



MULTIVERSOS

CIÊNCIAS DA

MANUAL DO PROFESSOR

# DA SUA RE ZONA

ORIGENS

MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA

CÓDIGO DA COLEÇÃO  
**0221P21203**  
CÓDIGO DO VOLUME  
**0221P21203136**

PNLD 2021 • Objeto 2 | Material de divulgação  
Versão submetida à avaliação

LEANDRO GODOY  
ROSANA MARIA DELL' AGNOLO  
WOLNEY C. MELO

ENSINO MÉDIO  
ÁREA DO CONHECIMENTO:  
CIÊNCIAS DA NATUREZA  
E SUAS TECNOLOGIAS



MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA



CIÊNCIAS DA

# NA TUA RE ZA

ORIGENS

ENSINO MÉDIO

Área do conhecimento:  
CIÊNCIAS DA NATUREZA  
E SUAS TECNOLOGIAS

**FTD**

1ª edição  
São Paulo - 2020

MANUAL DO  
PROFESSOR

## LEANDRO PEREIRA DE GODOY

Mestre em Microbiologia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Professor na rede estadual de Educação Básica e na rede particular de Ensino Superior do Paraná.

Realiza palestras e assessorias para professores em escolas públicas e particulares.

Autor de livros didáticos para o Ensino Fundamental e o Ensino Médio.

## ROSANA MARIA DELL' AGNOLO

Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP).

Pós-graduada em Química pela Faculdade Oswaldo Cruz.

Especializada em Ética, valores e cidadania na escola pela Universidade de São Paulo (USP).

Bacharel em Ciências com habilitação em Química pela Faculdade Oswaldo Cruz.

Professora da rede particular de ensino de São Paulo.

Coordenadora de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental e no Ensino Médio na rede particular de ensino de São Paulo.

Coordenadora de Iniciação Científica na Escola de Aplicação do Instituto Sidarta.

Coordenadora de Química pela Fundação Padre Anchieta em parceria com a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Professora de metodologia de pesquisa científica em faculdades particulares de São Paulo.

## WOLNEY CANDIDO DE MELO

Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP).

Mestre em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP).

Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo (USP).

Licenciado em Pedagogia pela Universidade Bandeirante de São Paulo (Uniban).

Professor em cursos pré-vestibulares e na rede particular de ensino de São Paulo.

Realiza palestras para estudantes e professores, além de assessorias para escolas e secretarias de educação.



Copyright © Leandro Pereira de Godoy, Rosana Maria Dell' Agnolo e  
Wolney Candido de Melo, 2020

**Direção-geral** Ricardo Tavares de Oliveira

**Direção editorial adjunta** Luiz Tonolli

**Gerência editorial** Flávia Renata Pereira de Almeida Fugita

**Edição** Valquíria Baddini Tronolone (coord.)

Debora de Almeida Francisco Nichel, Alexandre Rodrigues Redondo, Sandra Del Carlo, Eduardo Oliveira Guitoli, Geovana Caldeira Lourenço, Maria Carolina Dias Carreira, Rafael Braga de Almeida, Sérgio Paulo Braga, Daniela Benites, Luana Agostini

**Preparação e Revisão** Maria Clara Paes (sup.)

Ana Lúcia P. Horn, Carolina Ramos Manley, Daniela Nanni, Danielle Costa, Eliana Vila Nova de Souza, Fernanda Rodrigues Baptista, Gisele Ribeiro Fujii, Kátia Cardoso da Silva, Pedro Henrique Fandi, Rita Lopes, Silvana Gouvea, Yara Affonso

**Gerência de produção e arte** Ricardo Borges

**Design** Daniela Máximo (coord.), Sergio Cândido

**Imagem de capa** iurii/Shutterstock.com

**Arte e Produção** Vinícius Fernandes (sup.)

Alexandre Tallarico, Camila Ferreira Leite, Jacqueline Nataly Ortolan, Marcelo Saccomann (assist.)

**Diagramação** FyB arquitetura e design

**Coordenação de imagens e textos** Elaine Bueno Koga

**Licenciamento de textos** Érica Brambila, Bárbara Clara (assist.)

**Iconografia** Luciana Ribas Vieira, Ana Isabela Pithan Maraschin (trat. imagens)

**Ilustrações** Alan Carvalho, Alex Argozino, Alex Silva, Bentinho, Cecília Iwashita, Estúdio Ampla Arena, Jurandir, Luis Moura, Luiz Rubio, Maal Ilustra, Manzi, Osni Oliveira, Paulo César Pereira, Paulo Nilson, Rafael Herrera, Renan Leema, Rodrigo Figueiredo / YANCOM, Selma Caparroz, Sirio Cançado, Sonia Vaz, Studio Caparroz

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Godoy, Leandro Pereira de  
Multiversos : ciências da natureza : origens : ensino médio /  
Leandro Pereira de Godoy, Rosana Maria Dell' Agnolo,  
Wolney Candido de Melo. – 1. ed. – São Paulo : FTD, 2020.

"Área do conhecimento : Ciências da natureza e  
suas tecnologias"

Bibliografia

ISBN 978-65-5742-095-9 (Aluno)

ISBN 978-65-5742-096-6 (Professor)

1. Ciências (Ensino médio) I. Dell' Agnolo, Rosana  
Maria. II. Melo, Wolney Candido de. III. Título.

20-44098

CDD-372.7

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Ciências : Ensino médio 372.7

Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária – CRB-1/3129

Em respeito ao meio ambiente, as folhas  
deste livro foram produzidas com fibras  
obtidas de árvores de florestas plantadas,  
com origem certificada.

Reprodução proibida: Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610  
de 19 de fevereiro de 1998. Todos os direitos reservados à

**EDITORA FTD.**

Rua Rui Barbosa, 156 – Bela Vista – São Paulo – SP

CEP 01326-010 – Tel. 0800 772 2300

Caixa Postal 65149 – CEP da Caixa Postal 01390-970

www.ftd.com.br

central.relacionamento@ftd.com.br

**Impresso no Parque Gráfico da Editora FTD**

CNPJ 61.186.490/0016-33

Avenida Antonio Bardella, 300

Guarulhos-SP – CEP 07220-020

Tel. (11) 3545-8600 e Fax (11) 2412-5375

# APRESENTAÇÃO

Caro estudante

O Universo é um lugar fascinante, e conhecê-lo é saber um pouco mais sobre nossa origem e a de nosso planeta. É sobre esses e outros assuntos que vamos conversar com você neste livro.

Neste Volume, na Unidade 1, vamos estudar a teoria atualmente mais aceita sobre como se deu a origem do Universo, analisar sua estrutura e o ciclo de vida das estrelas, relacionando-o à formação e à distribuição dos elementos químicos. Ainda nesta Unidade, vamos analisar aspectos e fenômenos relacionados à luz, bem como as interações que ela pode realizar com espelhos e lentes, de forma a compreender o funcionamento de telescópios que auxiliam na observação e no estudo do Universo.

Na Unidade 2, vamos estudar as leis que regem as órbitas dos planetas e os movimentos orbitais, compreendendo como os satélites permanecem em órbita ao redor da Terra.

Já na Unidade 3, vamos investigar diferentes hipóteses sobre a origem da vida, contrastando-as com a mais aceita atualmente. Além disso, vamos analisar diversas teorias acerca do surgimento das primeiras células, assim como da diversidade da vida por meio da classificação e da nomenclatura dos seres vivos.

Por fim, na Unidade 4, vamos analisar teorias de como pode ter acontecido a evolução dos seres vivos, destacando aspectos da evolução humana.

Os autores

# CONHEÇA O LIVRO

## UNIDADE 2

### Dinâmica e tecnologia

#### COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC:

O texto integral das competências e das habilidades encontra-se no final do livro.

#### Competências gerais 1, 2, 4, 5 e 7

**Ciências da Natureza e suas Tecnologias**  
Competências específicas: 2 e 3  
Habilidades: EM13CNT201, EM13CNT204, EM13CNT205 e EM13CNT301

**BNCC**

Atualmente existem cerca de 2200 satélites artificiais em funcionamento orbitando a Terra. O primeiro satélite feito pelo ser humano foi o SPUTNIK 1, lançado em 1957 pela então antiga União Soviética. Era composto de uma esfera metálica de aproximadamente 58 cm de diâmetro, pesando 83 kg e orbitou a Terra durante 6 meses antes de cair.

Os satélites são máquinas tecnológicas importantes que permitem o atual estilo de vida da sociedade. Mas como é possível que uma máquina, que por vezes pode pesar até toneladas, permanecer orbitando ao redor da Terra durante anos, ou décadas, sem cair e se incendiar na atmosfera terrestre? Esta é uma das questões que iremos abordar durante esta Unidade.

As imagens e as informações das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.

1. Para você, quais tipos de benefícios temos acesso atualmente relacionados à utilização dos satélites? Utilize a imagem para complementar sua resposta.
2. O Brasil possui algum satélite?
3. Elabore uma explicação sobre como os satélites podem permanecer orbitando sem que caiam imediatamente na Terra. Utilize os termos velocidade e gravidade em sua explicação.

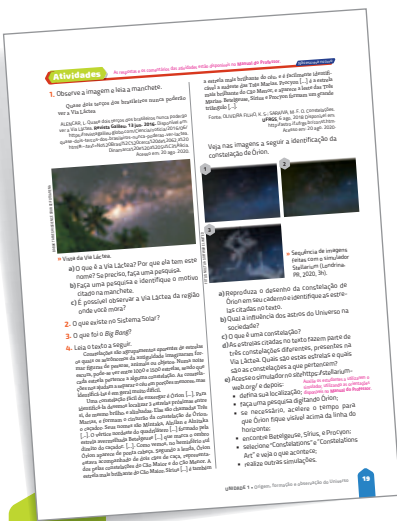
Imagens obtidas pelo satélite MODIS mostrando focos de incêndio na América do Sul entre os dias 19 e 22 de agosto de 2015.



UNIDADE 2 • Dinâmica e tecnologia 85

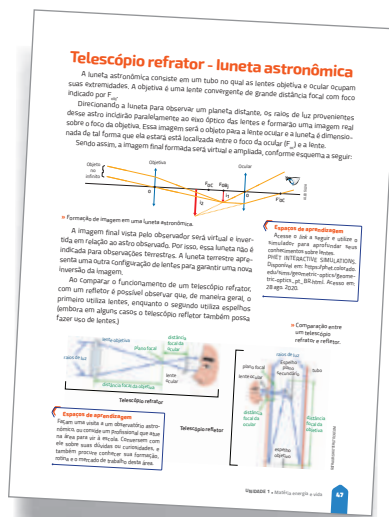
### Abertura de Unidade

Este Volume é composto por quatro unidades. As aberturas apresentam texto, imagens e questões que auxiliam a contextualizar e a levantar conhecimentos prévios sobre os assuntos presentes na Unidade. As competências gerais, competências específicas e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que são trabalhadas estão listadas na abertura.



#### Atividades

Questões que aparecem ao final dos temas e abordam os conteúdos estudados.



### Espaços de aprendizagem

Boxe com sugestões de filmes, livros, simuladores, sites, entre outros que ampliam os conteúdos estudados.



# Sumário

Unidade

1

## Origem, formação e observação do Universo | 10

### TEMA 1 – Formação e estrutura do Universo | 12

Origem e expansão do Universo | 13

Estrutura do Universo | 15

Sistema Solar | 16

O Universo e a sociedade | 18

» Atividades | 19

### TEMA 2 – Ciclo estelar e formação dos elementos químicos | 20

Ciclo de vida das estrelas e a formação dos elementos químicos | 21

Elementos químicos | 21

Início da formação dos elementos químicos | 21

Ciclo de vida das estrelas | 22

Ciclo de vida de estrelas de massa próxima à do Sol | 23

Ciclo de vida de estrelas massivas | 24

Preenchendo a tabela periódica | 25

» Atividades | 26

### TEMA 3 – Observando o Universo: reflexão da luz | 27

Conceitos iniciais | 28

Reflexão da luz | 30

Leis da reflexão da luz | 31

Reflexão em um espelho plano | 31

Espelhos esféricos | 32

Construção geométrica de imagens | 34

» Atividades | 38

### TEMA 4 – Observando o Universo: refração da luz | 39

Refração | 39

Lentes esféricas | 40

Lentes convergentes | 41

Construção de imagens | 42

Lentes divergentes | 43

Construção de imagens | 43

Vergência de uma lente | 44

Olho humano | 44

Microscópio composto | 46

Telescópio refrator – luneta astronômica | 47

» Oficina científica | 48

» Atividades | 48

» Atividades extras | 50

» Integrando com Matemática e suas Tecnologias • Unidades de medida utilizadas na Astronomia | 52

Unidade

2

## Dinâmica e tecnologia | 54

### TEMA 1 – Órbitas dos planetas e leis de Kepler | 56

O Universo dos gregos | 57

Modelo de Ptolomeu | 58

Modelo de Nicolau Copérnico | 59

As Leis de Kepler | 60

Primeira lei de Kepler ou lei das órbitas | 61

Segunda lei de Kepler | 62

Terceira lei de Kepler | 63

» Atividades | 63

### TEMA 2 – Lei da Gravitação Universal | 64

Lei do inverso do quadrado da distância | 65

Campo gravitacional | 67

Efeito da gravidade na formação das marés | 68

Velocidade de escape | 69

» Atividades | 71

### TEMA 3 – Movimentos orbitais | 72

Movimento circular uniforme | 73

Relação entre a velocidade escalar e a velocidade angular | 73

Frequência | 74

Resultante centrípeta | 75

Satélites naturais e artificiais | 77



Velocidade orbital | 78  
 Satélites geoestacionários | 78  
 Estado de imponderabilidade | 79

- » **Oficina científica** | 80
- » **Atividades** | 81
- » **Atividades extras** | 82
- » **Falando de... Satélites artificiais** | 84



## 3 Origem da vida | 86

### TEMA 1 – Condições para a existência de vida | 88

Fatores primordiais para o desenvolvimento da vida na Terra | 89  
 Zonas habitáveis | 90  
 A busca por vida fora da Terra | 90

- » **Atividades** | 92

### TEMA 2 – Origem da vida na Terra | 93

**Abiogênese versus biogênese** | 94  
 O experimento de Redi | 94  
 O experimento de Pasteur | 95  
**A origem do primeiro ser vivo** | 96  
 A hipótese de Oparin e Haldane | 96  
 A capacidade de replicação veio primeiro | 98  
 O metabolismo veio primeiro | 98  
 Os compartimentos vieram primeiro | 99  
 Afinal, como a vida teria surgido na Terra? | 100

**Evolução das células** | 101  
**A origem dos seres pluricelulares** | 103

- » **Atividades** | 104

### TEMA 3 – Classificação dos seres vivos | 105

**Nomenclatura e classificação dos seres vivos** | 106  
**Diferentes classificações para diferentes tempos** | 109

- » **Atividades** | 111
- » **Atividades extras** | 112
- » **Falando de... Viagem a Marte** | 114



## 4 A evolução da vida | 116

### TEMA 1 – Ideias evolucionistas | 118

**A vida evolui** | 119  
**História do pensamento evolutivo** | 121  
 As ideias de Lamarck | 121  
 As ideias de Darwin e Wallace | 122

- » **Atividades** | 124

### TEMA 2 – Teoria sintética da evolução | 126

**Introdução à Genética** | 127  
**Mutação** | 128  
**Recombinação gênica** | 129  
**Fluxo gênico** | 129  
**Deriva genética** | 130  
**Seleção natural** | 131

- » **Atividades** | 131

### TEMA 3 – Especiação | 133

**Isolamento reprodutivo** | 134  
**Especiação alopátrica** | 135  
**Especiação simpátrica** | 136

- » **Atividades** | 137

### TEMA 4 – Breve história da evolução da vida na Terra | 138

**História da vida na Terra** | 139  
**Relações evolutivas entre seres vivos** | 142

- » **Atividades** | 143

### TEMA 5 – Aspectos da evolução humana | 145

**A ordem primata** | 146  
**História evolutiva do ser humano** | 147  
**Sociedade humana** | 149

- » **Atividades** | 150
- » **Atividades extras** | 152
- » **Integrando com Ciências Humanas e Sociais aplicadas** | 156

Competências e habilidades da BNCC | 158

Referências bibliográficas comentadas | 160

## CONHEÇA O VOLUME

### Objetivos a serem desenvolvidos neste Volume

Ao estudar este Volume, propomos que os seguintes objetivos sejam alcançados por você.

- Analisar a formação do Universo, sua estrutura e a do Sistema Solar;
- Analisar o ciclo de vida das estrelas e associá-lo à formação e à distribuição dos elementos químicos no Universo;
- Identificar a influência da observação dos astros na sociedade humana e identificar explicações sobre a origem do Universo e da vida com base em tradições culturais para compará-las às atuais teorias científicas aceitas.
- Analisar as propriedades básicas da luz para interpretar e prever fenômenos ópticos como a reflexão e a refração da luz, de maneira a compreender o funcionamento de instrumentos de observação astronômica como os telescópios e as lunetas;
- Prever o comportamento da luz a partir de suas interações com espelhos e lentes;
- Calcular e prever os movimentos de objetos na Terra com base em análises de interações gravitacionais, como as órbitas dos satélites ou dos planetas.

- Identificar as condições básicas para a existência da vida na Terra e analisar regiões do Universo que possam ter condições semelhantes, que propiciem o desenvolvimento da vida;
- Comparar diferentes teorias e hipóteses sobre o surgimento da vida na Terra;
- Identificar diferentes hipóteses sobre a evolução da vida e compará-las com a teoria científica atualmente mais aceita;
- Classificar e nomear os seres vivos e analisar eventos que levam ao surgimento de novas espécies;
- Investigar a história da vida na Terra e analisar a evolução do ser humano até a formação da sociedade.

### **Justificativa da pertinência dos objetivos**

Onde tudo começou? Qual é a origem do Universo, das estrelas, dos planetas, dos seres vivos e do ser humano? Pode haver vida fora da Terra? Como é possível estudar o Universo?

Estas são algumas das questões que norteiam nosso estudo neste Volume. Durante a história da humanidade, diversas teorias foram elaboradas, as quais contribuíram para o atual entendimento que temos do Universo, da vida e da própria história evolutiva do ser humano.

# Origem, formação e observação do Universo

## COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC:

O texto integral das competências e das habilidades encontra-se no final do livro.

**Competências gerais**  
2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9

**Competências da Natureza e das Tecnologias**

**Competências específicas:** 2 e 3

**Habilidades:** EMEM13CNT201, EM13CNT205, EM13CNT209, EM13CNT301 e EM13CNT307

“Ao infinito... e além!”. Esta é uma frase do personagem de desenho animado “Buzz Lightyear” e poderia ser adaptada para o telescópio Hubble como “Olhar para o infinito e o além”, pois é isto o que este telescópio proporcionou ao ser humano durante seus mais de 30 anos no espaço.

O telescópio espacial Hubble foi lançado em 1990, e orbita a Terra a 600 km de sua superfície, a 28 800 km/h. Entre suas principais realizações estão a observação de longa duração do espaço profundo, descobrindo uma infinidade de fenômenos e estruturas, indicando que no Universo há, pelo menos, 125 bilhões de galáxias.

Mas o que mais há no Universo? Quão grande ele é? Como ele se formou? Quais instrumentos ópticos são possíveis para o observar com mais detalhes? Estas são algumas das questões que vamos abordar nesta Unidade.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Se alguém lhe perguntar o endereço de sua casa, possivelmente você saberá responder. E se considerarmos o Universo? Converse com os colegas e discutam sobre o endereço de vocês no Universo, partindo da residência de vocês.
2. Atualmente o ser humano possui diversos instrumentos ópticos no espaço, como satélites, telescópios e sondas. Tirando o Hubble, você conhece outro equipamento? Explique sua função, seu funcionamento e sua importância.
3. Você já contemplou as estrelas, a Lua, com o auxílio de algum instrumento de observação, como por exemplo, uma luneta ou um telescópio? Se a resposta for positiva, o que você viu? Em caso negativo, tem curiosidade em observar? Converse com os colegas sobre o assunto.

» Nebulosa de Tarântula, captada pelo telescópio Hubble. Um lugar de intensa formação de estrelas.

HUBBLE TARANTULA TREASURY/EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORIES/ROBERT GENDLER/ROBERTO COLOMBARI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

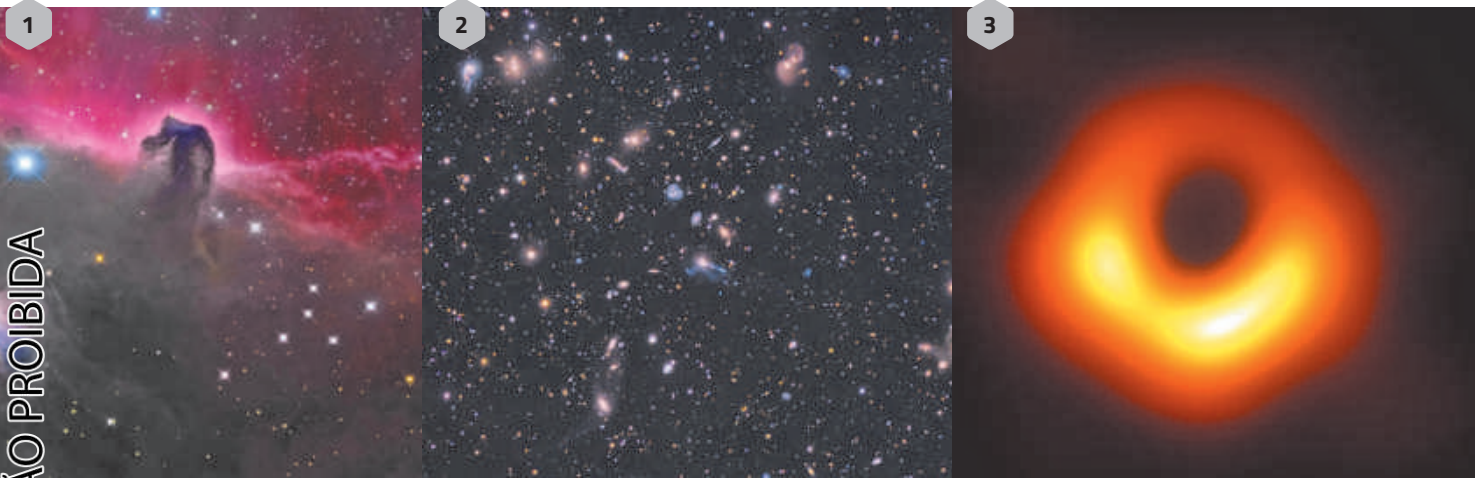
NASA/JSC



MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA

# Formação e estrutura do Universo

As imagens a seguir foram obtidas usando telescópios. Observe.



TELESCÓPIO CARMINE IAFFALDANO/ROBERTO COLOMBARI/NASA

TONY HALLAS/NASA

EVENT HORIZON TELESCOPE COLLABORATION/JPL/NASA

» (Imagens sem escala.)

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

- 1 As imagens apresentam algumas estruturas presentes no Universo. Você já viu alguma delas? Sabe o que são?
- 2 Para você, quais das imagens apresentam estruturas mais distantes e quais apresentam estruturas mais próximas da Terra?
- 3 O que mais existe no Universo?
- 4 A imagem **1** corresponde à nebulosa cabeça de cavalo, e a imagem **3** a um buraco negro na galáxia M87. Sabendo que a nebulosa está a  $142 \cdot 10^{16}$  km e o buraco negro a aproximadamente 53 milhões de anos-luz de distância da Terra, qual destas estruturas está mais próxima de nosso planeta?

Durante a realização das atividades, comente com os estudantes que as imagens correspondem à: 1) Nebulosa cabeça de cavalo; 2) Cluster de galáxias Hércules; 3) Buraco negro M87.

Não escreva no livro

O Universo é tudo o que existe fisicamente. Ele é composto pelo espaço, tempo e as mais variadas formas de matéria e energia, como planetas, estrelas, galáxias, componentes do espaço intergaláctico, radiações, entre outros. Também é possível que seja formado por um tipo de matéria e energia ainda não detectada, a matéria escura e a energia escura.

Atualmente existem inúmeras informações sobre o Universo obtidas por meio dos mais variados estudos. Ainda assim, existem muito mais perguntas a serem feitas, do que respostas a serem dadas. O que se tem certeza é que o Universo é imensuravelmente grande se comparado a nossos costumeiros padrões de distância. Essa grandeza fica ainda mais evidente quando o tempo é considerado.

Como exemplo, vamos analisar as imagens da página anterior. A imagem **2** mostra um aglomerado de galáxias, que fica a uma distância de 500 milhões de anos-luz da Terra. Um ano-luz é uma unidade de medida astronômica que equivale à distância percorrida pela luz em um ano no vácuo. A velocidade da luz no vácuo é de 299 792 458 m/s (aproximadamente 300 000 km/s). Assim, um ano-luz equivale a aproximadamente 9,5 trilhões de km ( $9,5 \cdot 10^{12}$  km). Isso significa que a luz que está chegando às lentes dos telescópios que capturaram esta imagem foi emitida há aproximadamente 500 milhões de anos atrás, ou seja, estamos olhando para o passado.

Mas como estas e outras estruturas presentes no Universo se formaram? Como o próprio Universo se formou? Estas são algumas questões abordadas pela **cosmologia** – ciência que estuda a estrutura e a evolução do Universo, assuntos que veremos a seguir.

## Origem e expansão do Universo

Existem algumas teorias sobre a origem e evolução do Universo. A mais aceita atualmente considera que o Universo se iniciou a partir de uma grande singularidade que, devido a uma grande instabilidade, explodiu e passou a ser chamada de *Big Bang*.

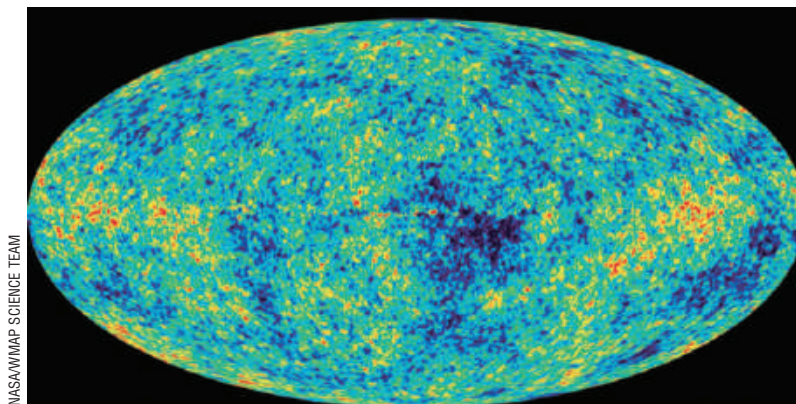
Segundo essa teoria, tudo o que conhecemos só começou a tomar forma cerca de 13,8 bilhões de anos atrás, não por uma explosão como o nome sugere, mas devido à expansão de um único ponto no espaço, com temperatura e densidade infinitamente altas – uma singularidade – que liberou toda a matéria e energia que existe.

A partir da liberação gigantesca de energia originada no núcleo desse ponto, o Universo passou a se expandir, resfriar e formar matéria. Então, foram se originando as galáxias, as estrelas e os planetas. Desde o *Big Bang*, o Universo continua a se expandir com velocidade de 270 000 km/s.

### Saiba mais

A radiação cósmica de fundo é uma forma de radiação eletromagnética que preenche todo o Universo, e se formou quando este tinha 380 mil anos de idade. É uma prova de que o Universo no passado era mais denso e quente do que é hoje. Esta radiação possuía uma temperatura de cerca de 3000 °C, e conforme ocorreu a expansão do Universo, é atualmente observada com uma temperatura de 270 °C negativos. A radiação cósmica é, em parte, responsável pelo ruído presente em uma televisão não sintonizada.

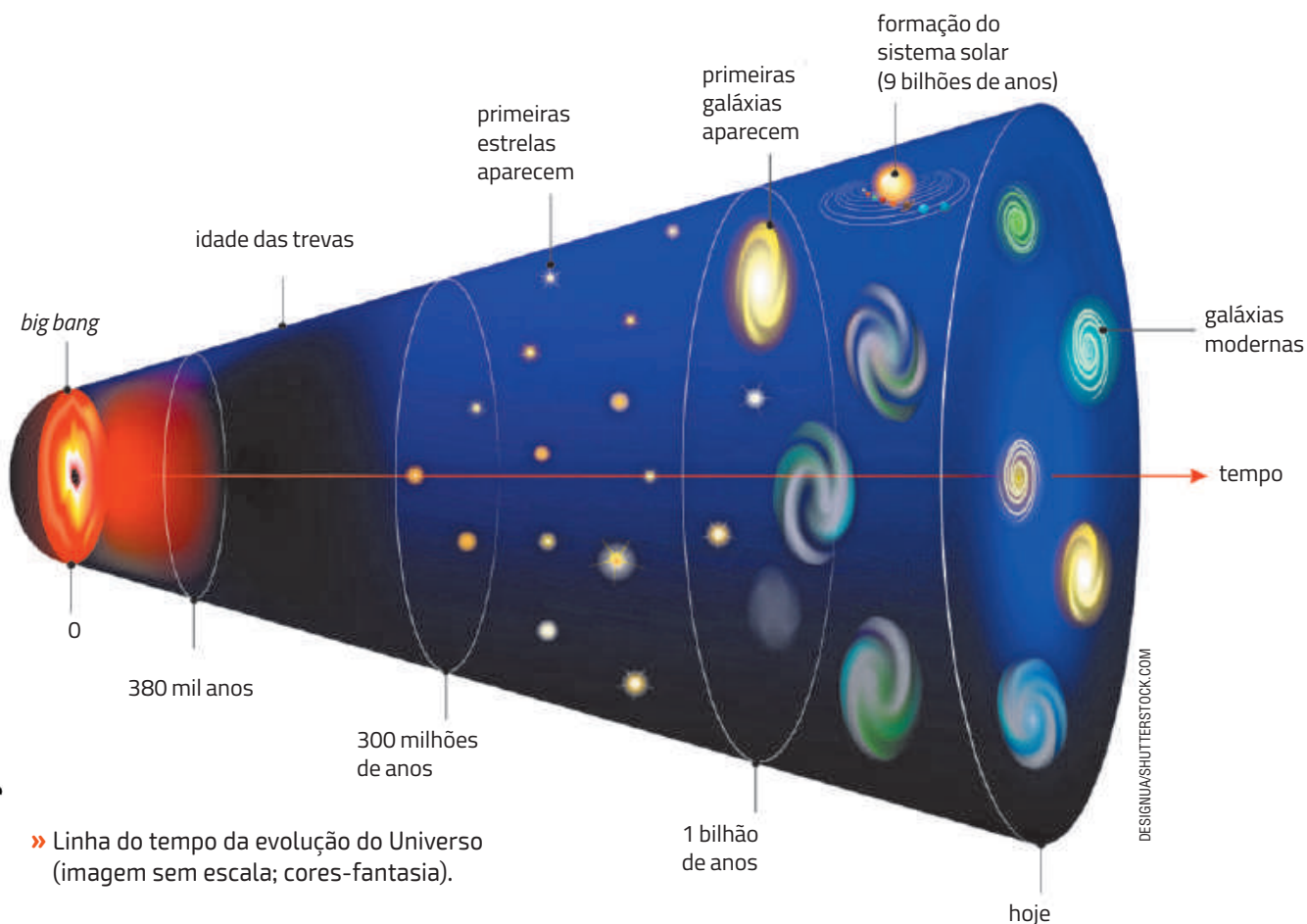
O mapa abaixo mostra a radiação cósmica de fundo do Universo visível, e foi construído em 2013, a partir dos dados obtidos pelo satélite Planck. Ele mostra pequenas diferenças de temperatura que foram deixadas como marca quando o Universo se tornou transparente à luz. Os dados obtidos pelo Planck ainda estão em estudos, e são importantes para descobrir diversas características do Universo.



NASA/WMAP SCIENCE TEAM

» Mapa do Universo visível mostrando a radiação cósmica de fundo em micro-ondas. As diferenças das cores indicam diferenças da temperatura.

O esquema abaixo apresenta, de maneira resumida, uma sequência de eventos que teriam ocorrido após o *Big Bang*.



Fonte: DAMINELLI, A., STEINER, J. (Org.). Fascínio do Universo. São Paulo: Odysseus Editora, 2010. p. 92.

5 Forme um grupo com seus colegas e realizem uma pesquisa sobre modelos explicativos para a origem e a evolução do Universo.

Não escreva no livro

As respostas e o comentário da atividade estão disponíveis no **Manual do Professor**.

No processo de evolução do Universo, o primeiro picossegundo ( $10^{-12}$  s) do tempo cósmico corresponde à expansão do espaço e ao super-resfriamento do Universo.

Vários tipos de partículas subatômicas se formaram, em estágios, depois de 380 mil anos do *Big Bang*. Essas partículas eram formadas, basicamente, por quantidades quase iguais de matéria e antimatéria, ou seja, se aniquilavam rapidamente deixando um pequeno excesso de matéria no Universo. O Universo, finalmente, resfriou o suficiente para formar átomos neutros e como resultado se tornou transparente pela primeira vez.

Entre 380 mil e 300 milhões de anos, houve a formação de estrelas e galáxias, sem nenhuma nova fonte de luz, período conhecido como *idade das trevas*.

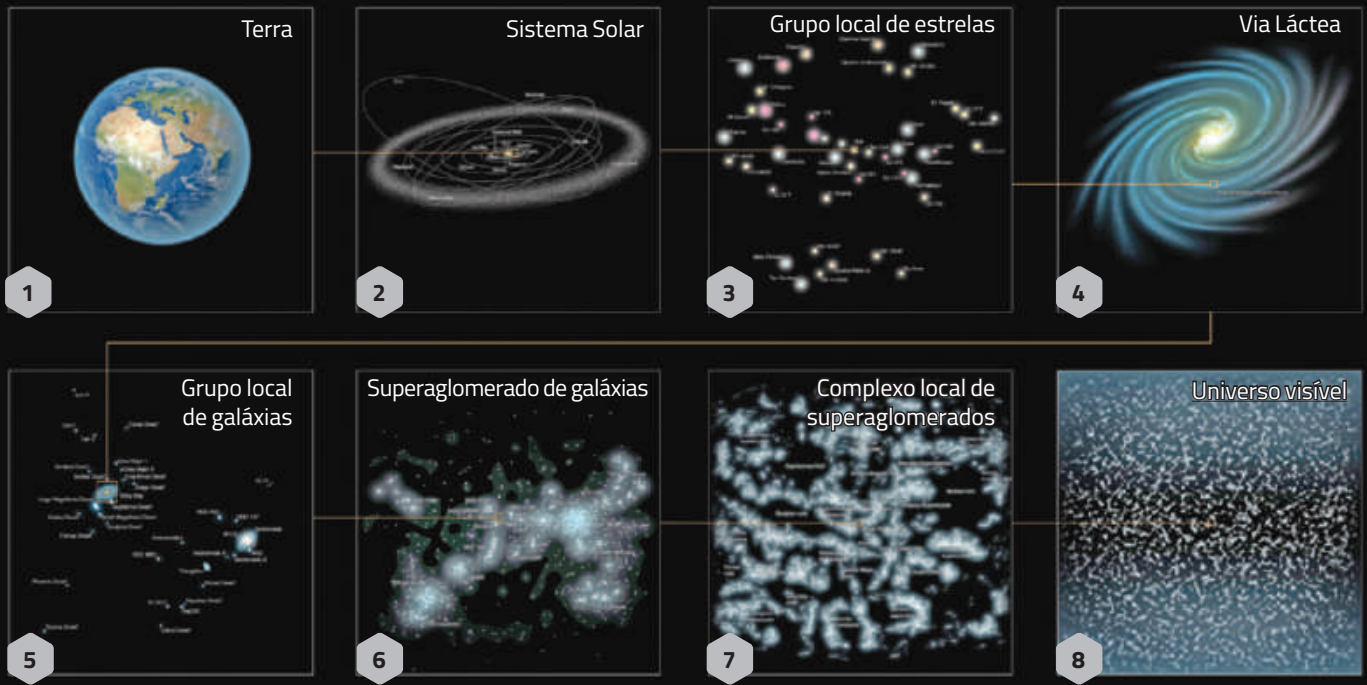
A partir de 1 bilhão de anos, formam-se as galáxias e o Universo visível já semelhante ao que temos hoje.



# Estrutura do Universo

O desenvolvimento de tecnologias relacionadas às propriedades da luz, como o conhecimento sobre as radiações e a produção de telescópios cada vez mais potentes, permitiu grandes avanços no conhecimento sobre a estrutura do Universo. Veja, a seguir, o esquema que apresenta a estrutura do Universo a partir da localização da Terra.

MIKKEL JUUL JENSEN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



» Representação da estrutura do Universo (imagens sem escala; cores-fantasia).

Fonte: OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Livraria da Física. Alegre, 2014. p. 621-625.

A **Terra** (1) é um dos planetas presentes no **Sistema Solar** (2), e sua estrela, o Sol, junto com outras 19 estrelas formam um **grupo local de estrelas** (3). Bilhões ou trilhões de grupos de estrelas formam uma galáxia, em nosso caso, a **Via Láctea** (4), que por sua vez faz parte de um **grupo local de galáxias** (5) com aproximadamente outras 50 galáxias. Vários grupos de galáxias juntos formam um **superaglomerado de galáxias** (6), em nosso caso, o superaglomerado de Virgem é formado por aproximadamente 2 500 galáxias. Vários superaglomerados formam um **complexo local de superaglomerados** (7), que por sua vez, formam o **Universo visível** (8), que é a porção do Universo que é possível ver.

HUBBLE TARANTULA TREASURY/EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORIES/ROBERT GENDLER/ROBERTO COLOMBARI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

# Sistema Solar

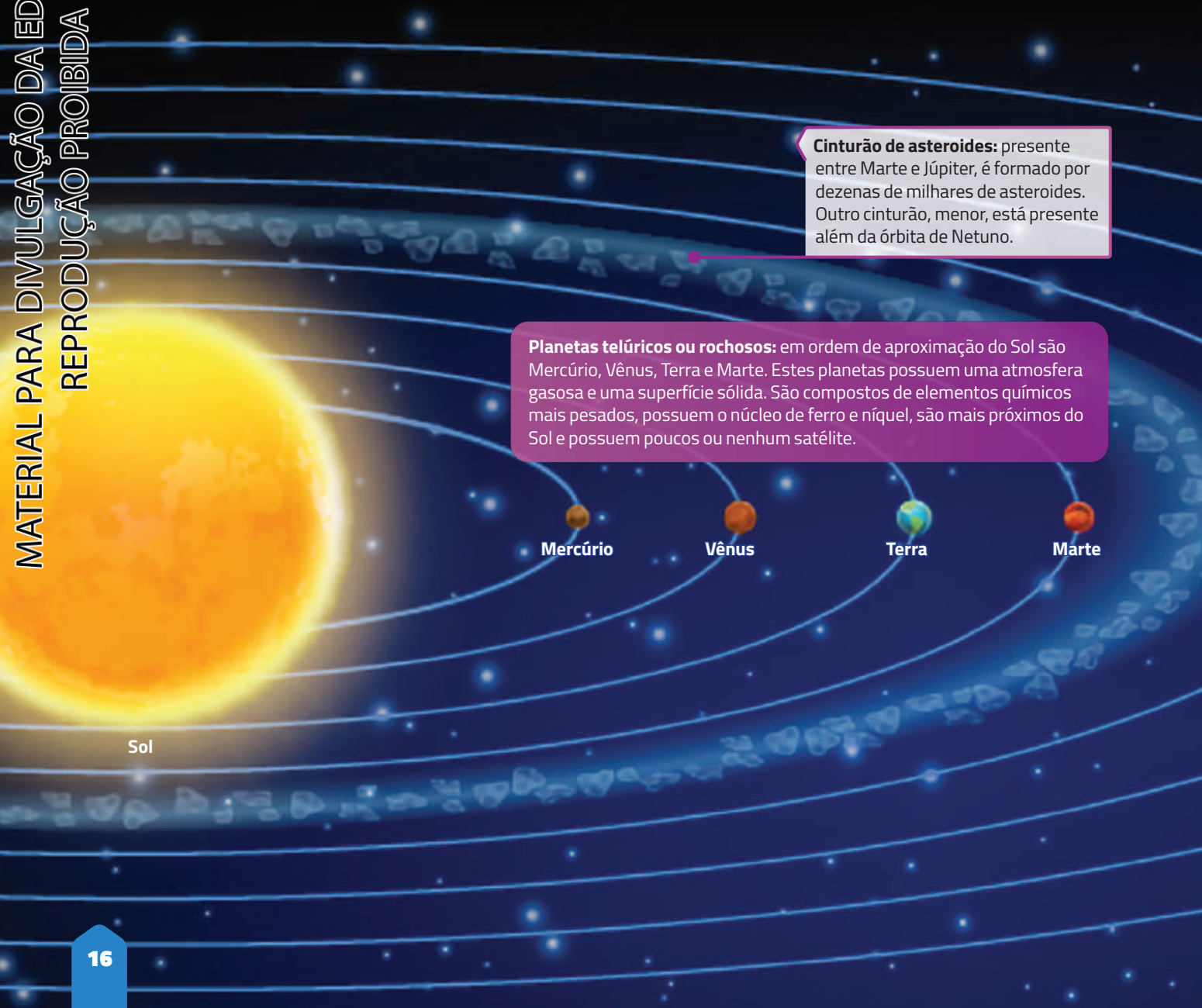
O Sistema Solar é formado por uma estrela, o Sol, planetas, planetas anões, luas, asteroides, meteoroides e cometas.

