



Caro(a) aluno(a),

Aperte os cintos e prepare-se para continuar a fantástica jornada iniciada há alguns meses. Neste volume, você poderá aprofundar seus conhecimentos em Astronomia, com o apoio de boas leituras de ficção científica.

Inicialmente, o Caderno caracteriza os diversos objetos que estão presentes no Universo e nele se movimentam e evoluem. Você vai estudar desde os modelos mais antigos de representação do Universo até os mais recentes e sofisticados, passando, assim, por ideias e conceitos como matéria, radiação, supernova, buraco negro, espaço curvo, universo inflacionário e *Big Bang*.

Com o filme *2001: uma odisseia no espaço*, você poderá construir conceitos mais complexos sobre gravidade, noções referenciais e forças inerciais. Poderá também ter uma visão mais ampla sobre os elementos que contribuem para a exploração espacial, como satélites, ônibus espaciais, sondas e telescópios.

Dessa maneira, pretende-se que você compreenda o rápido desenvolvimento tecnológico contemporâneo, principalmente na área da exploração espacial e dos produtos tecnológicos dela decorrentes. Você terá a oportunidade de investigar o movimento orbital, buscando entender as leis que regem o movimento de planetas, satélites e outros astros.

Por fim, você estudará a percepção humana sobre as dimensões físicas do tempo e do espaço, conceitos importantes para estudar os limites dos modelos cosmológicos. A proposição de um mundo diferente do nosso, como o mundo de Planolândia, descrito no conto de Edwin Abbott, coloca questões interessantes que ajudarão você a repensar nosso próprio mundo.



Com isso, você cumpre mais uma importante etapa de seus estudos em Física. Ao longo do ano, você estudou os tipos e as formas de movimentos, as leis de conservação de quantidade de movimento e de energia e conceitos astronômicos, como os elementos de nossa galáxia e do Sistema Solar. Esta última parte consolidará essas aprendizagens, contribuindo para aumentar ainda mais sua curiosidade sobre o funcionamento do mundo.

Espera-se que esses conhecimentos sirvam de base para que você seja um cidadão crítico e atuante na sociedade em que vive. Procure aproveitá-los ao máximo no seu dia a dia!

Equipe Técnica de Física
Área de Ciências da Natureza
Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo



TEMA 1:

UNIVERSO, TERRA E VIDA: SISTEMA SOLAR

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1
MATÉRIA, MOVIMENTO E UNIVERSO

PESQUISA EM GRUPO

Neste Caderno, você vai fazer uma pesquisa sobre o tema geral Matéria, Movimento e Universo, por meio da investigação a respeito de um cientista ou de um filósofo e de suas principais contribuições. Seu professor vai atribuir um destes temas ao seu grupo. Destaque no quadro a seguir o tema que você vai pesquisar.

Cientista ou filósofo		Tema de pesquisa
1	Aristóteles  <small>Reprodução</small>	Os elementos, a teoria do movimento, o céu e a Terra.
2	Leucipo de Mileto	Os átomos, o movimento e a matéria. O vazio.
3	Cláudio Ptolomeu	O sistema geocêntrico.
4	Giordano Bruno  <small>© Bibliothèque Nationale, Paris, França</small>	Cosmologia e vida em outros planetas.
5	Nicolau Copérnico	O sistema heliocêntrico.
6	Galileu Galilei	O heliocentrismo, a relatividade e a inércia.
7	Johannes Kepler  <small>© Biblioteca da Abadia de Göttweig, Krems, Austria</small>	As leis de Kepler e o modelo de Sistema Solar.
8	Christiaan Huygens	As descobertas astronômicas e a teoria ondulatória da luz.
9	Isaac Newton	A gravitação e as leis do movimento. As partículas de luz.
10	Pierre-Simon Laplace	A hipótese nebular da formação do Sistema Solar. O determinismo.

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

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

O objetivo é que cada grupo faça um cartaz ou pôster e o apresente aos colegas. O trabalho deve ser realizado em três etapas, distribuídas ao longo do Caderno. As tarefas de cada etapa estão descritas a seguir. Anote nos espaços indicados as datas de entrega das tarefas.

Coletando informações e imagens

Data de entrega: _____

Na data marcada no espaço acima, você deverá trazer os materiais para a elaboração do trabalho. São dois tipos de material:

- **Textos**

Você deverá pesquisar textos sobre o assunto. Faça cópias dos materiais encontrados (trechos de livros ou enciclopédias, artigos de revistas, páginas da internet). Não é necessário resumir ou escrever nesta etapa. Apenas organize os materiais em uma pasta e leve-os para a aula.



Importante!

Anote cuidadosamente a fonte de cada material (nome do livro ou *site*, autor, páginas, ano etc.). Fazer um índice no início da pasta vai ajudá-lo a organizar o material.

• Imagens

Selecione imagens que possam ser usadas no cartaz para ilustrar as informações que o grupo deseja apresentar. Lembre-se de que, em um cartaz, as imagens são tão importantes quanto o texto. As figuras e as fotos devem ser grandes, e o texto, resumido; portanto, selecione imagens de tamanho adequado.

Projetando o pôster

Data de entrega: _____

Na data marcada, você deve trazer para a sala de aula um projeto do pôster e um resumo da apresentação que o grupo pretende fazer. Não se esqueça de levar também a pasta com a pesquisa dos textos e das figuras.

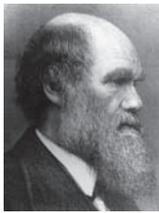
Com um lápis, em uma folha de cartolina, você e seu grupo devem marcar os locais onde vão entrar figuras e textos.

- Indique os títulos, que devem ser escritos com letra grande.
- Estabeleça o espaço de cada figura com um retângulo e indique dentro dele qual imagem será inserida. Você pode colar uma cópia da figura no local com fita adesiva, provisoriamente.
- Elabore uma legenda para cada figura.
- Aponte os lugares onde devem aparecer os textos informativos em letras menores.
- Indique os locais onde aparecerão tabelas.
- Indique os locais para as referências das fontes consultadas.

O professor vai avaliar o projeto do grupo e dar sugestões de melhorias para a apresentação na data marcada. Ele também vai avaliar o resumo da apresentação.

Um exemplo de pôster

A teoria da evolução das espécies



Charles Darwin



Capa do livro *A origem das espécies*, de 1859

Fontes consultadas
<http://darwin-online.org.uk/>
 Darwin, C. *A origem das espécies*. Coleção *planeta Darwin*. Planeta Vivo, 2009.

Charles Darwin e a Evolução das espécies

Charles Robert Darwin FRS (Shrewsbury, 12 de Fevereiro de 1809 — Downe, Kent, 19 de Abril de 1882) foi um naturalista britânico que ficou famoso por ser o autor da **teoria da evolução das espécies**. Esta teoria mostra como se dá a evolução por meio da seleção natural e sexual das espécies. Sua teoria foi elaborada durante sua expedição a bordo do *Beagle*.

