, indo de uma estrela a outra sem passar pelo espaço entre elas. Essa é a famosa proposta teórica dos chamados buracos de minhoca, cuja explicação detalhada você pode encontrar nos livros de Stephen Hawking. Por exemplo, nas páginas 135 a 137 de *O universo numa casca de noz*, livro rico em ilustrações que podem auxiliar muito nessa aula. Como você também verá nesse livro, as dificuldades práticas (e mesmo teóricas) para a realização de uma viagem desse gênero são imensas, o que não significa, evidentemente, que seja impossível.

A melhor maneira de trabalhar com essa aula é de fato contar algumas dessas coisas e outras relacionadas que você encontrará em livros, *sites* e revistas de divulgação científica. Além dos livros que sugerimos, damos algumas idéias 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 *Nemesis*, de Isaac Asimov, que além de trazer muitos outros conceitos interessantes de Astronomia trata desse problema e de uma fictícia invenção da viagem superluminal, ou seja, acima da velocidade da luz. Esse 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*), mas 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 o livro *Contato*, de Carl Sagan, no qual foi baseado o filme de mesmo nome; tanto no livro como no filme não apenas aparecem muitas das idéias de relatividade e conceitos de Astronomia, mas também a discussão da possibilidade de detecção de vida inteligente fora da Terra.

Encaminhando a continuidade

Essas aulas foram programadas estrategicamente para acontecer logo antes da apresentação dos pôsteres. A idéia é que durante as aulas os alunos tenham bastante oportunidade de discutir 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 as 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

Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdo 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 a vida dos seres humanos, em particular, temporal e espacialmente no Universo.

Competências e habilidades: observação e interpretação de cenas de vídeo e de dados apresentados sobre pesquisas relativas 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 (*Encyclopædia Galáctica*).

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

Objetivo / Contexto

Nessa Situação de Aprendizagem, o objetivo é tratar de uma questão que interessa não apenas aos jovens alunos, mas a muitos adultos também: *existe vida fora da Terra? Será que um dia faremos contato com outras civilizações?*

O ponto de partida para essa discussão pode se basear no vídeo da série *Cosmos*, episódio 12, denominado *Encyclopædia Galáctica*. Verifique se essa série está disponível em sua escola. Caso você não tenha acesso a esse 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. Isso, porém, exigirá muito mais do que uma simples aula e só poderá ser viabilizado se for possível uma exibição coletiva pelo tempo de duração do filme (150 min.), lembrando que não faz muito sentido exibir um filme se isso impedir que depois se possa prosseguir nas discussões.

Em qualquer abordagem, é interessante conhecer algo sobre o projeto SETI e, particularmente, sobre o SETI@home, projeto que emprega o poder de computação 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>>).

Diretamente relacionada a essa 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*. Outra leitura interessante é a do livro *Civilizações extraterrenas*, de Isaac Asimov, 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 5.

Após a exibição do vídeo, 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 a respeito. Certamente surgirão 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:

$$N = R \cdot f_p \cdot n_c \cdot f_1 \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N é o número total estimado de civilizações em nossa galáxia. Esse número depende de vários fatores, para 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 de que o Sistema Solar e a Terra são cenários típicos da possibilidade de desenvolvimento da vida e da inteligência em um planeta. Porém, essa 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_1 = fração dos planetas onde a vida efetivamente surge, dadas as condições para isso.

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.

No página “Aliens da Ciência” do *site* Ciência à Mão da USP pode-se fazer esse cálculo de forma interativa e instantânea, (disponível em: <<http://www.ciencia-mao.if.usp.br/aliens/drake.php>>). Sugerimos que você entre nessa página e tente algumas configurações para ver os resultados. Seria muito interessante fazer isso com os alunos

em aula, nem que você dispusesse de apenas um único computador ligado à internet.