**Planetas anões:** corpos celestes que, assim como os planetas, giram em torno do Sol e sua gravidade é suficiente para lhes dar forma aproximadamente esférica. No entanto, contrariamente aos planetas, cuja massa é dominante na sua órbita, não possui massa grande o suficiente para se qualificar como um grande planeta. Os planetas anões do Sistema Solar são Plutão, Ceres, Éris, Makemake e Haumea. Em 2019, um novo planeta anão aguardava confirmação, seu nome - Hígia.



MELETIOS VERRAS/SHUTTERSTOCK.COM

MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA



**Cinturão de asteroides:** presente entre Marte e Júpiter, é formado por dezenas de milhares de asteroides. Outro cinturão, menor, está presente além da órbita de Netuno.

**Planetas telúricos ou rochosos:** em ordem de aproximação do Sol são Mercúrio, Vênus, Terra e Marte. Estes planetas possuem uma atmosfera gasosa e uma superfície sólida. São compostos de elementos químicos mais pesados, possuem o núcleo de ferro e níquel, são mais próximos do Sol e possuem poucos ou nenhum satélite.

**Cometas:** corpos de massa pequena recobertos de gelo. Quando sua órbita passa próximo ao Sol, são iluminados e se aquecem, liberando poeira e gases na forma de uma cauda típica.



JIM CUMMING/SHUTTERSTOCK.COM

» Em 2020, o cometa Neowise passou há 103,5 milhões de quilômetros da Terra e pode ser observado na maioria do território brasileiro, a olho nu. Sua órbita o levará a passar novamente pela Terra daqui a 6 763 anos.

**Asteroides:** blocos de rocha que orbitam o Sol menores que um planeta.



ESA 2010/MP3/OSIRIS S.M.P.S./UPD/LAM/IMA/IRSSD/INTA/UPM/DAS

**Meteoroides:** são rochas menores que os asteroides que vagam pelo Sistema Solar. Quando atingem a Terra, se incendeiam na atmosfera e passam a ser chamados de **meteoro**, ou estrela cadente. Quando atingem o solo, recebem o nome de **meteorito**.



JUAN GAETANIS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOOTARENA

**Luas:** são corpos celestes que orbitam ao redor de planetas, planetas anões ou grandes asteroides. Existem mais de 200 luas no Sistema Solar.

\* Até julho de 2020, 53 luas confirmadas; 26 aguardando nomeação.  
\*\* Até julho de 2020, 53 luas confirmadas; 29 aguardando nomeação.

Planeta	Nº de luas
Mercúrio	0
Vênus	0
Terra	1
Marte	2
Júpiter	79
Saturno	82
Urano	27
Netuno	14

Fonte dos dados: MOONS. **Nasa Science - Solar System Exploration.** Disponível em: <https://solarsystem.nasa.gov/moons/in-depth/>. Acesso em: 20 ago. 2020.



Júpiter



Saturno



Urano



Netuno

**Planetas Jovianos ou gasosos:** Na sequência de proximidade ao Sol estão Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, planetas que se situam mais afastados do Sol do que os rochosos, após o cinturão de asteroides. Apresentam atmosferas gasosas, sem superfície sólida e um interior líquido em sua maior parte. Também possuem grande número de satélites e anéis.

» Representação esquemática do Sistema Solar (imagens sem escala; cores-fantasia).

SIBERIAN ART/SHUTTERSTOCK.COM

### Saiba mais

#### Movimento aparente

Não são somente as estrelas que se movimentam em relação à Terra, mas também a Terra que se movimenta em relação às estrelas, uma vez que o movimento é sempre relativo ao referencial adotado. Portanto, todas as observações de movimento que realizamos são aparentes pois adotamos o referencial na Terra. Devido à rotação da Terra, vemos que as constelações não são fixas no céu noturno.

## O Universo e a sociedade

Ao abordar a temática do Universo, não é possível deter-se somente aos aspectos científicos, como sua estrutura e composição. O fascínio pelos astros é naturalmente humano, e pode ser evidenciado na cultura de diversos povos, em suas manifestações artísticas, crenças, costumes e na mitologia.

A interpretação do movimento aparente dos astros no céu, que se repete de maneira cíclica, auxiliou diversos povos a fazer previsões sobre a chegada das estações do ano, os melhores momentos de plantio e colheita, as épocas e cheias dos rios, entre outros.

A observação dos astros também auxiliava na orientação espacial. A navegação marítima, por exemplo, baseou-se por muito tempo na posição dos astros no céu, que podiam ser interpretadas com o auxílio de um astrolábio. Estrelas, como a Polar (ou Polaris), localizada na constelação Ursa Menor, servia como guia para os marinheiros localizarem o Norte.

Alguns povos indígenas brasileiros utilizavam a constelação Cruzeiro do Sul para orientar-se. Eles sabiam que, quando a cruz formada entre as estrelas, popularmente conhecidas como Mimoso, Rubídea, Pálida e Magalhães, estava em pé, como na fotografia ao lado, o prolongamento de seu braço maior apontava para o Sul.

Os astros também têm influência na cultura dos povos e muitos deles criaram mitos sobre o Sol, a Lua, as constelações, os eclipses etc. Os indígenas tupi-guarani explicam a origem da Terra, do Sol e da Lua pela lenda de Nhamandu. De acordo com essa lenda, antes do início de tudo, existia Nhamandu, que apenas com um sopro criou Kuaray. Kuaray fez surgir Tupã, a partir de seu coração. Tupã, ao dançar e cantar, criou vários mundos, estrelas e a Terra.

Na Terra, Tupã criou os mares, as montanhas e o primeiro humano, Nhandrovussu. Este, por sua vez, criou os animais, as plantas, e a primeira mulher, que se tornou sua esposa. Juntos, deram origem aos diversos povos que hoje existem. Cansado de andar pela Terra, Nhandrovussu decidiu partir e se transformar no Sol; sua esposa, então, decidiu fazer o mesmo, e se transformou na Lua. Desde então, eles estariam no céu, olhando e cuidando do povo tupi-guarani.



» Constelação do Cruzeiro do Sul, vista do Hemisfério Sul.

1. Observe a imagem e leia a manchete.

Quase dois terços dos brasileiros nunca poderão ver a Via Láctea

ALENCAR, L. Quase dois terços dos brasileiros nunca poderão ver a Via Láctea. **Revista Galileu**, 13 jun. 2016. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/06/quase-dois-tercos-dos-brasileiros-nunca-poderao-ver-lactea.html#:~:text=No%20Brasil%2C%20cerca%20de%2062,a%20Dinamarca%20e%20a%20Su%C3%A9cia.> Acesso em: 20 ago. 2020.



BABAK TAFRESHI/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

» Vista da Via Láctea.

- a) O que é a Via Láctea? Por que ela tem este nome? Se preciso, faça uma pesquisa.
- b) Faça uma pesquisa e identifique o motivo citado na manchete.
- c) É possível observar a Via Láctea da região onde você mora?

2. O que existe no Sistema Solar?

3. O que foi o *Big Bang*?

4. Leia o texto a seguir.

Constelações são agrupamentos *aparentes* de estrelas os quais os astrônomos da antiguidade imaginaram formar figuras de pessoas, animais ou objetos. Numa noite escura, pode-se ver entre 1000 e 1500 estrelas, sendo que cada estrela pertence a alguma constelação. As constelações nos ajudam a separar o céu em porções menores, mas identificá-las é em geral muito difícil.

Uma constelação fácil de enxergar é Órion [...]. Para identificá-la devemos localizar 3 estrelas próximas entre si, de mesmo brilho, e alinhadas. Elas são chamadas Três Marias, e formam o cinturão da constelação de Órion, o caçador. Seus nomes são Míntaka, Alnilan e Alnitaka [...]. O vértice nordeste do quadrilátero [...] formado pela estrela avermelhada Betelgeuse [...] que marca o ombro direito do caçador. [...]. Como vemos, no hemisfério sul Órion aparece de ponta cabeça. Segundo a lenda, Órion estava acompanhado de dois cães de caça, representados pelas constelações do Cão Maior e do Cão Menor. A estrela mais brilhante do Cão Maior, Sírius [...] é também

a estrela mais brilhante do céu, e é facilmente identificável a sudeste das Três Marias. Procyon [...] é a estrela mais brilhante do Cão Menor, e aparece a leste das Três Marias. Betelgeuse, Sírius e Procyon formam um grande triângulo [...].

Fonte: OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. Constelações. **UFRGS**, 6 ago. 2018 Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/const.htm>. Acesso em: 20 ago. 2020.

Veja nas imagens a seguir a identificação da constelação de Órion.



FOTOS: NOCTUA SOFTWARE LIMITED

» Sequência de imagens feitas com o simulador Stellarium (Londrina, PR, 2020, 3h).

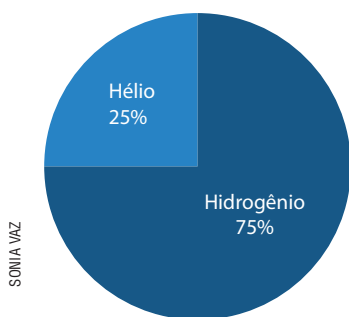
- a) Reproduza o desenho da constelação de Órion em seu caderno e identifique as estrelas citadas no texto.
- b) Qual a influência dos astros do Universo na sociedade?
- c) O que é uma constelação?
- d) As estrelas citadas no texto fazem parte de três constelações diferentes, presentes na Via Láctea. Quais são estas estrelas e quais são as constelações a que pertencem?
- e) Acesse o simulador no [site https://stellarium-web.org/](https://stellarium-web.org/) e depois:
  - defina sua localização;
  - faça uma pesquisa digitando Órion;
  - se necessário, acelere o tempo para que Órion fique visível acima da linha do horizonte;
  - encontre Betelgeuse, Sírius, e Procyon;
  - selecione "Constelations" e "Constelations Art" e veja o que acontece;
  - realize outras simulações.

Auxilie os estudantes a utilizarem o simulador, utilizando as orientações disponíveis no Manual do Professor.

# Ciclo estelar e formação dos elementos químicos

Observe os gráficos abaixo.

» **Proporção de elementos químicos presentes no Universo após o Big Bang\***



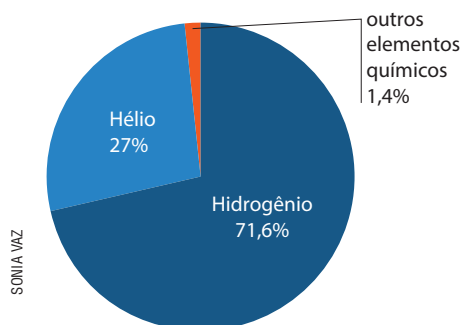
\*Lítio também estava presente, mas em quantidades ínfimas.

**1** A partir da análise dos gráficos, elabore uma hipótese sobre a presença dos elementos químicos no Universo.

Não escreva no livro

A resposta e o comentário da atividade estão disponíveis no Manual do Professor.

» **Proporção de elementos químicos presentes no Universo 4,6 bilhões de anos atrás**



Fonte dos dados: EPISODE 2: What the Universe Is Made of. c2017. Vídeo (5min56s). Publicado por Massachusetts Institute of Technology. Disponível em: <https://ocw.mit.edu/resources/res-8-007-cosmic-origin-of-the-chemical-elements-fall-2019/Videos/episode2/>. Acesso em: 22 set. 2020.

Todas as estrelas presentes no Universo nascem, passam por mudanças e morrem. Este ciclo estelar ocorre constantemente no Universo e, embora parte da constituição química das estrelas seja semelhante, ela se diferencia conforme a idade destes astros luminosos.

O motivo está relacionado à própria constituição do Universo, que se altera conforme ele se esfria e se expande, como visto nos gráficos acima. Eles mostram que embora o Universo seja constituído, em sua maior parte por hidrogênio e hélio, com o passar do tempo, outros elementos são formados a partir destes. Segundo cientistas, estes elementos atualmente podem perfazer 2% da constituição química do Universo, um valor diferente daquele presente quando nosso Sol nasceu, 4,6 bilhões de anos atrás, que era de 1,4%.

Dessa maneira, é possível admitir que estrelas mais novas, possuem uma composição química com mais elementos em sua constituição em relação a estrelas formadas há mais tempo. Este ciclo de vida estelar, que é a origem da formação dos elementos químicos, serão objetos de nosso estudo a partir de agora.

## Saiba mais

A constituição química do Universo está relacionada à chamada matéria luminosa, ou seja, que emite e reflete a luz visível. Mas segundo os cientistas, o Universo é formado entre 70 a 90% pela matéria escura, que não interage com as ondas eletromagnéticas, e por isso, não pode ser vista. A matéria escura realiza interações gravitacionais, ou seja, tem massa, o que oferece indícios de sua existência. Diversas pesquisas estão sendo realizadas para tentar comprovar a existência deste tipo de matéria, o que pode ajudar a ampliar o conhecimento sobre o Universo.

# Ciclo de vida das estrelas e a formação dos elementos químicos

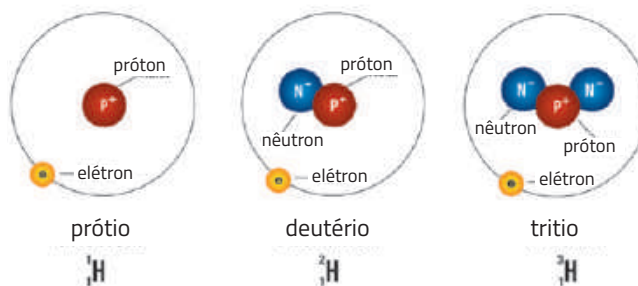
Todos os elementos químicos presentes em nosso corpo foram formados nas estrelas. Então, de certa maneira, somos poeira de estrelas. Mas antes de estudar a formação dos elementos químicos, vamos abordar suas características básicas.

## Elementos químicos

Os átomos são formados por prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons e nêutrons se encontram no núcleo do átomo, enquanto os elétrons orbitam em regiões ao redor deste núcleo. Um elemento químico é o conjunto de átomos de mesmo número atômico. O número atômico é a quantidade de prótons que um átomo possui em seu núcleo.

Quando um elemento químico possui diferentes quantidades de nêutrons em seu núcleo torna-se mais pesado. Estes elementos são chamados de **isótopos**.

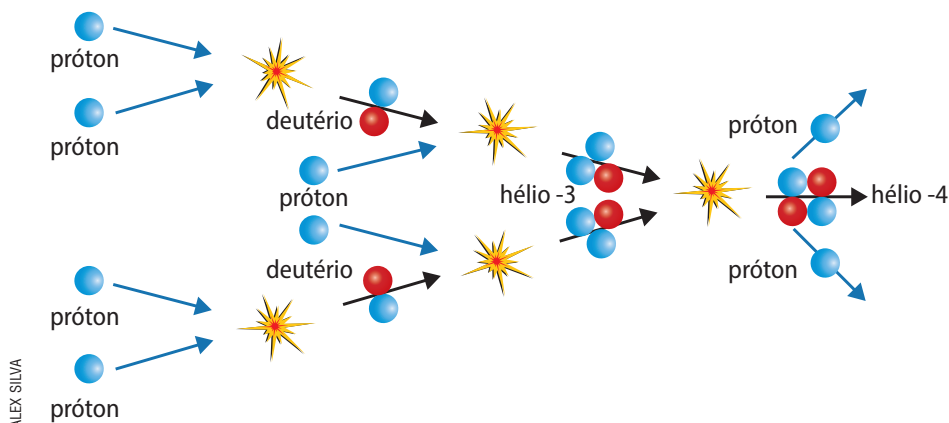
### » Representação dos três isótopos de hidrogênio



» Isótopos de hidrogênio (imagem sem escala; cores-fantasia).

## Início da formação dos elementos químicos

Nos primeiros segundos após o *Big Bang*, o Universo era formado por energia eletromagnética (fótons), elétrons, prótons e nêutrons. Após 15 minutos, conforme o Universo esfriava e expandia, prótons se chocavam com elétrons e nêutrons formando átomos de hidrogênio. Por meio de fusão nuclear, um processo em que dois núcleos se combinam para formar um único núcleo mais pesado, átomos de hidrogênio formaram átomos de hélio. Por sua vez, estes átomos de hélio reagiam com átomos de hidrogênio ou de hélio e formavam lítio, mas em pouquíssima quantidade. Assim, no início, o Universo era formado praticamente por hidrogênio e hélio.

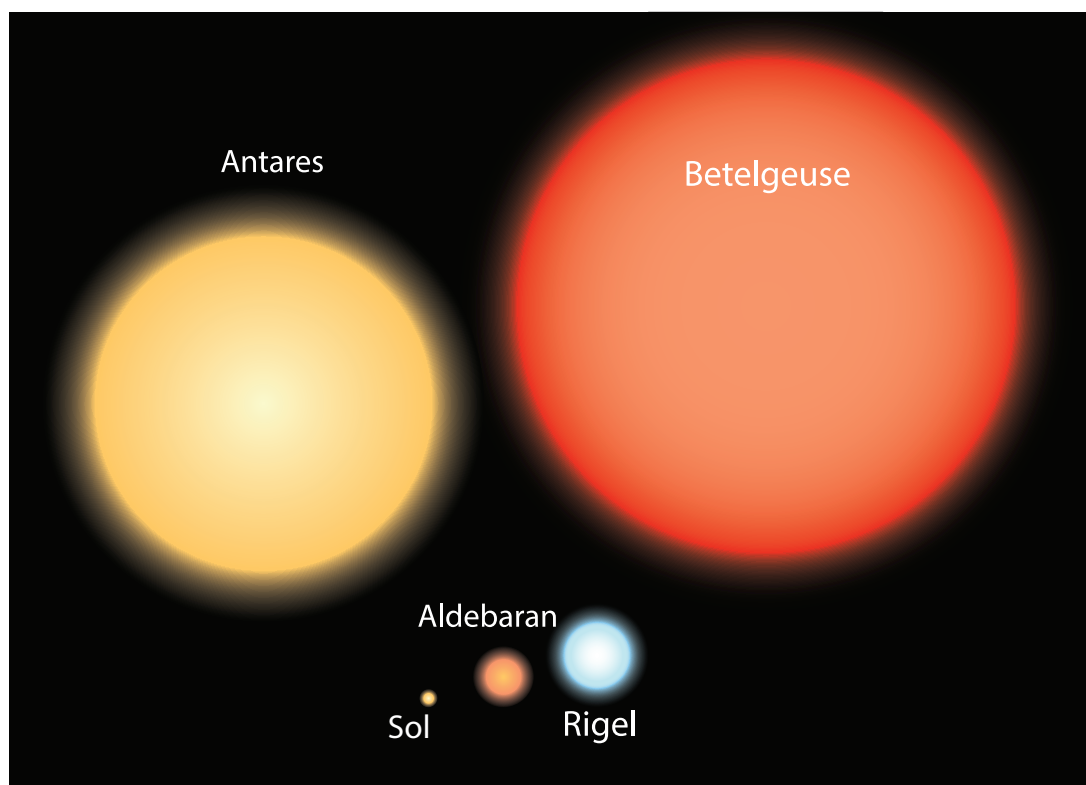


» Quatro prótons de hidrogênio se unem e se transformam em um núcleo de hélio, liberando energia:  $4^1\text{H} \rightarrow ^4\text{He}$  (imagem sem escala; cores-fantasia).

Conforme a temperatura do Universo foi diminuindo, a fusão nuclear não era mais possível. Esta fusão passou a acontecer em locais de alta temperatura e pressão, ou seja, no interior das estrelas.

## Ciclo de vida das estrelas

As estrelas normalmente nascem em regiões do Universo que possuem gases formados basicamente por hidrogênio, hélio e nuvens de poeira. Estas regiões são chamadas de nebulosas. Durante bilhões de anos essas nuvens se contraem, se tornam mais densas e sua temperatura aumenta até o ponto em que os núcleos dos átomos de hidrogênio começam a se fundir, novamente, e liberar grande quantidade de energia, agora como uma estrela.



comparação  
entre os  
tamanhos de  
algumas estrelas  
da Via Láctea  
(imagem  
em escala;  
cores-fantasia).

ALONIA URSU/SHUTTERSTOCK.COM

### Saiba mais

#### A classificação estelar e sua relação com a vida

As estrelas podem ser classificadas conforme algumas características, entre elas sua luminosidade e temperatura. Veja o quadro. **Diga aos estudantes que a temperatura é apresentada em graus Kelvin (K), e que 0 K (denominado zero absoluto) equivale a  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ .**

Tipo	O	B	A	F	G	K	M
Cor	Azul	Azulada	Branca	Amarelada	Amarela	Laranja	Vermelha
Temperatura de superfície(K)	30.000	20.000	10.000	7.000	6.000	4.000	3.000

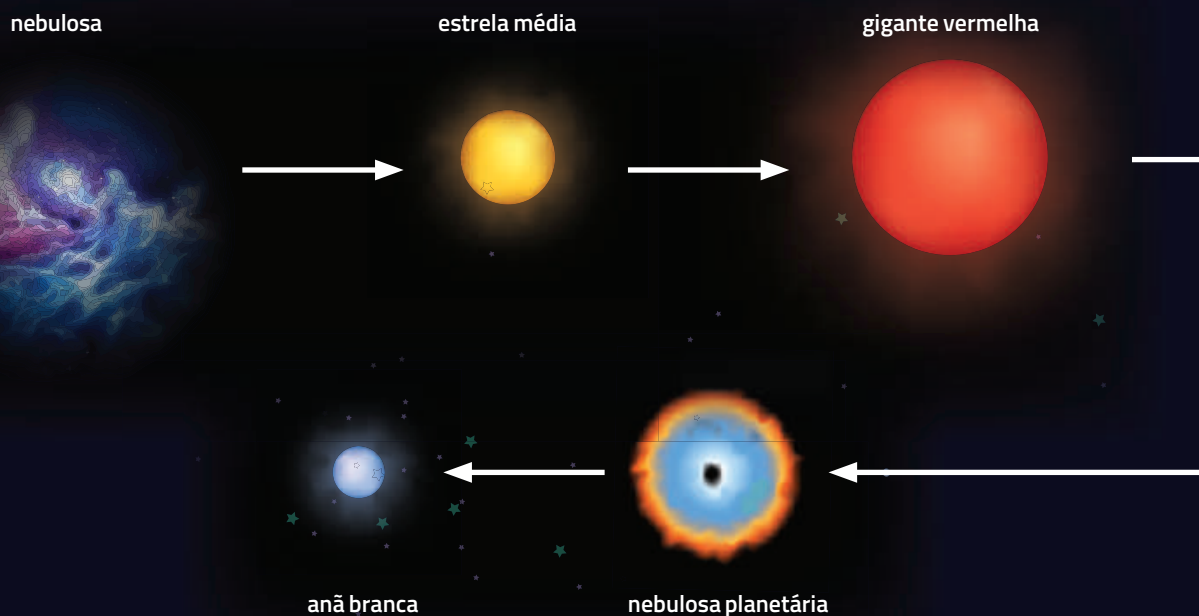
Fonte dos dados: HATEM, J. G.; PEREIRA, V. J. Estrelas: classificação espectral. **Observatórios virtuais:** fundamentos da Astronomia. {20--}. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap10.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

Pesquisadores identificaram que as estrelas do tipo K são as mais propícias para o desenvolvimento da vida. Entre os fatores que permitem esta característica está sua presença comum no Universo e, sua longevidade (vida estimada entre 28 e 80 bilhões de anos) – o que aumenta a probabilidade da ocorrência de eventos que possam propiciar o surgimento da vida.

Alguns planetas fora do Sistema Solar já foram identificados orbitando estrelas do tipo K, como o Kepler-422b, um planeta rochoso com cerca do dobro da massa da Terra que está na zona habitável de sua estrela, ou seja, em uma zona em que é provável existir água no estado líquido na superfície do planeta.



## Ciclo de vida de estrelas de massa próxima à do Sol



MARUSYA CHAIKA/SHUTTERSTOCK.COM

» Representação do ciclo de vida de estrelas de massa próxima à do Sol (imagem sem escala; cores-fantasia).

Se a massa de uma estrela for até 8 vezes maior que a do Sol, ela vai passar 90% de seu tempo transformando o hidrogênio ( ${}_1\text{H}$ ) de seu núcleo em hélio ( ${}_2\text{H}$ ), e em outros elementos em menor quantidade, como o carbono ( ${}_6\text{C}$ ) e o nitrogênio ( ${}_7\text{N}$ ) por meio de fusão nuclear. Quando o hidrogênio está terminando, a estrela inicia sua fase final. Segundo estimativas, isso irá acontecer com o Sol quando ele atingir aproximadamente 11 bilhões de anos, portanto, daqui há 6,4 bilhões de anos.

Em seguida, o núcleo da estrela (a partir daqui tomaremos como exemplo o Sol) não possuirá mais condições de suportar a massa das camadas externas e irá colapsar, aumentar sua temperatura e queimar o hidrogênio das camadas externas. Nessas condições, o Sol irá se expandir e se tornar 200 vezes maior e 2000 vezes mais luminoso, no entanto mais frio, se tornando uma **gigante vermelha**.

Ao final da fase de gigante vermelha, o Sol perderá muita massa para o Universo, e suas camadas externas irão se espalhar pelo espaço, formando uma **nebulosa planetária**.

Após 100 000 anos dessa fase, o Sol se transformará em uma pequena e quente estrela anã branca, aproximadamente do tamanho da Terra. Sem a produção de energia, gradativamente esta **anã branca** esfriará e se transformará em uma **anã negra**.

O berílio, o boro, o oxigênio e outros elementos também são formados em quantidades bem menores, por isso não foram citados no texto.

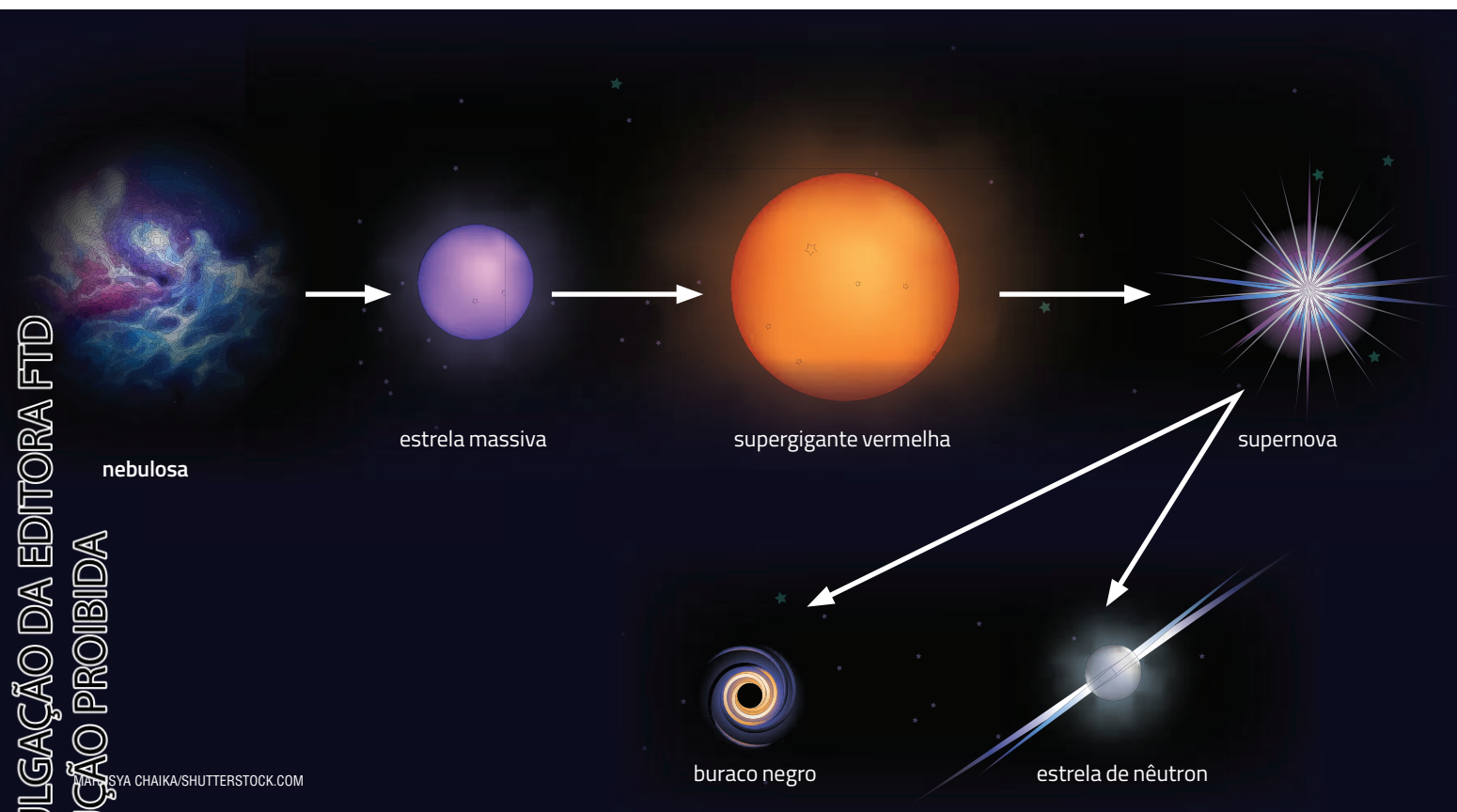
Dependendo das condições, uma anã branca pode explodir como uma supernova. Neste processo, diversos elementos químicos podem ser formados, como apresenta a tabela periódica mais à frente.

**2** Qual a idade do Sol?

Não escreva no livro

A resposta e o comentário da atividade estão disponíveis no **Manual do Professor**.

## Ciclo de vida de estrelas massivas



» Representação do ciclo de vida de estrelas massivas (imagem sem escala; cores-fantasia).

Estrelas com massa acima de oito vezes a do Sol são supermassivas, e possuem um tempo de vida menor do que estrelas menores. Isso significa que quanto maior a massa de uma estrela, menor seu tempo de vida, ou seja, menos tempo de conversão de hidrogênio em hélio.

Assim como as estrelas menos massivas, as estrelas gigantes passam a maior parte do tempo transformando hidrogênio em hélio, liberando energia, e formando outros elementos químicos mais leves. No término deste processo, ela amplia de tamanho, tornando-se uma estrela **supergigante**.

Ao final da sua vida, devido à sua grande massa, uma enorme explosão acontece, ocorrendo a expansão rápida e a produção de muita energia em pouco tempo. Neste momento, ela se torna uma supernova. Durante este período, diversos elementos químicos mais pesados do que o ferro são formados, não por fusão, mas por captura de nêutrons.

Com a explosão, o material produzido se espalha pelo Universo, e a supernova pode se tornar uma **estrela de nêutrons**, ou um **buraco negro**, dependendo de sua massa inicial.

# Preenchendo a tabela periódica

O processo de produção de novos elementos químicos é chamado de **nucleossíntese**. Todos os elementos químicos naturais, com exceção do hidrogênio, do hélio e do lítio foram formados, exclusivamente, durante a vida e a morte das estrelas.

Dados de uma revisão científica divulgados em 2019 apresentam os possíveis locais e/ou momentos em que os elementos químicos naturais foram formados. Estas informações estão dispostas na tabela periódica abaixo. Perceba que um mesmo elemento químico pode ser formado em situações diferentes.

A resposta e o comentário da atividade estão disponíveis no **Manual do Professor**.

**3** Observe a tabela e responda: em que situações é formado o carbono  ${}_{6}C$ ?

Não escreva no livro

## » A evolução da composição do Universo

1 H																	2 He														
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne														
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar														
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr														
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe														
55 Cs	56 Ba											72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn					
87 Fr	88 Ra																														
																57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
																89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu										

Fusão no Big Bang  
 Fissão na radiação cósmica  
 Explosão de estrelas massivas  
 Explosão de anãs brancas  
 Fusão em estrelas de nêutron  
 Morte de estrelas não massivas  
 Elementos químicos altamente radioativos

Fonte dos dados: JOHNSON, J. A. Populating the periodic table: Nucleosynthesis of the elements. **Science**, 1 fev. 2019. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/363/6426/474.full>. Acesso em: 20 ago. 2020.

Retome com os estudantes o ciclo estelar, e diga que dependendo das condições, uma anã branca pode explodir como uma supernova, gerando outros elementos químicos.

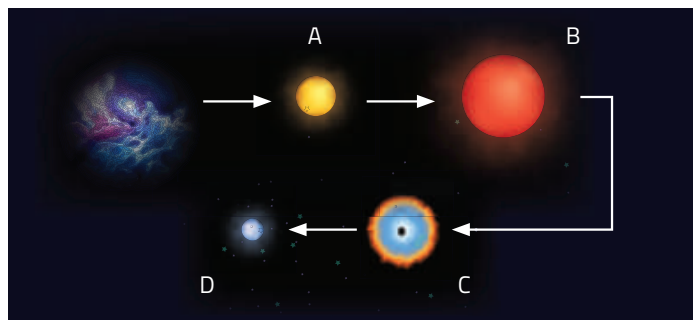
### Saiba mais

#### Fissão na radiação cósmica

Quando os raios cósmicos (radiação cósmica) impactam com algum tipo de matéria, um conjunto de reações nucleares acontecem e podem promover a nucleossíntese. Esse processo também pode ocorrer na atmosfera da Terra. O carbono-14, por exemplo, é um isótopo do carbono-12, e é utilizado para datação de materiais como os fósseis. Ele tem sua formação após o átomo de nitrogênio sofrer bombardeamento dos raios cósmicos.



1. Analise o esquema a seguir que representa o ciclo de vida de uma estrela.



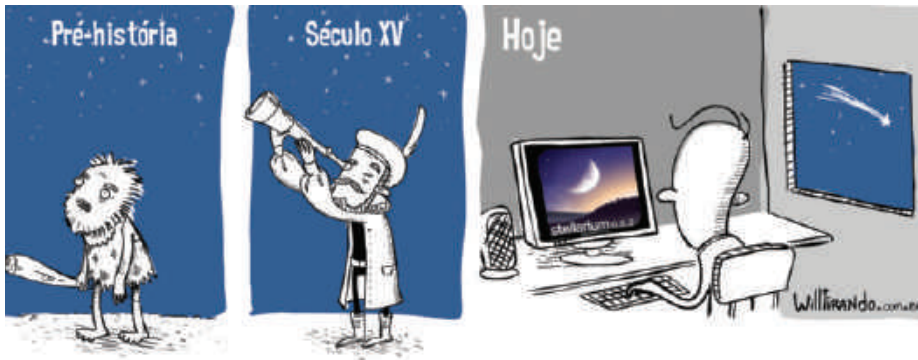
» (Imagem sem escala; cores-fantasia).

- a) O ciclo de vida apresentado é de estrelas massivas ou não massivas?
  - b) Indique o que representa cada letra do esquema e explique o ciclo apresentado.
  - c) Os elementos químicos mais comuns que formam os seres vivos que conhecemos são carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e fósforo. Qual destes são formados durante o ciclo de vida apresentado? Para responder, utilize a tabela periódica da página 25.
2. O corpo humano é formado por 25 elementos químicos responsáveis pela estrutura e bom funcionamento do organismo. Eles podem ser divididos em dois grupos: os elementos essenciais (11) são aqueles em maior quantidade; os elementos-traço (14) são aqueles necessários em menor quantidade. A respeito do assunto, responda:
- a) Faça uma pesquisa e identifique os elementos essenciais e os elementos-traço que compõem o organismo humano.
  - b) A partir de sua resposta ao item **a**, identifique a origem de cada um dos elementos químicos. Para responder, utilize a tabela indicada na página 25.
  - c) A partir de sua resposta ao item **b**, posicione-se a respeito da afirmação "somos poeira das estrelas". Justifique sua posição.
3. Uma das linhas de pesquisa científicas que tem ganhado destaque nas últimas décadas é a busca de indícios de vida fora da Terra. Para tanto, um dos aspectos considerados pelos pesquisadores é a distância do planeta em relação à estrela que orbita, de modo que a temperatura de sua superfície possibilite a existência de água líquida, um recurso essencial à vida tal qual conhecemos. Além disso, outro fator considerado é o tempo de vida da estrela, já que a origem e a evolução da vida em nosso planeta levaram bilhões de anos. Considerando essas informações, seria possível afirmar que existe uma maior probabilidade de se encontrar indícios de vida nos planetas que orbitam qual tipo estelar? Explique sua resposta.
4. O gás hélio ( $H_2$ ) tem diversas aplicações em processos industriais, laboratoriais, soldagem em altas temperaturas, refrigeração de aparelhos de ressonância magnética ou de grande precisão, em misturas gasosas para mergulho em grandes profundidades entre outros. Uma das utilizações mais populares do gás hélio é para inflar balões de festas, já que estes flutuam.
- a) Faça uma pesquisa e explique por que os balões de gás hélio flutuam.
  - b) Explique como ocorreu a formação do elemento químico hélio (He).
5. Os elementos químicos podem ser naturais (formados naturalmente) ou sintéticos (produzidos artificialmente, em laboratório). Considerando o processo de formação dos elementos químicos naturais, você acredita que existe a possibilidade de, nos próximos anos, novos elementos químicos naturais serem descobertos pelos cientistas? Explique sua resposta.

# Observando o Universo: reflexão da luz

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Observe a tirinha a seguir.



A observação do céu sempre gerou fascínio e admiração na espécie humana. Muitas são as lendas, mitos e histórias passadas de geração em geração.

De acordo com registros históricos, na Antiga Mesopotâmia, os eclipses serviam como anúncio de doenças ou de coisas terríveis. Diversas são as lendas e mitos, dentre os quais, em um deles, Erra, o Deus da Praga, trouxe a morte à Mesopotâmia Antiga e os Sebettus – guerreiros demoníacos –, filhos da divindade do céu An, a seguiram, espalhando doença e a morte pela sociedade. De tempos em tempos eles se juntam no céu para apagar a Lua, ocasionando o eclipse.

Os assírios também viam esses fenômenos como maus presságios. Os eclipses lunares, particularmente, representavam a condenação divina do rei. Às vezes, isso exigia o sacrifício do governante, que deveria ser substituído.

SPENCE, LEWIS. 1874-1955/UNIVERSITY OF TORONTO/  
INTERNET ARCHIVE BOOK IMAGES "MYTHS AND LEGENDS  
OF BABYLONIA & ASSYRIA" YEAR: 1916 (1910S)



» Representação do medo que a população mesopotâmica sentia de fenômenos astronômicos.

- 1 Qual mensagem o autor da tirinha quis transmitir?
- 2 Faça uma entrevista com pessoas que tenham lembrança sobre as explicações dadas antigamente para justificar os fenômenos astronômicos como eclipses ou passagens de cometas. Em seguida, pesquise sobre algum mito ou lenda associadas a estrelas, planetas e constelações. Anote os resultados em seu caderno e converse com seus colegas sobre o assunto.

Não escreva no livro

Além de admiração, os astros influenciaram, e ainda influenciam, os seres humanos, fornecendo bases para o conhecimento das estações do ano, a determinação de épocas de plantio, entre outros.

O conhecimento sobre o Universo teve grande avanço a partir da criação dos telescópios. O funcionamento deles, está diretamente relacionado com as propriedades da luz e sua interação com espelhos e lentes, assuntos que iremos estudar a partir de agora.

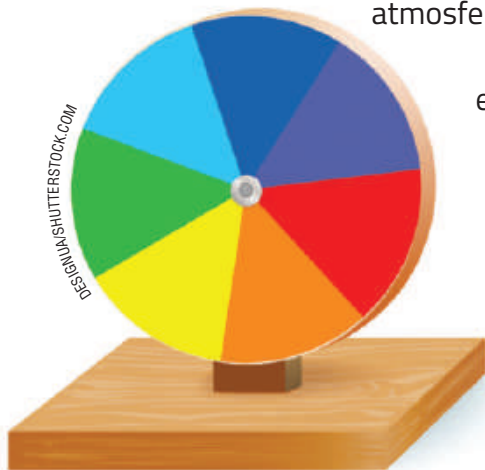
## Saiba mais

## Onda

Ondas são perturbações provocadas no espaço que se propagam de um ponto a outro transportando energia sem transportar matéria. Elas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas e eletromagnéticas.