Darwinismo Social

O termo "Darwinismo Social" foi popularizado por historiadores para descrever o pensamento desenvolvido durante os séculos XIX e XX acerca do crescimento das populações e das nações. O Darwinismo social é a tentativa de se aplicar as ideias relacionadas à evolução das espécies, para compreender as sociedades humanas. De acordo com este pensamento pessoas mais inteligentes ou com maior poder aquisitivo poderiam ser compreendidas por sua descendência, como se estas características fossem heranças genéticas. No entanto, várias críticas foram feitas à esta teoria. Ela foi considerada, principalmente no pós 2ª guerra mundial uma teoria racista.

Darwin e Mendel

As teorias de Darwin e Mendel hoje, de certa forma, são complementares, no entanto, nem sempre foi assim. Ao passo que a teoria de Mendel mostrava que as características passavam de pais para filhos hereditariamente, a teoria da evolução de Darwin mostrava que os seres poderiam evoluir para outros seres.

Apenas no final do século XIX, com a genética bastante fortalecida por dados experimentais, foi possível aliar a teoria Darwiniana à genética e à biologia, criando o **neodarwinismo**.



A expedição de Darwin a bordo do *HMS Beagle*

© Ron Boardman, Life Science Image/Minden Picture-Latinstock © SPL/Latinstock © 2002 - 10 The complete work of Charles Darwin online

FISICA_CAA_1AS_VOL4.indd 5

8/11/10 3:49:06 PM

Apresentando o pôster

Data de entrega: _____

No dia da apresentação, o grupo deve levar para aula seu cartaz e o resumo da apresentação. O ideal é mostrar o pôster ao professor uns dias antes, para que ele dê sugestões. Também será necessário treinar a apresentação com os colegas de grupo.



PESQUISA INDIVIDUAL

1ª parte

Observe o quadro a seguir, que lista diversos veículos e artefatos usados na exploração espacial.

foguete espacial	sonda espacial
espaçonave	estação espacial
ônibus espacial	telescópio em órbita
satélite artificial	jipe lunar

Escolha um deles e procure as seguintes informações a seu respeito:

1. O que é esse veículo ou equipamento?
2. Para que ele serve?
3. Tente encontrar uma imagem desse artefato.

2ª parte

Faça uma pesquisa sobre o famoso escritor de ficção científica Arthur C. Clarke e sobre o filme *2001: uma odisseia no espaço*.

1. Que tipo de histórias Arthur C. Clarke costumava escrever?

2. Cite algumas de suas obras mais conhecidas.

3. Do que trata o filme *2001: uma odisseia no espaço*?

4. Qual foi a importância do filme *2001: uma odisseia no espaço* na época do seu lançamento e por que até hoje, mais de 40 anos depois, ele ainda é tão comentado?

5. Procure cenas e trechos do filme na internet.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 2001: O FUTURO QUE JÁ PASSOU



Leitura e Análise de Texto

2008: Uma odisseia no cinema (e no banheiro)

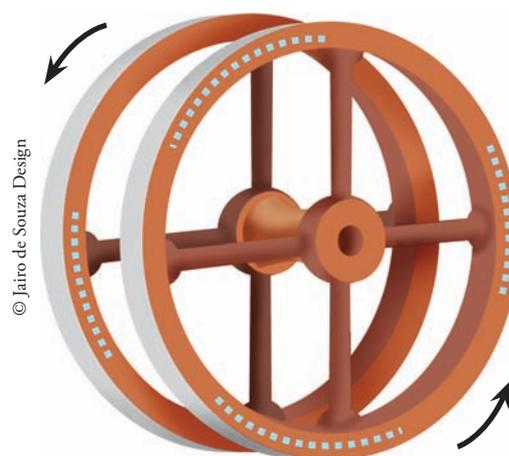
Luís Paulo de Carvalho Piassi

Dizem que o filme fez 40 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, e 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, cabeção!”

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 acesas e girando no espaço.

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



A música continua. A roda sai de cena e 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 iria fazer se tivesse baba do dorminhoco voando pela cabine...

Opa, a nave está se aproximando da rodona. Caramba, o troço é grande mesmo. Estamos na cabine do piloto. Pela janela dá pra 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 carinhos trabalhando. E no teto também, de cabeça para baixo. No espaço as coisas são estranhas.

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

Nossa, que elevador doido! Tem até sofá de couro. O cara chegou, acho que vai mesmo acontecer alguma coisa. Essas recepcionistas são bonitinhas, mas esse chapéu, quem inventou isso? Espera aí, estou sentindo dor de barriga! Epa, o cara tem que fazer identificação por voz. Ai, está doendo... Agora ele está dentro da navezona, dá até pra 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. Agora já é 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, fiz o que tinha de fazer lá no banheiro, mas estou de volta. Ei, o que é isso? Valsa de novo?! E essa outra nave? Parece uma bolota. Onde esse sujeito está indo? É a Lua! Será que os macacos estão lá? Essa nave é legal, mas esse cara só dorme... Lá vem a aeromoça de novo com umas bandejinhas. Credo, parece papinha de nenê, para tomar de canudinho. Mas, espera aí, o que essa aeromoça está fazendo? Está subindo pela parede... Ficou de ponta-cabeça, acho que nessa nave as coisas flutuam também. Com certeza, olha lá a bandeja do cara pairando no ar! E o que é isso? *Zero Gravity Toilet*... Banheiro de gravidade zero. Como será que eles fazem? Gente, eu já sofro naquele de gravidade normal, imagina com os produtos flutuando por aí.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

A história acima fala de um garoto que entrou em uma sala de cinema em que estava sendo exibido o filme *2001: uma odisseia no espaço*. Aqui vão algumas questões de interpretação do texto.

1. No texto, quatro diferentes veículos especiais foram mencionados. Destaque os trechos em que eles são mencionados.

2. Baseando-se na descrição do texto (e naquilo que você pesquisou sobre o filme), tente completar o quadro a seguir com as características de cada veículo.

	Leva pessoas?	Permanece em órbita?	Que formato possui?	Decola e pousa na Terra?	É veículo de transporte?	Possui motor?
Veículo 1						
Veículo 2						
Veículo 3						
Veículo 4						

3. A partir dos dados do quadro, tente determinar que tipos de artefato são os quatro veículos mencionados (satélite, sonda, nave, foguete, ônibus espacial, estação espacial). Justifique suas respostas.

4. A tabela a seguir apresenta uma lista de cenas do filme *2001: uma odisseia no espaço*, com indicações de tempo (baseadas na versão em DVD) e algumas questões sobre a física do movimento dos corpos que podemos fazer a partir delas*.

* Na página da internet <<http://www.cienciamao.if.usp.br/aliens/2001/index.php>>, você pode encontrar uma versão digital desta tabela, contendo fotogramas das cenas correspondentes e outras questões. Clicando nas imagens, tem-se acesso a uma versão ampliada de cada uma.