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

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

Aqui a estimativa é de 100 civilizações tecnológicas em nossa galáxia vivendo ao mesmo tempo que nós. Alguns dados são mais ou menos conhecidos, outros são verdadeiros “chutes” como o tempo. 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 100 anos. Isso pode continuar por milhares ou milhões de anos, ou podemos nos destruir amanhã. É difícil obter um número confiável para essa média, já que o único exemplo que temos somos nós, e mesmo para nós

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 SITUAÇÕES 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 desses 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 vídeo 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 tão en-

fatizados. Se a dificuldade for essa, forneça aos alunos a tabela que mostra as características dos artefatos espaciais 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>>), trabalhando com a interpretação de textos.

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 odisséia 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 a 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 odisséia 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 através de foguetes ou de ônibus espaciais.

3. Sabemos que diversos artefatos podem ser mantidos em órbita da Terra, em movi-

mento contínuo, a altíssimas velocidades, por longos períodos. Isso 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, uma vez que esse movimento se dá em uma região onde a resistência do ar é extremamente pequena.

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: – O Universo, sua origem 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, de forma que, se podemos viajar livremente no espaço, podemos também 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 esses 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

Livros

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.

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.

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.

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

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

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

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.

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

Vide comentários na Situação de Aprendizagem 1.

UNIVERSO. Série Atlas Visuais. São Paulo, Ática, 1990.

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

GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Leituras de Física: Mecânica. Documento eletrônico em formato PDF. Disponível em: <www.if.usp.br/profis/leituras_mec.html>. Acesso em: 3 ago. 2008.

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*. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/>>.

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.

Nessa edição especial da revista *Scientific American*, apresenta-se aspectos da vida e da obra de Arthur Clarke. A revista faz parte de uma coleção que inclui outros três autores famosos: Isaac Asimov, Júlio Verne e H. G. Wells.

Filmes

A MÁQUINA do tempo, Direção de Simmon Wells. EUA, DreamWorks/ Warner Bros. 2002. (96 min.).

CONTATO. Direção de Robert Zemeckis. EUA, Warner Bros. 1997. (150 min.).

DE VOLTA para o futuro I. Direção de Robert Zemeckis. EUA, Universal Pictures. 1985. (116 min.).

DE VOLTA para o futuro II. Direção de Robert Zemeckis. EUA, Universal Pictures. 1989. (107 min.).

DE VOLTA para o futuro III. Direção de Robert Zemeckis. EUA, Universal Pictures. 1990. (117 min.).

LINHA do tempo. Direção de Richard Donner. EUA, Paramount Pictures/UIP. 2003. (116 min.).

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

O SOM do trovão. Direção de Peter Hyans. EUA/ Alemanha/ República Tcheca, Warner Bros/ Vip/ Europa Films. 2005. (103 min.).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre as questões que mais interessam os jovens de hoje, certamente está a da conquista do espaço e das possibilidades que tal conquista pode nos trazer no futuro. Longe de ser um aspecto sonhador ou fantasioso da ciência, o interesse pelo espaço é fundamental para o futuro de 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 um 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, há a energia solar e há a condição de impondera-