As ondas mecânicas são aquelas que dependem de um meio material para se propagar e surgem em consequência da deformação de um meio elástico (uma corda ou uma mola, por exemplo).

As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo e em alguns meios, com velocidade de 300 mil quilômetros por segundo. Diferentemente das ondas mecânicas, como o som, as ondas eletromagnéticas podem propagar-se tanto em meios materiais quanto no vácuo. Por se tratar de fenômenos ondulatórios, elas podem sofrer reflexão, refração, absorção, difração, interferência, espalhamento e polarização.



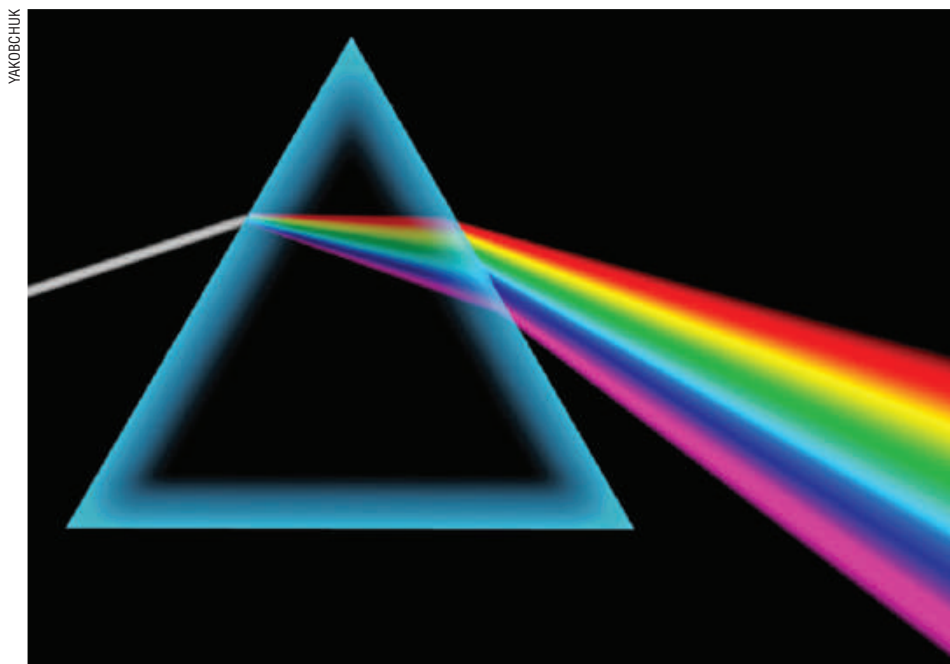
» Disco de Newton.

## Conceitos iniciais

Para começar a estudar os fenômenos luminosos é necessário definir alguns conceitos. Veja a seguir.

A **luz** é uma onda eletromagnética e a sua velocidade de propagação no vácuo é de, aproximadamente,  $3,0 \times 10^8$  km/s.

A luz solar – luz branca – é composta por outras tantas cores que, ao se combinarem originam a cor branca. Embora popularmente se diga que o arco-íris tem sete cores – vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta – na realidade ele tem inúmeras cores distintas, que incluem muitos tons de vermelho, de alaranjado, de amarelo, de verde, de azul e de violeta.



» Decomposição da luz branca em um prisma.

Isso pode ser observado quando a luz branca atravessa algum meio transparente, como um prisma de vidro ou gotículas de água da atmosfera, formando um arco-íris.

Em 1672, o físico inglês Isaac Newton (1643-1727) estudou e elaborou teorias sobre o mecanismo da dispersão da luz, conseguindo explicar que a luz branca era, na verdade, composta por todas as demais cores.

O processo inverso, isto é, a combinação das cores para formar a luz branca também pode ser observado por meio de uma montagem simples – o disco de Newton.

**Fontes de luz** são corpos capazes de emitir luz, sejam deles próprios ou refletida por eles e podem ser classificadas em:

- Fontes de luz primárias: emitem luz própria.
- Fontes de luz secundárias: são aquelas que apenas refletem a luz recebida de outros corpos.

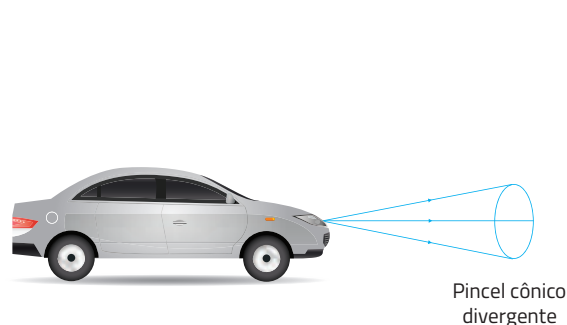
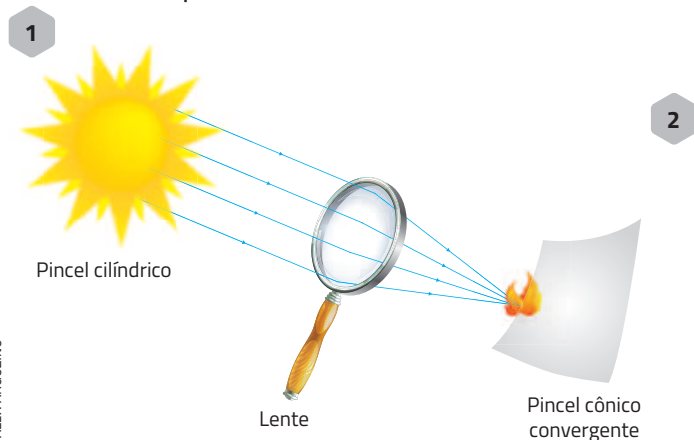


» A lâmpada acesa é uma fonte primária e o vaso com flores é uma fonte secundária de luz por refletir a luz que o ilumina.

Normalmente, a representação da luz é feita por meio dos **raios de luz**, que são linhas que indicam a sua direção e sentido de propagação. Essa é uma representação geométrica para facilitar os estudos.

Um conjunto de raios de luz vai definir o chamado de pincel luminoso, que pode ser classificado em um dos seguintes tipos:

- Cilíndrico: os raios luminosos são todos paralelos entre si. Nesse caso, a fonte de luz encontra-se no infinito e é chamada de fonte imprópria.
- Cônico convergente: os raios luminosos concentram-se em um único ponto.
- Cônico divergente: os raios luminosos partem de um único ponto (P) e espalham-se.



As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

**3** Forme um grupo com mais três amigos e construa um disco de Newton. Registre o processo em seu caderno. Cada uma das cores deve ocupar uma área correspondente a qual medida de ângulo central?

**4** O que você observa ao girar o disco?

**5** Isso acontece com qualquer velocidade de rotação? Faça uma pesquisa para explicar esse fato.

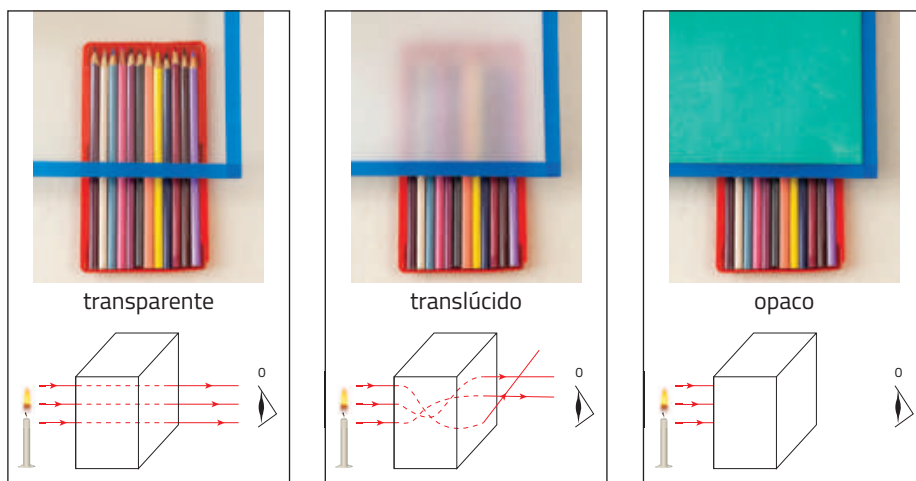
» Não escreva no livro

» Representação de pincéis luminosos: em (1) cilíndrico e cônico convergente e em (2) cônico divergente.

Outro conceito importante a ser definido é o de **meio de propagação da luz**, que nos dá informações sobre as influências que esse meio exerce na trajetória descrita por ela. Eles podem ser:

- **Transparentes:** permitem a passagem da luz e a visualização dos objetos é nítida. Exemplo: camada fina de água pura.
- **Translúcidos:** permitem a passagem da luz, porém a visualização dos objetos não é nítida. Exemplo: vidro ondulado (canelado).
- **Opacos:** não permitem a passagem da luz. Exemplo: porta de madeira.
- A experiência mostra que nos meios homogêneos (mesmas propriedades em todos os pontos) e transparentes a luz se propaga em linha reta – **Princípio da propagação retilínea da luz.**

» Diferentes meios de propagação da luz.



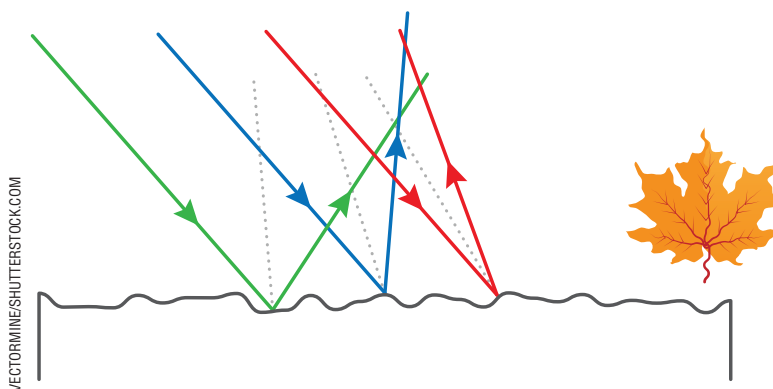
FOTOS: ALEXANDRE DOTTASCIENCE  
SOURCE/FOTORENA  
ILUSTRAÇÕES: BENTINHO

## Reflexão da luz

A reflexão da luz é um fenômeno óptico que ocorre quando a luz incide sobre uma superfície e retorna ao seu meio de origem. Ela ocorre tanto em superfícies rugosas – reflexão difusa – quanto em superfícies espelhadas – reflexão especular.

A **reflexão difusa** ou difusão da luz, ocorre quando os raios de luz incidem sobre uma superfície irregular e, devido a essas irregularidades, são refletidos para diversas direções diferentes. É o que mais acontece à nossa volta, pois os objetos refletem a luz em diversas direções, per-

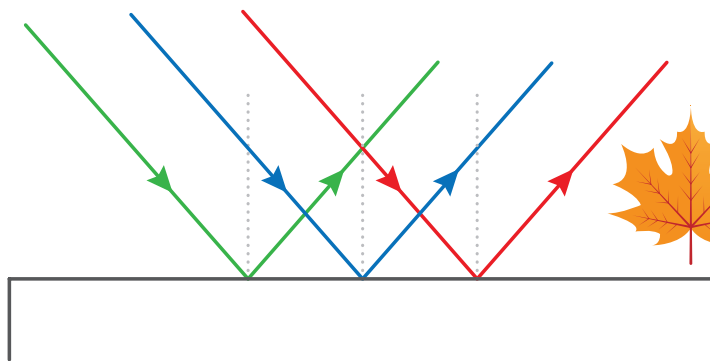
mitindo que pessoas situadas em locais diferentes possam vê-los. A luz difundida pelos objetos chega aos nossos olhos, permitindo que possamos enxergar vários deles, simultaneamente, e de ângulos diferentes.



» Reflexão difusa.



Na **reflexão regular** os raios refletidos, como o nome diz, seguem uma regularidade, de forma que raios de luz paralelos que incidem em um espelho plano são refletidos paralelamente e no caso de espelhos esféricos, por exemplo, obedecem a certas propriedades, permitindo a previsão e identificação de seu comportamento óptico. Esse tipo de reflexão ocorre em superfícies polidas, como os espelhos, os metais ou a água límpida e parada, como na superfície de um lago, por exemplo. Assim, permite a formação de imagens nítidas, mas que não podem ser observadas de qualquer posição, sendo possível visualizar a imagem apenas em determinadas posições do observador.



VECTORMINE/SHUTTERSTOCK.COM

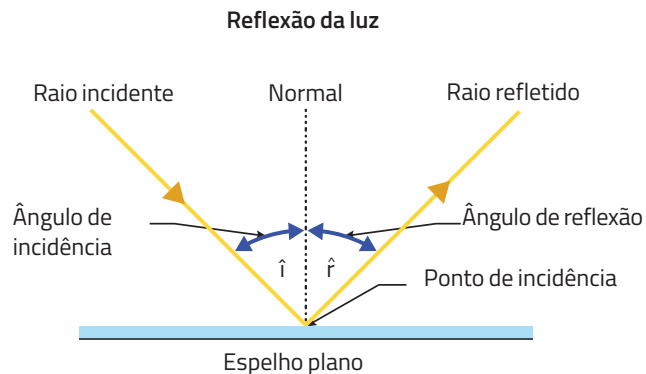
» Reflexão regular.

## Leis da reflexão da luz

Quando um raio de luz incide em um espelho, mede-se o ângulo de incidência ( $i$ ), e o ângulo de reflexão ( $r$ ), ambos em relação a uma reta perpendicular à superfície chamada de reta normal (N). A partir dessa situação, duas leis empíricas se estabelecem:

1. O raio incidente, a reta normal e o raio refletido são coplanares, isto é, pertencem ao mesmo plano chamado plano de incidência.
2. O ângulo de incidência ( $i$ ) e o ângulo de reflexão ( $r$ ), medidos em relação à normal (N) têm mesma medida.

$$i \equiv r$$



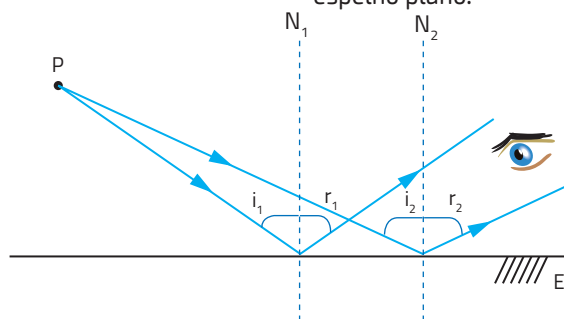
» Reflexão da luz em espelho plano.

SANSNORTH/SHUTTERSTOCK.COM

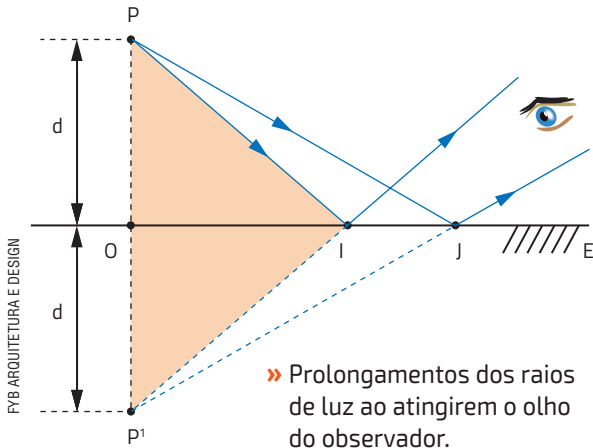
## Reflexão em um espelho plano

Para se determinar a imagem de um objeto (P), colocado diante de um espelho plano (E), basta construir dois raios de luz saindo de P e refletindo no espelho, lembrando que os ângulos de incidência e de reflexão têm mesma medida.

» Reflexão da luz em espelho plano.



FYB ARQUITETURA E DESIGN



» Prolongamentos dos raios de luz ao atingirem o olho do observador.

Prolongando os raios de luz que atingem o olho do observador, determina-se um ponto  $P'$  – imagem de  $P$ . Para o observador, parece que a luz está vindo de  $P'$ .

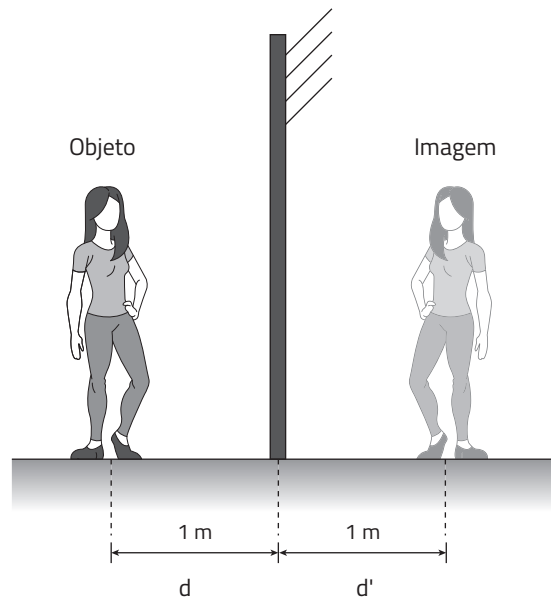
Uma propriedade importante é a simetria. As distâncias entre objeto ( $P$ ) e o espelho e entre a imagem ( $P'$ ) e espelho são iguais. Como os raios de luz não têm origem em  $P'$ , essa imagem é chamada de virtual.

IRINA\_KULIKOVA/SHUTTERSTOCK.COM

MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA



» Imagem virtual formada por espelho plano.

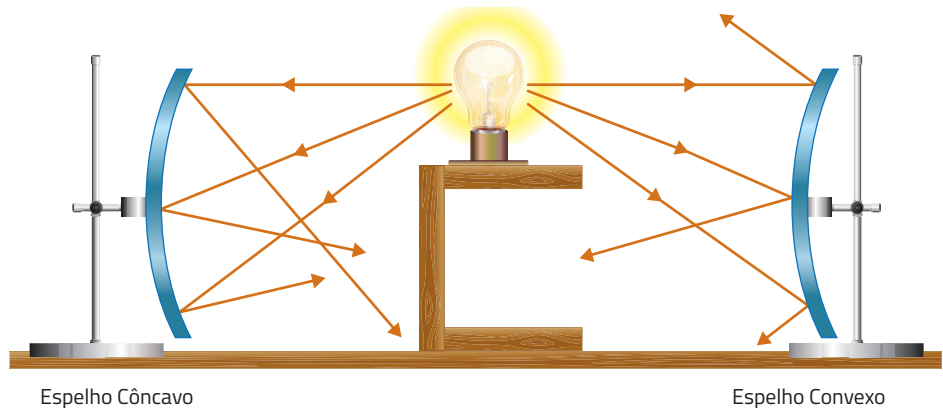


EDITORIA DE ARTE

## Espelhos esféricos

O espelho esférico é uma calota esférica que possui uma de suas partes polida e com alto poder de reflexão. Quando a superfície refletora for interna, o espelho é **côncavo** e quando for externa, o espelho é chamado **convexo**.

» O que caracteriza um espelho ser côncavo ou convexo é a incidência da luz.

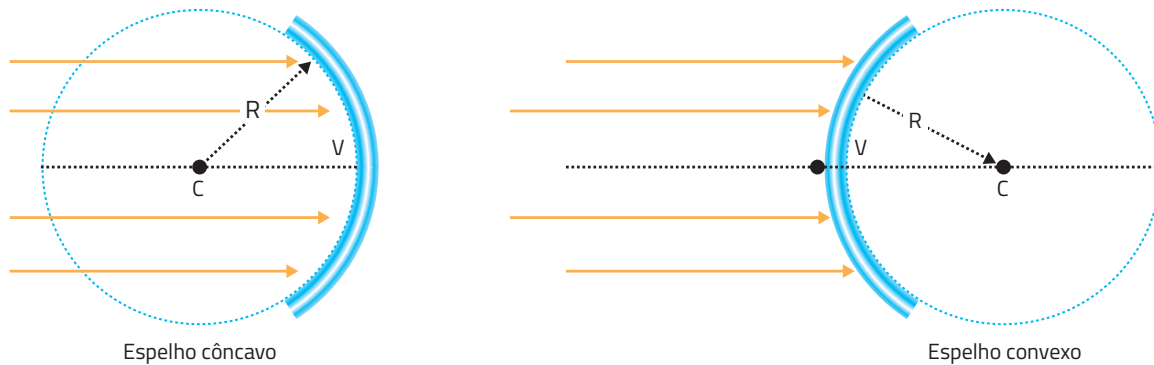


ALEX SILVA

ALEX SILVA

Para a análise da reflexão da luz em um espelho esférico alguns elementos geométricos devem ser definidos. Veja:

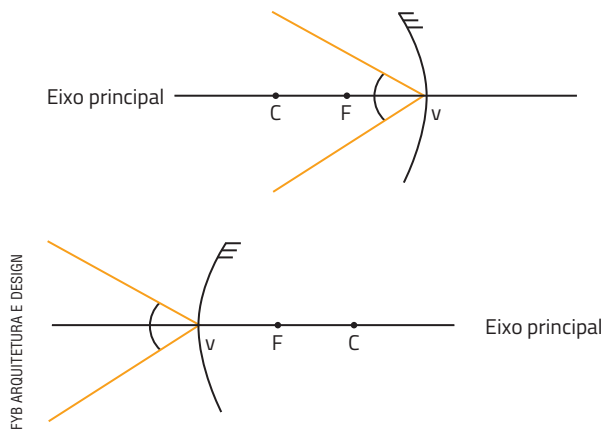
**Centro de curvatura (C):** é o centro de curvatura da calota esférica que dá origem ao espelho. Ele é que define o raio de curvatura (R) do espelho.



» No espelho côncavo, o centro de curvatura localiza-se do mesmo lado em que a luz incide, portanto está na frente do espelho. Já no espelho convexo, o centro de curvatura situa-se atrás do espelho, uma vez que está do lado oposto ao da luz incidente.

Nas figuras acima também podemos identificar o **vértice**, que configura o centro geométrico de um espelho esférico.

Uma propriedade importante é que todo raio de luz que incide nesse ponto (vértice) é refletido com o mesmo ângulo de incidência, medido em relação ao eixo que liga o centro de curvatura até ele. Esse eixo é chamado de **eixo principal** do espelho esférico.

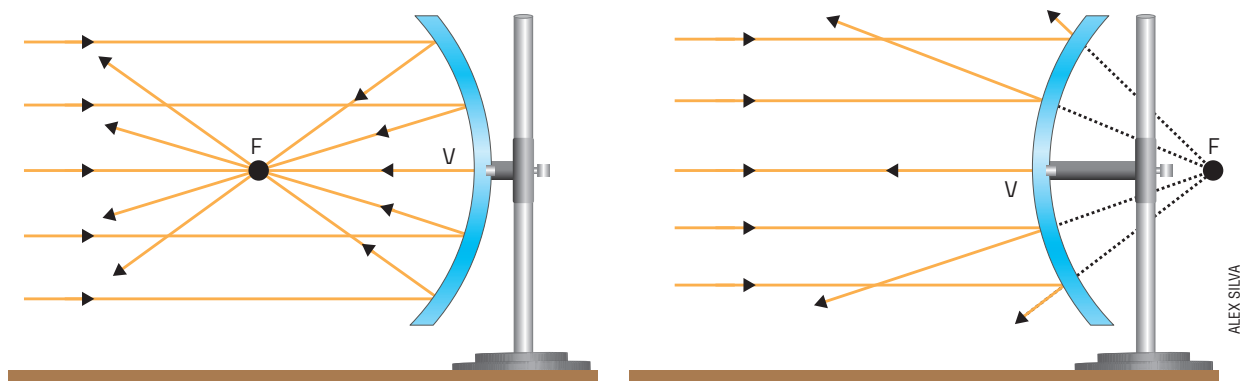


» Raio de luz incidente no vértice é refletido com mesmo ângulo, em relação ao eixo principal.

**Foco:** esse ponto fica exatamente na metade da distância entre o centro de curvatura e o vértice.

Uma propriedade fundamental do foco, com muitas aplicações práticas, é que todo raio de luz que incide no espelho paralelamente ao eixo principal é refletido em uma direção que passa pelo foco e, pela reversibilidade da luz, os raios que incidem pelo foco refletem paralelamente ao eixo principal.

No caso dos espelhos côncavos, o foco está situado na frente do espelho, sendo, portanto, real. Já nos espelhos convexos o foco é virtual, pois está situado atrás do espelho, sendo encontrado pelo prolongamento dos raios refletidos.



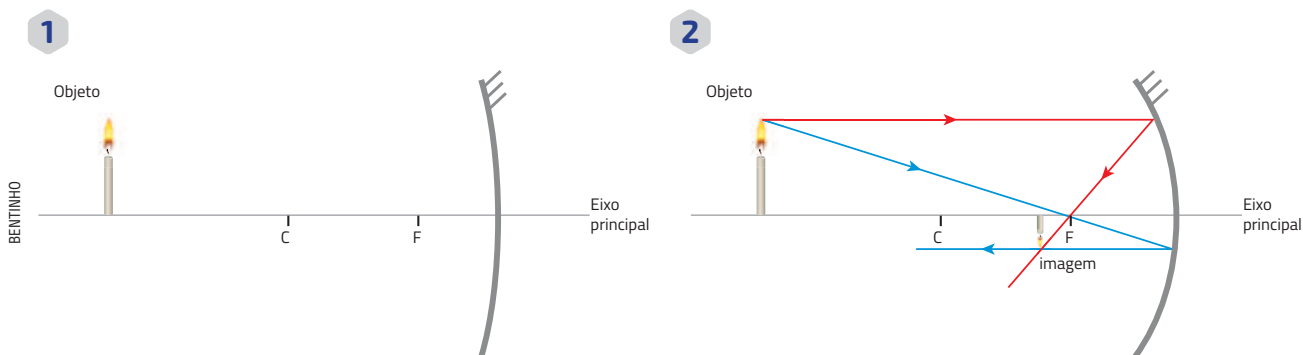
» Reflexão da luz que incide paralelamente ao eixo principal.

## Construção geométrica de imagens

A construção geométrica das imagens é feita com a utilização das propriedades da reflexão dos raios luminosos, conforme mostraremos a seguir.

### » Espelho côncavo

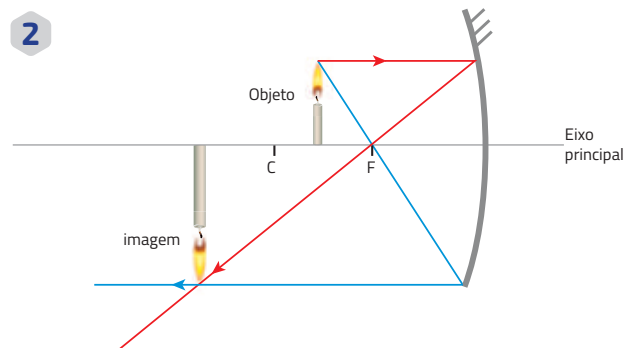
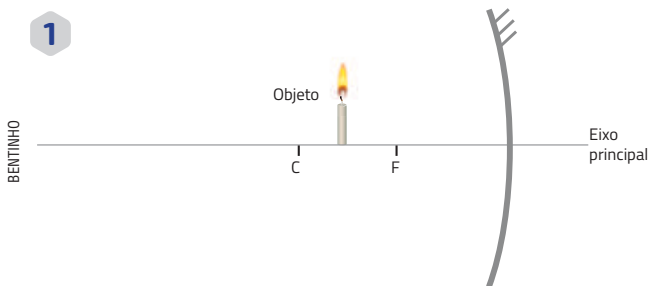
Considere um objeto posicionado diante de um espelho côncavo, com distância maior que seu raio de curvatura do qual saem dois raios de luz que incidem no espelho.



» Objeto diante de um espelho côncavo (1). Luz incidente paralela ao eixo principal reflete pelo foco e luz que incidente pelo foco reflete paralela ao eixo principal (2). A imagem formada é real, invertida e menor do que o objeto.

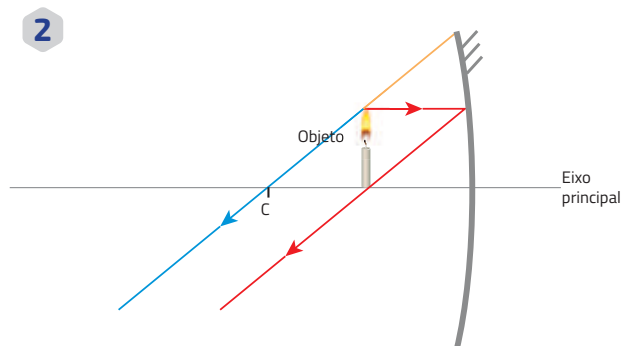
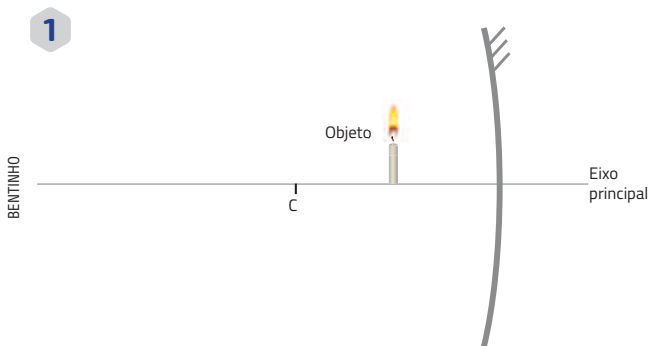
O ponto de encontro dos raios luminosos define a imagem. Nesse caso, ela é real, invertida e menor do que o objeto.

Agora, o objeto será posicionado entre o centro de curvatura e o foco do espelho côncavo, no qual serão utilizados os mesmos raios de luz do exemplo anterior.

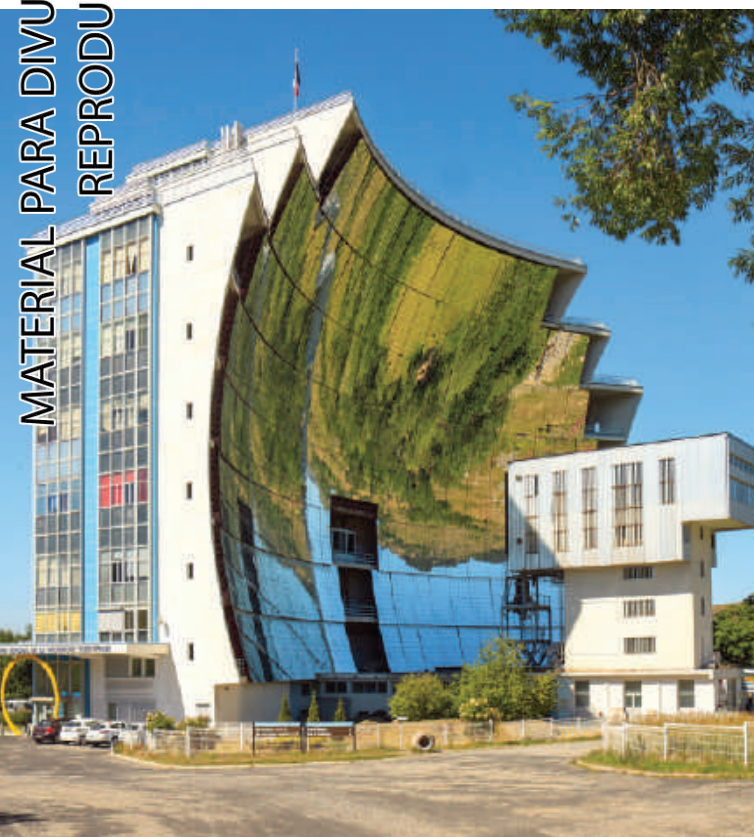


» Objeto entre o centro de curvatura e o foco do espelho côncavo (1). Luz incidente paralela ao eixo principal reflete pelo foco e luz que incidente pelo foco reflete paralela ao eixo principal (2). A imagem formada é real, invertida e maior do que o objeto.

Neste exemplo, o objeto será posicionado sobre o foco do espelho.



» Objeto colocado sobre o foco do espelho côncavo (1). Imagem imprópria (2).



ROEL SLOOTWEG/SHUTTERSTOCK.COM

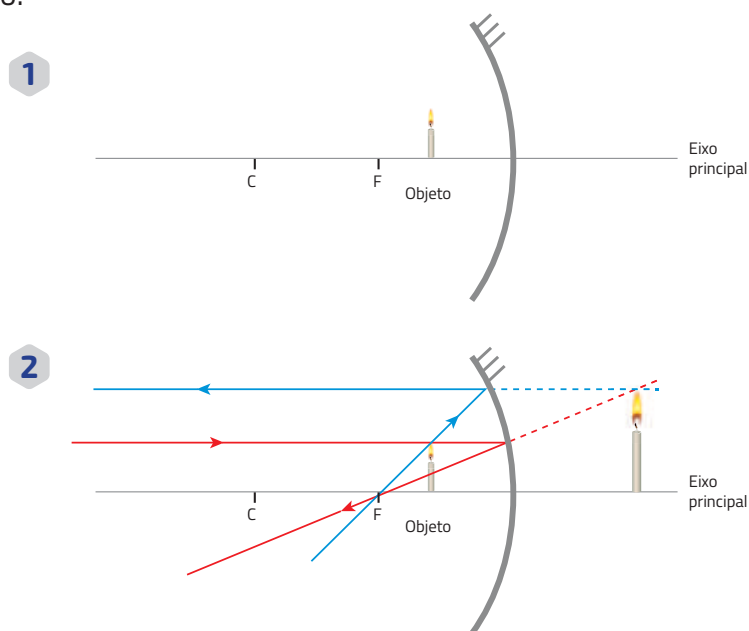
Observe que os raios de luz refletidos pelo espelho são paralelos entre si. Essa imagem se forma no infinito, sendo chamada de imprópria.

O importante, nessa situação, é o caminho inverso percorrido pela luz. O objeto situado no infinito terá sua imagem formada no foco do espelho côncavo, isso ocorre nos telescópios refletores que apontam para astros distantes (planetas, por exemplo) projetando as imagens no foco. Esse tipo de montagem também permite a construção de equipamentos para aquecimento de sistemas, como o forno industrial de Odeillo, alimentado por energia solar, que além de não utilizar combustíveis fósseis ou energia elétrica em sua alimentação, não emite gases que aceleram o efeito estufa.

» Odeillo, na França, ano 2019, o maior forno industrial solar do mundo.

A última situação é aquela em que o objeto é colocado entre o foco e o vértice do espelho.

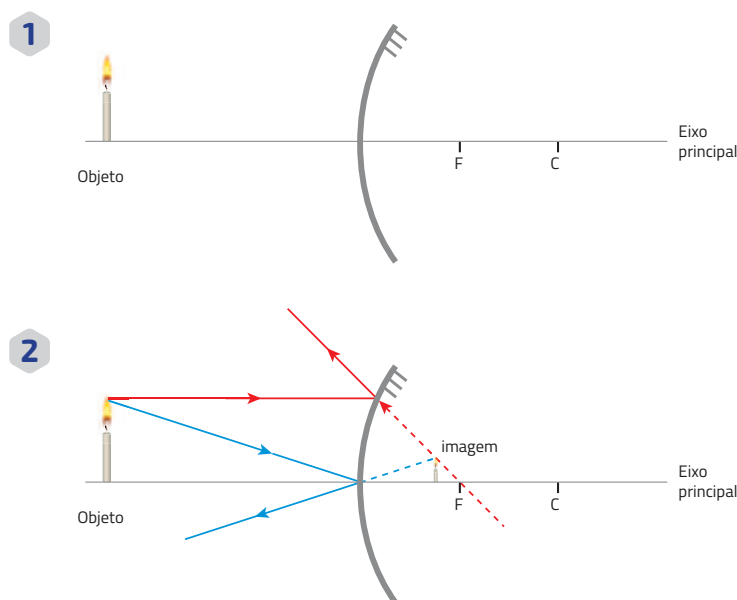
» Objeto colocado entre o foco e o vértice (1). Os prolongamentos dos raios refletidos se encontram atrás do espelho (2). A imagem formada é virtual, direita e maior do que o objeto.



### » Espelho convexo

O espelho convexo é amplamente utilizado em nosso dia a dia: nas saídas de garagem, em espelhos retrovisores do lado direito dos carros, globos e espelhos de segurança colocados em supermercados etc. Vejamos porquê.

» Objeto colocado diante de um espelho convexo (1). A imagem formada é virtual, direita e menor do que o objeto (2).



A intersecção dos raios refletidos ocorre apenas em seus prolongamentos, caracterizando uma imagem virtual e direita.

Como você pode notar, o motivo pelo qual esses espelhos são amplamente utilizados reside no fato dele manter a orientação espacial e produzir uma imagem reduzida aumentando, assim, o campo visual.

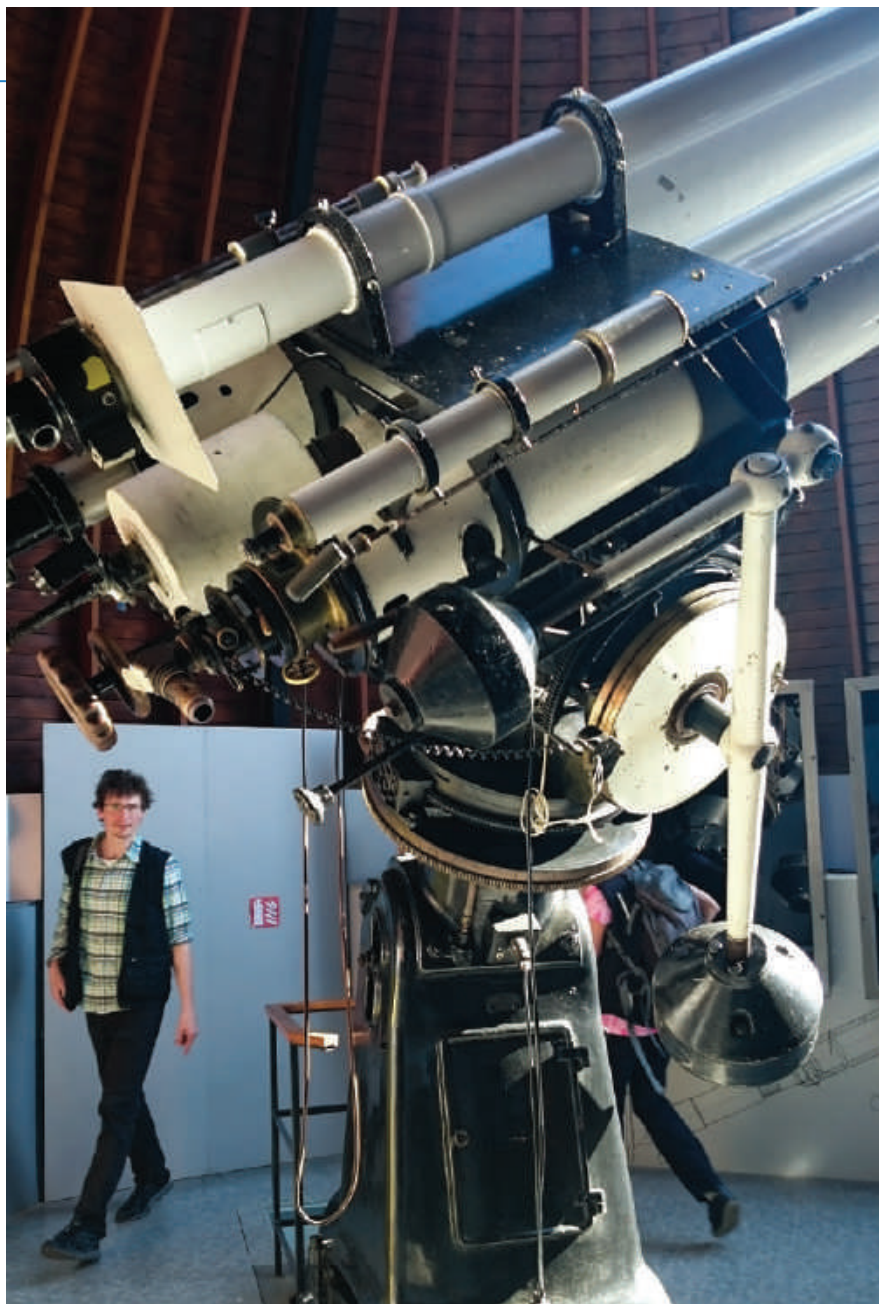
Saiba mais

Telescópios refletores

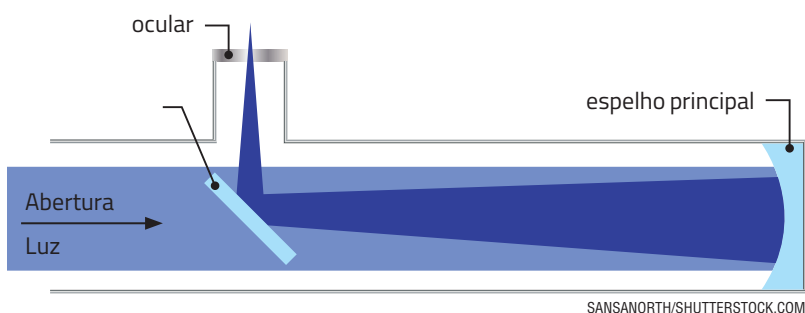
Os espelhos côncavos, em especial os parabólicos, são utilizados nos mais potentes telescópios ópticos astronômicos, pois permitem concentrar numa pequena área toda a energia luminosa que capta em sua superfície. A luz que foi emitida por estrelas distantes é concentrada em pequenas superfícies nas proximidades do foco do espelho, podendo ser registrada em equipamentos eletrônicos que registram as imagens.