2001: uma odisseia no espaço – Análise física de algumas cenas			
Cena		Observar	Questões
19min53s	Satélite em órbita		
20min51s	Estação espacial	Rotação da estação, localização dos pisos	1. Qual a finalidade da rotação da estação espacial?
21min21s	Ônibus espacial		2. Em que local da estação as pessoas estão? E em que posição?
21min42s	Interior do ônibus	Caneta e braço flutuando	3. Por que a caneta flutua?
22min16s	Comissária de bordo	Sapatos aderentes	4. Os sapatos aderentes substituem a gravidade? Por quê?
22min57s	Aproximação	Movimentos do ônibus e da estação	5. Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
23min34s	Janela do ônibus	Céu estrelado e movimento da estação	6. Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
23min51s	Entrada da estação	Céu estrelado e movimento do ônibus	7. Qual é o referencial adotado nesta cena? O que se observa?
24min07s	Entrada da estação <i>zoom out</i>	Salas com pessoas no piso e no teto	8. Como se explica o fato de as pessoas estarem de ponta-cabeça?
24min36s	Acoplamento	Movimento do ônibus	9. O que mudou nesta cena em relação à cena 6? Por quê?
24min56s	Janela do ônibus	Céu estrelado e movimento da estação	10. O que mudou nesta cena em relação à cena 7? Por quê?
25min52s	Recepção	Janela da estação	
26min13s	Esquema na parede	Planta da estação espacial	

2001: uma odisseia no espaço – Análise física de algumas cenas			
Cena		Observar	Questões
26min53s	Corredor	Curvatura do piso e do teto	11. Relacione a curvatura do piso com a cena 3.
27min37s	Cabine videofônica	Movimento da Terra	12. Explique o movimento observado na janela da cabine.
33min48s	Nave lunar	Motores	13. Esses motores estão ligados? Explique.
34min00s	Sala de passageiros	Formato da sala e janelas	
35min22s	Copa	Subindo pelas paredes	14. Explique esta cena.
36min00s	Sala de controle	Janelas	
36min08s	Externa da nave	Janelas e formato da nave	15. Descreva a disposição da sala de estar e da sala de controle.
36min35s	Floyd e o comandante	Bandeja flutuando	16. É possível a bandeja sair flutuando assim? Por quê?
36min39s	<i>Zero Gravity Toilet</i>		

Questões	Respostas das questões
1	
2	
3	
4	

Questões	Respostas das questões
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	



VOCÊ APRENDEU?



O quadro a seguir traz um resumo das características dos principais artefatos de exploração espacial.

	Finalidade	Trajeto	Tripulantes e controle	Propulsão
Foguete	Impulsionar outros dispositivos para a órbita terrestre ou para fora dela.	Da superfície da Terra até o espaço, pondo outro dispositivo em órbita ou o impulsionando a outro corpo celeste.	Pode levar tripulantes em uma cápsula ou lançar dispositivos. Após lançado, o controle é automático.	Realizada pela expulsão de gases no sentido oposto, seguindo a Lei de Conservação da Quantidade de Movimento.
Nave	Transportar pessoas e materiais de um corpo celeste a outro.	Da Terra até outro corpo celeste, podendo ou não pousar, e deste corpo voltar à Terra.	Transporta pessoas. Controle feito por computador de bordo e por tripulantes.	Usa um foguete para sair da Terra, mas possui propulsão a jato, própria para manobras e retorno.
Ônibus espacial	Transportar pessoas e materiais até a órbita terrestre.	Da superfície terrestre até uma trajetória orbital, com retorno mediante aterrissagem, como um avião.	Leva tripulantes. É controlado remotamente por computador e por tripulantes. Possui asas e formato de avião para o pouso na Terra.	Usa foguetes externos na ida e propulsão própria, também a jato, para o retorno.
Satélite	Estabelecer comunicações, monitorar a superfície da Terra, realizar experimentos científicos.	Permanece em órbita da Terra durante toda a sua vida útil.	Não leva tripulantes, apenas equipamentos, como câmeras, antenas e outros dispositivos. Controlado da Terra.	Permanece em órbita, em movimento inercial. Possui rotação, mantendo a mesma direção pela conservação do momento angular. Possui jatos para ajustes de órbita.
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.

	Finalidade	Trajeto	Tripulantes e controle	Propulsão
Estação espacial	Realizar experimentos científicos. Base de lançamento de espaçonaves.	Permanece em órbita da Terra durante toda sua vida útil.	Abriga pessoas por longos períodos de tempo. Controlada por tripulantes, computador e remotamente.	Montada no espaço por meio da junção de partes enviadas em várias viagens. Permanece em órbita e tem ajustes feitos por propulsores próprios.
Telescópio espacial	Fazer observações astronômicas fora da atmosfera terrestre.	Permanece em órbita da Terra durante toda a sua vida útil.	Leva somente instrumentos. Controlado a partir da Terra.	Fica em órbita por inércia. Possui propulsores para ajustes.
Jipe lunar	Transporte de pessoas no solo.	Move-se sobre o solo lunar.	Leva tripulantes, que controlam o veículo.	Por rodas, com motor elétrico.

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola

- Procure nas cenas do filme *2001: uma odisseia no espaço* os artefatos de exploração espacial apresentados no quadro anterior.
- A Lei de Conservação da Quantidade de Movimento Linear, que está associada à Lei da Ação e Reação (3ª Lei de Newton), é fundamental para a compreensão do princípio de funcionamento do foguete, usado não apenas no foguete em si, mas em diversos outros dispositivos quando é necessário realizar ajustes orbitais ou de trajetória. Identifique essas situações no quadro anterior e explique-as.

- A Lei de Conservação da Quantidade de Movimento Angular 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. Quais artefatos da tabela dependem disso para seu correto funcionamento? Explique.

4. Como no espaço quase não há atrito, os movimentos orbitais ocorrem sem precisar de propulsão. Trata-se de um movimento que não requer combustível para ser mantido. Identifique no quadro anterior os veículos que aproveitam esse princípio físico e explique como.



LIÇÃO DE CASA



Responda às seguintes questões.

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

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

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

4. Dos veículos espaciais relacionados a seguir, assinale aquele que deve possuir formato aerodinâmico e asas para que possa ser controlado na atmosfera terrestre:
- Satélite meteorológico
 - Ônibus espacial
 - Sonda espacial
 - Jipe lunar
 - Estação espacial



PARA SABER MAIS

Se você se interessou pelo filme *2001: uma odisseia no espaço*, saiba que existem quatro romances de Arthur C. Clarke que contam a história e sua sequência.