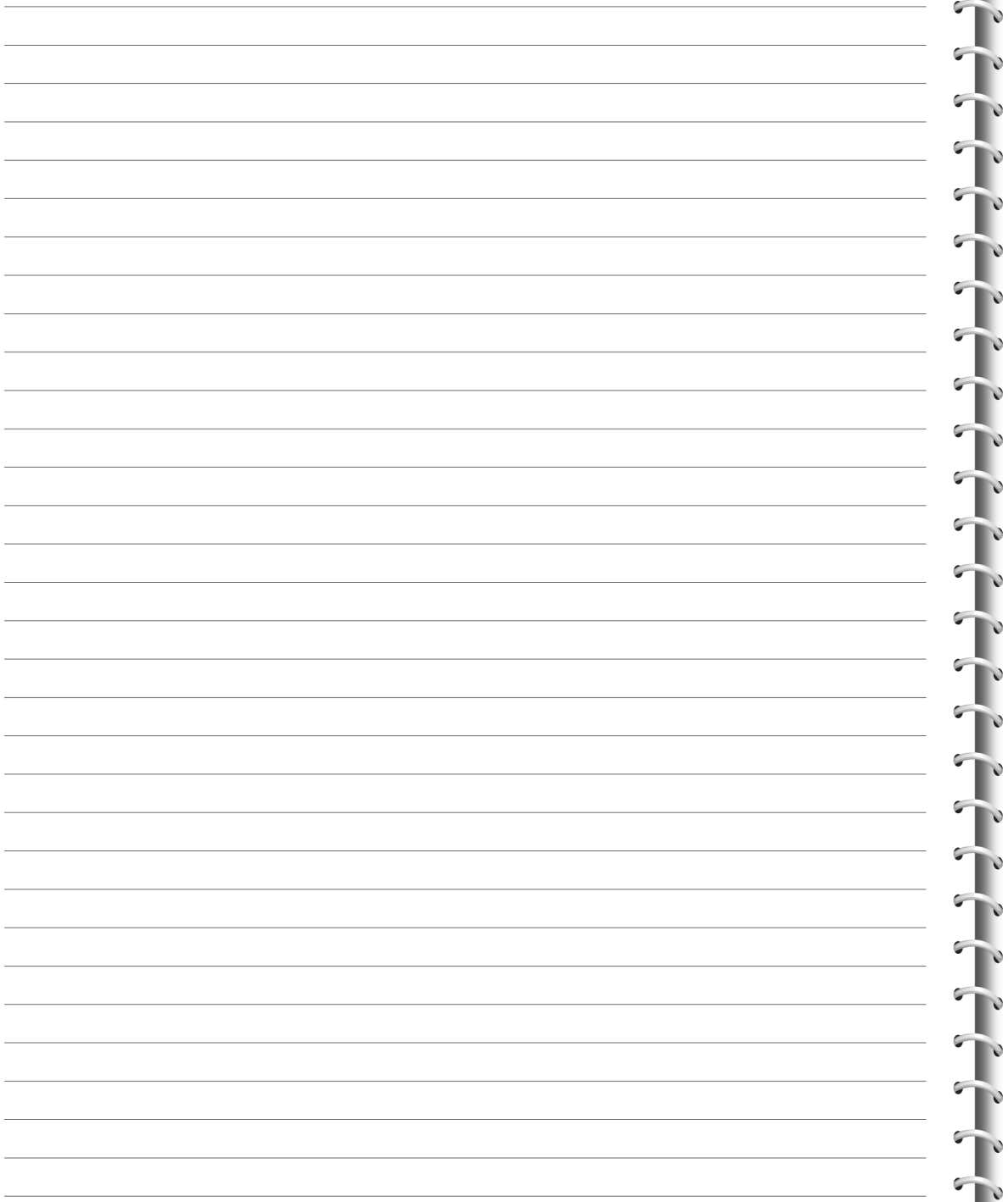
bilidade que será alvo de interesse econômico. Assim como hoje há técnicos que trabalham em plataformas de petróleo longe da costa, daqui a poucas décadas a profissão de astronauta será muito mais comum. Não é à toa que países como a França mantenham bases espaciais na América do Sul: estamos próximos do Equador, o que nos torna privilegiados no lançamento de foguetes. Por conta disso, há muito se defende que o Brasil deve investir mais e mais em tecnologia espacial, daí a existência do programa espacial brasileiro. Uma das principais bases para esse desenvolvimento é despertar os jovens para o assunto e mostrar a sua importância no que deve ser, muito em breve, um mercado de trabalho promissor.

 Anotações



A spiral-bound notebook page with 20 horizontal lines. The spiral binding is on the left side. The page is otherwise blank.

 *Anotações*



A spiral-bound notebook with 25 horizontal lines. The spiral binding is on the right side. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.

 Anotações



A spiral-bound notebook page with 20 horizontal lines. The spiral binding is on the left side. The page is otherwise blank.

 Anotações

Lined area for notes with horizontal ruling lines and a spiral binding on the right side.