Um dos primeiros modelos de telescópio refletor é conhecido como telescópio de Newton, que consiste em um tubo com um espelho côncavo em seu interior e um pequeno espelho plano para direcionar a luz refletida para a ocular em que se situa o olho observador ou o equipamento para captação da imagem produzida.

» Telescópio do observatório de Praga (República Tcheca, 2015).

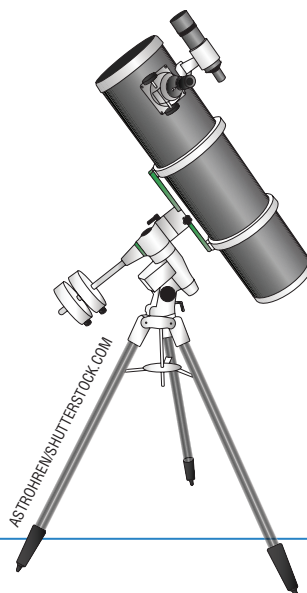


OLEGMORGUN1311/SHUTTERSTOCK.COM



SANSANORTH/SHUTTERSTOCK.COM

» À esquerda, esquema construtivo do telescópio refletor newtoniano. À direita, ilustração do telescópio.



1. Os espelhos planos são muito utilizados por arquitetos e decoradores, principalmente em locais em que querem dar a “sensação” de ampliação dos espaços. Faça uma pesquisa sobre esse tema, apresente exemplos em que os espelhos planos são utilizados com essa finalidade e explique conceitualmente o que motiva a “sensação” de ampliação dos espaços.
2. Além dos exemplos citados no texto, cite mais dois exemplos de utilização de espelhos convexos no dia a dia, explicando sua função.
3. João tem três espelhos, um plano, outro côncavo e o terceiro convexo. Ele quer utilizar um desses espelhos para aquecer um cubinho de ferro. É possível? Em caso afirmativo, de que maneira?
4. O espelho utilizado pelos dentistas é esférico. Qual é o princípio de utilização deste espelho para que o dentista consiga observar a parte posterior do dente?



WAVEBREAKMEDIA/SHUTTERSTOCK.COM

» Espelho utilizado por dentistas.

5. Um objeto de 2 cm de altura é colocado a 10 cm de distância de um espelho côncavo com distância focal 7,5 cm, disposto à sua frente.

Em seu caderno construa, em escala, a representação da situação proposta e determine a distância da imagem ao espelho e as características da imagem, incluindo sua altura.



# Observando o Universo: refração da luz

As lunetas e telescópios permitiram ao ser humano uma melhor compreensão do Universo em que vivem. Registros históricos creditam a construção do primeiro telescópio ao fabricante de lentes holandês Hans Lippershey (1570-1619) que registrou seu produto para uso exclusivo na Holanda. A partir de relatos desse instrumento, o italiano Galileu Galilei (1564-1642) construiu, em 1609, uma luneta que ampliava três vezes (3X) e a apontou para o céu. A partir daí, aperfeiçoou o projeto e construiu um telescópio com capacidade suficiente para ver detalhes do Universo até então desconhecidos, como as quatro luas mais brilhantes de Júpiter (Io, Europa, Calisto e Ganimedes) e as crateras da Lua.

O telescópio construído por Galileu é do tipo refrator, conhecido como luneta, composto por um conjunto de lentes. A refração é uma das propriedades da luz, que iremos estudar a partir de agora.

## Refração

Como visto no tema anterior, quando uma luz branca atravessa um prisma, ela sofre decomposição nas cores do arco-íris. O que explica esse fenômeno é a refração da luz, que ocorre toda vez que a luz muda de velocidade de propagação.

No ar, a velocidade de propagação da luz é praticamente igual à que ela tem ao se propagar no vácuo: 300 mil km/s ( $c = 3 \cdot 10^5$  km/s), ou seja, em um segundo, ela percorre uma distância de 300 mil km, aproximadamente, 7,5 voltas em torno da Terra, pela linha do equador.

Quando ela passa pelo vidro, sua velocidade diminui, pois este material impõe maiores dificuldades para a propagação, por isso dizemos que o vidro é mais refringente do que o ar.

PHOTO BY DEAGOSTINI/GETTY IMAGES



» Telescópio construído por Galileu Galilei em 1609.

**1** Com o avanço da tecnologia, novos telescópios foram desenvolvidos. Faça uma pesquisa sobre o telescópio Hubble. Verifique se é um telescópio de reflexão ou refração. Depois, descubra a razão para ele estar no espaço e qual será seu substituto em breve.

A resposta e o comentário da atividade estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

Quanto mais refringente for o meio material, menor será a velocidade da luz nesse meio. A grandeza que fornece essa característica (refringência) do meio material é o índice de refração absoluto ( $n$ ) desse meio que é dado pela razão entre a velocidade da luz no meio ( $v$ ) e a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ).

$$n = \frac{c}{v}$$

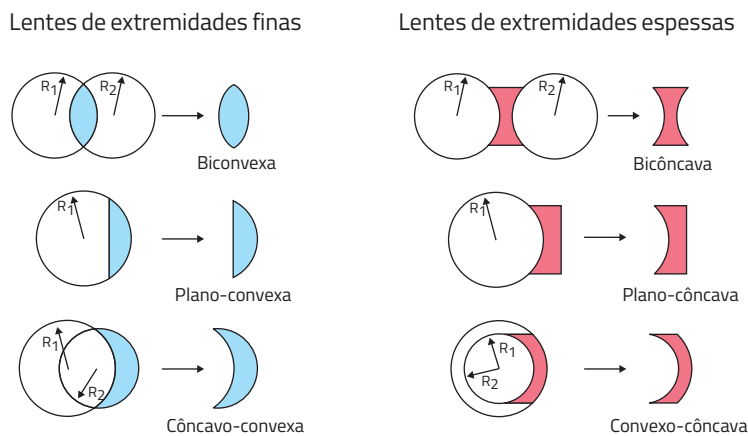
O índice de refração absoluto  $n$  é uma grandeza adimensional (não tem unidade) e representa o número de vezes que a velocidade da luz é menor nesse meio em relação ao vácuo. Assim, dizer que um meio tem índice de refração absoluto  $n = 2$  significa dizer que a velocidade da luz, nesse meio, é 2 vezes menor do que no vácuo, ou seja, 150 mil km/s.

Ao passar do meio A para o meio B, a mudança no valor da velocidade será tanto maior quanto maior for a diferença entre os índices de refração dos meios. Além disso, quando essa incidência ocorre de forma oblíqua, ou seja, não é feita perpendicularmente à superfície, a luz também desvia sua trajetória e o desvio é tanto maior quanto maior a diferença entre os índices de refração dos meios.

## Lentes esféricas

As lentes esféricas são partes essenciais dos instrumentos de observação baseados na refração, tais como lupas, óculos, binóculos e lunetas.

Elas têm sua geometria baseada em construções esféricas, compondo superfícies de raios diferentes ou planas.

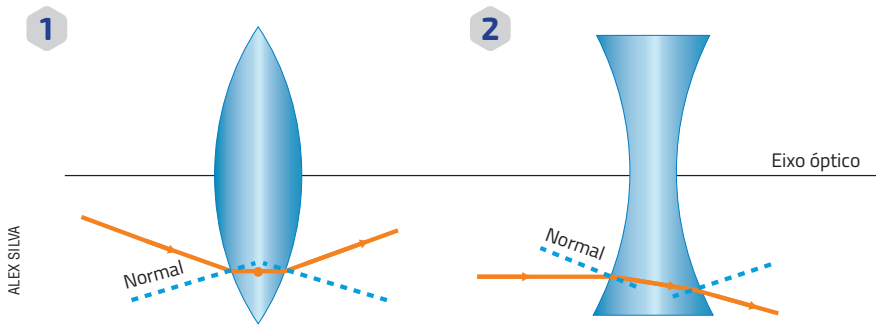


» Diversos formatos de lentes esféricas.

Considerando lentes de vidro imersas no ar, como nossos óculos, as lentes cujas extremidades são mais finas do que sua região central têm um comportamento **convergente**, isto é, são capazes de concentrar a luz em um determinado ponto. As lentes cujas extremidades são mais espessas do que as regiões centrais, por sua vez, apresentam, nessas condições, um comportamento **divergente**.

Um raio de luz que atinge a lente sofre duas refrações, uma em cada face, primeiro quando vai do ar para o vidro e depois quando passa do vidro para o ar ao atravessar a lente.

ALEX SILVA



» Representação esquemática dos raios de luz em uma lente convergente (1). Representação esquemática dos raios de luz em uma lente divergente (2).

PHOTOSTOCK-ISRAEL/SHUTTERSTOCK.COM

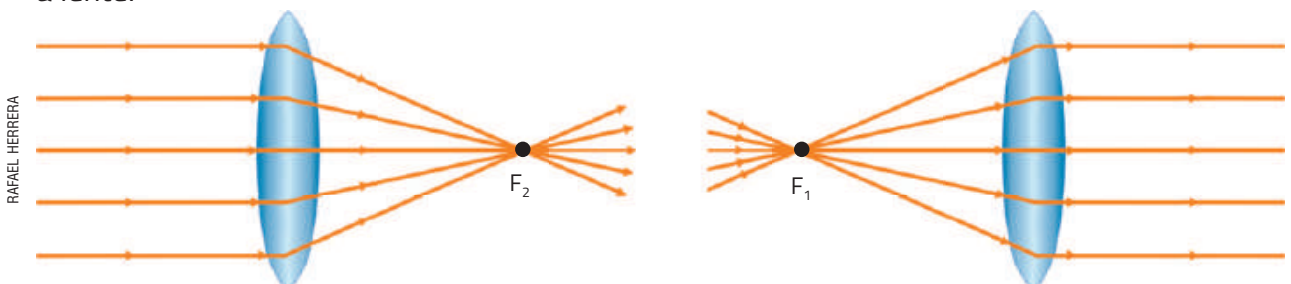
## Lentes convergentes

Vocês já manusearam uma lupa? Já notaram que a luz pode ser concentrada em uma pequena região? Esse ponto em que os raios convergem, e está situado sobre o eixo óptico, é chamado de foco da lente.

Todos os raios luminosos que incidem paralelamente ao eixo óptico da lente convergem para seu foco. Os raios solares, por exemplo, chegam à Terra praticamente paralelos entre si e podem ser concentrados em um ponto como vimos na foto. A distância entre o foco e a lente é chamada de distância focal da lente.

O comportamento da lente não muda se a luz vier pelo outro lado. Isso porque a lente tem dois focos, simetricamente localizados em relação à lente. Isso pode ser verificado mesmo que as faces da lente tenham raios de curvatura diferentes.

Foco imagem é o vértice dos raios de luz que saem da lente e foco objeto é o vértice dos raios de luz que chegam à lente.

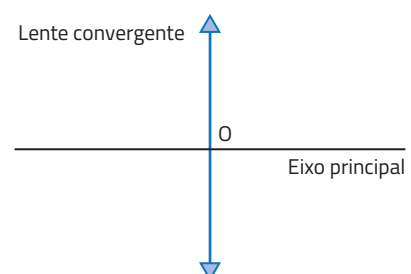


» Focos da lente convergente.

Chamamos de lentes delgadas as lentes cuja espessura central é muito inferior aos raios de curvaturas das superfícies que delimitam a lente.

Para as lentes convergentes utilizamos a representação simplificada:

» Representação da lente convergente.



» Concentração da luz solar utilizando uma lupa.

## Construção de imagens nas lentes convergentes

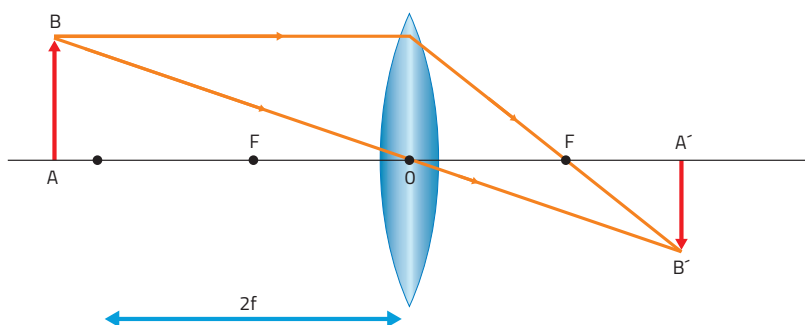
Semelhante ao que ocorre nos espelhos esféricos, há algumas propriedades verificadas experimentalmente e que permitem fazer a determinação geométrica das imagens.

- Raio incidente paralelo ao eixo óptico da lente emerge na direção do foco imagem.
- Raio incidente na direção do foco objeto emerge paralelo ao eixo óptico da lente.
- Raio incidente na direção do centro óptico da lente emerge na mesma direção.

Com essas propriedades, podemos efetuar a determinação geométrica das imagens.

### 1. Objeto afastado da lente ( $d > 2f$ ):

Quando o objeto está a uma distância, em relação à lente, superior ao dobro da distância focal, a imagem é real, invertida e menor do que o objeto.

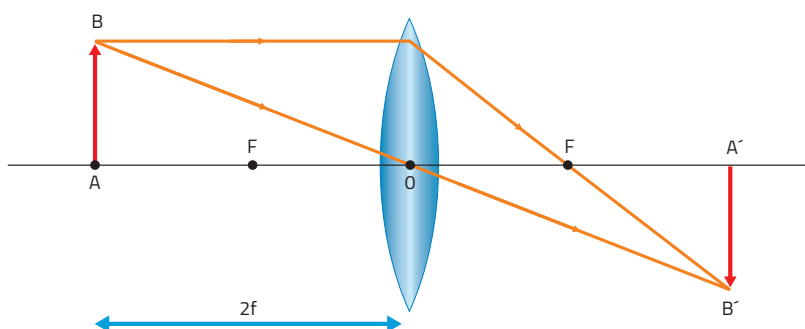


» Imagem real,  
invertida e menor  
do que o objeto.

ALEX SILVA

### 2. Objeto a uma distância igual ao dobro da distância focal ( $d = 2f$ ):

Quando o objeto está a uma distância, em relação à lente, igual ao dobro da distância focal, a imagem é real, invertida e de mesmo tamanho que o objeto.

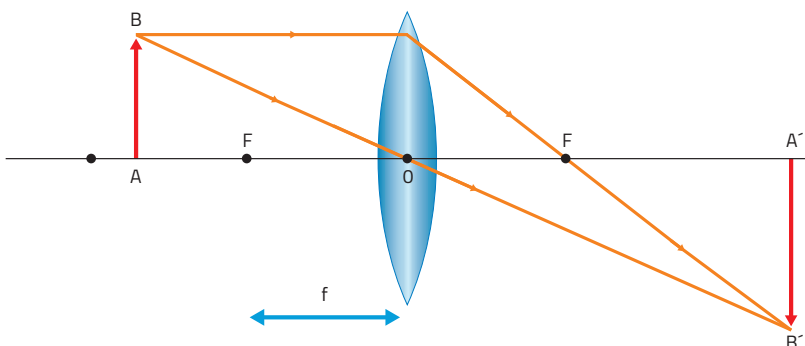


» Imagem real,  
invertida e de  
mesmo tamanho  
que o objeto.

ALEX SILVA

### 3. Objeto a uma distância maior do que a distância focal ( $2f > d > f$ ):

Quando o objeto está a uma distância, em relação à lente, maior do que a distância focal e menor que seu dobro, a imagem é real, invertida e maior do que o objeto. É a situação em que utilizamos um projetor aumentando a imagem que será projetada na parede ou em uma tela.

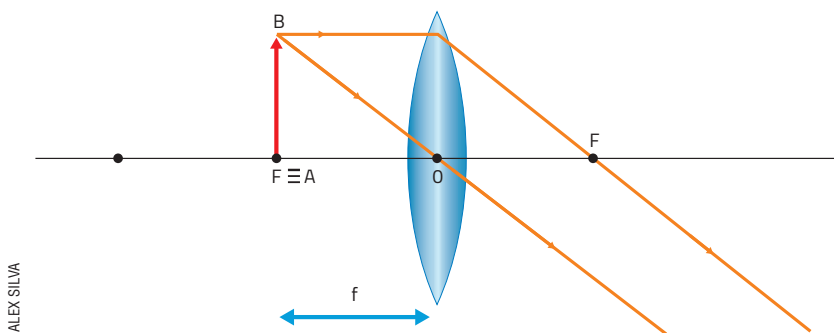


» Imagem real,  
invertida e maior  
do que o objeto.

ALEX SILVA

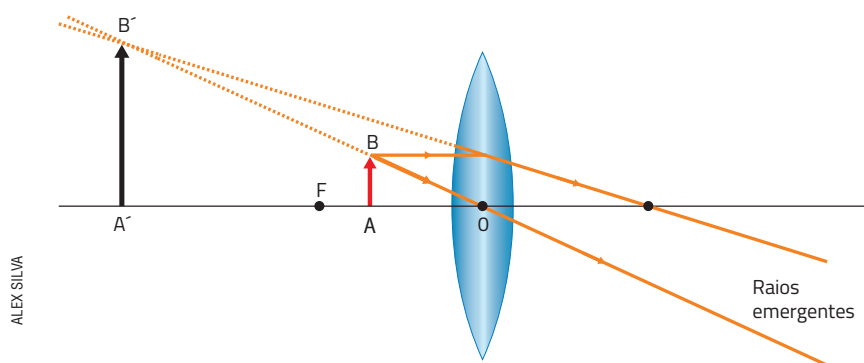
#### 4. Objeto colocado sobre o foco objeto ( $d = f$ ):

Quando o objeto está a uma distância, em relação à lente, igual à distância focal, a imagem é imprópria, pois os raios luminosos emergem paralelos entre si.



» Imagem imprópria.

#### 5. Objeto colocado entre a lente e o seu foco objeto ( $d < f$ ):

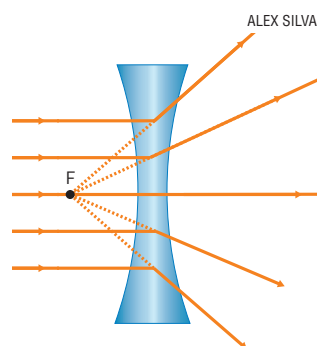


» Imagem virtual, direita e maior do que o objeto.

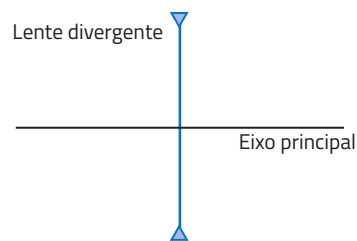
## Lentes divergentes

Neste tipo de lente, os raios luminosos que incidem paralelamente ao eixo óptico, emergem divergindo, daí sua nomenclatura.

Assim como no caso anterior, a lente divergente é chamada de delgada quando a espessura de sua parte central, em que está seu centro óptico, é muito menor do que os raios de curvaturas das superfícies que delimitam a lente. No caso das lentes divergentes utilizamos representação simplificada ao lado.



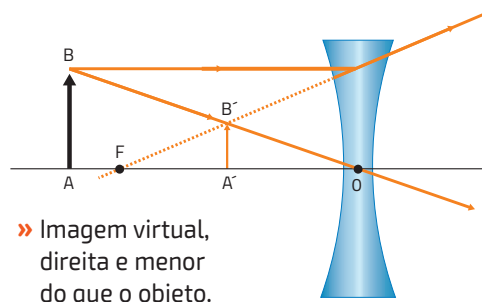
» Os focos da lente divergente são virtuais, sendo encontrados pelos prolongamentos de raios de luz.



» Representação simplificada de uma lente divergente.

## Construção de imagens

No caso das lentes divergentes, verifica-se que elas sempre fornecem uma imagem virtual, direita e menor do que o objeto, independentemente do posicionamento do objeto. Qualquer que seja a distância da lente ao objeto a imagem será determinada pelos prolongamentos dos raios refratados.

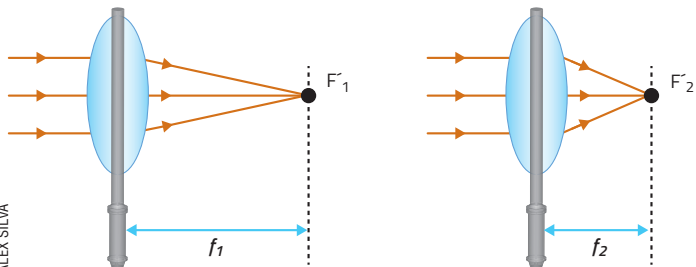


» Imagem virtual, direita e menor do que o objeto.

## Vergência de uma lente

Vergência é a capacidade que as lentes esféricas possuem de convergir ou divergir os raios de luz que as atravessam.

Considere duas lentes que convergem os feixes luminosos para os focos  $F'_1$  e  $F'_2$ .



Observe a trajetória dos raios de luz. Podemos perceber que a capacidade de convergir a luz é maior na lente que tem a menor distância focal ( $f_2$ ).

» Raios de luz atravessando duas lentes convergentes com distâncias focais distintas.

A partir dessa observação, define-se vergência ( $V$ ) como a grandeza que mede a capacidade de convergência ou de divergência de uma lente. Matematicamente é definida por:

$$V = \frac{1}{f}$$

Com  $f$  medido em metros. Assim, a unidade da vergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1}$ , denominada **dioptria** (di), conhecida, popularmente, como "grau da lente".

Por convenção, consideramos o foco real (lente convergente) positivo e o foco virtual (lente divergente) negativo. Exemplos:

Lente divergente de distância focal 25 cm:

$$f = -25 \text{ cm} \quad V = \frac{1}{-0,25} \\ V = -4 \text{ di}$$

Lente convergente de distância focal 25 cm:

$$f = +25 \text{ cm} \quad V = \frac{1}{+0,25} \\ V = +4 \text{ di}$$

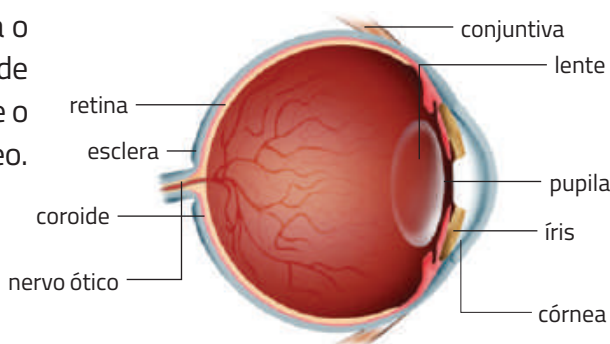
## Olho humano

É o principal instrumento de observação, responsável por direcionar as informações luminosas para a retina que as transforma em impulsos elétricos que são transmitidos para o cérebro.

O olho humano tem forma de globo, por isso é chamado de globo ocular. Ele é recoberto em sua parte frontal por uma membrana transparente denominada córnea. Atrás da córnea fica a íris que contém, em seu centro, a pupila que controla a quantidade de luz que entra no olho, semelhante ao papel que o diafragma desempenha em uma câmera fotográfica. Quando a intensidade de luz é muito intensa, ela diminui seu diâmetro e quando a intensidade luminosa é baixa ela aumenta seu diâmetro para captar mais luz.

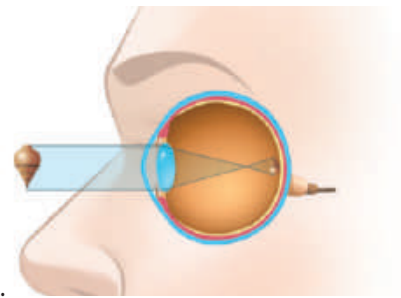
Em contato com a parte posterior da íris fica o cristalino que é uma lente natural e tem a função de direcionar a luz para a retina. Todo o espaço entre o cristalino e a retina é preenchido pelo humor vítreo.

» A luz atravessa a córnea e o humor vítreo; penetra pela pupila e atravessa o cristalino e o humor aquoso para chegar aos sensores nervosos da retina que enviará a mensagem ao cérebro por meio de impulsos nervosos (imagem sem escala; cores-fantasia).



SELMA CAPARROZ

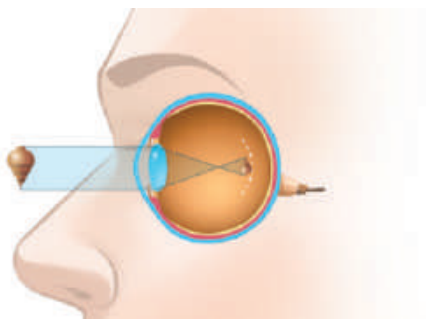
No olho humano, definem-se o ponto próximo e o ponto remoto, que correspondem, respectivamente, ao ponto mais próximo do olho e ao ponto mais distante em que se consegue identificar, claramente, o objeto de forma a focalizar essa imagem na retina.



» Olho humano em funcionamento normal.

MAAL ILUSTRAS

Algumas anomalias no formato do globo ocular, na córnea ou no índice de refração dos diversos componentes do olho humano podem fazer que a imagem não se forme exatamente na retina. Esses casos são chamados de **ametropias**, dentre as quais as mais comuns são miopia, hipermetropia, presbiopia e astigmatismo.

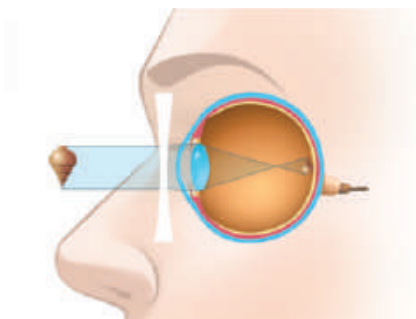


» Imagem formada antes da retina.

MAAL ILUSTRAS

Na **miopia**, a imagem se forma antes da retina, em geral, devido ao alongamento do globo ocular.

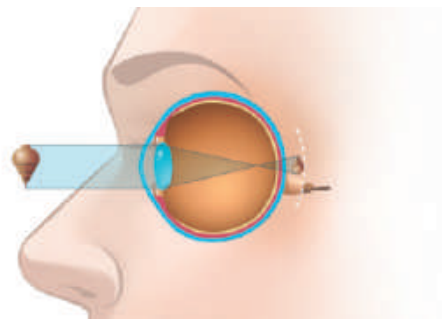
Para correção da miopia utiliza-se uma lente divergente, posicionada diante do olho. Sua compensação é feita de modo que a lente "abra" os raios de luz que incidem no olho fazendo que a imagem se posicione um pouco mais para trás.



» Lente divergente para compensação da miopia.

MAAL ILUSTRAS

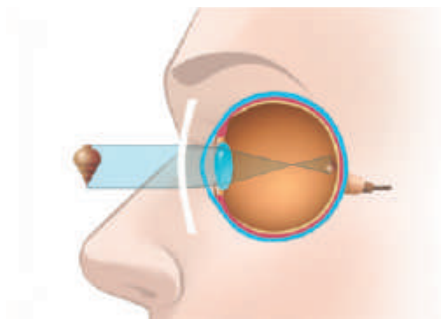
Na **hipermetropia**, a imagem se forma atrás da retina, na maioria das vezes, isso se deve ao encurtamento do globo ocular.



» Olho hipermetrope.

MAAL ILUSTRAS

Sua compensação é feita com a utilização de uma lente convergente, posicionado diante do olho, com a função de concentrar ainda mais os raios de luz, trazendo a imagem um pouco para a frente.

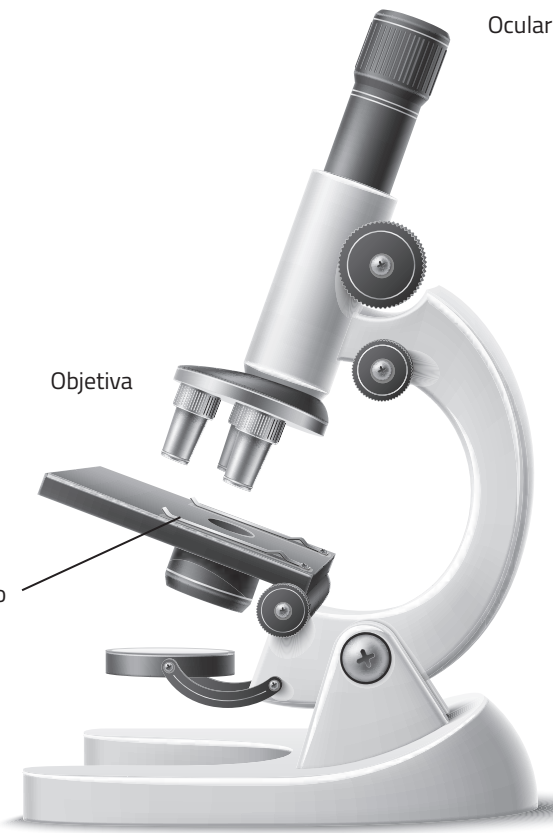


» Compensação da hipermetropia

MAAL ILUSTRAS

A **presbiopia** é popularmente conhecida como "vista cansada" e é caracterizada pela diminuição progressiva da capacidade de focar, nitidamente, objetos a curta distância, como nas situações em que lemos um livro. A forma de compensar essa ametropia é semelhante ao que é feito na hipermetropia.

O **astigmatismo** é a ametropia em que os raios de luz que incidem no olho geram uma imagem em vários pontos (múltiplos pontos focais) causando a sua distorção. Normalmente, é provocada por irregularidades na curvatura da córnea ou do cristalino ou ainda a não homogeneidade do índice de refração dos elementos componentes do olho. Com isso, ocorre a distorção na visão, tanto de longe quanto de perto, podendo vir acompanhada da miopia ou da hipermetropia.



ORANGEVECTOR/SHUTTERSTOCK.COM

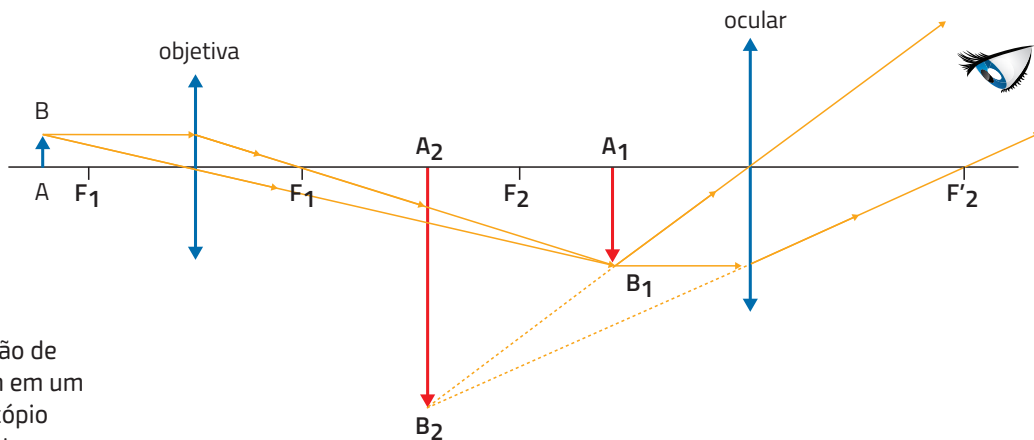
## Microscópio composto

O modelo mais simples de microscópio é constituído de duas lentes convergentes denominadas objetiva e ocular.

Considere um objeto  $AB$  é colocado diante da objetiva, cujos focos são  $F_1$  e  $F'_1$ , forma a primeira imagem  $A_1B_1$ .

O dimensionamento é feito de forma que essa imagem esteja localizada entre a ocular e seu foco  $F_2$ . A imagem  $A_1B_1$  é real e passa a ser o objeto para a ocular. Como está a uma distância menor do que a distância focal da ocular, ela fornecerá uma imagem virtual e ampliada  $A_2B_2$  que é a que será vista pelo observador.

» Microscópio simples.



» Formação de imagem em um microscópio composto.

ALEX SILVA

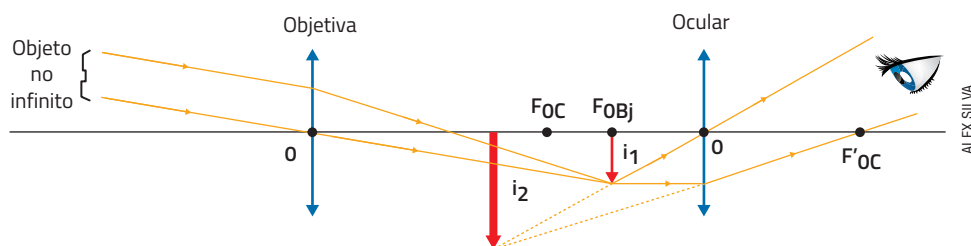


# Telescópio refrator - luneta astronômica

A luneta astronômica consiste em um tubo no qual as lentes objetiva e ocular ocupam suas extremidades. A objetiva é uma lente convergente de grande distância focal com foco indicado por  $F_{obj}$ .

Direcionando a luneta para observar um planeta distante, os raios de luz provenientes desse astro incidirão paralelamente ao eixo óptico das lentes e formarão uma imagem real sobre o foco da objetiva. Essa imagem será o objeto para a lente ocular e a luneta é dimensionada de tal forma que ela estará localizada entre o foco da ocular ( $F_{oc}$ ) e a lente.

Sendo assim, a imagem final formada será virtual e ampliada, conforme esquema a seguir:



» Formação de imagem em uma luneta astronômica.

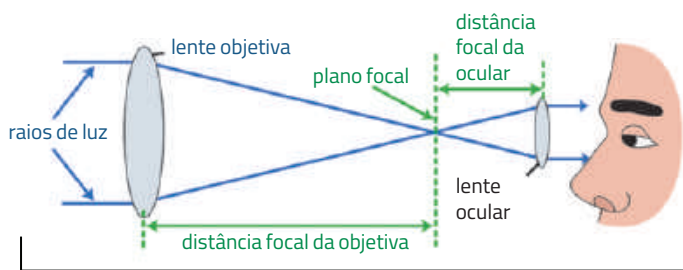
A imagem final vista pelo observador será virtual e invertida em relação ao astro observado. Por isso, essa luneta não é indicada para observações terrestres. A luneta terrestre apresenta uma outra configuração de lentes para garantir uma nova inversão da imagem.

Ao comparar o funcionamento de um telescópio refrator, com um refletor é possível observar que, de maneira geral, o primeiro utiliza lentes, enquanto o segundo utiliza espelhos (embora em alguns casos o telescópio refletor também possa fazer uso de lentes.)

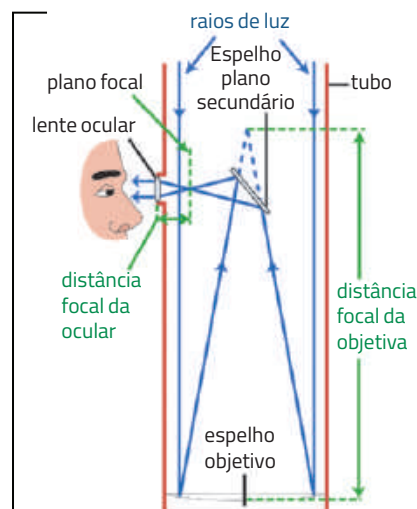
## Espaços de aprendizagem

Acesse o [link](https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_pt_BR.html) a seguir e utilize o simulador para aprofundar seus conhecimentos sobre lentes. PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_pt_BR.html). Acesso em: 28 ago. 2020.

» Comparação entre um telescópio refrator e refletor.



Telescópio refrator



Telescópio refletor

## Espaços de aprendizagem

Façam uma visita a um observatório astronômico, ou convide um profissional que atue na área para vir à escola. Conversem com ele sobre suas dúvidas ou curiosidades, e também procure conhecer sua formação, rotina e o mercado de trabalho desta área.

## Fibra ótica: a luz faz curvas?

### » Materiais

- Garrafa pet plástica e transparente;
- tinta acrílica ou tinta guache preta, ou papel preto;
- lanterna;
- água;
- bacia plástica;
- tesoura;
- massa de modelar.

### » Procedimentos

- Corte com a tesoura a parte superior da garrafa.
- Faça um furo de meio centímetro de diâmetro na parede da garrafa, à uma altura de 5 cm.
- Pinte com tinta, ou encape com o papel a metade da garrafa no qual foi feito o orifício.



! Realize a atividade em um ambiente escuro.

Não escreva no livro

1. Elabore uma hipótese de como este experimento pode ser realizado. Descreva os procedimentos e teste a hipótese.
2. A atividade que você realizou responde à questão inicial?

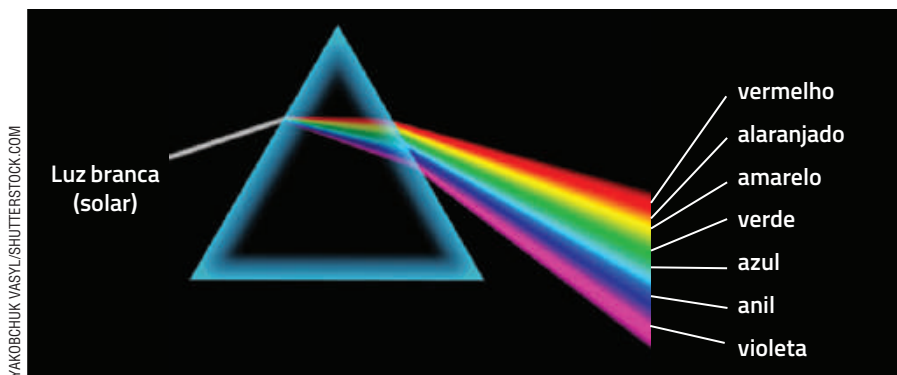
3. Justifique se o título desta atividade é pertinente. Se necessário, faça uma pesquisa sobre o assunto.

## Atividades

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.

Não escreva no livro

1. Observe a dispersão luminosa da luz branca ao atravessar um prisma.



- a) Qual a explicação física para esse comportamento da luz?
- b) O prisma apresenta maior índice de refração para qual cor? Justifique.

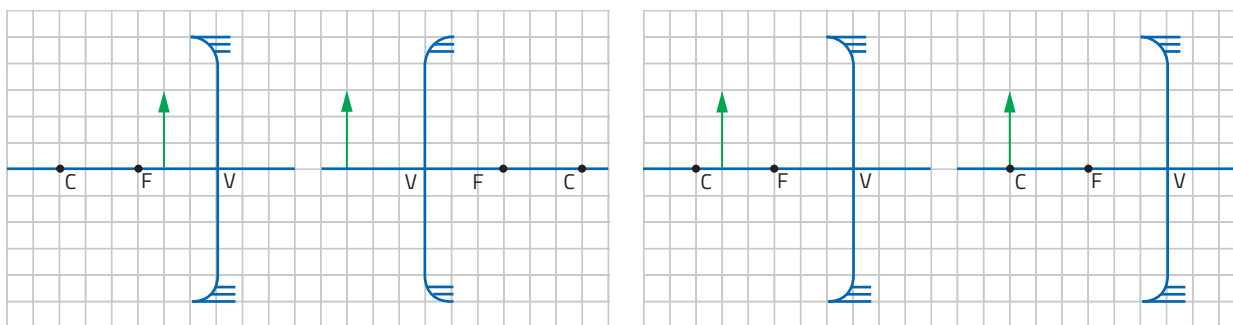
2. Observe a fotografia e identifique as características da imagem formada.



JOSIE ELIAS/SHUTTERSTOCK.COM

- a) Essa esfera transparente está se comportando como uma lente convergente ou divergente? Justifique.
  - b) Essa lente poderia ser utilizada para compensação de qual (ou quais) defeito(s) da visão?
3. Um objeto de 4 cm de altura é colocado a 15 cm de uma lente convergente de distância focal 30 cm. Em seu caderno, construa, em escala, o esquema geométrico para a situação proposta e responda.
- a) Quais as características da imagem formada?
  - b) Qual a distância da imagem formada à lente?
  - c) Qual a altura da imagem formada?
4. Realize uma pesquisa e construa em seu caderno o esquema de uma luneta terrestre. Em seguida, acesse o vídeo disponível no *link* a seguir, e construa você mesmo uma luneta caseira. FAÇA você mesmo a luneta de Galileu por apenas R\$ 50. 2015. Vídeo (1min7s). Publicado pelo canal Revista Galileu. [https://www.youtube.com/watch?v=\\_og5RtQWe9Y](https://www.youtube.com/watch?v=_og5RtQWe9Y). Acesso em: 28 ago. 2020.
5. Nos esquemas abaixo, estão representados 4 espelhos esféricos.