- CLARKE, Arthur C. *2001: uma odisseia no espaço*. São Paulo: Expressão e Cultura Exped, 1975. Este é o primeiro livro da série, escrito ao mesmo tempo em que o filme era produzido, na década de 1960. A história é a mesma do filme, embora haja diferenças de enredo em alguns pequenos detalhes. Muitas passagens que geram dúvidas no filme são explicadas no livro.
- CLARKE, Arthur C. *2010: uma odisseia no espaço II*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982. Nesta história, os americanos, com a ajuda dos russos, querem recuperar a espaçonave Discovery, que ficou em órbita de Júpiter, e tentar descobrir o que aconteceu com David Bowman quando foi explorar o misterioso monólito negro. Uma descoberta surpreendente ocorre em uma das luas de Júpiter e um evento impressionante faz o Sistema Solar tornar-se bem diferente do que conhecemos hoje. Há uma versão cinematográfica deste livro, denominada *2010: o ano em que faremos contato*.
- CLARKE, Arthur C. *2061: uma odisseia no espaço III*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. Sessenta anos depois do primeiro contato com os monólitos, os seres humanos resolvem desafiá-los, em uma aventura que nos leva a uma viagem a um cometa e às luas do planeta Júpiter, chamado agora de Lúcifer. Aqui mais uma impressionante descoberta é realizada... Não podemos contar para não estragar a história, mas podemos dizer que está ligada à famosa canção dos Beatles *Lucy in the sky with diamonds*.
- CLARKE, Arthur C. *3001: a odisseia final*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. Finalmente aqui vamos descobrir algo mais sobre os misteriosos monólitos e seus construtores. Neste livro final, a imaginação de Clarke nos leva a um futuro mil anos adiante, no qual as pessoas habitam edifícios inimaginavelmente altos, que ultrapassam a atmosfera terrestre e contam com tecnologias avançadíssimas, e a memória humana pode ser armazenada em um *chip*. Um personagem já conhecido aparece nesta história, vindo de séculos passados.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 AS LEIS DE KEPLER



ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

Órbita de uma sonda espacial

A figura ao lado representa as posições de uma sonda espacial em órbita de um planeta de nosso Sistema Solar.

Sua missão é descobrir que planeta é este. Trata-se de uma trajetória simulada na qual as marcas foram tomadas a cada três horas.

No entanto, a figura não está em uma boa escala para realizar nosso experimento. Nossa primeira tarefa é construir essa trajetória, usando coordenadas fornecidas numa escala mais adequada, na grade milimetrada da página a seguir.

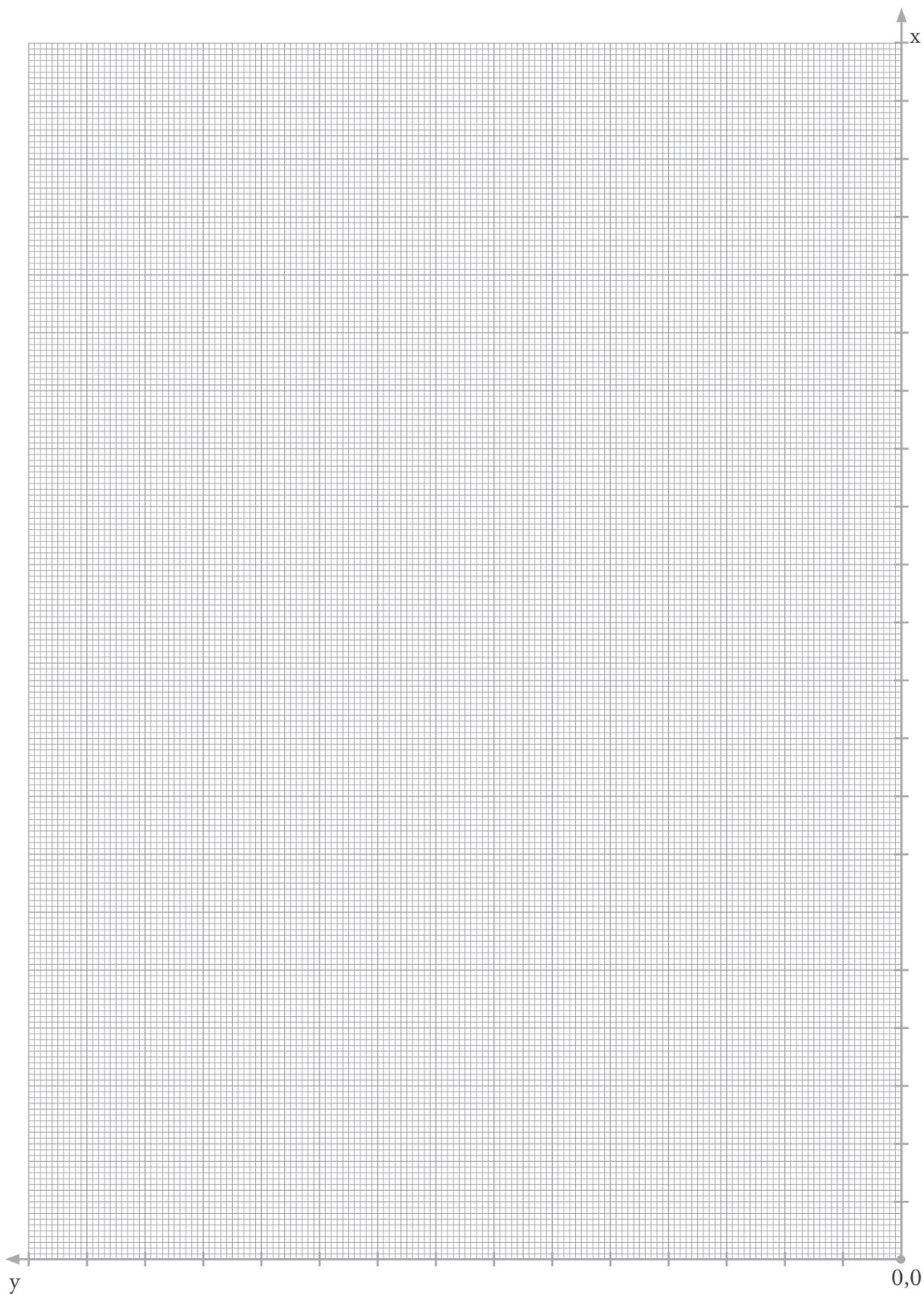


Posições sucessivas de uma sonda espacial em torno de um corpo celeste.

Na tabela a seguir, temos dados que permitem construir essa trajetória. São 46 pares de pontos com valores em milímetros. Nesta escala, cada milímetro equivale a 1 000 km, de modo que o primeiro par de coordenadas corresponderia, na escala real, a $x = 0$ e $y = 63\,000$ km.

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

O centro do planeta está na coordenada $x = 186$ mm, $y = 67$ mm. Para desenhar o planeta, deve-se traçar uma circunferência de 6 mm de raio em torno desse ponto.



Após terminar o gráfico, responda às questões:

1. Sabendo que, no gráfico, 1 mm corresponde a 1 000 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 no qual 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, apesar do intervalo de tempo decorrido entre as posições sucessivas ser sempre o mesmo.

4. A partir da resposta à questão anterior, explique como a velocidade da sonda varia ao longo da órbita em torno do planeta.

* Quando o corpo está orbitando a Terra, o ponto mais distante é denominado apogeu. Essa terminação “geo” refere-se à Terra, como na palavra “geografia”.

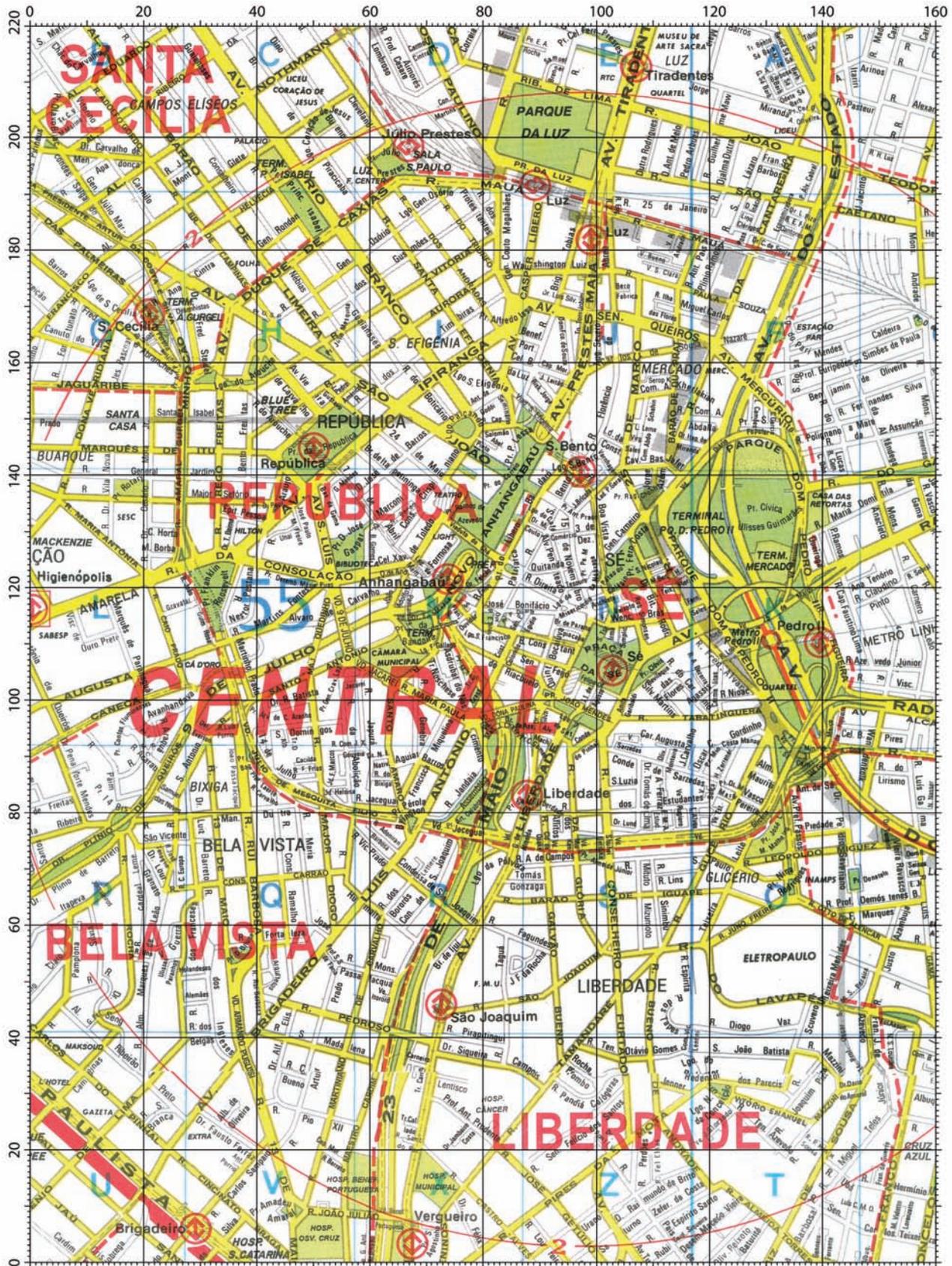
5. Usando o gráfico, determine qual é a distância máxima percorrida pela sonda entre duas marcações seguidas.

6. Da mesma forma, determine a distância mínima entre duas marcas.

7. Sabendo que o tempo entre duas marcações é de três horas, determine a velocidade mínima e a velocidade máxima, em metros por segundo (ou quilômetros por hora), atingida pela sonda em sua órbita.

8. Qual é o período orbital da sonda, ou seja, quanto tempo ela leva para percorrer uma órbita completa? 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 referem-se. Explique seu raciocínio.



© Geomaps Editora de Mapas e Guias

Mapa da região central da cidade de São Paulo.

Usando a escala em milímetros, podemos localizar qualquer lugar no mapa, como as estações do Metrô (indicadas pelo símbolo \updownarrow). A estação central de São Paulo, a Sé, está na coordenada horizontal $x = 103$ mm e na coordenada vertical $y = 105$ mm.

1. Use sua régua e verifique esses valores no mapa.
2. Localize algumas estações do Metrô que aparecem no mapa e coloque os resultados na tabela a seguir.

Estação do Metrô	x (mm)	y (mm)
Anhangabaú		
Brigadeiro		
Liberdade		
Luz		
Pedro II		
República		
São Bento		
Sé	103	105

3. Sabendo que, nesse mapa, cada milímetro corresponde a cerca de 15 metros, use sua régua e determine a distância aproximada entre as estações Santa Cecília ($x = 22$ mm e $y = 170$ mm) e Vergueiro ($x = 68$ mm e $y = 3$ mm).

4. O que há nas coordenadas $x = 110$ mm e $y = 160$ mm?

5. Com as coordenadas x e y você consegue localizar qualquer lugar em um mapa como esse? Explique.

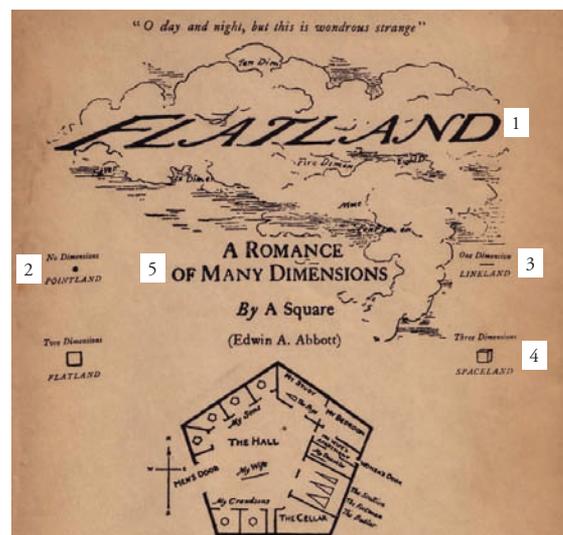
6. Quantas coordenadas são necessárias para localizar completamente um objeto? Explique.

7. Se uma pessoa estivesse no Centro de São Paulo e possuísse um *chip* de localização que fornecesse os valores de x e y do local onde ela está, poderíamos saber exatamente onde ela se encontra? Antes de responder, lembre-se de que no Centro de São Paulo há muitos arranha-céus.