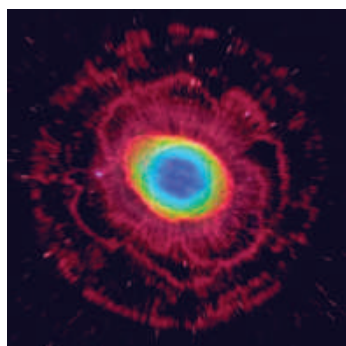
EDITORIA DE ARTE



- a) Analise os esquemas e determine os tipos de espelhos (se côncavo ou convexo) representados.
- b) Construa as imagens formadas em cada espelho, mostrando os raios de luz utilizados. Classifique as imagens em reais ou virtuais, maiores ou menores que o objeto e se são invertidas ou direitas. Use uma régua para maior precisão.
- c) Utilizando-se das suas construções e adotando que cada quadradinho tenha 2cm de lado, estime o tamanho de cada uma das imagens, assim como suas distâncias ao vértice do espelho.

1. Considere que astrônomos tenham descoberto dois novos sistemas planetários, cada um composto de uma estrela e um planeta. O Sistema planetário X possui uma estrela com massa 20 vezes maior que a do Sol, e possui cor avermelhada. Já a estrela do Sistema Y tem cinco vezes a massa do Sol e cor alaranjada.

a) Os astrônomos projetaram que ao final da vida de uma destas estrelas, uma estrutura semelhante a da imagem poderá ser formada. A qual destas estrelas os astrônomos estavam se referindo? Justifique sua resposta baseando-se no ciclo de vida das estrelas.

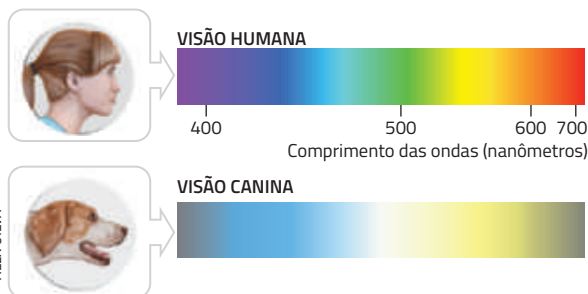


» Nebulosa do Anel.

b) Considere que os dois planetas tenham condições semelhantes: estão a distâncias de suas estrelas onde sua temperatura permita a existência de água líquida. Qual deles teria maior probabilidade de existência de vida? Por quê?

c) Quais elementos químicos presentes no Universo podem não ter sido exclusivamente formados no interior de estrelas? Por quê?

2. Observe os espectros de luz abaixo. Eles apresentam uma comparação entre as cores vistas pelos seres humanos e pelos cães.



a) Observe as bolinhas abaixo. Quais delas se destacariam mais para um cachorro? Justifique a sua resposta.








b) Cachorros, assim como seres humanos, podem ter miopia, hipermetropia e astigmatismo. Em seres humanos, qual seria o tipo de lente a ser utilizada em cada um desses casos?

3. A velocidade de luz no vácuo é constante e tem valor de aproximadamente 300 000 km/s. Ela demora cerca de 8 minutos para percorrer a distância do Sol até a Terra e cerca de 1,28 segundos da Terra até a Lua. Com esses dados, estime o quanto mais distante está a Terra do Sol do que da Lua.

4. Um professor de Física desenhou no quadro uma figura mostrando um raio de luz que sofria duas reflexões sucessivas ao incidir sobre dois espelhos planos unidos pelas laterais sob um ângulo de 120°. O ângulo de incidência da luz era de 30° com a superfície de um dos espelhos. Qual seria o ângulo  $\alpha$  sob o qual o raio emergiria do sistema após as reflexões mostradas na figura? Faça um esquema do caminho da luz e aplicando seus conhecimentos sobre reflexão, determine o valor do ângulo pedido.

5. Analise o texto a seguir e substitua, em seu caderno, os ícones com as informações que faltam. Para tanto, considere as propriedades da luz e dos materiais por ela atravessados.

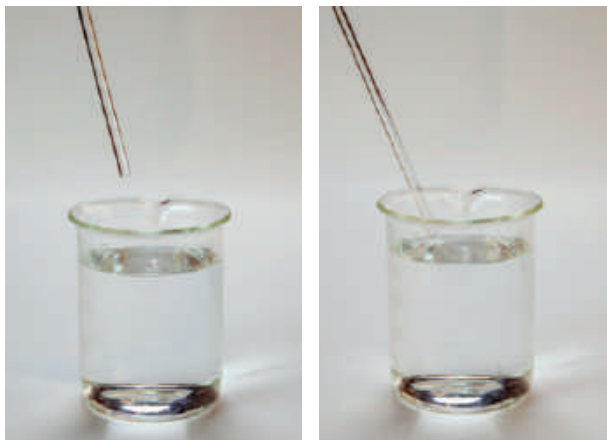
O Sol é uma fonte de luz  sendo que, se considerarmos as escalas do nosso dia a dia, os raios de luz que ele emite formam um feixe . Esses raios, ao atravessarem uma janela, perdem significativamente a sua intensidade e organização, pois o vidro da janela é um meio . Ao incidirem sob o tampo de uma mesa, este sofre um ligeiro aquecimento, pois parte da luz sofre  já que o tampo da mesa é um meio material .

6. Uma das aplicações mais comuns dos espelhos esféricos é nos espelhos de segurança em supermercados, como mostra a imagem a seguir. Eles são importantes no monitoramento dos corredores porque permitem a ampliação do campo visual. Analisando a fotografia, determine qual o tipo de espelho foi utilizado e determine as características da imagem formada.



7. Observe as imagens a seguir.

DOTTA



» Bastão de vidro a ser imerso no líquido de um recipiente transparente.

» Bastão de vidro imerso, até o fundo, no líquido de um recipiente transparente.

Reúna-se em um grupo de três pessoas e discuta as possíveis explicações para o fenômeno ocorrido. Se possível, faça uma pesquisa na internet para buscar dados que validem suas hipóteses. Divulgue suas conclusões para seus colegas de classe.

8. (UFPR) Com base no estudo das lentes e dos instrumentos ópticos, é correto afirmar:

- a) as máquinas fotográficas, assim como o olho humano, recebem a imagem através de um orifício que regula a intensidade das cores separadamente. Nas máquinas fotográficas, esse orifício recebe o nome de diafragma.
- b) o escritor inglês H.G. Wells escreveu o livro de ficção O Homem Invisível, cujo personagem não podia ser visto pelas pessoas. Uma forma possível de observá-lo poderia ser através de uma câmera ou telescópio sensíveis ao mesmo espectro eletromagnético visível pelo olho humano.
- c) num telescópio, podemos observar um objeto muito distante, pois a imagem formada pela lente objetiva, de grande distância focal, fica posicionada sobre o seu foco imagem, comportando-se como objeto para a lente ocular, de menor distância focal.
- d) num microscópio composto, uma lente convergente de distância focal da ordem de milímetros, denominada objetiva porque está próxima ao objeto, é associada a uma segunda lente, divergente, denominada ocular porque está próxima ao olho. A ocular funciona como lupa.

e) num microscópio simples, também chamado de lupa, a imagem de um objeto colocado à sua frente, entre o foco e o centro óptico, é real e maior que o objeto. *Alternativa c.*

9. Galileu Galilei (1564-1642), físico, matemático, astrônomo e filósofo italiano, descobriu montanhas na Lua, e as quatro maiores luas de Júpiter. Para isso, utilizou um telescópio refrator por ele construído, que ampliava as imagens cerca de 30 vezes. Alguns séculos depois, o físico, matemático e astrônomo inglês Isaac Newton (1642-1727), construiu um telescópio refletor. Responda os itens a seguir e se necessário faça uma pesquisa.

- a) Quais as quatro maiores luas de Júpiter?
- b) Qual o princípio de funcionamento do telescópio utilizado por Galileu? E de Isaac Newton?
- c) Faça um esquema generalizado diferenciando um telescópio refrator de um telescópio refletor, evidenciando o caminho da luz através desses instrumentos.
- d) Os telescópios permitem ver diversos componentes do Universo, como as estrelas. Cite o ciclo de vida da estrela mais próxima da Terra e quais elementos químicos podem ser formados por ela.

10. (UEM-PR) No olho humano, as imagens formam-se na retina e depois são analisadas no cérebro. No entanto, defeitos da visão fazem com que a formação das imagens se dê antes da retina, depois dela, ou ainda que apresente distorções de simetria. Esses defeitos são identificados, respectivamente, como miopia, hipermetropia e astigmatismo e podem ser corrigidos, eventualmente, com cirurgias ou com o uso de lentes. As lentes recomendadas para a correção dos citados defeitos são, respectivamente,

- a) divergentes, convergentes e cilíndricas.
- b) convergentes, cilíndricas e divergentes.
- c) cilíndricas, divergentes e convergentes.
- d) convergentes, divergentes e cilíndricas.
- e) cilíndricas, convergentes e divergentes.

*Alternativa a.*

11. (Unifor-CE) O índice de refração absoluto de um material transparente é 1,3. Sendo a velocidade da luz no vácuo  $3,0 \cdot 10^8$  m/s, nesse material ela é, em metros/segundo, igual a:

- a)  $1,7 \cdot 10^8$  *Alternativa b.*
- b)  $2,3 \cdot 10^8$
- c)  $3,0 \cdot 10^8$
- d)  $3,9 \cdot 10^8$
- e)  $4,3 \cdot 10^8$

## Unidades de medida utilizadas na Astronomia

Qual o tamanho do Universo? Essa é uma pergunta que não é fácil de ser respondida. O que se sabe é que não é prático, nem usual medir as distâncias do Universo com o sistema métrico convencional. Para isso, os astrônomos fazem uso de outras unidades de medida, como a unidade astronômica (UA), o ano-luz (al) ou o parsec (pc).

A unidade astronômica (UA) corresponde à distância média da Terra ao Sol. Ela equivale a 149 597 870 700 m – cerca de 150 milhões de km ( $1,50 \cdot 10^{11}$  m). É uma unidade muito adequada para os estudos que utilizam medidas de distâncias dentro do Sistema Solar. Já o ano-luz, é uma unidade utilizada para medir distâncias de astros que estão situados fora do Sistema Solar, em razão dessas distâncias serem muito grandes e é definida como a distância percorrida pela luz em um ano, no vácuo, equivalendo a 9,46 quadrilhões de metros ( $9,46 \cdot 10^{15}$  m) ou 9,46 trilhões de quilômetros ( $9,46 \cdot 10^{12}$  km).

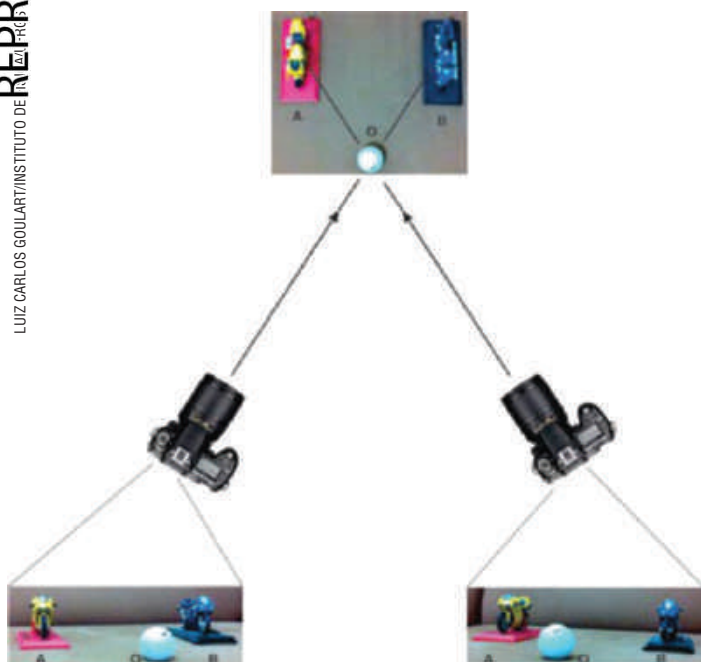
No entanto, saindo do Sistema Solar e da galáxia, o ano-luz torna-se uma unidade pequena, em comparação com as distâncias entre galáxias distantes. Para isso, a unidade utilizada é o parsec (pc).

Um parsec é a distância que um observador tem de estar para ver o raio da órbita da Terra com um tamanho de um segundo de arco e isso é determinado pelo chamado método da triangulação.

A triangulação só é possível se existe um objeto distante que possa ser utilizado como referência para medir a variação na direção do objeto próximo quando o observador muda de posição. Essa mudança na direção do objeto, devido à mudança de posição do observador, é chamada paralaxe. Vejamos o exemplo.

Observe, na imagem ao lado, a mudança aparente de posição da bolinha quando mudamos a câmera de lugar.

- » Ao fotografar a bolinha com as duas máquinas fotográficas, ela parece mudar de posição, aparentando estar mais próxima do objeto A ou do objeto B, dependendo da máquina que a fotografou.



A paralaxe estelar é utilizada para medir a distância das estrelas utilizando o movimento da Terra em sua órbita. Vamos considerar a paralaxe heliocêntrica para definir o parsec.

A paralaxe anual é definida com a diferença de posição de uma estrela vista da Terra e do Sol. Como não podemos ver a estrela do Sol, a observação é feita entre dois pontos opostos da órbita da Terra e o resultado dividido por 2.

Um parsec (1 pc) corresponde à distância de um objeto até a Terra tal que, determinado observador localizado nesse objeto, veria o raio da órbita da Terra (1 UA), com um tamanho angular de 1" (1 segundo de arco). A composição do nome parsec é a junção de PAR (de paralaxe) com SEC (segundos, em inglês).

As relações entre as medidas são:

$$1 \text{ pc} = 3,09 \cdot 10^{16} \text{ metros} \\ (30,857 \text{ petametros})$$

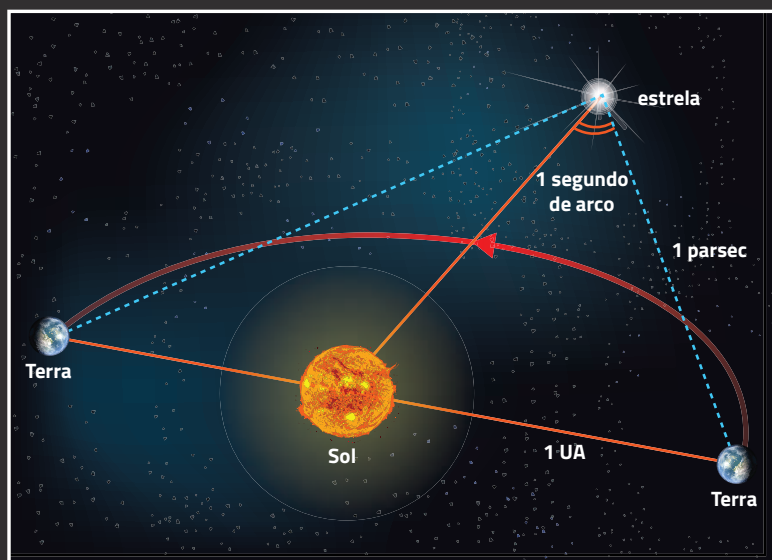
$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ anos-luz}$$

$$1 \text{ pc} = 2,06 \cdot 10^5 \text{ UA}$$

### Espaços de aprendizagem

Acesse o *link* a seguir e compare o tamanho de algumas estruturas presentes no Universo. Utilize a seta para a direita do teclado para avançar.

**The size of space**, 2020. Disponível em: <https://neal.fun/size-of-space/>. Acesso em: 16 ago. 2020.



» Representação da paralaxe anual para o cálculo de 1 parsec (imagem sem escala; cores-fantasia).

## Atividades

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. A estrela Alfa Centauri está localizada a 4,37 anos-luz da Terra. Expresse essa distância em quilômetros (km), em parsec (pc) e em unidades astronômicas (UA).
2. A velocidade da luz é de aproximadamente 300 000 km/s, enquanto 1 parsec é uma unidade de distância de  $3,09 \cdot 10^{13}$  km. Qual o tempo necessário, em segundos e em dias, para a luz percorrer no vácuo a distância equivalente a 1 parsec?
3. Lançada em agosto de 1972, a sonda Voyager 1 saiu do Sistema Solar em agosto de 2012 é o objeto mais distante da Terra construído pelo

ser humano. Considere que a sonda percorra uma distância igual a que nos separa da estrela mais próxima do Sol, a anã vermelha *Proxima Centauri*, que fica a 4,3 anos-luz. A velocidade da Voyager 1 é estimada em 17 km/s, sendo considerada a nave que alcançou a maior velocidade.

- a) Considerando que essa velocidade seja constante, em quanto tempo (em anos) a Voyager 1 percorreria este trecho?
- b) Forme um grupo com mais dois colegas. Discutam se é possível, com a tecnologia atual, que astronautas cheguem a outros sistemas planetários.

## Dinâmica e tecnologia

Atualmente existem cerca de 2 200 satélites artificiais em funcionamento orbitando a Terra. O primeiro satélite feito pelo ser humano foi o SPUTNIK 1, lançado em 1957 pela então antiga União Soviética. Era composto de uma esfera metálica de aproximadamente 58 cm de diâmetro, pesando 83 kg e orbitou a Terra durante 6 meses antes de cair.

Os satélites são máquinas tecnológicas importantes que permitem o atual estilo de vida da sociedade. Mas como é possível que uma máquina, que por vezes pode pesar até toneladas, permanecer orbitando ao redor da Terra durante anos, ou décadas, sem cair e se incendiar na atmosfera terrestre? Esta é uma das questões que iremos abordar durante esta Unidade.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Para você, quais tipos de benefícios temos acesso atualmente relacionados à utilização dos satélites? Utilize a imagem para complementar sua resposta.
2. O Brasil possui algum satélite?
3. Elabore uma explicação sobre como os satélites podem permanecer orbitando sem que caiam imediatamente na Terra. Utilize os termos velocidade e gravidade em sua explicação.

» Imagens obtidas pelo satélite MODIS mostrando focos de incêndio na América do Sul entre os dias 15 e 22 de agosto de 2019.

### COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC:

O texto integral das competências e das habilidades encontra-se no final do livro.

#### Competências gerais

2, 4, 5 e 7

#### Competências da Natureza e suas Tecnologias

Competências específicas: 2 e 3

#### Habilidades:

EM13CNT201, EM13CNT204, EM13CNT205 e EM13CNT301



MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA



# Órbitas dos planetas e leis de Kepler

**1** Qual a sua idade em anos terrestres? E se tomarmos como referência o planeta mercúrio, sua idade em anos mercurianos seria maior, menor ou igual a sua idade em anos terrestres? E em anos jupiterianos? Justifique. Se necessário, realize uma pesquisa.

Não escreva no livro

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.

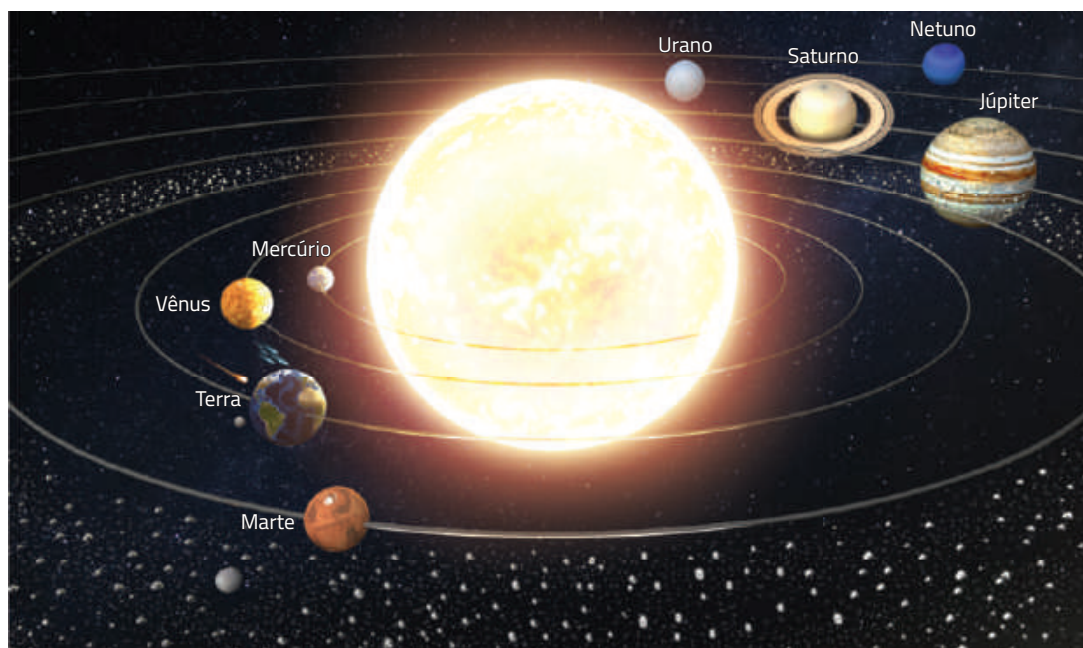
REPRODUÇÃO PROIBIDA

Todos os planetas do Sistema Solar orbitam o Sol aproximadamente em um mesmo plano. (Imagem fora de escala; cores-fantasia.)

O chamado Ano Solar, ou Ano Tropical, equivale ao intervalo de tempo necessário para que o astro complete uma volta em torno do Sol, sendo no caso da Terra, equivalente a aproximadamente 365 dias terrestres.

Quantos anos você tem? Depende! Ao dizer que uma pessoa tem quinze anos, na Terra, estamos utilizando como parâmetro o ano terrestre, que corresponde ao tempo que a Terra leva para dar uma volta em torno do Sol. Isso significa dizer que, desde seu nascimento, a Terra completou quinze vezes esse percurso. No entanto, ao considerarmos outros planetas, essa pessoa teria idade diferente.

Observe as imagens a seguir. Elas apresentam as órbitas dos planetas do Sistema Solar.



RODRIGO FIGUEIREDO/YANCOM

Com o aperfeiçoamento dos instrumentos de observação como lunetas, telescópios, sondas e telescópios espaciais, o ser humano obteve grande quantidade de informações acerca do Universo e do Sistema Solar.

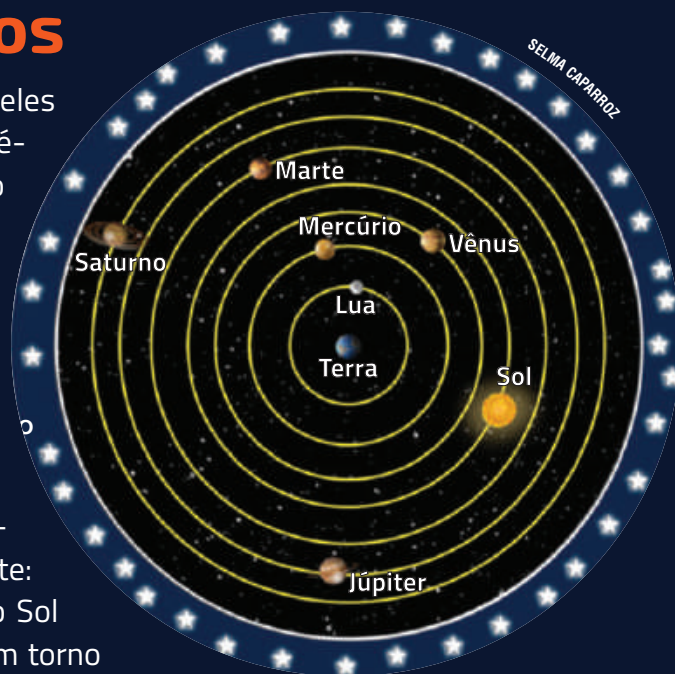
Estes conhecimentos foram construídos ao longo da história do ser humano, com o desenvolvimento de diversas concepções que levavam em consideração a tecnologia da época, a cultura dos povos e as comparações com outros modelos como veremos a partir de agora.

# O Universo dos gregos

O modelo cosmológico elaborado por Aristóteles (384-322 a.C.) consistia em Universo finito e esférico no qual a Terra estava fixa em seu centro com todos os astros movendo-se ao seu redor em órbitas circulares perfeitas. Esses corpos celestes eram sustentados no espaço por meio de esferas cristalinas que giravam em torno da Terra carregando-os. Esse modelo, no qual a Terra ocupa lugar central, é chamado de **geocêntrico** (terra no centro).

Esse sistema fornecia respostas para fenômenos observados no cotidiano como o dia e a noite: a duração do dia era definida pelo tempo que o Sol demorava para completar uma volta completa em torno da Terra.

Observe a fotografia a seguir.



» O posicionamento dos astros foi estabelecido considerando o tempo que o astro levava para dar uma volta em torno da Terra. Quanto maior o tempo, mais distante ele deveria estar do centro. (imagem fora de escala; cores-fantasia)

» Fotografia noturna do movimento de rotação da Terra em relação às estrelas.

**2** Considere o modelo geocêntrico. *As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.* Como você explicaria o observado nessa imagem baseado nas concepções geocêntricas?

Não escreva no livro

LHPHOTO/SHUTTERSTOCK.COM

# Modelo de Ptolomeu

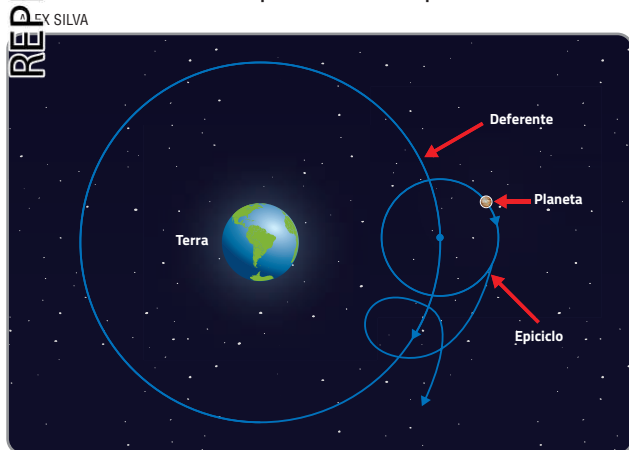
A observação sistemática do movimento dos corpos celestes fez que alguns movimentos não pudessem ser descritos pelo modelo de Aristóteles. Um exemplo é a trajetória de Marte, que parece descrever um “laço”, em seu movimento em torno da Terra.



SEBASTIAN VOLTMER/LEEMAGE VIA AFP

» Movimento retrógrado de Marte, imagens espaçadas de 5 a 7 dias, desde o final de outubro de 2011 (na parte superior direita) até o começo de julho de 2012 (na parte inferior esquerda).

A explicação para esse fenômeno foi dada pelo astrônomo grego Ptolomeu (90–168 d.C.), em seu tratado de astronomia *Almagest*. O modelo ptolomaico, assim como o de Aristóteles, é geocêntrico, no entanto para explicar o movimento retrógrado dos planetas Ptolomeu utilizou uma combinação de círculos, denominados epiciclos, em que o centro se move ao longo de um círculo maior chamado deferente.



» Modelo geocêntrico de Ptolomeu com destaque para os epiciclos. (imagem fora de escala; cores-fantasia)



ESTÚDIO AMPLA ARENA

» Cláudio Ptolomeu.

O modelo ptolomaico tem geometria mais sofisticada, porém permite previsões sobre as posições dos astros em um tempo futuro de maneira razoavelmente precisa, de modo que foi o principal modelo cosmológico até o Renascimento (século XIV ao XVII).

Nesse período, com as Grandes Navegações, tornou-se imperativo o desenvolvimento de mapas cartográficos e astronômicos, cada vez mais precisos, que pudessem orientar adequadamente os navegantes. Isso fez que se evidenciassem as discrepâncias do que se observava com o que era previsto pelo sistema de Ptolomeu. Para corrigir tais divergências novos epiciclos foram acrescentados ao modelo fazendo com que ele ficasse ainda mais complexo.

## Modelo de Nicolau Copérnico

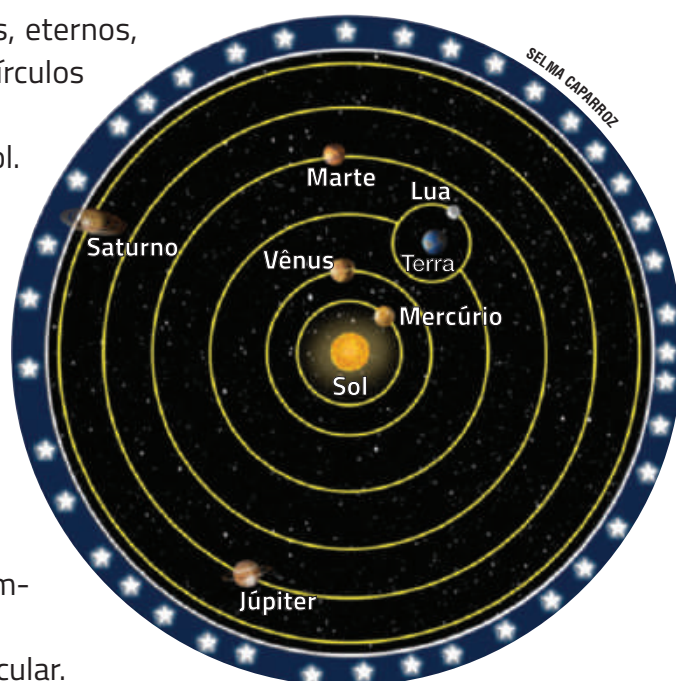
O monge polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) retomou as concepções dos antigos gregos, entre eles do astrônomo Aristarco de Samos (310 a.C. -230 a.C.), que considerava que os planetas, inclusive a Terra, descreviam movimentos circulares em torno do Sol, ou seja, um modelo heliocêntrico.

Considerando que a Terra realizava um movimento de rotação em torno de seu próprio eixo, Copérnico explicou a origem das variações de duração do dia e as estações do ano. Apesar de colocar o Sol no centro da esfera celestial ele afirmou que o Sol não estava exatamente no centro do sistema, mas localizado perto dele.

Copérnico descreveu seu modelo na obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium* ("Da revolução de esferas celestes"), publicado no ano de sua morte, 1543.

As principais características do modelo copernicano são:

- Os movimentos dos astros são uniformes, eternos, circulares ou uma composição de vários círculos (epiciclos).
- O centro do sistema localiza-se perto do Sol.
- Os planetas se posicionam perto do Sol obedecendo a seguinte ordem: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, e as estrelas fixas.
- A Terra tem três movimentos: rotação diária, volta anual e inclinação anual de seu eixo.
- O movimento retrógrado dos planetas é explicado pelo movimento da Terra.
- A distância da Terra ao Sol é pequena se comparada à distância às estrelas.
- A Lua gira em torno da Terra em órbita circular.



» Modelo heliocêntrico de Copérnico.  
(imagem fora de escala; cores-fantasia)

Apesar de não haver nenhuma prova observacional um dos argumentos utilizados para a defesa do modelo heliocêntrico era a sua simplicidade em comparação ao complexo modelo ptolomaico.

Na época em que foi proposta a teoria heliocêntrica de Copérnico foi muito criticada em diversos aspectos. Primeiramente, porque ela tirava a Terra da posição central do Universo, colocando-a a girar em torno do Sol como um planeta qualquer, o que se opunha ao pensamento de que o ser humano era o centro do Universo.

Além disso, suas ideias também não foram aceitas por seus contemporâneos, uma vez que não existiam explicações para o fato da Terra e demais planetas girarem em torno do Sol. Também não era possível explicar a queda de corpos, dado que a Terra não era mais o centro do Universo.

Mesmo diante de alguns questionamentos as ideias de Copérnico influenciaram profundamente cientistas que vieram depois dele, tais como Galileu e Kepler que, baseados no modelo copernicano, avançaram significativamente nos estudos dos modelos planetários.

O físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) observou, com o auxílio de uma luneta, as fases de Vênus que constituíram a primeira evidência observacional da teoria de Copérnico. Depois, ao observar as luas de Júpiter, provou que o Sistema Solar continha corpos que não orbitavam a Terra.



HISTORICA GRAPHICA COLLECTION/HERITAGE IMAGES/GETTY IMAGES

## As Leis de Kepler

O astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571 -1630) percebeu que existiam incompatibilidades entre as observações astronômicas e os resultados previstos pelo modelo copernicano. Na busca por dados mais precisos, entrou em contato com o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), conhecido por possuir instrumentos de observação astronômica mais precisos numa época em que todas observações eram realizadas a olho nu.

» BLAEU, J. Brahe (1546-1601), aos 40 anos, entre seus instrumentos astronômicos. (c1630). Gravura.

Após a morte de Tycho Brahe, Kepler passou quase uma década estudando a trajetória irregular de Marte que não se encaixava nos dados de Brahe.

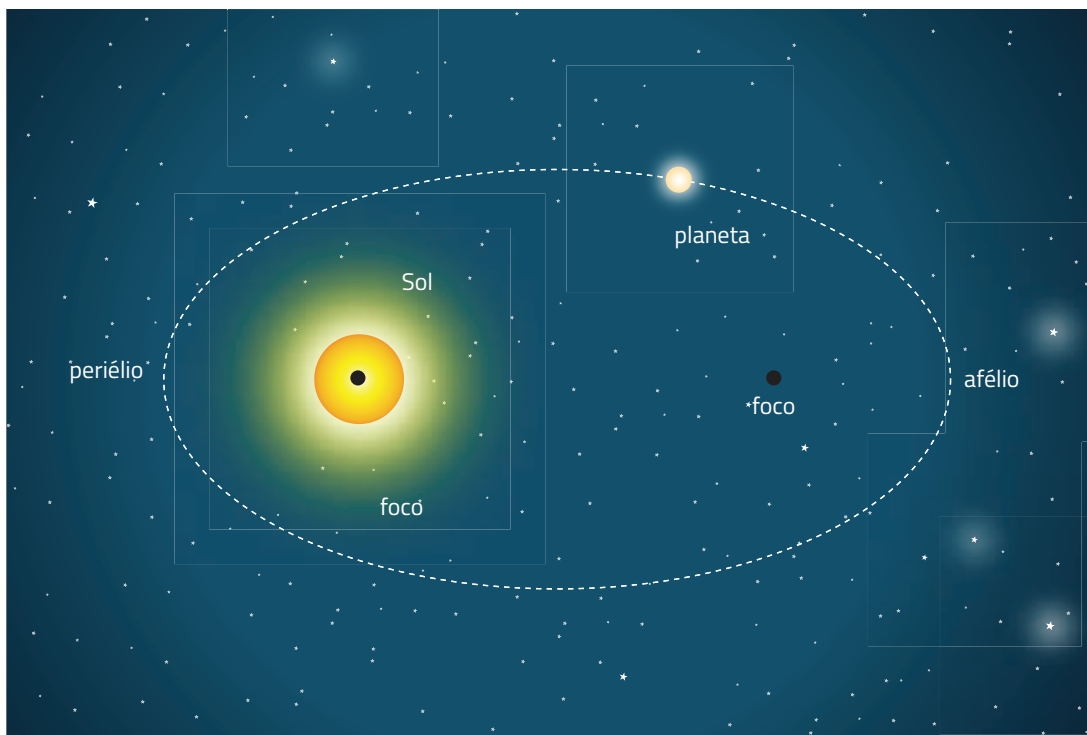
Ao tentar ajustar a trajetória de Marte em um círculo perfeito, Kepler identificou que a diferença entre as posições reais do planeta, medidos com os instrumentos de Brahe, e os valores previstos no modelo copernicano eram superiores à imprecisão das medidas. Foi então que passou a questionar se a trajetória seria mesmo circular.

Ao tentar ajustar a trajetória para outros formatos de trajetória, verificou que os dados se encaixavam em uma trajetória em formato de elipse, com precisão semelhante àquela dos dados de Brahe. Em 1609, Kepler publicou o livro *Astronomia Nova* em que enunciou o que passou a ser conhecido como **Leis de Kepler**.

## Primeira lei de Kepler ou lei das órbitas

Cada planeta descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, que ocupa um dos focos dessa elipse.

A imagem é apenas ilustrativa e não está em escala. As trajetórias dos planetas do Sistema Solar são próximas à de uma circunferência.



» Trajetória elíptica de um planeta em torno do Sol. (imagem fora de escala; cores-fantasia)

Quanto maior a excentricidade da elipse, mais alongada ela é, fazendo que o foco ocupado pelo Sol fique mais distante do centro da elipse.

Chama-se periélio o ponto em que o planeta está mais próximo do Sol, enquanto afélio é o ponto em que o planeta está mais afastado. Quando se analisa o movimento de satélites em torno da Terra esses pontos são denominados perigeu e apogeu.



» Johannes Kepler.

### Espaços de aprendizagem

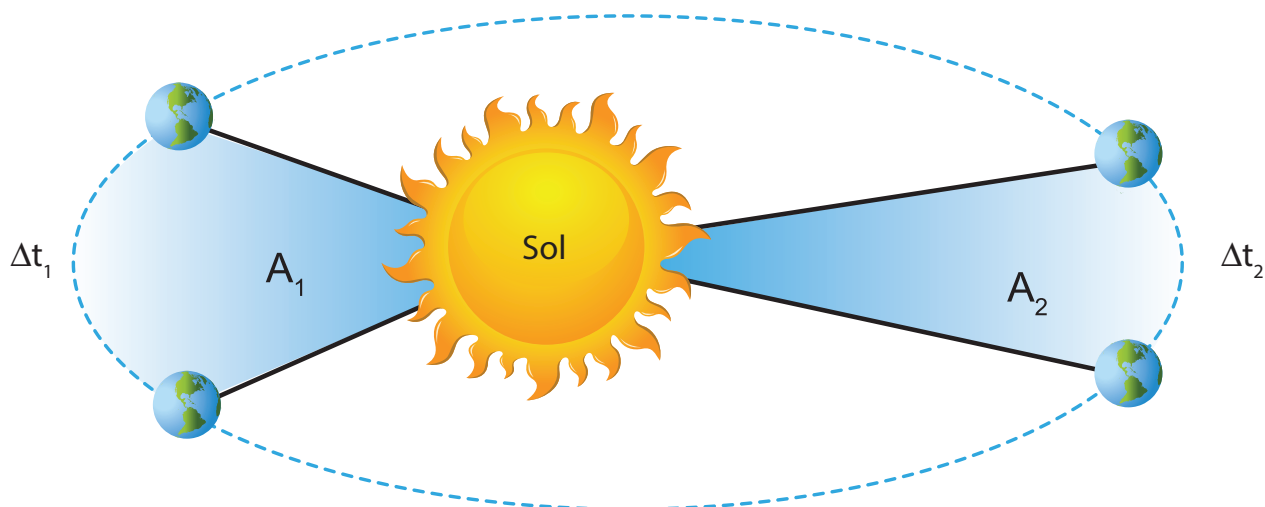
O livro a seguir apresenta a trajetória de Kepler até a elaboração das leis do movimento planetário. Caso queira conhecê-la, leia-o. GLEISER, M. **A harmonia do mundo**. 1. ed. São Paulo: Cia das Letras, 2006. 328p.

## Segunda Lei de Kepler

A partir dos dados precisos de Tycho Brahe, Kepler verificou que o planeta se move mais lentamente quando está mais longe do Sol e mais rapidamente quando está mais próximo. Assim, a velocidade do planeta no afélio é menor, aumentando conforme se aproxima do periélio. Ele demonstrou que o segmento de reta que liga o planeta ao Sol percorre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.

As áreas varridas pela reta que liga o planeta ao Sol são proporcionais aos intervalos de tempo para esses deslocamentos.

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$$



» Representação da segunda Lei de Kepler (imagem fora de escala; cores-fantasia).

$$\text{Se } \Delta t_1 = \Delta t_2 \text{ então } A_1 = A_2$$



## Terceira Lei de Kepler

Após quase dez anos Kepler enunciou sua terceira lei, na qual expressa o que chamava de lei harmônica, relacionando o tempo para completar uma volta (período) e o raio médio da órbita, permitindo assim, relacionar os períodos dos diversos planetas.

Representando por T o período do movimento do planeta e R a medida do raio médio de sua órbita, a terceira lei de Kepler.

A razão entre o quadrado do período de translação de um planeta e o cubo da medida do raio médio de sua órbita é igual para todos os planetas do Sistema Solar.

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} = \frac{T_3^2}{R_3^3} = \dots = K \text{ (constante)}$$

Então, podemos enunciar a Terceira Lei de Kepler como:  $T^2 = K \cdot R^3$

Portanto, quanto mais distante o planeta estiver do Sol, maior será o seu período.

Como exemplo, o período de mercúrio (ano mercuriano) é de 88 dias terrestres enquanto o de Júpiter (ano jupiteriano) é de 4 332 dias terrestres.