Leitura e Análise de Texto

Quando olhamos um mapa, vemos uma representação em duas dimensões de algo que é na verdade tridimensional. Como assim? Se você respondeu à questão 6 logo acima, deve ter pensado que saber as coordenadas x e y de uma pessoa não é suficiente para determinar exatamente onde ela está. Se a pessoa estiver em um edifício, essas coordenadas não dizem nada sobre em que andar ela encontra-se. Para isso, seria preciso mais uma coordenada, que poderia ser indicada pela letra z . Dizemos que nosso mundo é tridimensional porque são necessárias três coordenadas para localizar um objeto no espaço. Mas por que nosso universo tem exatamente três dimensões? Por que não duas, ou quatro, ou cinco? Isso é uma coisa que muitos cientistas ainda estão tentando responder. Ao longo da história, alguns pensadores imaginaram como seria o universo se houvesse um número diferente de dimensões. Um exemplo é o livro *Planolândia: um romance de muitas dimensões*, de Edwin Abbott, escrito em 1884. Veja um trecho dessa história:

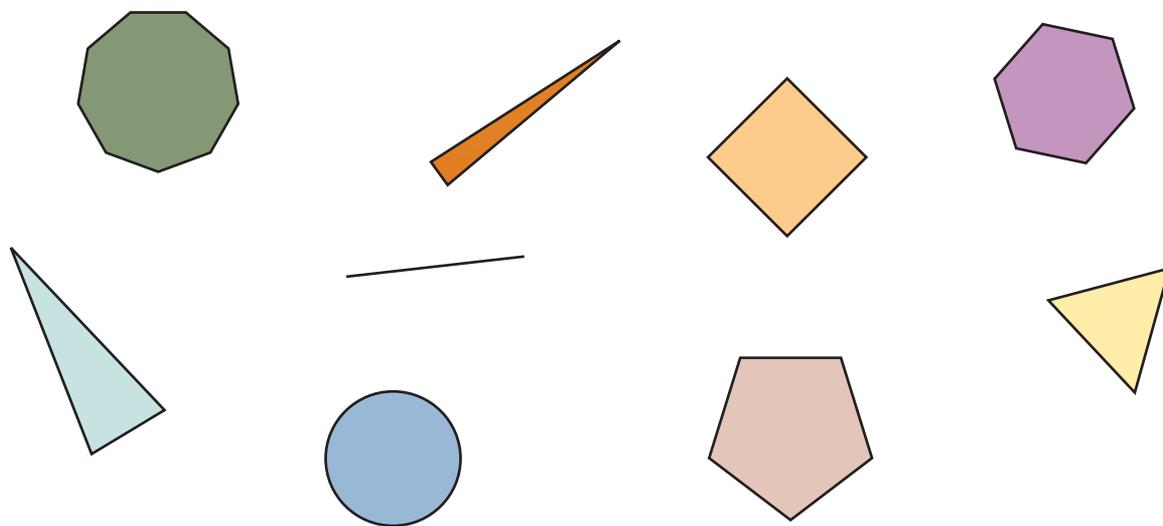


Legendas

- 1 - Planolândia
- 2 - Nenhuma dimensão: Pontolândia
- 3 - Uma dimensão: Linholândia
- 4 - Três dimensões: Espaçoândia
- 5 - Um romance de muitas dimensões

© Seely & Co

Planolândia (Edwin Abbott, 1884).

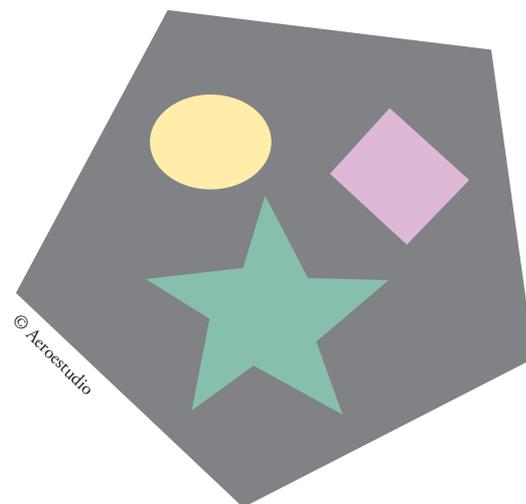


2. Explique como os habitantes de Planolândia veem uns aos outros. Eles conseguem ver as formas da mesma maneira como as vemos na figura acima? Por quê?

3. Em Planolândia, quantas coordenadas são necessárias para localizar completamente um objeto? Por quê? Sendo assim, Planolândia é um mundo de quantas dimensões?

4. Que objeto(s) mantém(êm) o mesmo tamanho visto(s) de qualquer ponto?

5. Observe a figura a seguir; ela representa uma casa de Planolândia. Outros habitantes desse universo conseguiriam ver o que há dentro dessa casa? E nós, que vivemos em um mundo de três dimensões? Explique.



Como você deve ter percebido, um universo de apenas duas dimensões seria radicalmente diferente do nosso. Entretanto, com algum esforço, é possível imaginar tal universo. Muito mais difícil é imaginar universos com mais de três dimensões. Mesmo assim, houve quem o fizesse. Albert Einstein foi uma dessas pessoas. Ao desenvolver sua conhecida Teoria da Relatividade, ele propôs que o tempo comporta-se de forma similar às dimensões do espaço, fenômeno só perceptível em dadas circunstâncias. Claro que isso não é algo simples de entender, mas uma leitura que recomendamos, se você quiser saber mais sobre o assunto, é *O tempo e o espaço do tio Albert*, de Russell Stannard. Mesmo antes de Einstein, porém, algumas pessoas imaginaram se o tempo não é também uma espécie de dimensão do espaço. Aqui temos mais um texto famoso, um trecho adaptado de *A máquina do tempo*, de H.G. Wells, que gerou não apenas adaptações do romance para o cinema, como inspirou muitos escritores de ficção científica a imaginar as mais interessantes possibilidades de viagem no tempo.



Leitura e Análise de Texto

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

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

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

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

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

— Perfeito — disse o psicólogo.

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

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

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

— Não estou entendendo — disse Filby.

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

Filby ficou pensativo, enquanto o outro continuava:

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

1. Explique resumidamente do que trata o texto.

2. Quem é o narrador da história? Ele participa da história ou é um mero observador? Explique.

3. Explique por que o narrador diz que o tempo também pode ser considerado uma dimensão.

4. Para localizar um objeto, um fato ou um evento, além das três coordenadas no espaço, também é necessário saber uma coordenada de tempo? Explique.

5. Qual é, segundo o texto, a maior diferença entre a coordenada do tempo e as coordenadas do espaço?

6. Segundo o texto, o que a máquina do tempo é capaz de fazer? Como o seu inventor justifica seu funcionamento?

Causa e efeito

Um dos grandes problemas em imaginar viagens no tempo é a chamada relação de causa e efeito. Se você esbarra distraidamente em um vaso sobre a mesa, ele pode cair e, depois, pode quebrar. Sua mãe, vendo isso, pode ficar brava e lhe aplicar um castigo. Há, assim, uma sequência de eventos que ocorrem necessariamente em uma certa ordem, porque um é efeito do outro. Observe:

esbarrão → queda do vaso → vaso quebrado → mãe brava → castigo

E se o castigo fosse, por exemplo, não ir a uma certa festa e se, nessa festa, você fosse conhecer uma pessoa por quem se apaixonaria e com quem futuramente se casaria e teria filhos? E se um desses filhos fosse a pessoa que viria a descobrir a cura de uma terrível doença, salvando a humanidade? Seu esbarrão teria impedido a salvação da humanidade! Esse pode não ser o melhor argumento para convencer sua mãe a deixar você ir à festa. Mas pense um pouco: e se a sua mãe conheceu seu pai em uma festa? E se você voltasse ao passado e atrapalhasse tudo entre eles? O que aconteceria? Você existiria? Se você não nascesse, como poderia impedir seu pai e sua mãe de se conhecerem? Não há algo estranho aqui? Essa situação aparece em um famoso filme de viagem no tempo: *De volta para o futuro*. A relação de causa e efeito poderia ser quebrada se a viagem no tempo fosse possível. Isso é explorado em diversos outros filmes. Reúna-se em grupo com seus colegas e discuta as questões a seguir.

1. Você já assistiu a algum filme em que havia viagens no tempo? Quais?

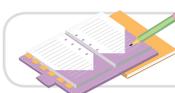
2. Descreva resumidamente o enredo de um desses filmes.

3. Nesse filme há uma tentativa das personagens de quebrar a sequência de causas e efeitos? Explique o que acontece.

4. Discuta com seus colegas: viajar ao passado poderia mudar a sequência de causas e efeitos? Imagine uma situação dessas. Descreva o que você faria se pudesse voltar ao passado.

5. Com viagens ao passado, a ideia de que um evento possa ser determinado com três coordenadas de espaço e uma de tempo desaparece, pois cada evento alterado no passado mudaria todo o presente. Haveria infinitos presentes possíveis. Se você tivesse alterado algo em seu passado, estaria exatamente onde está agora? Onde poderia estar? Escreva no espaço a seguir o que imaginou.

6. Viagens somente ao futuro, sem possibilidade de retorno, não quebram a relação de causa e efeito, pois não criam diversos possíveis futuros, mas apenas um. Imagine uma situação como esta: se você pudesse viajar ao futuro, sem possibilidade de retorno, faria isso? Como imagina que seria sua vida futura? Escreva suas ideias no espaço a seguir.



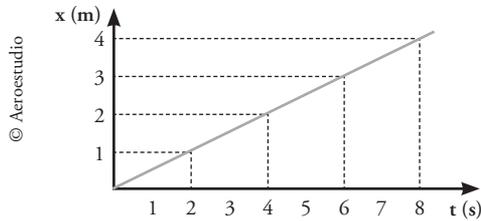
VOCÊ APRENDEU?



1. Usando o mapa do Centro de São Paulo, disponível na primeira atividade desta Situação de Aprendizagem, localize o que existe em cada par de coordenadas indicadas na tabela a seguir.

x (mm)	y (mm)	
15	151	
65	155	
10	20	
123	192	
65	109	

2. É comum usarmos um gráfico espaço \times tempo para descrever o movimento de um objeto. Um exemplo de movimento em linha reta com velocidade constante é quando descemos a escada rolante em um *shopping center*. Esse movimento poderia ser descrito pelo seguinte gráfico:



Movimento uniforme na direção x com velocidade $V_x = 0,5 \text{ m/s}$



Nesse caso, x é a distância medida ao longo da escada rolante. Poderíamos até colocar marcas ao longo da escada indicando a metragem e localizar a pessoa a partir do momento em que ela inicia a descida.

Observe o gráfico e responda:

a) Em que ponto da escada rolante a pessoa encontra-se após quatro segundos?

b) E após sete segundos?

c) O gráfico representa a descida completa na escada rolante ilustrada na figura ou apenas parte dela? Explique.

d) De acordo com essas informações, em quanto tempo a pessoa completaria a descida na escada rolante?

3. Ao ler essa questão, uma pessoa ficou com a seguinte dúvida: como pode um gráfico que parece o desenho de uma subida ser empregado para representar uma descida? Como você explicaria isso a ela?

4. Vimos que esse gráfico com duas coordenadas (uma de espaço e uma de tempo) é suficiente para localizar em que ponto da escada rolante uma pessoa encontra-se.

a) Se quiséssemos localizar a pessoa em um ponto qualquer no primeiro andar de um *shopping*, um gráfico como esse seria suficiente? Quantas coordenadas seriam necessárias? Como poderíamos representar esse movimento graficamente? Explique.

b) E se precisássemos localizar essa pessoa em qualquer lugar de um *shopping* de vários andares, qual seria o número de coordenadas?

5. Baseando-se nas questões acima, imagine um passeio no *shopping* como o da historinha a seguir:

Marília entra no *shopping* Ping Ping para um encontro com Prudente às 19h, em frente à lanchonete Churrasquinho Digatto. O problema é que há duas lojas da Churrasquinho Digatto no *shopping* Ping Ping: uma no 4º andar, nas coordenadas $x = 18$ m e $y = 25$ m, e outra no térreo, nas coordenadas $x = 180$ m e $y = 64$ m. Os dois chegam pontualmente, mas não se encontram, pois cada um vai para uma das lanchonetes, ou seja, para coordenadas espaciais distintas. Após esperar por dez minutos, Marília lembra-se da outra unidade Digatto, mas está sem créditos no celular... Prudente, por sua vez, sai às 19h14 da Digatto no térreo e vai procurar Marília no 4º andar. Ele também está sem créditos no celular, é claro. Exatamente às 19h15 ele está em $x = 42$ m, $y = 123$ m e $z = 1^\circ$ andar em frente à loja de esportes Schutz. E ela está em frente à sorveteria De Rettis, em $x = 42$ m, $y = 123$ m e $z = 2^\circ$ andar. O mesmo x , o mesmo y e o mesmo t ... mas o z era diferente. Se o piso fosse transparente, eles teriam se visto. Se fosse... Exatamente às 19h18 ela passa por $x = 28$ m e $y = 33$ m, bem em frente à loja de doces Gulamatta, no 2º andar. Prudente passa exatamente pelas mesmas coordenadas espaciais, mas às 19h19... e eles não se encontram. Agora o problema foi o t ...

Podemos considerar esse passeio como uma sucessão de eventos em quatro dimensões. Explique isso, imaginando os movimentos e as situações pelas quais as personagens passam durante essa história. Continue a narrativa, em seu caderno, com mais alguns desencontros e indique todas as coordenadas em cada um dos eventos narrados.