Embora tenha sido enunciada para o movimento de planetas a terceira lei vale para quaisquer corpos girantes em torno de outro, como os satélites naturais (luas) ou artificiais.

### Atividades

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Forme um grupo de seis pessoas para discutir acerca dos modelos geocêntrico e heliocêntrico. Metade do grupo pesquisará as características do modelo geocêntrico e a outra metade fará a mesma pesquisa sobre o modelo heliocêntrico. Essa pesquisa tem como objetivo identificar as fragilidades e potencialidades de cada modelo cosmológico.  
Os integrantes do grupo realizarão um debate, defendendo o modelo que pesquisaram, procurando convencer que tal modelo é o que melhor explica a organização e o movimento dos astros.  
Em seu caderno, registre os questionamentos e as observações relevantes em relação ao modelo defendido por seu grupo. No final, apresentem as conclusões ao professor e ao restante da classe.
2. Por que o modelo heliocêntrico de Copérnico não foi bem aceito na época em que foi concebido?
3. Em seu caderno, faça um resumo das principais características dos modelos geocêntrico de Ptolomeu e heliocêntrico de Kepler, indicando suas semelhanças e suas diferenças.
4. Considere a situação proposta na abertura: um jovem tem 15 anos terrestres de idade. Qual sua idade em anos mercurianos e em anos jupiterianos, sabendo que os raios médios das órbitas são  $0,4 R_T$  e  $5,2 R_T$ , respectivamente, onde  $R_T$  é o raio médio da órbita terrestre?

# Lei da Gravitação Universal

Um foguete VLS-1 de 20 metros construído pela Agência Espacial Brasileira na plataforma de lançamento de Alcântara, na costa nordeste do país, cerca de 3000 quilômetros (1800 milhas) ao norte do Rio de Janeiro, 19 de agosto de 2003.



AXEL BUGGE/REUTERS/FOTOARENA

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) é a segunda base de lançamento de foguetes da Força Aérea Brasileira. É lá que ocorrem os testes do veículo lançador de satélites (VLS), destinado a realizar missões de lançamento de satélites.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Efetue uma pesquisa para responder às seguintes questões:

- 1 Por que a localização do CLA é considerada privilegiada?
- 2 Cite alguns possíveis impactos, de diversas naturezas, relacionados à instalação do CLA em Alcântara.

Não escreva no livro

De acordo com o princípio da inércia, um corpo em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme permanece em seu estado inicial, desde que não seja aplicada sobre ele qualquer força ou, se houver, que a resultante das forças seja nula.

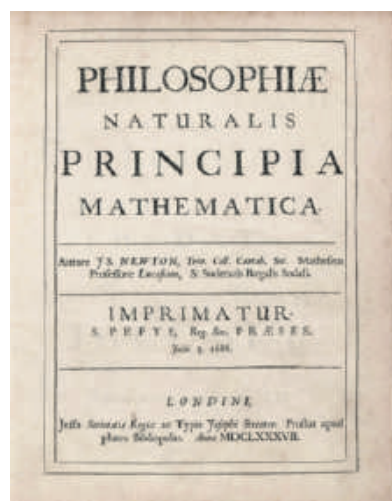
Com base neste princípio, podemos concluir que existe uma força atuando sobre os planetas do Sistema Solar, que os obriga a descrever uma curva. O mesmo pode ser dito sobre os satélites, naturais ou não, que se movem em torno de um planeta, como ocorre com a Lua em relação à Terra.

Durante os seus estudos, o físico e matemático inglês Isaac Newton (1643-1727) percebeu que a força que faz com que uma maçã caia da macieira, por exemplo, tem a mesma natureza da força que faz com que a Lua gire em torno da Terra. Essa força é denominada **força gravitacional**.

Em agosto de 1684, membros da Royal Society (Academia de Ciências de Londres) perguntaram a Newton qual seria o formato da órbita de um planeta atraído pelo Sol por uma força que varia com o inverso do quadrado da distância, pois este era um problema que aparecia constantemente nos trabalhos de Kepler. Imediatamente, Newton respondeu que seria uma elipse, pois já havia calculado e resolvido esse problema!

Então, em 1687, Newton publicou a obra **Sobre o movimento dos corpos em órbita**, que é um dos estudos que integram o **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica** (Princípios matemáticos da filosofia natural), conhecido como Principia. Ele é composto por três volumes, sendo dois deles sobre os movimentos dos corpos e o terceiro sobre o sistema do mundo.

No Principia, Newton faz toda a descrição matemática que fundamenta a mecânica clássica, apresenta a Lei da Gravitação Universal e demonstra as leis dos movimentos dos planetas que Kepler havia obtido empiricamente.



UNIVERSAL HISTORY ARCHIVE/GETTY IMAGES

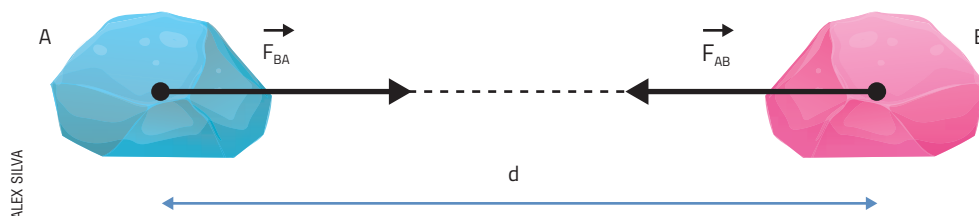
» Capa do livro **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**, de Isaac Newton, primeira edição publicada em 1687.

## Lei do inverso do quadrado da distância

No Principia, Newton estabelece que dois corpos quaisquer interagem com uma força de natureza gravitacional de tal forma que:

Dois corpos se atraem com forças gravitacionais que são diretamente proporcionais ao produto de suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre eles.

A partir dessa definição, conclui-se que, para dois corpos se atraírem gravitacionalmente basta que possuam massa. A intensidade da força gravitacional varia de acordo com as massas dos corpos e com a distância entre eles.



» Força de atração gravitacional entre os corpos A e B.

Dizer que a força gravitacional é diretamente proporcional às massas dos corpos A e B, significa que ao dobrarmos uma das massas, a força gravitacional também dobra; ao dobrarmos uma e triplicarmos a outra, a força ficará seis vezes maior e assim sucessivamente.

Em relação à distância, quanto maior ele for, menor será a força gravitacional, mas quantas vezes? Se a distância dobrar, a força diminuirá quatro vezes ( $2^2$ ); ao triplicar a distância, a força diminuirá nove vezes ( $3^2$ ) etc.

Escrevendo matematicamente essas relações tem-se que:

- F é diretamente proporcional a  $M_A$ :  $F_g \propto M_A$
- F é diretamente proporcional a  $M_B$ :  $F_g \propto M_B$
- F é inversamente proporcional a  $d^2$ :  $F_g \propto \frac{1}{d^2}$

Logo,  $F_g \propto \frac{M_A \cdot M_B}{d^2}$

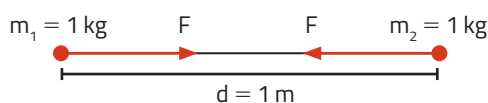
Para sairmos do raciocínio proporcional para uma igualdade, é necessário acrescentar uma constante.

$$F_g = G \frac{M_A \cdot M_B}{d^2}$$

Na equação,  $M_A$  e  $M_B$  são as massas dos corpos A e B que se atraem,  $d$  é a distância entre seus centros de massa e  $G$  é a constante da gravitação universal.

A constante  $G$  foi determinada pelo físico-químico britânico Henry Cavendish (1731-1810), com valor de  $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$ .

Assim, por exemplo, ao considerarmos duas pedras, cada uma delas com massa de 1 kg, afastadas por uma distância de 1 m, teríamos que a força de atração  $F$  é igual a:



$$F_g = G \frac{M_A \cdot M_B}{d^2}$$

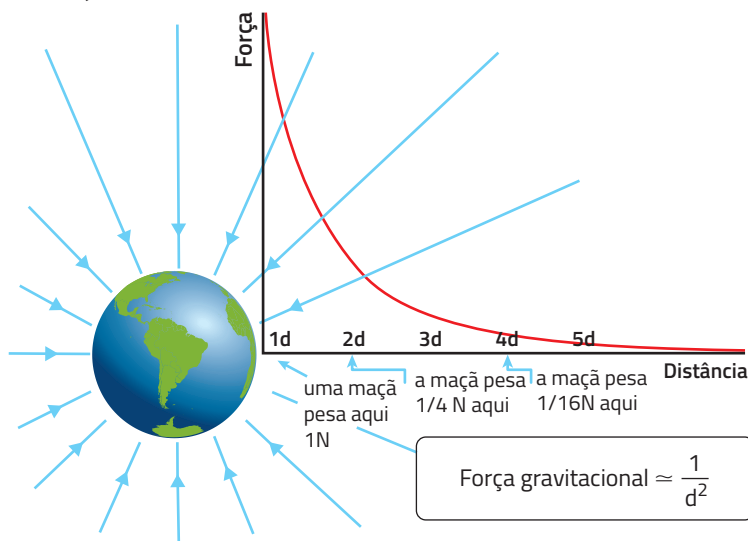
$$F_g = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1 \cdot 1}{1^2}$$

$$F_g = 6,67 \cdot 10^{-11} N$$

Lembrando que uma força de 1 N é necessária para equilibrar o peso de um corpo de 100 g, percebe-se que essa força é extremamente fraca, próxima a um trilionésimo de newton. No entanto, se pelo menos um dos corpos tiver massa muito grande (um planeta, por exemplo), a força gravitacional terá um valor que não poderá ser desprezado.

Agora, considere uma maçã de peso 1 N na superfície terrestre (massa de 100 g). Podemos representar graficamente a intensidade da força gravitacional em função da distância ( $d$ ) entre o centro da maçã e o centro da Terra, para distâncias superiores ao raio terrestre. Veja

» Variação do peso de um corpo colocado em diferentes altitudes. (imagem sem escala; cores-fantasia)



ALEX SILVA

Na superfície terrestre, a distância ao centro da Terra é  $d = R$ . Quando ela for colocada em uma altitude igual ao raio terrestre, a distância até o centro da Terra será  $2d$  e a intensidade da força gravitacional correspondente será  $\frac{1}{4} N$ .

# Campo gravitacional

Um corpo posicionado próximo à Terra fica sujeito a uma força de atração gravitacional, ou seja, sofre uma perturbação de natureza gravitacional por estar na presença do **campo gravitacional**.

Por outro lado, essa força é o próprio peso do corpo ( $P = m \cdot g$ ). Assim, podemos escrever:

$$P = F_g$$

$$m \cdot g = G \frac{M_T \cdot m}{d^2}$$

$$g = G \frac{M_T}{d^2}$$

Onde:

$G$  é a constante da gravitação universal  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$ ;

$M_T$  é a massa da Terra (ou do corpo central que produz o campo gravitacional);

$d$  é a distância do centro da Terra ao local em que se determina a intensidade do campo gravitacional.

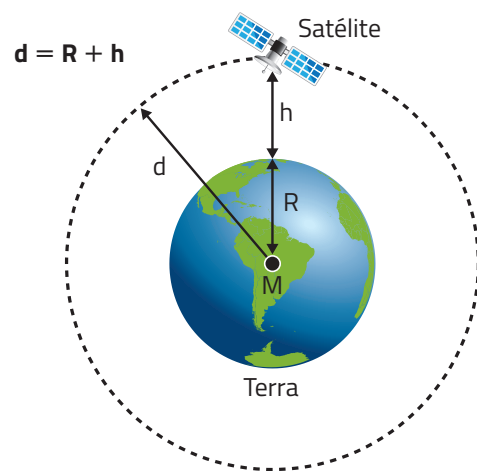
Vale destacar que o campo gravitacional é uma grandeza vetorial cuja direção é normal (perpendicular) à superfície da Terra e o sentido aponta para o centro de nosso planeta.

Estando esse ponto situado a uma altura  $h$  em relação à superfície terrestre – um satélite, por exemplo – a distância ao centro da Terra será  $d = R_T + h$ . Dessa forma, a aceleração da gravidade em uma altura  $h$  pode ser determinada por:

$$g = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2}$$

Em que  $h$  é a altura medida em relação à superfície terrestre.

Nessa equação não levamos em conta os efeitos da rotação terrestre, que faz com que a aceleração da gravidade no equador seja ligeiramente diferente em relação à sua intensidade nos polos (cerca de  $0,03 \text{ m/s}^2$ ). Embora seja pequena para as atividades cotidianas, ela faz diferença quando se pretende efetuar o lançamento de um foguete espacial, por exemplo, fazendo com que ocorra uma economia substancial (podendo chegar a 30%) na quantidade de combustível consumida.



» Satélite a uma altura  $h$  em relação à superfície terrestre. Imagem sem escala, cores-fantasia.

ALEX SILVA

## Efeito da gravidade na formação das marés

Pescadores e navegantes sabem que existe uma relação entre as marés e as posições da Lua e do Sol em relação à Terra, mas coube a Isaac Newton explicar o motivo.

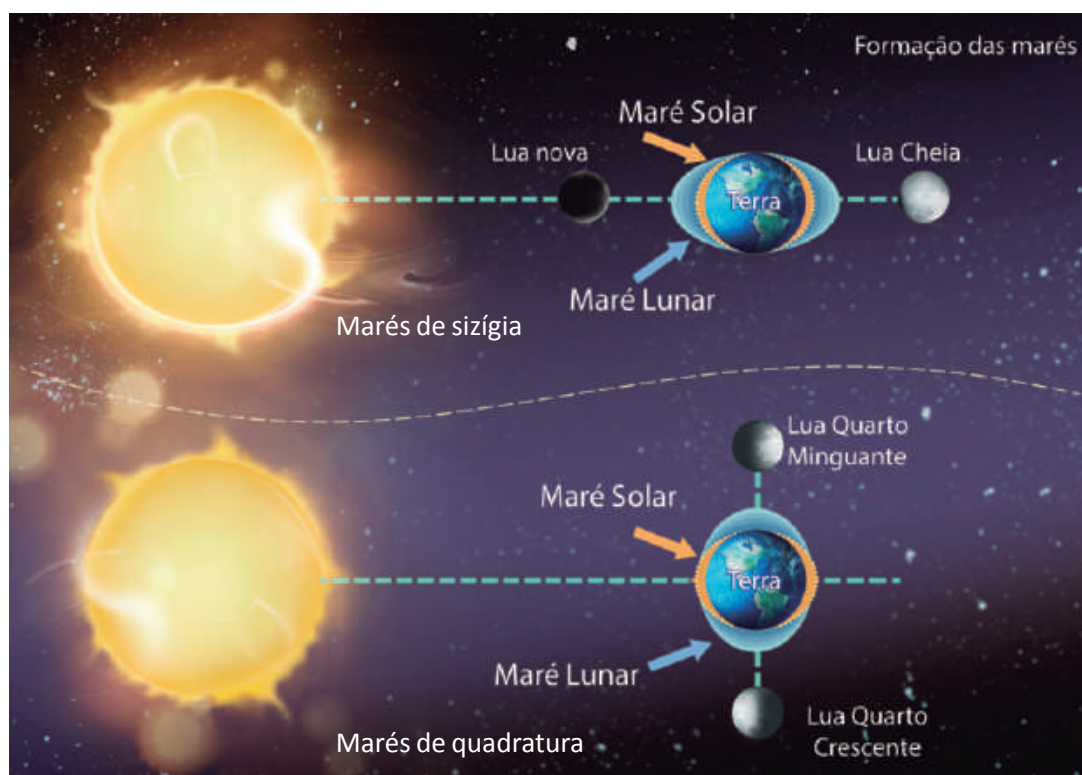
Newton demonstrou que as marés são causadas pelas diferenças na atração gravitacional entre Sol, Lua e Terra em diferentes regiões da Terra em função de suas dimensões e posições relativas entre esses corpos.

Chama-se de maré as alterações cíclicas do nível das águas do mar causadas pelos efeitos combinados da rotação da Terra com as forças gravitacionais exercidas pela Lua e pelo Sol sobre as águas da Terra. Seus efeitos nas marés traduzem-se em subidas e descidas periódicas do nível das águas.

A situação mais comum é aquela em que as regiões costeiras experimentam dois ciclos de maré alta e dois ciclos de maré baixa durante o dia como consequência da variação das posições relativa entre Sol, Lua e Terra. Assim, o intervalo de tempo entre uma maré alta e a maré baixa seguinte é de aproximadamente seis horas.

A maré alta ocorrerá nas faces da Terra que estão alinhadas com os centros da Terra e da Lua, enquanto a maré baixa será verificada nas regiões da Terra cujas faces estão formando um ângulo de, aproximadamente  $90^\circ$ , com relação à Lua.

Nas fases de lua nova e lua cheia, os efeitos gravitacionais da Lua se somam com os do Sol e ocorrem as maiores marés altas e as menores marés baixas. São denominadas de **maré de sizígia**.



» As marés de maior amplitude dependem da posição relativa entre Sol, Terra e Lua e ocorrem nas fases de lua nova e lua cheia (imagem sem escala; cores-fantasia).

Por sua vez, as marés de menor amplitude ocorrem quando a Lua está no quarto minguante ou crescente. Essas são chamadas de **marés de quadratura**.

# Velocidade de escape

Para uma nave ser enviada ao espaço, sem que entre em órbita, ela deve “escapar” do campo gravitacional terrestre. Mas, para tanto, qual deve ser sua velocidade mínima?

Essa velocidade é chamada de **velocidade de escape** e corresponde à velocidade mínima com que se deve lançar um corpo da superfície terrestre para que este se livre da atração da Terra, isto é, chegue ao infinito (distância infinitamente longe da Terra) com velocidade nula.

Porém, para que isso seja possível, é necessário rever o conceito de energia potencial gravitacional para as situações em que não se pode desconsiderar as variações da aceleração da gravidade (campo gravitacional) terrestre.

É possível demonstrar que, adotando o referencial no infinito, a energia potencial gravitacional é dada por:

$$E_p = -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{d}$$

O sinal negativo indica que, em todos os pontos do campo gravitacional, a energia potencial gravitacional é menor do que no infinito.

Assim, para determinar o valor dessa velocidade ( $v_E$ ), aplicamos o princípio da conservação da energia mecânica, desprezando a resistência do ar.

Para a nave na Terra, sua energia mecânica é dada por:  $E_{mec} = E_c + E_p \Rightarrow \Rightarrow E_{mec} = \frac{m \cdot v^2}{2} + \left( -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{d} \right)$ ,  $m$  é a massa do foguete e  $R$  é o raio da Terra.

Para a nave no infinito:  $E_c = 0$  e  $E_p = 0$  (referencial no infinito).

Aplicando o princípio da conservação da energia mecânica, vem:  $E_{mec_i} = E_{mec_f}$

$$\frac{m \cdot v_E^2}{2} + \left( -\frac{G \cdot M_T \cdot m}{R} \right) = 0$$

$$\frac{m \cdot v_E^2}{2} = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{R}$$

$$v_E = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_T}{R}}$$

Para o caso da Terra, temos:  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$ ;  $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ;  
 $R_T = 6378 \text{ km} = 6,378 \cdot 10^6 \text{ m}$ .

$$v_E = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_T}{R}} \Rightarrow v_E = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6,378 \cdot 10^6}}$$

$$v_E = 11202 \text{ m/s} = 11,2 \text{ km/s}$$

Ou seja, para que a nave consiga vencer o campo gravitacional terrestre, ela deve atingir uma velocidade de 11,2 km/s na superfície da Terra.

## Saiba mais

### Experimentos de estudantes brasileiros na Estação Espacial Internacional – ISS (Internacional Space Station)

A Estação Espacial Internacional é um laboratório espacial no qual a gravidade é menor do que a da Terra (microgravidade). Ela é permanentemente habitada por astronautas de vários países que se revezam periodicamente. Com o tamanho aproximado de um campo de futebol, ela é formada por módulos, que são lançados de tempos em tempos, e acoplados uns aos outros. O primeiro módulo foi lançado em 1998. A ISS se encontra a aproximadamente 400 km acima da superfície terrestre, e tem uma velocidade aproximada de 28 000 km/h.

Diversos experimentos e pesquisas científicas são realizadas na ISS para testar o efeito da microgravidade, incluindo experimentos de estudantes das mais variadas faixas etárias. Um exemplo é o *Student Spaceflight Experiments Programme* (SSEP) (Programa de Experiências de Voo Espacial para Estudante, em tradução livre).

Em 2019, um projeto de estudantes brasileiros de Santa Catarina foi levado ao espaço para realizar um experimento cujo objetivo era testar o filtro de barro brasileiro no espaço (considerado, por muitos, o melhor filtro de água do mundo).

Os filtros de barro usam carvão ativo no lugar do iodo que, atualmente, é usado para filtrar a água no espaço. No entanto, como o iodo é prejudicial à saúde, ele deve ser removido da água para o consumo. O projeto catariense propõe uma saída para isso com o uso do carvão, que não é tóxico. Em 2018, outro experimento de estudantes brasileiros já havia sido levado ao espaço, o “cimento espacial”, que usa plástico feito de cana-de-açúcar, visando o uso do material em construções espaciais do futuro.

### Espaços de aprendizagem

Você pode acessar o programa para verificar os experimentos já desenvolvidos: SSEP - STUDENT SPACEFLIGHT EXPERIMENTS PROGRAM. Disponível em: <http://ssep.ncesse.org/>. Acesso em: 3 set. 2020.

NASA

» Estação Espacial Internacional, em órbita do planeta Terra (2014).



- 3** Você tem vontade de enviar um projeto de sua escola para ser testado no espaço? Converse com seu professor e com seus colegas sobre o assunto.

Não escreva no livro

» Com aproximadamente 3474,2 km de diâmetro a Lua pode ser vista mesmo a 384 400 km de distância da Terra (2010).



## Atividades

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

- Como vimos, há força atrativa entre todos os objetos que possuem massa. Por que então não somos atraídos quando passamos perto de prédios com enorme massa em nossa vizinhança?
- O que acontece com a força gravitacional entre dois corpos quando a distância entre eles diminui a 1/3 de sua medida inicial?
- Considere a afirmação: um corpo de peso 1 N situado no primeiro andar de um edifício. Se ele for deslocado para o quarto andar, de forma que a distância ao solo seja quatro vezes maior, a intensidade do seu peso será quatro vezes menor. Essa afirmação é verdadeira? Justifique.
- A distância entre a Terra e a Lua é de, aproximadamente, 380 mil km. Considere uma nave que partindo da Terra para a Lua passe por um ponto situado a 300 000 km da Terra. Os centros da Terra e da Lua estão alinhados com a nave. Qual a intensidade do campo gravitacional a que esta nave fica sujeita nesse ponto? Indique, além de sua intensidade, a direção e o sentido do campo resultante.
- Um dos argumentos científicos dos geocentristas, em contraposição ao modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico (1473-1543), era que este modelo deixava implícito que a Terra girava em torno de si mesma num período de aproximadamente 24h. Na ausência das Leis de Newton, que surgiriam quase 150 anos mais tarde, era de se esperar que um vento de aproximadamente 1 500 km/h varresse a superfície terrestre dizimando tudo à sua frente. Este valor era baseado na rotação da Terra de acordo com o raio estimado na época. Hoje sabemos que, no equador, a velocidade de rotação é de 1 674 km/h.
  - Adotando-se  $\pi = 3,14$  e um período de 24 h para a rotação terrestre, estime o valor do raio terrestre na linha do equador.
  - Pesquise o valor mais exato para o raio equatorial, elabore uma hipótese do porquê os valores que você calculou no item (a) e o valor pesquisado serem diferentes.
  - Explique os motivos que levaram Kepler a revisar a teoria heliocêntrica, fato que culminou na elaboração das suas três leis. Se necessário faça uma pesquisa.

$$\text{Dados: } G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2};$$

$$M_T = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ kg};$$

$$M_L = 7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}.$$

# Movimentos orbitais

Leia a manchete a seguir.

## Órbita da Terra já acumula 7,5 mil toneladas de sucata

A Concentração de lixo espacial teve aumento crítico nos últimos anos e ameaça saturar vizinhanças do planeta. Agência quer programa de limpeza orbital em 2023.

CASTRO, F. Órbita da Terra já acumula 7,5 mil toneladas de sucata. **Estadão**. 29 abr. 2018.. 29 abr. 2020. Disponível em: <https://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,orbita-da-terra-ja-acumula-7-5-mil-toneladas-de-sucata,70002288230>. Acesso em: 5 nov. 2020.

### Espaços de aprendizagem

Acesse o mapa no *link* a seguir e veja os materiais em órbita ao redor da Terra em tempo real. Disponível em: <http://stuffin.space/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

As respostas e os comentários das atividades não são disponíveis no **Manual do Professor**.

- 1 O que é lixo espacial?
- 2 Sendo materiais sem sistema de propulsão, por que não caem, imediatamente, na Terra?
- 3 Estes materiais em órbita representam algum risco? Qual?

Não escreva no livro

**Meteoroides:** são fragmentos de materiais que vagueiam pelo espaço e têm sua órbita ao redor do Sol, mas passam pela Terra e por vezes entram na atmosfera.



» Simulação da Nasa mostrando detritos espaciais ao redor da Terra. (imagens sem escala; cores-fantasia)

Atualmente, mais de 500 000 detritos orbitam a Terra a velocidades de até 28 000 Km/h. A essa velocidade, um pequeno detrito pode danificar satélites ou espaçonaves, sendo assim são monitorados constantemente.

Estes detritos podem ser naturais, como os **meteoroides**, e artificiais, produzidos pelo ser humano, como restos de satélites e estágios de lançamento de foguetes. Os últimos é que causam maior preocupação, uma vez que permanecem na órbita da Terra, exclusivamente, e podem causar acidentes. Este comportamento de permanecer em órbita ocorre devido ao tipo de movimento que estudaremos a partir de agora.

# Movimento circular uniforme

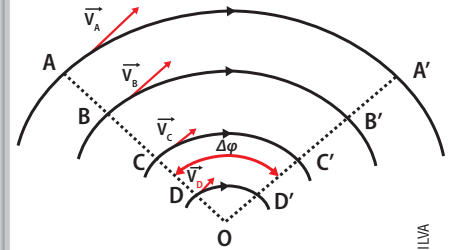
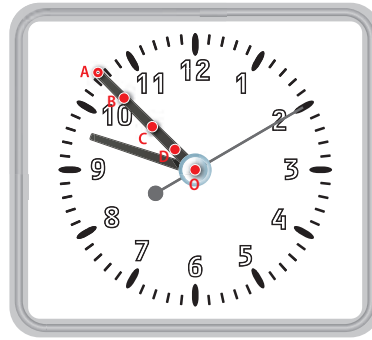
Observando o ponteiro de minutos de um relógio analógico é possível marcar e analisar o movimento dos pontos A, B, C e D em torno do ponto O.

Note que todos eles completam uma volta no mesmo intervalo de tempo, ou seja, 60 min, no entanto, em uma volta completa, o ponto A percorre uma trajetória bem maior do que o ponto D. Sendo assim, se calcular-

mos a velocidade em cada ponto por  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ , encontraremos valores diferentes entre eles. Devemos então, encontrar outra forma de interpretar esse movimento.

Ocorre que todos os pontos descreveram um mesmo ângulo ( $\Delta\phi$ ) em seu deslocamento. Essa medida será chamada de **deslocamento angular** e sua unidade de medida é o radiano (rad), lembrando que um ângulo com medida  $\pi$  rad corresponde a  $180^\circ$ .

Dessa forma, a **velocidade angular média** ( $\omega_m$ ) é definida por:



» Movimento circular descritos por pontos marcados em um ponteiro de minutos de um relógio.

ALEX SILVA

$$\omega_m = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{unidade de medida é rad/s})$$

Denomina-se **movimento circular uniforme** o movimento cuja velocidade angular é constante e o tempo para completar uma volta se mantém sempre igual, sendo chamado de **período** (T). Sabendo que em uma volta completa o deslocamento angular é  $2 \cdot \pi$  rad, temos:

$$\omega_m = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

## Relação entre a velocidade escalar e a velocidade angular

Vimos que, ao completar uma volta, o deslocamento angular é  $\Delta\phi = 2 \cdot \pi$  rad e o tempo dispendido é o período (T). Por outro lado, o deslocamento linear que foi completado nessa volta é igual ao comprimento da circunferência de raio R, de modo que  $\Delta s = 2 \cdot \pi \cdot R$ .

Portanto, as velocidades angular e escalar para esse movimento são, respectivamente,

$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow \omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad \text{e} \quad v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$$

De onde se deduz que:

$$v = \omega \cdot R$$

## Frequência

O movimento circular uniforme (MCU) é um movimento periódico, isto é, o intervalo de tempo (T) decorrido em cada volta completa é sempre o mesmo, assim como o número de voltas em determinado intervalo de tempo. Essa grandeza que mede o número de voltas em um determinado intervalo de tempo é chamada de frequência (f), definida, matematicamente, por:

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

Onde n é o número de voltas completadas e  $\Delta t$ , o intervalo de tempo gasto.

Como o período (T) é o tempo necessário para dar uma volta completa, podemos estabelecer a relação entre período (T) e frequência (f):

$$f = \frac{1}{T}$$

A unidade de medida de frequência é  $\frac{1}{s} = s^{-1} = \text{hertz (Hz)}$ .

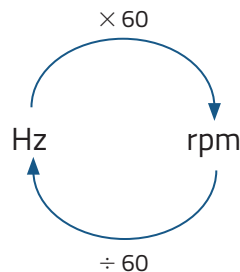
Exemplo: um móvel em MCU possui período  $T = 0,5 \text{ s}$ . Isso significa que a cada  $0,5 \text{ s}$  o móvel completa uma volta. Então, o período do movimento é  $T = 0,5 \text{ s}$ .

Sua frequência é dada por:  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5}$

Portanto,  $f = 2 \text{ Hz}$ , ou seja, este móvel completa duas voltas a cada segundo.

Também é comum a frequência ser fornecida em rotações (voltas) por minuto (rpm). Então, se ele completa duas voltas em um segundo, em  $60 \text{ s}$ , completará  $2 \cdot 60$  rotações. Assim,  $2 \text{ Hz} = 120 \text{ rpm}$ .

Resumindo:



Assim, as velocidades escalar e angular podem ser escritas como:

- Velocidade angular, medida em rad/s:
- Velocidade escalar, medida em m/s:

$$\omega_m = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

$$\omega_m = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

$$\omega_m = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{T}$$

$$\omega_m = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$$

$$v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{1}{T}$$

$$v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot f$$

Lembre-se sempre de converter as unidades de medida adequadamente.

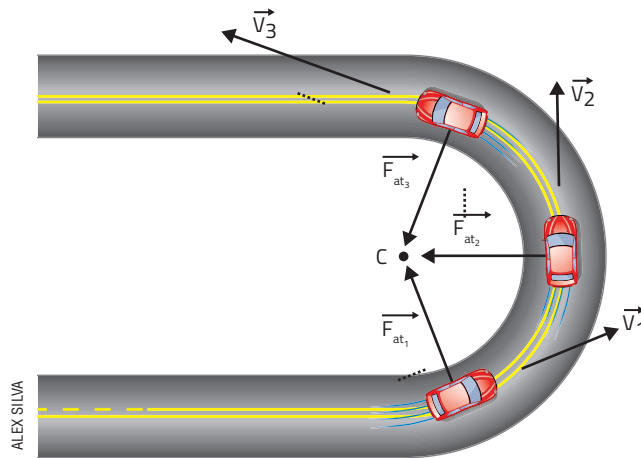
# Resultante centrípeta

Pelo princípio da inércia, um corpo em movimento tem a tendência de se manter em movimento retilíneo e uniforme, a menos que uma força resultante não nula aja sobre ele, alterando sua velocidade. Portanto, se um corpo descreve um movimento circular, certamente, há a ação de uma força resultante sobre ele.

Sendo assim, ao analisar um movimento, decompomos a força resultante em duas: uma responsável pela alteração no valor de sua velocidade e outra pela alteração na direção do movimento, sendo esta última chamada de **resultante centrípeta**.

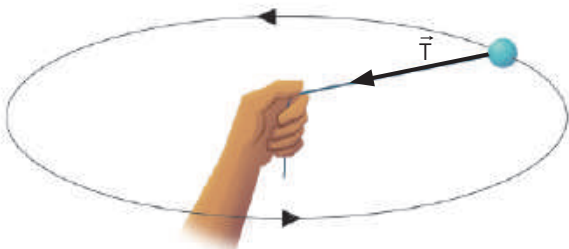
O que tem em comum um carro fazendo uma curva, um brinquedo amarrado em um barbante girando em torno de pessoa e um satélite girando em torno da Terra? Em todos estes exemplos há uma força puxando esses objetos para o centro da curva, fazendo com que sua velocidade mude de direção.

No caso do carro, em uma pista plana, quem atua como resultante centrípeta é a força de atrito entre os pneus e o solo, apontando para o centro da curva.



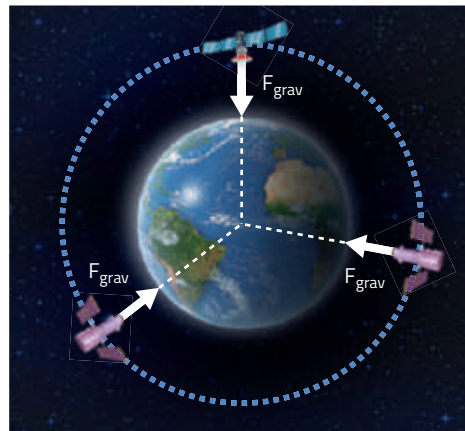
» A resultante centrípeta é a força de atrito com o solo.

Em um brinquedo amarrado ao barbante, girando no plano horizontal, a força de tração no fio desempenha o papel de resultante centrípeta, fazendo com que o brinquedo descreva a curva.



» A força de tração no fio é a resultante centrípeta.

No satélite, a resultante centrípeta é a força gravitacional que atua sobre ele.



» A força gravitacional é a resultante centrípeta sobre o satélite. (imagens sem escala; cores-fantasia)

Em todos os casos, vale a 2ª Lei de Newton:  $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ .

Assim, se a resultante é centrípeta, temos a indicação de que a aceleração também é, apontando para o centro da curva, sendo denominada **aceleração centrípeta**, apresentando as seguintes características:

**Direção:** radial, isto é, está na mesma direção que passa pelo centro da curva, na direção do raio.

**Sentido:** aponta para o centro da curva.

**Intensidade:** é dada pela expressão:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

Em que:

- $v$  é a velocidade tangencial do móvel, em m/s.
- $R$  é o raio da trajetória, em metros.
- A unidade de medida da aceleração centrípeta é  $m/s^2$ .

Assim, a resultante centrípeta pode ser determinada com a aplicação da 2ª Lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_{cp} = m \cdot a_{cp}$$

$$F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

A massa deve ser dada em kg e a intensidade da força será medida em newtons (N).

Importante lembrar que forças de quaisquer naturezas, elétrica, gravitacional, tração, atrito etc. podem influenciar na determinação da resultante centrípeta, desde que estejam atuando (pelo menos uma de suas componentes) na direção do centro da trajetória.

Exemplo:

Considere um garoto girando, no plano vertical, uma pedra de massa 100 g, amarrada em um barbante de 50 cm de comprimento. Sendo a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e sabendo que a pedra passa pelo ponto mais baixo da trajetória com velocidade de 4 m/s, calcule a intensidade da força de tração no barbante nesse ponto.

Resolução:

No ponto mais baixo, as forças que atuam na pedra são tração (T) e peso (P) mostradas a seguir.

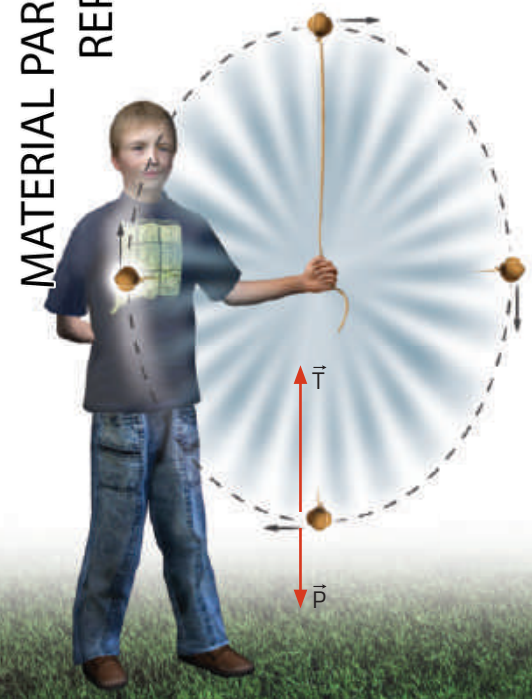
Como a pedra efetua um movimento circular, temos:  $F_{cp} = m \cdot a_{cp}$ .

Mas,  $F_{cp} = T - P$ , pois a resultante deve apontar para o centro da curva, indicando que a força de tração é mais intensa do que o peso.

Logo:

$$T - P = m \cdot a_{cp} \Rightarrow T - m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow T - 0,1 \cdot 10 = 0,1 \cdot \frac{4^2}{0,5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T - 1 = 3,2 \Rightarrow T = 4,2 \text{ N}$$



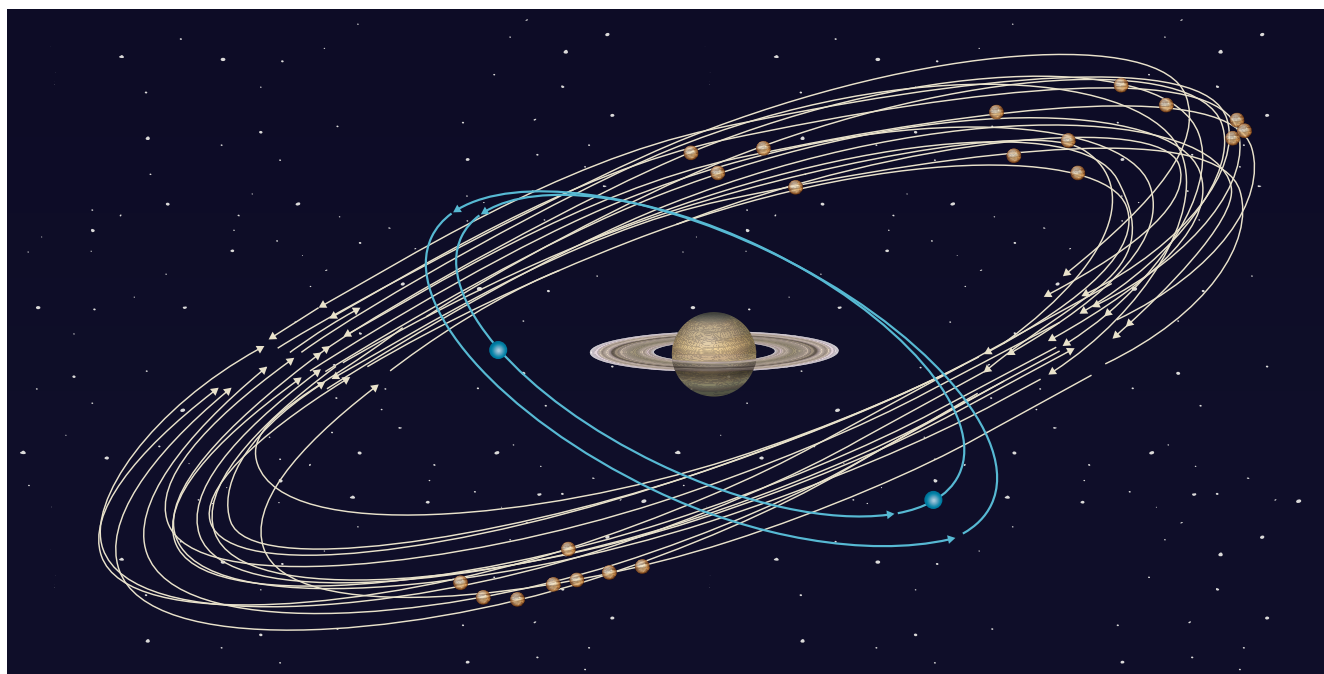
PAULO NILSON

# Satélites naturais e artificiais

Os satélites são corpos que giram em torno de planetas atraídos pela força gravitacional. Eles podem ser naturais, como a Lua que gira em torno da Terra ou Ganimedes que gira em torno de Júpiter, ou artificiais, como os satélites de telecomunicações.

Entre os satélites naturais, o mais conhecido é a Lua, no entanto há inúmeros outros e devido aos avanços científicos, a cada dia, novos satélites são descobertos girando em torno dos planetas que compõem o Sistema Solar.