LIÇÃO DE CASA



1. Procure informações sobre os autores dos dois textos que lemos nesta Situação de Aprendizagem (*Planolândia* e *A máquina do tempo*). Quem foram eles? Onde e quando viveram?

2. Comparando os dois textos, que semelhanças e diferenças observamos nas ideias dos dois autores? Explique.

3. Qual das duas histórias lhe parece mais fantástica? Por quê?

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



PARA SABER MAIS

- O tema das dimensões e das possibilidades de viagens no tempo e no espaço é tratado de formas diferentes em muitos livros de ficção e de não ficção. Nossa primeira sugestão, claro, é a leitura de *Planolândia: um romance de muitas dimensões*. O livro foi escrito em 1884 por Edwin Abbott, teólogo e escritor inglês, conhecedor da matemática. A obra é uma crítica à estrutura social inglesa escrita de forma satírica. Lemos também um trecho do livro *A máquina do tempo*, de H.G. Wells, que foi publicado em 1895 e inspirou inúmeros livros e filmes.
- Um livro muito interessante sobre a Teoria da Relatividade, dirigido a adolescentes, é *O tempo e o espaço do tio Albert*, de Russell Stannard, 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. Para quem quiser aprofundar-se 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.
- Dois livros curiosos estão relacionados aos filmes de ficção científica e suas viagens espaciais: *A ciência de Star Wars*, de Jeanne Cavelos, e *A física de Jornada nas Estrelas*, de Lawrence Krauss. E para quem gosta de literatura de ficção científica, três livros são recomendáveis por abordarem a questão das viagens espaciais levando em conta a Teoria da Relatividade. Um deles é *Nêmesis*, de Isaac Asimov, que, além de trazer muitos outros conceitos interessantes de astronomia, trata justamente 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 Poul Anderson, que traz muitos conceitos de relatividade (e até sobre o *Big Bang*). De uma forma realmente impressionante, em *Orador dos mortos*, Orson Scott Card mostra que o impacto do problema do tempo nas viagens espaciais poderia levar a outras maneiras de nos relacionarmos com ele. Finalmente, não podemos deixar de indicar o livro *Contato*, de Carl Sagan, no qual foi baseado o belo filme de mesmo nome. Nele, não apenas aparecem muitas das ideias de relatividade e conceitos de astronomia, mas também a discussão da possibilidade de detecção de vida inteligente fora da Terra.



SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 A ENCICLOPÉDIA GALÁCTICA



© Roger Ressmeyer/Corbis-Latinstock

Very Large Array
(conjunto enorme de telescópios). Um dos maiores observatórios radioastronômicos do mundo – Novo México, EUA).

A equação a seguir foi formulada pelo astrofísico norte-americano Frank Drake, em 1960, para tentar estabelecer qual seria a chance de encontrarmos uma civilização em algum outro planeta.

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

N é o número total estimado de civilizações em nossa galáxia. Esse número depende de vários fatores, e sobre muitos deles não possuímos nenhuma avaliação segura. A suposição por trás da equação é que o Sistema Solar e a Terra são cenários típicos da possibilidade de desenvolvimento da vida e da inteligência em um planeta. Os fatores da equação de Drake são os seguintes:

	Significado	Observação
R	Taxa de formação de estrelas semelhantes ao Sol, por ano, na galáxia.	Pode ser determinado com certa precisão.
f_p	Fração de estrelas similares ao Sol que possuem planetas a seu redor.	Tem sido pesquisado atualmente. Deve-se chegar a uma boa estimativa.
n_c	Número de planetas em cada Sistema Solar cujas condições permitem o surgimento da vida.	Sabemos que no nosso Sistema Solar esse número é 1: a Terra.
f_l	Fração dos planetas onde, havendo condições, a vida efetivamente surge.	No nosso Sistema Solar, este valor foi de 100%. Não sabemos o que poderia ocorrer em outros.
f_i	Fração dos planetas onde uma forma de vida inteligente se desenvolve.	Na Terra, bilhões de anos foram necessários para surgirmos. Nada garante que isso possa acontecer facilmente.

	Significado	Observação
f_c	Fração dos planetas em que a vida inteligente desenvolve tecnologias de comunicação.	Este é um dado que não temos. Só sabemos que nós desenvolvemos tais tecnologias.
L	Tempo de duração, em anos, de uma civilização tecnológica.	Não sabemos também. Quanto tempo vamos durar?

Fazendo uma estimativa desses valores, poderíamos calcular o número de civilizações na nossa galáxia multiplicando todos os fatores. Vejamos um exemplo:

	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 na nossa galáxia, vivendo ao mesmo tempo que nós. Alguns dados são mais ou menos conhecidos, outros são verdadeiros “chutes”. O tempo de duração de uma civilização tecnológica, por exemplo, colocado como $L = 200$ anos. Desde que começamos a nos comunicar por rádio, ainda não se passaram 100 anos. Isso pode continuar por milhares ou milhões de anos, ou podemos nos destruir amanhã. 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.

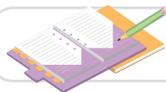
1. Faça, junto com seus colegas, uma estimativa otimista na qual a chance de encontrar civilizações é grande. Discuta cada fator, coloque seus valores na tabela a seguir e faça os cálculos.

	R	f_p	n_e	f_l	f_i	f_c	L	
N =								= <input type="text"/>

2. Faça agora uma estimativa pessimista na qual a única civilização existente na galáxia seja a nossa. Que fatores você acha mais fácil estimar? Quais são mais difíceis? Explique.

	R	f_p	n_e	f_l	f_i	f_c	L	
N =								= <input type="text"/>

3. Discuta com seus colegas: o que você imagina que aconteceria se descobríssemos uma civilização em um planeta distante 20 anos-luz da Terra, com quem não pudéssemos ter contato direto? Lembre-se de que as mensagens levam 20 anos para ir e mais 20 anos para voltar. Que mudanças isso traria à nossa vida?



VOCÊ APRENDEU?



- A equação de Drake nos mostra que:
 - Existe vida em outros planetas.
 - A civilização é um evento muito raro no Universo.
 - Os discos voadores são uma realidade.
 - Podemos estimar o número de civilizações na galáxia.
 - Civilizações de outros planetas já podem ter entrado em contato conosco.
- Explique em linhas gerais do que se trata o projeto SETI, apresentado pelo seu professor.



PESQUISA INDIVIDUAL

- Pesquise informações sobre o projeto SETI (Busca de Vida Inteligente Extraterrestre):
 - Qual a sua origem?
 - Quais são os seus objetivos?
 - Quais métodos utiliza?
 - Quais resultados obteve até hoje?
- Procure informações sobre o programa SETI@home, explique do que se trata, como funciona e como é possível contribuir para o projeto.



PARA SABER MAIS

Uma leitura interessante e acessível sobre este tema é o livro *Civilizações extraterrenas*, de Isaac Asimov, que também traz muitos conceitos e conhecimentos de Astronomia em geral, Física, Química e Biologia.

Civilizações extraterrenas (Isaac Asimov, 1980).



Reprodução