Até outubro de 2019, Júpiter era quem possuía a maior quantidade de luas (satélites naturais) entre os planetas do Sistema Solar, totalizando 79. Porém, recentemente, 20 novas luas foram descobertas orbitando Saturno, que passou a ser o recordista com 82 luas em sua órbita.



» Concepção artística das 20 novas luas descobertas em torno de Saturno. (imagens sem escala; cores-fantasia)

Entre os satélites artificiais, o primeiro a orbitar a Terra foi o Sputnik 1, lançado em 4 de outubro de 1957, pelos soviéticos, iniciando um período de corrida espacial.

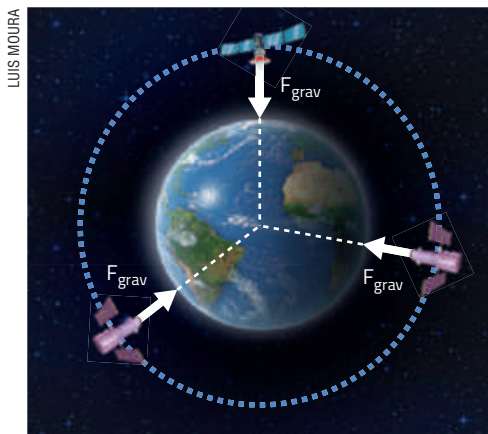
Hoje, há milhares de satélites em órbita, ativos e até mesmo inativos (que continuam em órbita, porém sem atividade). A Agência Espacial Europeia (ESA) estima que satélites inoperantes, partes de foguetes, peças de espaçonaves e pedaços de objetos relacionados a missões espaciais já somam 7,5 mil toneladas de detritos espaciais.



» Satélite artificial em órbita.

# Velocidade orbital

No caso dos satélites, a força gravitacional é a resultante centrípeta.



» A força gravitacional é a resultante centrípeta sobre o satélite. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Dessa forma, considerando um satélite de massa  $m$ , em órbita circular de raio  $r$ , em torno de um corpo central (por exemplo a Terra) de massa  $M$ , é possível determinar a velocidade com que esse satélite se mantém em órbita (velocidade orbital) por meio da aplicação da resultante centrípeta:

$$F_{cp} = F_{grav}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

Para um satélite colocado a uma altitude  $h$ , medido a partir da superfície terrestre, temos:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}}$$

Onde:

- $G$ : constante de gravitação universal ( $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ );
- $M_T$ : massa da Terra (corpo central);
- $R_T$ : Raio da Terra;
- $h$ : altitude em relação à superfície terrestre

## Satélites geoestacionários

Denomina-se satélite geoestacionário aquele cujo período de movimento em torno da Terra é igual ao período de rotação da Terra, ou seja, 24h.

Tendo o mesmo período de rotação, a velocidade angular também é igual, uma vez que ela calculada a partir do período:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Assim, girando com a mesma rapidez angular da Terra, o satélite não muda de posição em relação a ela e para um observador na superfície terrestre, ele parece estar sempre no mesmo lugar.

Como se encontram sempre sobre o mesmo ponto da Terra, geralmente situado acima da linha do equador, os satélites geoestacionários são utilizados como satélites de comunicações e de observação de regiões específicas da Terra.



## A 36 mil quilômetros de altitude, satélite geoestacionário começa a ser testado

Começou, no último sábado (13), a calibragem dos sistemas do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas para a verificação do funcionamento das funções do equipamento. Os procedimentos são feitos a partir da órbita geoestacionária, a 36 mil quilômetros de altitude em relação à superfície terrestre, na posição 75° oeste. [...]

[...]O satélite

O SGDC é o primeiro equipamento geoestacionário brasileiro de uso civil e militar. Fruto de uma parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o Ministério da Defesa, recebeu R\$ 2,7 bilhões em investimentos. Foi adquirido pela Telebras e possui uma banda Ka, que será utilizada para comunicações estratégicas do governo e implementação do Plano Nacional de Banda Larga (PNBL) – especialmente em áreas remotas –, e uma banda X, que corresponde a 30% da capacidade do equipamento, de uso exclusivo das Forças Armadas.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira (AEB). A 36 mil quilômetros de altitude, satélite geoestacionário começa a ser testado. Brasília, DF, 16 maio 2017. Disponível em: <http://portal-antigo.aeb.gov.br/a-36-mil-quilometros-de-altitude-satelite-geoestacionario-comeca-a-ser-testado/>. Acesso em: 30 ago. 2020.

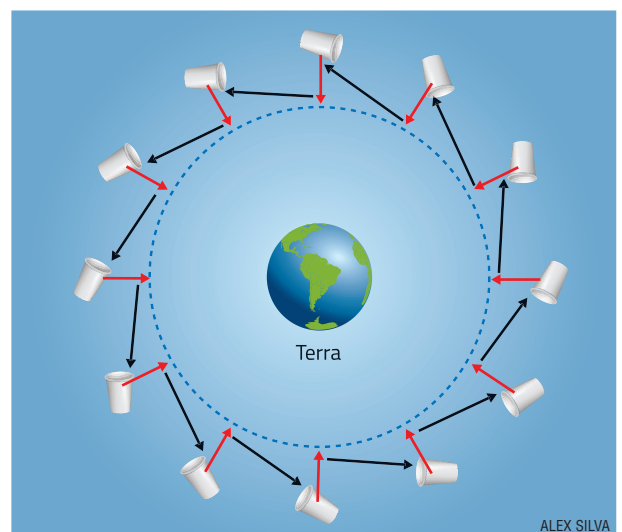


» Acompanhamento do início dos testes do satélite geoestacionário de defesa e comunicações estratégicas, em Brasília no dia 13 de maio de 2017.

## Estado de imponderabilidade

É comum ouvir dizer que no interior da estação espacial, as pessoas flutuam por falta de peso. No entanto, essa informação está equivocada, uma vez que na altitude em que a ISS orbita, cerca de 410 km, a aceleração da gravidade tem intensidade 15% menor do que na superfície terrestre,  $8,3 \text{ m/s}^2$ , aproximadamente.

A flutuação que ocorre se deve ao fato da aceleração do astronauta ser a mesma da estação espacial em seu movimento em torno da Terra. Pelo princípio da inércia, a estação tem a tendência de seguir em linha reta, pela direção tangente, e não o faz porque a força gravitacional a puxa para o centro de sua trajetória fazendo com que ela “caia” em relação ao percurso que faria se continuasse em linha reta. Como essa queda ocorre simultaneamente e com mesma intensidade para astronauta e estação, semelhante ao que ocorreria se estivéssemos no interior de um elevador ou avião em queda livre, tem-se a sensação de ausência de peso e a consequente flutuação.



» Corpo em órbita cai continuamente em direção à Terra. Como o processo é contínuo, a trajetória final é circular. (imagens sem escala; cores-fantasia)

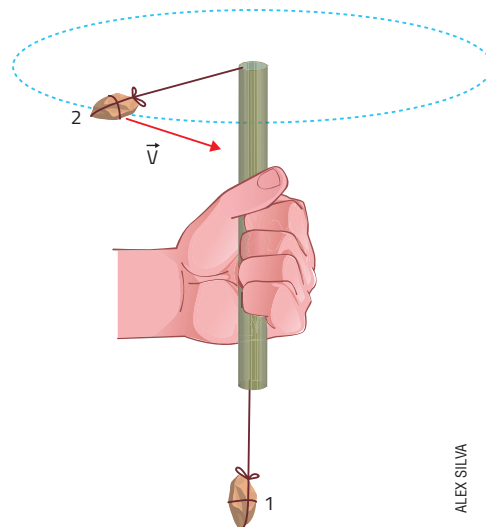
## Força centrípeta

### » Materiais

- Pedaco de 30 cm de cano de PVC;
- Duas rochas de massas diferentes;
- Um metro de linha de pesca;
- Uma fita métrica;
- Uma balança simples.

### » Procedimentos

- Passe a linha de pesca por dentro do tudo de PVC.
- Com a balança, confira a massa das rochas;
- Amarre a rocha de menor massa (2) na ponta da linha de pesca. Passe o fio sobre todos os lados da rocha para evitar que ela se solte;
- Amarre a rocha de maior massa (1) na outra ponta da linha de pesca. Passe o fio sobre todos os lados da rocha para evitar que ela se solte;
- Segure o cano de PVC como indica a imagem e produza um movimento circular uniforme de velocidade tangencial  $v_1$  com a rocha de menor massa;
- Peça a um colega que, com cuidado, e por baixo, meça o raio da trajetória com a fita métrica;
- Produza um movimento circular uniforme de velocidade tangencial  $v_2$ , de tal forma que  $v_2 > v_1$ ;
- Peça novamente a um colega para que, com cuidado, e por baixo, meça o raio da trajetória com a fita métrica.
- Copie o quadro a seguir em seu caderno e o complete com os dados obtidos.



» Representação esquemática do experimento, em que 1 é a rocha de maior massa e 2 é a rocha de menor massa.

! Verifique cuidadosamente se as rochas estão bem amarradas. Para garantir, passe uma fita adesiva ao redor do fio.

Quadro 1			
Raio da trajetória (1ª medida)	Raio da trajetória (2ª medida)	Massa (rocha 1)	Massa (rocha 2)

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.

Não escreva no livro

1. A resultante centrípeta varia para cada raio de trajetória? Justifique.
2. A partir dos valores medidos e indicados no quadro 1, faça os cálculos necessários, copie o quadro 2 em seu caderno e o preencha. Considere duas medidas diferentes para o raio da trajetória:

Quadro 2		
	Velocidade Linear (tangencial)	Velocidade angular
1ª medida		
2ª medida		

1. Considerando a existência de detritos espaciais em uma órbita situada a 40 mil km de altitude, qual a velocidade orbital com que esse detrito se move? Considere  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ , raio da Terra 6 400 km e massa da Terra  $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .
2. Qual a velocidade tangencial com que um ponto situado na superfície terrestre se move? Considere o raio da Terra igual a 6.400 km. Dê a resposta em km/h.
3. Considere a afirmação: "O ônibus espacial orbita a Terra em altitude que ultrapassa os 150 quilômetros para ficar livre das influências tanto da atmosfera terrestre quanto da força gravitacional terrestre".

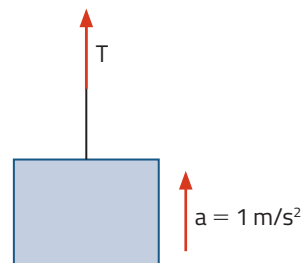
Esta afirmação está correta? Justifique.

4. Lembrando que a força de atrito é determinada pelo produto da intensidade da força de reação normal ( $\vec{N}$ ) pelo coeficiente de atrito ( $\mu$ ) entre as superfícies de contato, considere um automóvel de massa 1.000 kg e o coeficiente de atrito entre os pneus e a pista horizontal vale 0,4. Sendo  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

- a) Calcule a velocidade máxima com que o automóvel pode fazer, em segurança, uma curva de raio 100 m.
- b) O valor dessa velocidade máxima depende da massa do automóvel? Qual seria seu valor para um automóvel com o dobro da massa?

5. A Estação Espacial Internacional (ISS) é um projeto multinacional que envolve 15 países. Na altitude atual da estação, a aceleração da gravidade vale aproximadamente  $8,3 \text{ m/s}^2$ , enquanto na superfície terrestre, seu valor é de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

- a) Num suposto experimento, feito dentro da estação, um astronauta puxa um corpo de massa 30 kg por meio de um fio vertical como mostra a figura. Estime o valor da tração do fio neste sistema.

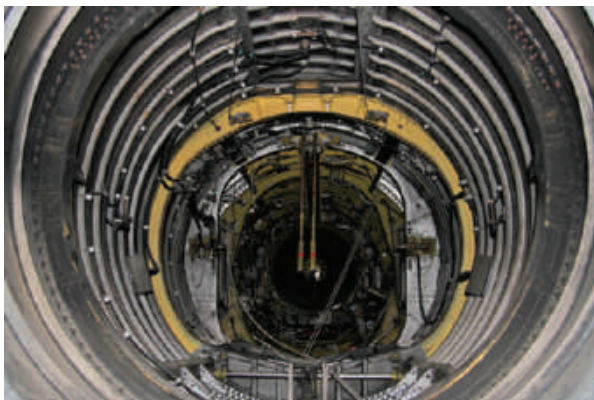


- b) A ISS está atualmente a 360 km de altura e sua órbita decai 100 metros por dia. Segundo cálculos, ela irá entrar na atmosfera terrestre em 2030. Levando-se em conta que, a partir de certa órbita, a estação começará a sofrer a ação direta da atmosfera e começará a acelerar para baixo e se incendiará, discuta os dados apresentados dando enfoque na precisão e veracidade.



As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

- Em 2008, o Grande Colisor Elétron-Póstron, ou LHC (sigla em inglês, *Large Hadron Collider*), causou certa histeria em razão de afirmações infundadas de que seu funcionamento poderia criar um buraco negro capaz de engolir a Terra ou causar uma grande explosão nuclear. Essas preocupações estavam relacionadas com a possibilidade de os cientistas recriarem condições próximas ao *Big Bang*, incluindo a criação de partículas, ou até mesmo de matéria escura, presente no Universo. Entretanto, essas reações ocorrem somente no interior deste equipamento, em que um sistema de um campo elétrico, acelera partículas carregadas até próximo a velocidade da luz, para que se choquem com núcleos estáveis. A força do impacto cria novas partículas e a partir da análise dos resultados os cientistas esperam entender detalhes do Universo. O LHC é formado por um tubo circular com 26,7 km de comprimento e 7 metros de diâmetro, que fica 100 metros abaixo do solo.



KHMELVITSKYI/SHUTTERSTOCK.COM

- O que é o LHC e qual é sua importância?
  - Interpretando os dados do texto estime o período que uma partícula leva para dar uma volta no circuito de LHC. Quando necessário, adote  $\pi = 3$  e a velocidade igual a da luz.
  - Calcule a velocidade angular ( $\omega$ ) das partículas.
- Durante a Guerra Fria (1946-1991), houve uma disputa pela supremacia na exploração espacial entre Estados Unidos e a antiga União Soviética, que ficou conhecida como corrida espacial. Como auge dessa disputa, houve a chegada do ser humano à Lua. Após 50 anos, é possível observar uma nova corrida espacial, mas dessa vez não há somente o envolvimento governamental de países, mas também de empresas do setor privado.
    - Quais foram as principais motivações da corrida espacial durante a Guerra Fria?
    - Quais são os objetivos da atual corrida espacial?
    - Atualmente existem milhares de satélites orbitando a Terra em variadas altitudes e eles também

representam a ideia de corrida espacial. Estime qual seria a aceleração centrípeta de um satélite que se encontra a 1 200 km de altitude.

Adote: Massa da Terra =  $6 \cdot 10^{24}$  kg;

Raio da Terra =  $6,3 \cdot 10^6$  m

### 3. (UEMG)

“Ainda assim, a vida é maior, o direito de nascer e morar num caixote à beira da estrada. Porque um dia, e pode ser um único dia em sua vida, um deserdado daqueles sai de seu buraco à noite e se maravilha. Chama seu compadre de infortúnio: vem cá, homem, repara se já viu céu mais estrelado e mais bonito que este! Para isto vale nascer.”

PRADO, 2011, 2014, p. 121.

Cada galáxia, cada estrela, cada planeta – é maravilhoso o que vemos no céu. E, de tanto o ser humano olhar, ele percebeu regularidades. O sol nasce e morre, mas renasce no dia seguinte. As estrelas morrem durante o dia, mas renascem à noite. As nuvens escondem os astros, que renascem após elas saírem. Tudo isso deu ao ser humano uma ideia de imortalidade, de vida após a morte, de Deus, tão presente no livro de Adélia Prado.

Uma regularidade presente no movimento dos astros é: **Alternativa b.**

- O sol nasce exatamente no mesmo lugar, 365 dias por ano. Este lugar é o leste.
  - Se dois planetas giram em torno de uma estrela, o planeta mais distante levará mais tempo para dar uma volta completa em torno dela.
  - A trajetória de um planeta em torno de uma estrela é sempre circular.
  - Os planetas giram em torno de estrelas, que giram em torno de galáxias.
- (UPE-PE) Com base nas Leis de Kepler acerca do movimento planetário no Sistema Solar, assinale a alternativa CORRETA. **Alternativa d.**
    - Todo planeta, onde o Sol ocupa um dos focos, tem trajetória circular.
    - A razão entre o quadrado do período de translação de um planeta e a distância média a um dos focos é igual para a Terra, para Marte e Vênus, apenas.
    - Quanto mais afastado for um planeta dos focos, menor será o seu ano.
    - A linha que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.
    - A velocidade de um planeta é sempre constante na translação.

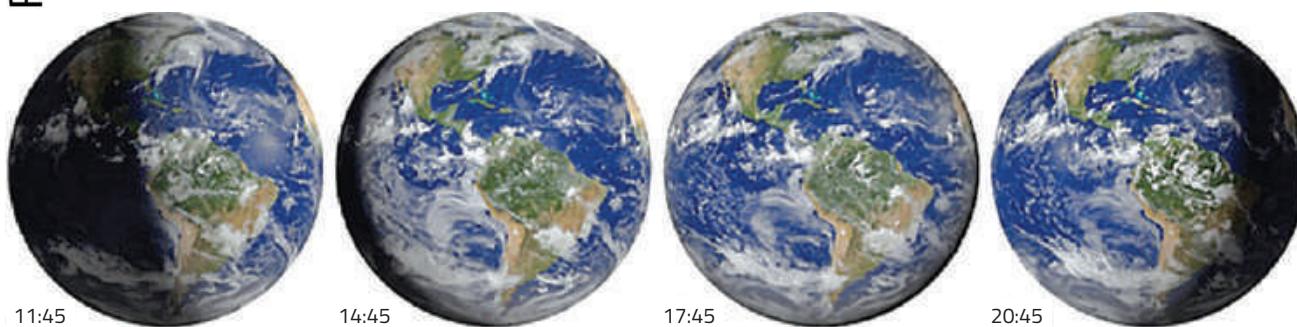


## Satélites artificiais

Os satélites artificiais que atualmente orbitam a Terra possuem diferentes funções. Alguns são utilizados para a comunicação, distribuindo sinais de telefonia, internet e televisão. Outros são utilizados para a navegação, e formam o Sistema de Posicionamento Global, conhecido como GPS. Existem os satélites meteorológicos, responsáveis por monitorar o clima e o tempo na Terra. Eles captam a formação das nuvens, as queimadas, tempestades de areia, superfícies congeladas, entre outros fenômenos.

Há também os satélites militares, que possuem diversos tipos de equipamentos e sensores para captar imagens em qualquer condição ambiental. Eles são utilizados para monitoramento e orientações de ataque ou defesa. Outros satélites são astronômicos, ou de exploração do Universo, que carregam telescópios apontados para as mais diversas regiões do espaço. O mais famoso deles, o telescópio Hubble. Existem ainda satélites de observação da Terra, com câmeras que capturam imagens nas mais variadas resoluções. Alguns aplicativos que permitem ver detalhes das cidades, casas e construções utilizam esses tipos de satélites.

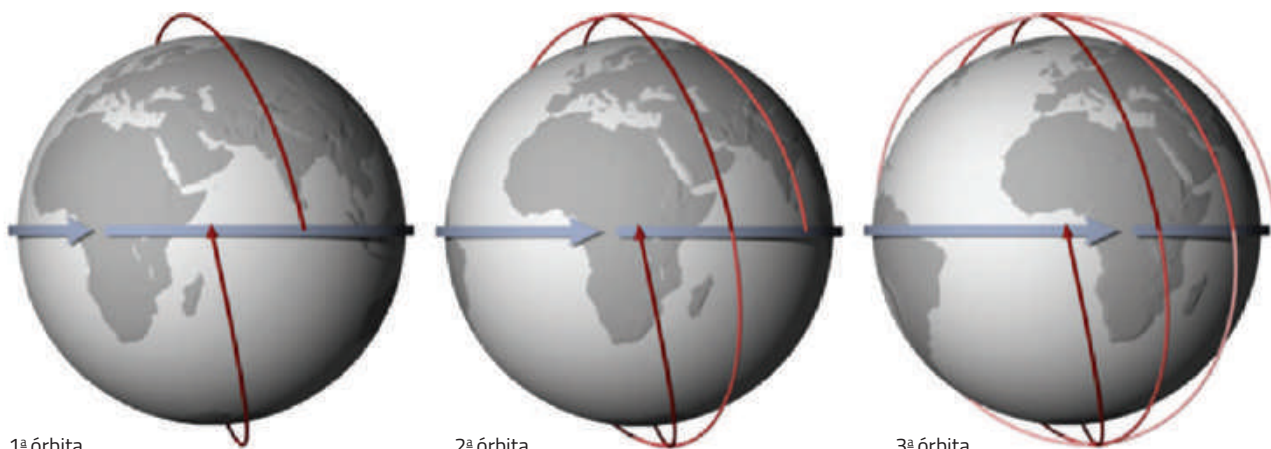
Os satélites podem orbitar a Terra a diversas alturas. Aqueles que atingem cerca de 36 000 km da superfície, conseguem manter a velocidade de sua órbita igual a da rotação da Terra. Isso significa que eles possuem uma órbita geoestacionária. Quando ele se encontra na linha do equador, o satélite permanece na mesma posição em relação ao solo, ou seja, sempre apontando para o mesmo lugar. Alguns satélites meteorológicos utilizam essa órbita, e a cada intervalo de tempo, enviam informações sobre nuvens, vapores-d'água e ventos, entre outras informações que são úteis para a previsão do tempo. Parte dos satélites de comunicação também possuem órbita geoestacionária.



» Imagens da Terra feita por um satélite geoestacionário em diferentes períodos do dia.

Mais próximo a Terra, a uma altura de 2 000 até 20 000 km, os satélites se movem mais rapidamente. Satélites de navegação, que integram o sistema de GPS, e satélites de comunicação são exemplos disso. Basicamente existem dois tipos de órbitas a essa altitude – a órbita polar, que passa sobre os polos da Terra e a órbita síncrona, ou órbita do Sol. Nessas duas órbitas os satélites cruzam o equador em diferentes longitudes, podendo mapear todo o planeta. Neste último, à medida que o satélite gira em sua órbita, a Terra gira em seu eixo abaixo dele, e após algumas rotações, toda a Terra é coberta pelo satélite.

A diferença entre a órbita polar e solar é que a segunda tem um ajuste em seu eixo, girando sempre para permanecer com parte exposta ao Sol conforme a Terra realiza seu movimento de translação.



1ª órbita

2ª órbita

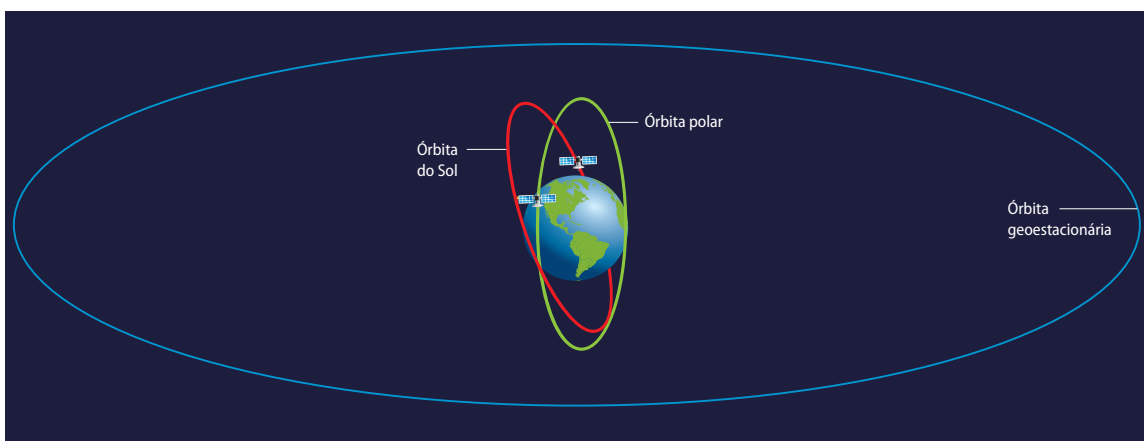
3ª órbita

Fonte: LIRA, C. P. Passagens sucessivas numa órbita quase polar, síncrona solar. c2008-2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Passagens-sucessivas-numa-orbita-quase-polar-sincrona-solar-adaptado-de-NASA\\_fig3\\_312383752](https://www.researchgate.net/figure/Passagens-sucessivas-numa-orbita-quase-polar-sincrona-solar-adaptado-de-NASA_fig3_312383752). Acesso em: 17 ago. 2020.

NASA ILLUSTRATION BY ROBERT SIMMON

» Sequência de três órbitas síncronas polares.

Na órbita baixa, que fica entre 160 km e abaixo de 2 000 km de altura, os satélites viajam nas velocidades mais altas, cerca de 28 000 km por hora, dando uma volta no planeta a cada 90 minutos. Nesta órbita estão diversos tipos de satélites.



» Comparação entre os três tipos principais de órbitas de satélite.

Fonte: SATELLITES. Disponível em: <http://www.satellites.spacesim.org/english/index.html>. Acesso em: 17 ago. 2020.

## Atividades

Não escreva no livro

1. Os satélites são responsáveis por grande parte da tecnologia que utilizamos em nosso cotidiano. Forme um grupo com seus colegas e discuta sobre como seria seu atual estilo de vida sem a presença de satélites no espaço.
2. O Brasil possui nove satélites orbitando a Terra, e quase todos produzidos e lançados em parceria com outros países. Até 2020, o último satélite produzido pelo Brasil foi o Amazônia-1. Faça uma pesquisa e descreva a importância desse satélite para o Brasil, qual sua órbita, e por que é importante para o país ter satélites próprios.

## Origem da vida

### COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC:

O texto integral das competências e das habilidades encontra-se no final do livro.

#### Competências gerais

2, 3, 4, 5, 7 e 9

#### Competências da Natureza

suas Tecnologias

Competências específicas: 2 e 3

Habilidades: EM13CNT201,

EM13CNT202, EM13CNT209,

EM13CNT301, EM13CNT302,

EM13CNT303 e EM13CNT304

O animal da fotografia é o tardígrado, também popularmente chamado de urso-d'água. Ele possui oito pernas, e vive em ambientes aquáticos. Existem milhares de espécies de tardígrados, com tamanho médio de cerca de 0,5 mm.

Esses seres vivos sobrevivem em condições extremas, em que a grande maioria dos seres vivos não sobreviveria. Os tardígrados podem passar décadas sem água, conseguem viver a temperaturas extremas – são encontrados em desertos e em geleiras na Antártida –, resistem a elevados níveis de radiação, inclusive sobrevivem ao vácuo do espaço.

A capacidade que esses animais possuem em proteger suas moléculas da falta de água é o que mais impressiona. Diversos estudos estão em curso para compreender os mecanismos que evoluem essa capacidade, e caso sejam descobertos e dominados, é possível aplicá-los para estabilizar vacinas, desenvolver plantações que tolerem climas extremos, ampliar a capacidade de proteção de astronautas no espaço e fornecer pistas sobre os limites ambientais da vida, assunto que será o foco desta Unidade.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Quais são as condições necessárias para que exista vida?
2. Você considera possível que exista vida em outro planeta?

» Tardígrado (*Paramacrobiotus craterlaki*) sobre um musgo. (Imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 600 vezes; colorida artificialmente.)



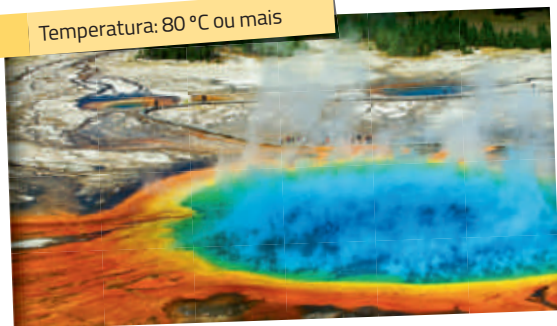
MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA



# Condições para a existência de vida

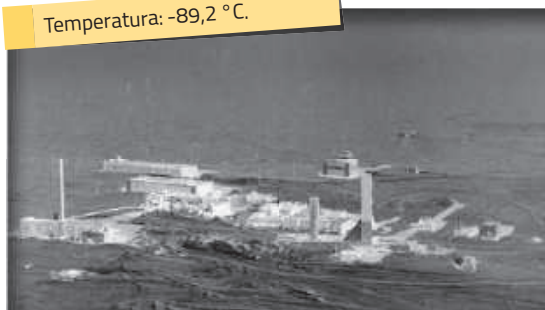
Observe as imagens a seguir.

Temperatura: 80 °C ou mais



» Local: Grand Prismatic Spring, Estados Unidos.

Temperatura: -89,2 °C.



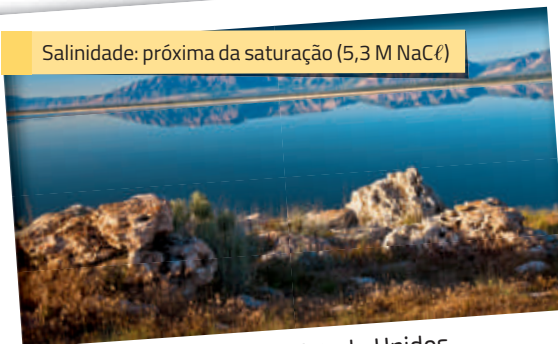
» Local: Lago Vostok, Antártida.

Acidez: pH em torno de 1,5 a 3.



» Local: Rio Tinto, Espanha.

Salinidade: próxima da saturação (5,3 M NaCl)



» Local: Grate Salt Lake, Estado Unidos.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

- 1 Com base nas informações apresentadas nas imagens, você consideraria possível existir vida em algum dos locais mostrados? Por quê?
- 2 Qual a característica em comum presente nestes locais?
- 3 Os organismos extremófilos são classificados conforme os parâmetros de sua resistência às condições do ambiente. Faça uma pesquisa e identifique os principais tipos de extremófilos. Em seguida, associe que tipo de extremófilo vive em cada um dos ambientes mostrados nas fotografias.

Não escreva no livro

A Terra possui os mais variados ambientes. Alguns são mais propícios à biodiversidade, outros apresentam condições limitantes para a maioria dos seres vivos, como os ambientes das fotografias. Contudo, mesmo ambientes de condições extremas podem abrigar seres vivos, que em sua maioria, são microrganismos chamados de **extremófilos**.

Apesar de variadas condições ambientais, algumas são fundamentais para a existência de vida, como veremos neste tema.

# Fatores primordiais para o desenvolvimento da vida na Terra

Determinar quais são as condições necessárias à existência de vida em qualquer parte do Universo não é uma tarefa simples. Mas por meio de estudos baseados nas características da vida na Terra, é possível dizer que, para sua manifestação, é preciso água no estado líquido, uma fonte de energia constante e matéria orgânica. Entretanto estes fatores podem não ser limitantes para o desenvolvimento da vida em outro lugar no Universo.

A Terra orbita uma estrela de longa vida, o Sol, que há bilhões de anos fornece de maneira constante e estável energia térmica (calor) e luminosa (luz) ao planeta. Esse longo tempo de vida do Sol foi, e continua sendo fundamental para que processos relacionados ao início da vida pudessem acontecer, assim como sua evolução até os dias atuais. Estes processos evolutivos vão continuar ocorrendo durante bilhões de anos, até que o Sol inicie seu processo de morte.

A distância na qual a Terra orbita o Sol permite a existência de temperaturas que garantam a presença de água líquida em sua superfície. A manutenção da temperatura média da Terra é outro ponto importante para a manifestação da vida. Esta temperatura média se mantém por meio do efeito estufa, fenômeno natural que ocorre devido à capacidade de alguns gases presentes na atmosfera em absorver o calor. Assim, parte do calor que é irradiado pela superfície terrestre, é absorvido e mantido no planeta.

Durante os primeiros milhões de anos de formação da Terra, o carbono, elemento essencial para a vida como a conhecemos, deveria ter se evaporado, ou permanecido preso no núcleo, por meio de ligações com o ferro. Entretanto não foi isso o que aconteceu. Entre as explicações elaboradas para este fenômeno está a de que o carbono foi incorporado à Terra a partir de pequenos planetas recém formados que colidiram com a Terra e mudaram a dinâmica da estruturação do planeta.

## Saiba mais

“Astrobiologia é um empreendimento científico multidisciplinar, ou seja, envolve diferentes disciplinas científicas, como Biologia, Astronomia, Química, Física, Geologia, em pesquisas que visam responder a questões profundas da curiosidade humana, como a origem da vida, o futuro da vida e se existe vida em outros locais no Universo, além da Terra.”



ARQUIVO PESSOAL

» Dr. Ivan, pesquisador da Nasa, em 2016.

» A presença de água líquida é uma das condições necessárias à existência de vida na Terra. Na imagem, jacarés-do-pantanal (*Caiman sp.*) em Poconé (MT, 2013).

ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS

# Zonas habitáveis

Uma série de fatores foram importantes para o desenvolvimento da vida na Terra. Mas para muitos cientistas, a existência de água líquida é a condição mais importante para possibilitar a existência de vida. A presença de água líquida e as condições que a permitam existir nesse estado físico são utilizadas como parâmetros para a definição de zonas habitáveis.

A **zona habitável** de um sistema planetário, portanto, é a região ao redor de uma estrela cuja radiação emitida permita temperaturas suficientes para que a água seja encontrada no estado líquido. Nesse sentido, os planetas localizados em zonas habitáveis podem conter água líquida, e, conseqüentemente, abrigar vida.

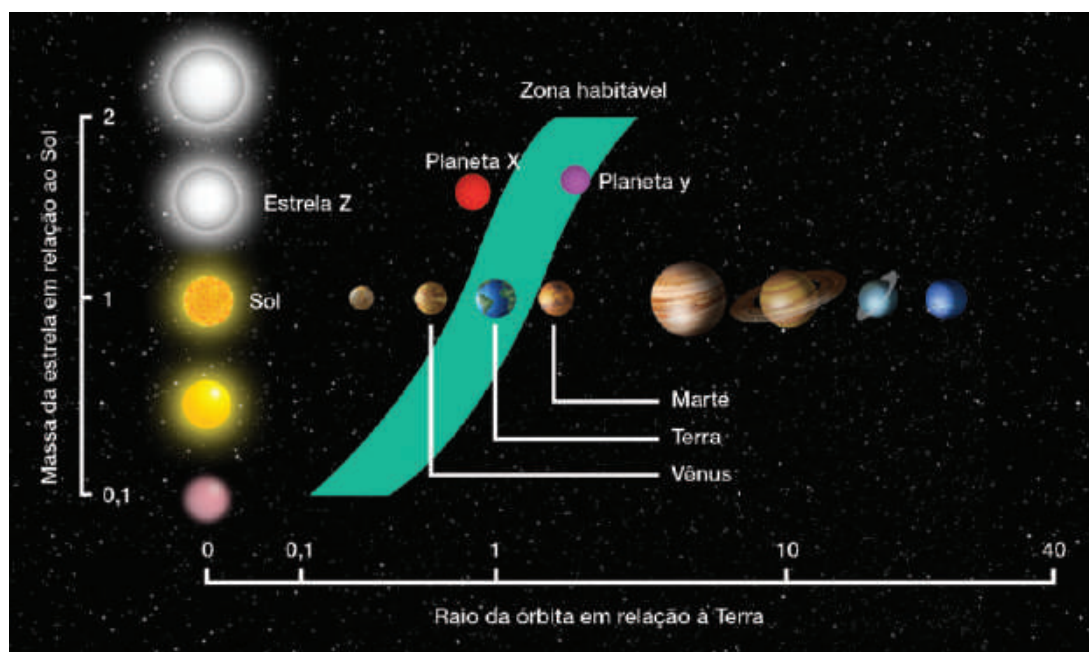
Veja a zona habitável do Sistema Solar representada na ilustração a seguir. Apenas o planeta Terra está localizado nesta faixa de habitualidade. Observe qual seria a zona habitável de outros possíveis sistemas planetários que tivessem estrelas de massa superior ou inferior a do Sol.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.

4 Considere os planetas X e Y que orbitam a estrela Z. Em qual deles existe maior probabilidade de existir vida? Explique sua resposta.

Não escreva no livro

➤ Representação da zona habitável do Sistema Solar em comparação com outras zonas habitáveis ao redor de eventuais estrelas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



GALANTE, D. et al. (Org.). **Astrobiologia: uma ciência emergente**. São Paulo: Tikinet Edição; IAG/USP, 2016. p. 76.

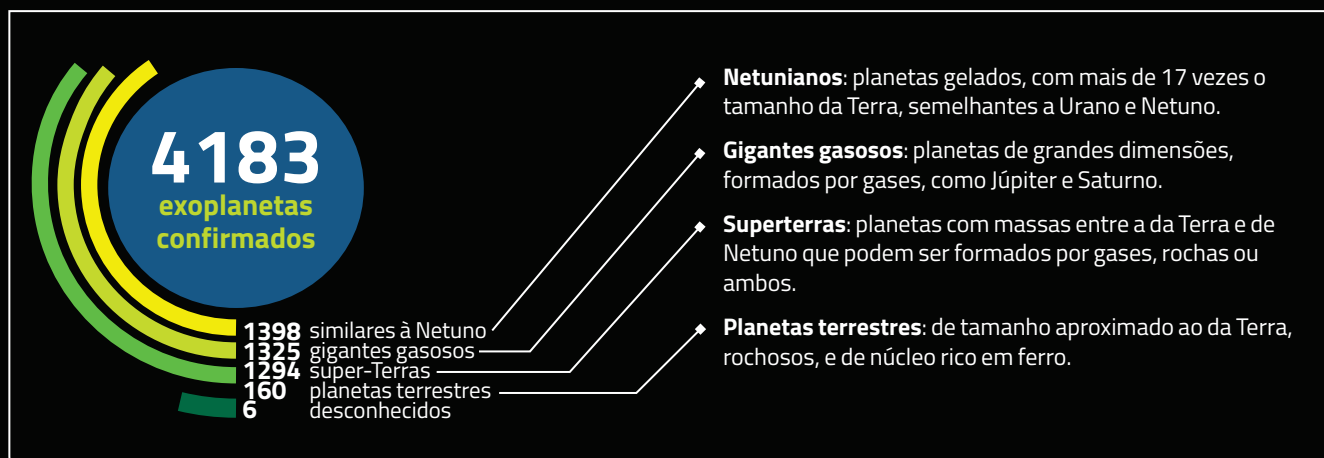
## A busca por vida fora da Terra

Se o principal critério para classificar um astro como tendo condições para abrigar a vida é apresentar água no estado líquido, então a busca por planetas em zonas habitáveis são focos de pesquisas e explorações, incluindo algumas luas de nosso Sistema Solar que podem apresentar essa condição, mesmo estando fora da zona habitável, assim como o planeta Marte.

Alguns cálculos estimam que exista pelo menos um planeta para cada estrela da galáxia. Isso significa que há algo da ordem de bilhões de planetas apenas em nossa galáxia, muitos na faixa de tamanho da Terra. Esses planetas fora do nosso sistema solar são conhecidos como **exoplanetas**.

Até julho de 2020, haviam sido descobertos e confirmados 4 183 exoplanetas. Outros 5 405 candidatos aguardavam confirmações. Para efeito de comparações, os exoplanetas são classificados comparando seus tamanhos com o dos planetas do nosso Sistema Solar.

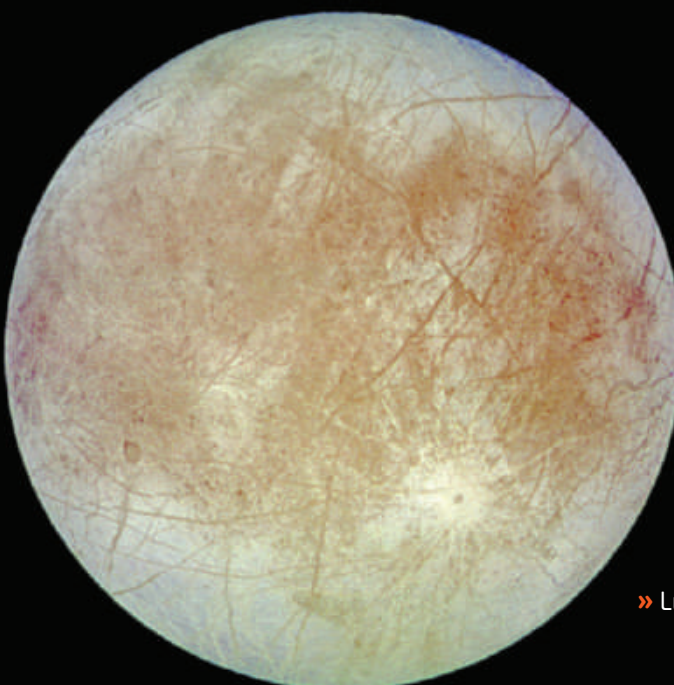
## » Quantidade e tipos de exoplanetas confirmados até julho de 2020



EXOPLANET catalog. *Nasa*, 11 set. 2020. Disponível em: <https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

O satélite natural Europa, uma lua de Júpiter, também tem recebido a atenção dos cientistas que buscam por vida fora da Terra. Há anos já havia sido detectada a presença de água no estado sólido recobrando sua superfície. Estudos mostravam que, provavelmente, abaixo da camada de gelo existiria água líquida. Contudo, em 2019, veio a confirmação: de fato, existe água líquida na lua Europa. E mais, assim como os oceanos da Terra, é possível que exista cloreto de sódio na composição desta água. Essas evidências aumentam as possibilidades de existir vida na lua Europa.

NASA/JPL/DLR/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA



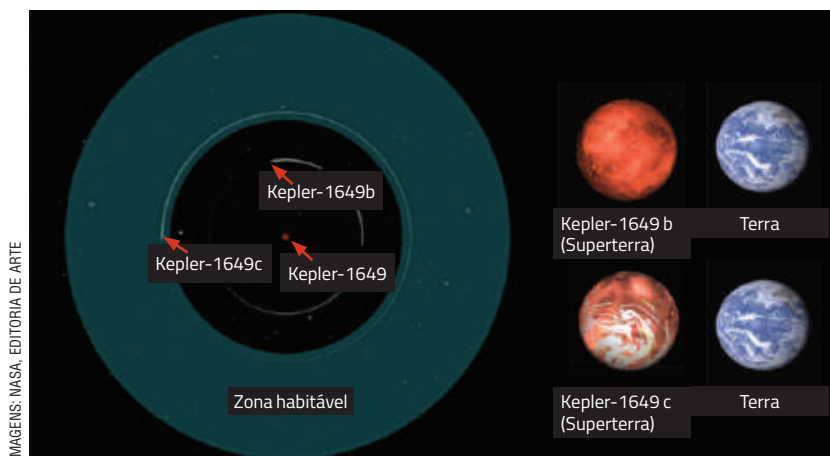
» Lua Europa.

1. O que é uma zona habitável?
2. Quais condições foram primordiais para o desenvolvimento de vida na Terra?
3. Há cerca de 7 bilhões de pessoas no mundo. Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), esse número pode chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050. Uma das preocupações referentes ao crescimento populacional é o esgotamento de recursos no planeta, além dos impactos provocados por atividades humanas, como as mudanças climáticas. Esses fatos geram controvérsias na comunidade científica, relacionados ao alto investimento em alguns setores de pesquisa, como em missões espaciais.

Forme um grupo com seus colegas e realizem uma pesquisa a respeito das controvérsias mencionadas. Registrem as informações pesquisadas em seu caderno e manifestem suas opiniões. Por fim, organizem um debate com a turma a respeito do assunto.

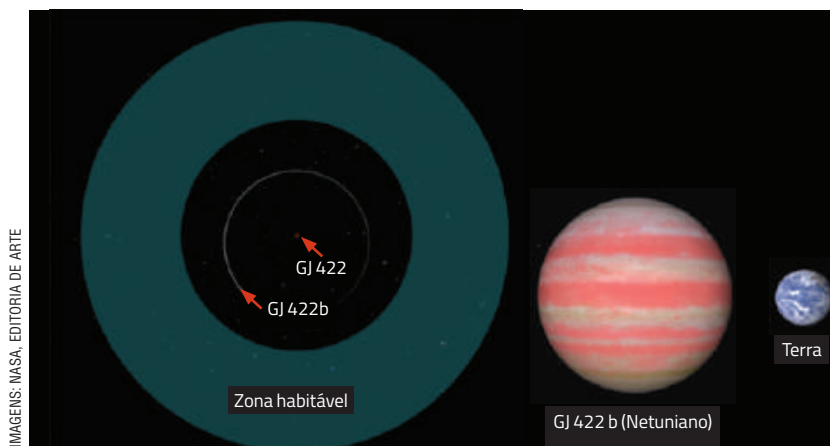
4. Analise as representações dos sistemas planetários a seguir.

» Sistema planetário Kepler-1949.



EYES on exoplanets. **Nasa**, [20--]. Disponível em: <https://exoplanets.nasa.gov/eyes-on-exoplanets/#/system/Kepler-1649/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

» Sistema planetário GJ 422.



EYES on exoplanets. **Nasa**, [20--]. Disponível em: [https://exoplanets.nasa.gov/eyes-on-exoplanets/#/system/GJ\\_422/](https://exoplanets.nasa.gov/eyes-on-exoplanets/#/system/GJ_422/). Acesso em: 14 ago. 2020.

Com base nas representações e de seus conhecimentos, responda.

- a) Cite algumas características dos planetas Kepler-1649 b, Kepler-1649 c e GJ 422 b.
- b) Em qual dos sistemas planetários existe maior probabilidade de se identificar a presença de vida? Justifique sua resposta.
- c) As estrelas de ambos os sistemas planetários (Kepler-1649 e GJ 422) são anãs-vermelhas. Realize uma pesquisa de algumas características das anãs-vermelhas e registre-as em seu caderno.

# Origem da vida na Terra



GERSON GERLOFFPULSAZ/IMAGENS

» Indígena Kaingang.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

**1** Você conhece outros mitos ou lendas que falam sobre a origem da vida? Se sim, compartilhe-os com seus colegas.

Não escreva no livro

O surgimento da vida é um dos assuntos que desperta o interesse humano desde tempos antigos. Diversos povos criaram explicações próprias sobre como os seres vivos surgiram em nosso planeta, baseados em crenças e costumes de sua cultura. Veja, por exemplo, o mito dos indígenas brasileiros Kaingang sobre a origem da vida.

A tradição dos Kaingang afirma que os primeiros da sua nação saíram do solo; por isso têm cor de terra. Numa serra, [...] no sudeste do estado do Paraná, dizem eles que ainda hoje podem ser vistos os buracos pelos quais subiram. Uma parte deles permaneceu subterrânea; essa parte se conserva até hoje lá e a ela se vão reunir as almas dos que morrem, aqui em cima. Eles saíram em dois grupos chefiados por dois irmãos, Kayrú e Kamé [...]

Como esses dois irmãos com a sua gente foram os criadores das plantas e dos animais, e povoaram a Terra com os seus descendentes, tudo neste mundo pertence ou à metade Kayrú ou à metade Kamé [...]

[...]

CONSELHO DE MISSÃO ENTRE POVOS INDÍGENAS (COMIN). Disponível em: <https://comin.org.br/wp-content/uploads/2019/08/MITOS-KAINGANG.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

Os fenômenos que se relacionam à vida também despertam a curiosidade do ser humano desde tempos antigos. Além de constituírem parte de sua cultura, também são objeto de estudo da comunidade científica. Nesse sentido, diversos questionamentos já foram levantados, entre eles: como teria se dado o surgimento da vida na Terra? E como ela teria se modificado desde então? Com o desenvolvimento da tecnologia e o avanço dos estudos, muitas dessas perguntas puderam ser respondidas, assim como outras ainda mantêm lacunas que incentivam os pesquisadores a buscar respostas.

Neste tema, estudaremos alguns aspectos relacionados à origem da vida, conhecendo diferentes explicações já propostas para tentar explicar esse fenômeno.

**2** Considerando que o tempo de gestação dos ratos é de 18 a 21 dias, elabore uma hipótese sobre como seria possível filhotes de ratos aparecerem em meio a roupas e milhos.

Não escreva no livro

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.



» Retrato do naturalista italiano Francesco Redi (1626-1697).

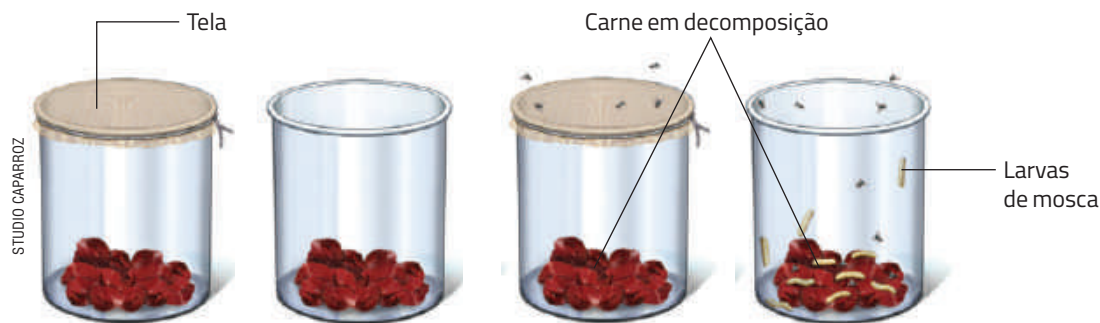
## Abiogênese versus biogênese

Atualmente, sabe-se que a reprodução é o mecanismo de surgimento de um novo ser vivo. Entretanto, durante muitos séculos, desde a Grécia Antiga, era comum o pensamento de que os seres vivos poderiam ser formados a partir da matéria inanimada, ideia denominada de **geração espontânea**, ou **abiogênese**.

Diversos filósofos e cientistas buscaram testar hipóteses deste tipo, como o médico belga Jean Baptiste van Helmont (1577-1644). Ele afirmava que ao colocar camisas sujas de suor e espigas de milho em uma caixa, tempos depois surgiam ratos na caixa. Ele deduziu que estes animais teriam surgido espontaneamente a partir das camisas e das espigas.

### O experimento de Redi

Alguns cientistas rejeitavam a ideia da geração espontânea. Um deles era o naturalista italiano Francesco Redi (1626-1697). Para refutar a geração espontânea, Redi realizou diversos estudos. O mais famoso foi feito da seguinte maneira: ele colocou pedaços de carne crua no interior de recipientes de vidro, mantendo alguns cobertos com uma tela e outros abertos. Após alguns dias, Redi percebeu que surgiram larvas sobre a carne que estava nos recipientes abertos, enquanto nada apareceu sobre a carne que estava nos recipientes cobertos com tela.



» Representação do experimento de Redi. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Com esse experimento, Redi concluiu que as larvas de mosca observadas sobre a carne dos recipientes abertos eclodiram dos ovos colocados ali por moscas adultas, o que não ocorreu nos recipientes fechados por tela porque as moscas não conseguiam entrar. Esse resultado contribuiu para contestar a ideia da geração espontânea, que defenderia que as larvas das moscas teriam surgido espontaneamente da matéria não viva.

Após o experimento de Redi, reconheceu-se que seres macroscópicos poderiam surgir apenas de outros seres vivos, e não espontaneamente.



## O experimento de Pasteur

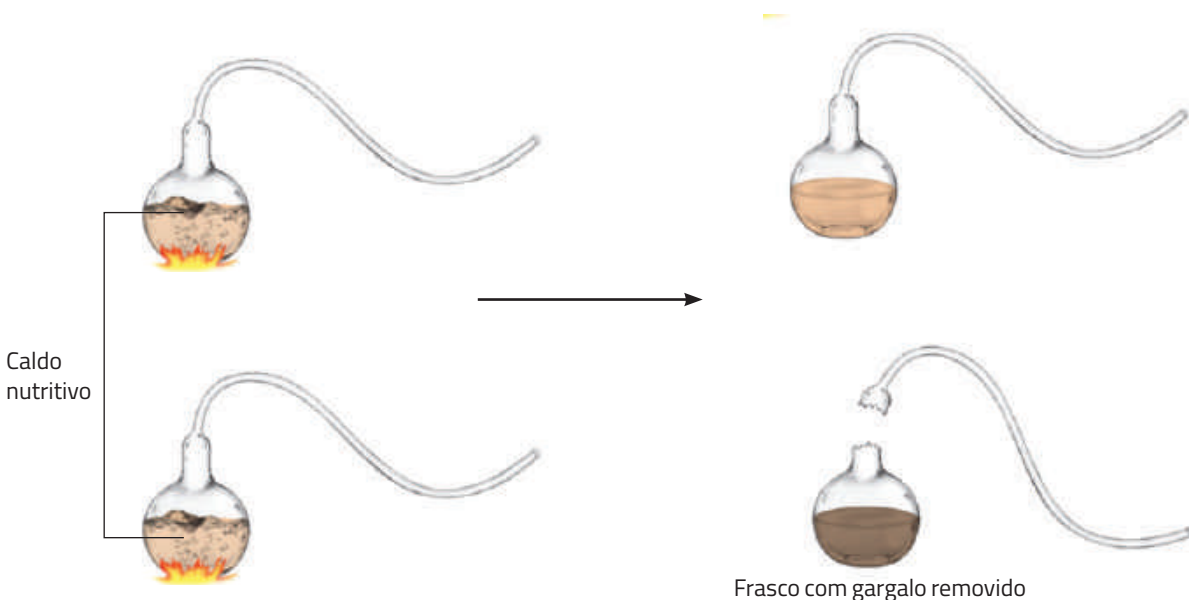
Mesmo com a contribuição de Redi, a origem dos seres microscópicos não estava tão clara assim; muitos acreditavam que os microrganismos poderiam originar-se de maneira espontânea. Mas, em 1862, o microbiologista e químico francês Louis Pasteur (1822-1895) realizou um importante experimento que argumentava contra essa ideia.

Em seu experimento, Pasteur colocou um caldo à base de carne no interior de frascos de vidro e os submeteu à fervura por alguns minutos, de modo que os microrganismos ali presentes fossem eliminados. Na sequência, com fogo, Pasteur modelou o gargalo dos frascos, tornando-os curvos e alongados como “pescoços de cisne”. Dessa forma, a passagem de ar para o interior do frasco era permitida, mas a poeira e os microrganismos eram impedidos de chegar ao caldo, pois ficavam retidos na curvatura do gargalo.

Pasteur, então, retirou o gargalo de alguns frascos e manteve outros intactos. Com o passar dos dias, ele observou que a cor do caldo dos frascos cujos gargalos haviam sido removidos tinha sido alterada. Isso ocorreu porque, na ausência do gargalo curvo, microrganismos puderam entrar em contato com o caldo e se multiplicar. Já nos frascos intactos, os microrganismos eram barrados nas paredes do frasco, não entravam em contato com o caldo nutritivo e não se reproduziam, por isso a cor do caldo não se alterava.



» Retrato do microbiologista e químico francês Louis Pasteur (1822-1895).



LUIS MOURA

Com os resultados do experimento de Pasteur e o avanço dos estudos científicos, ficou comprovada a **biogênese**, isto é, que os seres vivos somente se originam a partir de outros, por meio da reprodução, mesmo no caso dos microrganismos.

» Representação do experimento de Pasteur. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

# A origem do primeiro ser vivo

Após a consolidação da biogênese, outra importante questão foi levantada na comunidade científica: se todos os seres vivos surgem a partir de outro, como teria se originado o primeiro ser vivo da Terra? Diversas explicações foram e continuam sendo levantadas na tentativa de responder essa questão. Vejamos algumas delas.



ALEKSANDR GRINBERG/FOTOSOYUZ/GETTY IMAGES

Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980).



UNIVERSAL HISTORY / ARCHIVE/GETTY

» John B. S. Haldane (1892-1964).

» Representação artística da superfície da Terra primitiva, onde erupções vulcânicas e tempestades seriam frequentes.

## A hipótese de Oparin e Haldane

Na década de 1920, o bioquímico russo Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980) e o biólogo britânico John B. S. Haldane (1892-1964) elaboraram, de forma independente, uma hipótese muito similar a respeito da origem da vida na Terra. Segundo essa hipótese, a vida teria surgido em nosso planeta por meio de uma combinação de elementos químicos presentes na Terra primitiva há bilhões de anos.

Eles propunham que a atmosfera primitiva seria composta pelos gases metano ( $\text{CH}_4$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e vapor-d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Como não havia gás oxigênio na atmosfera, também não existia camada de ozônio e, portanto, a Terra não tinha proteção contra a radiação ultravioleta emitida pelo Sol. Assim, a radiação solar e as descargas elétricas de tempestades, que, então, eram muito frequentes, seriam fonte de energia para diversas reações químicas que poderiam ocorrer entre os componentes da atmosfera. No caso, tais reações teriam permitido a formação das primeiras moléculas orgânicas.

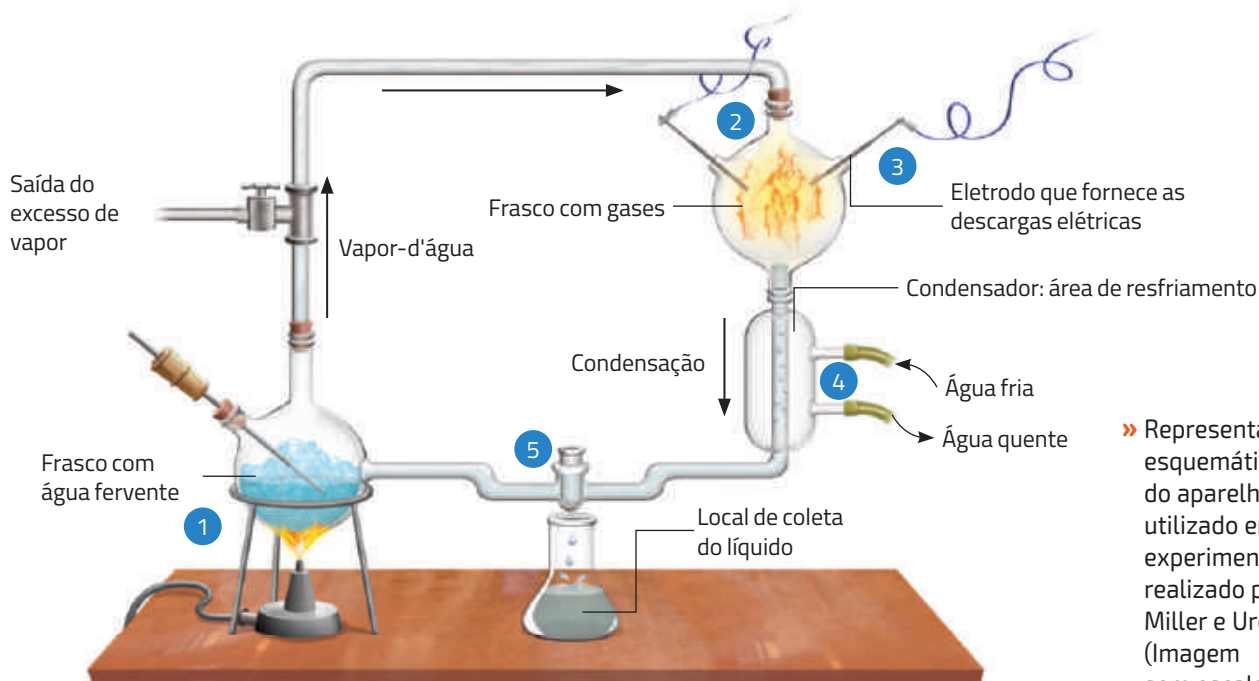
### Saiba mais

A **camada de ozônio** está localizada na estratosfera, camada da atmosfera situada entre aproximadamente 12 e 50 quilômetros acima da superfície terrestre. Ela é uma camada constituída por gás ozônio ( $\text{O}_3$ ) e confere proteção contra o excesso de radiação ultravioleta (UV) emitida pelo Sol, radiação, essa, danosa aos seres vivos.

Essas moléculas teriam se acumulado inicialmente na água de poças à beira do mar, que, por meio de interações químicas, teriam formado aglomerados que mantinham um ambiente interno diferente do externo. Esses aglomerados, denominados **coacervados**, eram capazes de absorver substâncias do ambiente. Assim, propuseram que as primeiras células teriam se originado a partir dos coacervados.

Em 1953, os norte-americanos Stanley Miller (1930-2007) e Harold Urey (1893-1981) testaram a hipótese de Oparin e Haldane em laboratório. Em seu experimento, eles criaram um ambiente fechado que simularia as condições que teriam existido na Terra primitiva segundo Oparin e Haldane.

Acompanhe na imagem a seguir, uma representação de como eles fizeram isso. Um frasco com água (1) era aquecido, liberando vapor-d'água ao frasco ao qual estava conectado, que continha os gases metano, amônia e hidrogênio (2). Descargas elétricas eram fornecidas ao sistema por meio de eletrodos (3). Um condensador (4) era utilizado para resfriar os gases e o líquido condensado era coletado em outro frasco (5).



» Representação esquemática do aparelho utilizado em experimento realizado por Miller e Urey. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

PURVES, W. K. *et al.* **Vida:** a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 452.

Quando analisaram o líquido coletado, Miller e Urey identificaram a presença de moléculas orgânicas, que até então, acreditava-se serem produzidas apenas por células vivas. Entre elas, moléculas encontradas nos seres vivos, como aminoácidos, que formam as proteínas.

O resultado de Miller e Urey reforçou a hipótese de Oparin e Haldane, no entanto, não é suficiente para validar ou refutar essa hipótese, visto que, até agora, nenhum cientista foi capaz de produzir um ser vivo em laboratório partindo de moléculas simples. Além disso, evidências recentes sugerem que a composição da atmosfera primitiva seria de principalmente gás nitrogênio ( $N_2$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), diferentemente da hipótese proposta por Oparin e Haldane.

Mesmo assim, a hipótese de Oparin e Haldane e o experimento de Miller e Urey foram importantes passos para as pesquisas sobre a origem do primeiro ser vivo na Terra.

Nas décadas seguintes, os pesquisadores que estudavam a origem da vida se dividiram em três linhas de pensamento, cada qual composta por cientistas que acreditavam que a vida teria se iniciado: a partir da capacidade de replicação de um material genético; a partir do surgimento do metabolismo; ou, a partir do surgimento de sistemas compartimentalizados. Cada uma dessas ideias será apresentada a seguir.

» A reprodução é uma das características comuns aos seres vivos.

As primeiras moléculas de RNA possivelmente foram instáveis e degradadas rapidamente, até o surgimento de moléculas estáveis. A hipótese "Mundo de RNA" é uma das hipóteses consideradas que a capacidade de replicação de um material genético surgiu primeiro.



## A capacidade de replicação veio primeiro

Desde a década de 1960 até os dias de hoje, existe um grupo de cientistas que acredita que a vida teria se iniciado a partir de moléculas de material genético capazes de produzir cópias de si mesmas (autorreplicação). Essas moléculas poderiam ter sido o RNA (ácido ribonucleico) ou o DNA (ácido desorribonucleico).

Para muitos deles, a vida teria se iniciado a partir de moléculas de RNA. Nesse sentido, supõe-se que as primeiras moléculas de RNA teriam surgido a partir de algumas reações químicas entre moléculas orgânicas existentes na Terra primitiva.

Para que essas moléculas dessem continuidade às informações genéticas que carregavam, era preciso que fossem capazes de produzir cópias de si mesmas. Assim, em algum momento, teriam surgido moléculas de RNA capazes de se autorreplicar, iniciando um mecanismo de transmissão de informações genéticas – assim como ocorre atualmente entre as gerações dos seres vivos, por meio da reprodução.

O fato que embasa essas ideias é de que todo organismo vivo é capaz de se reproduzir, e a existência de sua espécie depende da transmissão das informações genéticas entre as gerações.

## O metabolismo veio primeiro

Na mesma época, uma ideia que ganhou força entre os pesquisadores era a de que redes de reações metabólicas, relacionadas ao aproveitamento de energia, teriam originado a vida. Nesse sentido, os primeiros seres vivos não seriam nada parecidos ao que conhecemos hoje: não seriam formados por células, nem apresentariam moléculas de DNA ou RNA.

Acredita-se que ciclos de reações metabólicas teriam surgido em determinado momento. Nesses ciclos, um produto é convertido em uma série de outros produtos, até que o produto original seja formado novamente. Portanto, haveria transformações de energia, que poderiam ser utilizadas para reiniciar o ciclo ou para outros fins, como a formação das primeiras moléculas orgânicas.

Parte dos cientistas acredita que essas redes metabólicas teriam se formado em aberturas similares às fontes hidrotermais localizadas no fundo dos oceanos. Atualmente, diversos seres vivos, como bactérias, crustáceos, anelídeos, entre outros, são encontrados vivendo ao redor das fontes hidrotermais, utilizando compostos aí presentes como fonte principal de energia.

Assim, a ideia de que o metabolismo veio primeiro é sustentada pelo fato de que antes de se reproduzir, um organismo vivo precisa ser autossustentável, isto é, capaz de se manter vivo. Isso é possível devido às reações do metabolismo.

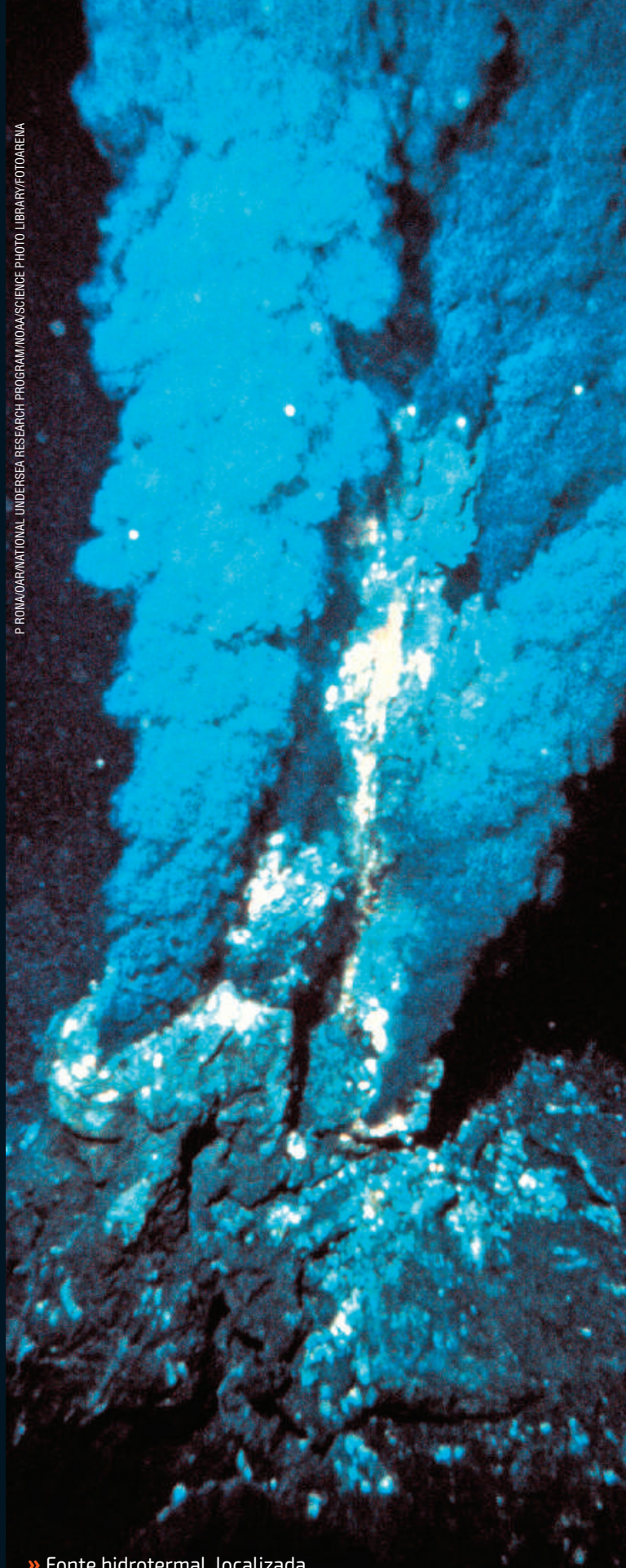
## Os compartimentos vieram primeiro

Alguns cientistas acreditavam na ideia de que a vida teria surgido a partir da compartimentalização, isto é, a partir da formação de pequenos compartimentos delimitados externamente por uma membrana, similares a formas primitivas de células. Assim como Oparin propôs, as condições da Terra primitiva teriam possibilitado a formação de matérias-primas que teriam se reunido em “protocélulas”.

A ideia relacionada à compartimentalização baseia-se no fato de que seria difícil configurar a replicação do RNA ou um metabolismo ativo, sem ter um sistema compartimentalizado para reunir todas as moléculas associadas a esses processos.

Assim, para esse grupo de cientistas, primeiramente seria necessário a existência de um compartimento para originar a vida. Neste caso, a ideia principal é a de que todas as células são delimitadas externamente por uma membrana celular, e, que, sem ela, as células morrem.

P. ROMANO/NATIONAL UNDERSEA RESEARCH PROGRAM/NOAA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTARENA



» Fonte hidrotermal, localizada no Oceano Atlântico.

## Afinal, como a vida teria surgido na Terra?

Todas as linhas de pensamento a respeito da origem da vida na Terra contribuíram para a construção de grande parte dos conhecimentos sobre o assunto. Contudo, sozinhas, estas ideias ainda não são capazes de explicar como a vida teria ocorrido, de fato. Cada uma delas enfrenta uma série de questões que ainda não são capazes de responder.

Uma tendência mais recente de estudos parte de uma abordagem unificada, na tentativa de explicar que todos esses componentes teriam “surgido primeiro”. Partindo das reações ocorridas em um mesmo conjunto de compostos químicos presentes na Terra primitiva, uma célula primitiva teria sido formada, com material genético e um envoltório lipídico. Essa célula primitiva deveria apresentar algum tipo de metabolismo simples, pois sua sobrevivência dependeria da obtenção de energia do ambiente. Assim, “tudo” teria se formado “primeiro”.

Apesar de ainda oferecer uma narrativa superficial, essa tendência foi construída a partir de décadas de estudos, considerando partes de cada uma das linhas de pensamento anteriormente apresentadas.

Essa tendência ganhou força com os estudos desenvolvidos pelo químico britânico John David Sutherland (1962-). Sutherland foi capaz de produzir, em laboratório, os precursores para a formação de moléculas de RNA e de moléculas de lipídios, partindo de um mesmo conjunto de compostos químicos e de condições que poderiam estar presentes na Terra primitiva.



DUNCAN HULL/WIKIMEDIA

Mas, afinal, como a vida teria surgido na Terra? Responder essa pergunta não é uma tarefa fácil ou simples, pois não se pode saber ao certo o que ocorreu há bilhões de anos. Mas, as pesquisas continuam caminhando, buscando cada vez mais evidências que possibilitem aos cientistas se aproximarem do que possa ter ocorrido nesse cenário.

» Químico britânico John David Sutherland (1962-).

# Evolução das células

Ainda não se sabe qual teria sido a origem do primeiro ser vivo, tampouco como as primeiras células teriam se formado. No entanto, as mais antigas evidências de vida em nosso planeta datam 3,5 bilhões de anos atrás. No caso, essas evidências são os **estromatólitos**, rochas sedimentares produzidas pela atividade de seres procariontes primitivos. Isso significa que, possivelmente, a vida teria surgido muito antes dessa data.

Os estromatólitos sugerem que as células procarióticas já estariam presentes na superfície do planeta há 3,5 bilhões de anos. Estudos apontam que as células eucarióticas tenham surgido por volta de 1,8 bilhões de anos, a partir de uma célula procariótica ancestral.

No entanto, como as complexas estruturas das células eucarióticas, como o envoltório nuclear, as mitocôndrias e os cloroplastos, teriam se formado? Existem diversas hipóteses para a explicação de como as células eucarióticas evoluíram, portanto, ela ainda está em discussão na comunidade científica.

## Saiba mais

Há uma hipótese na comunidade científica de que o último ancestral comum a todos seres vivos teria existido entre 4 e 3 bilhões de anos atrás, o qual foi denominado LUCA (sigla para "*Last Universal Common Ancestral*", ou, "último ancestral comum universal"). LUCA não se refere a um exemplar específico, mas a uma forma de vida unicelular, que apresentaria compartimentalização por membrana e teria armazenado informações genéticas em moléculas de RNA. LUCA não teria sido a primeira forma de vida a existir no planeta, mas o ancestral de toda a vida subsequente.

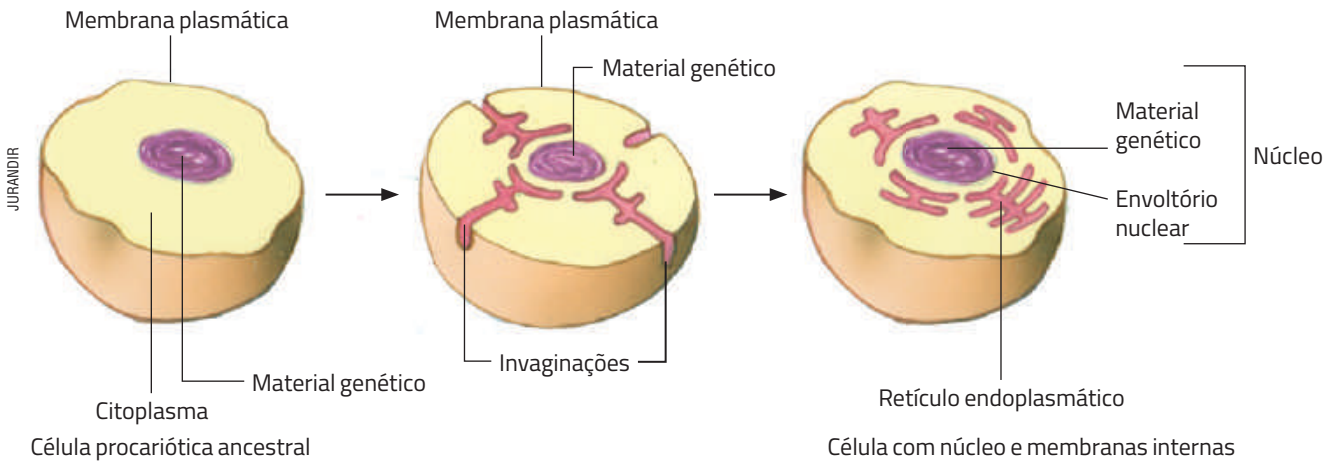
## Saiba mais

As **células procarióticas** possuem material genético disperso no citoplasma e não apresentam estruturas membranosas em seu interior, como cloroplastos e mitocôndrias. Atualmente, são representadas pelas bactérias e pelas arqueas. As **células eucarióticas** possuem material genético organizado no interior de um núcleo e apresentam estruturas membranosas em seu interior, como os cloroplastos e as mitocôndrias. Atualmente, são representadas por protozoários, algas e fungos unicelulares, além de formarem o corpo de algas e de fungos pluricelulares, de plantas e de animais.

» Estromatólitos. (Shark Bay, Austrália.)



Uma das hipóteses aceita por parte dos cientistas é que invaginações da membrana plasmática de células procarióticas teriam formado algumas organelas, como o retículo endoplasmático, além do envoltório nuclear, estrutura que separa o material genético do citoplasma.



PURVES, W. K. *et al.* **Vida: a ciência da Biologia**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 478.

Quanto à origem das mitocôndrias e dos cloroplastos, muitos cientistas acreditam que ela possa ser explicada pela **hipótese da endossimbiose**, primeiramente proposta pela bióloga norte-americana Lynn Margulis (1938-2011).

De acordo com essa hipótese, as mitocôndrias e os cloroplastos teriam sido formados a partir de células procarióticas que teriam sido englobadas por outras células maiores e, por algum motivo, não teriam sido degradadas, estabelecendo, assim, uma relação benéfica com ela. Com o passar do tempo, as células englobadas teriam dado origem às mitocôndrias e aos cloroplastos.

Contudo, como as mitocôndrias estão presentes em todos os eucariotes e os cloroplastos apenas em parte deles, como nas plantas e em algumas algas, acredita-se que a evolução das células eucarióticas tenha ocorrido por meio de uma sequência de eventos. Essa sequência de eventos evolutivos é explicada pela endossimbiose serial.

Nesse sentido, uma célula procariótica ancestral teria englobado células procarióticas que metabolizavam gás oxigênio e não as teria degradado, por algum motivo. As células englobadas teriam sido mantidas no citoplasma da célula hospedeira, recebendo proteção e alimento. Sua capacidade de metabolizar gás oxigênio aumentaria a eficiência energética da célula hospedeira. Essa associação benéfica para ambas as células teria perdurado, e células englobadas teriam dado origem às atuais mitocôndrias.

MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD

REPRODUÇÃO PROIBIDA

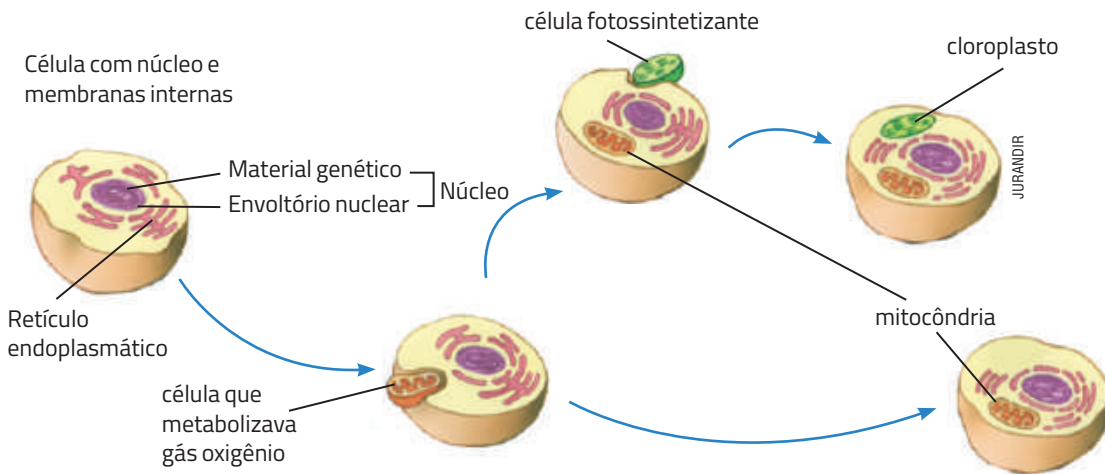


NANCY R. SCHIFF/GETTY IMAGES

» Bióloga norte-americana Lynn Margulis (1938-2011).



Então, uma célula que já possuía mitocôndrias, teria englobado células procarióticas fotossintetizantes e não as teria degradado, por algum motivo. Similarmente, as células englobadas teriam sido mantidas no citoplasma da célula hospedeira, recebendo proteção e alimento. Sua capacidade fotossintetizante também aumentaria a eficiência energética da célula hospedeira. Essa associação benéfica teria perdurado, e as células englobadas teriam dado origem aos atuais cloroplastos.



» Representação esquemática do modelo da endossimbiose serial. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

PURVES, W. K. *et al. Vida: a ciência da Biologia*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 478.

Entre as evidências que sustentam essa hipótese, estão o fato de as mitocôndrias e os cloroplastos possuírem seu próprio material genético e ribossomos, estruturas que apresentam grande semelhança com o material genético e os ribossomos de algumas bactérias. Além disso, a presença de duas ou mais membranas, sendo a mais interna similar à membrana dos procariontes.

## A origem dos seres pluricelulares

Os **seres unicelulares** são aqueles formados por uma única célula, capaz de realizar todas as funções necessárias à sua sobrevivência. Atualmente, são representados pelos procariontes e por parte dos eucariontes, como os protozoários, algumas algas e alguns fungos. Diferentemente, os **seres pluricelulares** são aqueles formados por mais de uma célula, as quais se organizam em grupos especializados, que desempenham diferentes funções. Atualmente, são representados apenas por parte dos eucariontes, como algumas algas, alguns fungos, as plantas e os animais.

Também não existe um consenso na comunidade científica quanto à origem da pluricelularidade. Parte dos pesquisadores acreditam que ela tenha surgido a partir de células eucariontes que, após se dividirem, teriam sido mantidas unidas. De alguma forma, essas células teriam passado a funcionar de forma cooperativa, de modo que não seriam mais capazes de viver independentemente.

Registros fósseis indicam que eucariontes pluricelulares já existiam por volta de 1,2 bilhões de anos, sendo que os fósseis de animais mais antigos datam de 558 milhões de anos atrás.

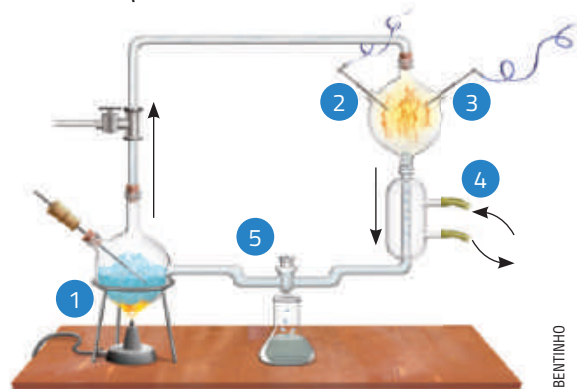
1. A criação do mundo é explicada por vários povos e diferentes culturas. Uma dessas versões corresponde à lenda chinesa de Pan Gu. De acordo com ela, Pan Gu dormia no interior de uma bola cósmica que seria equivalente ao Universo, muito similar a um ovo. Com o passar do tempo, Pan Gu despertou de seu sono profundo e quebrou a casca do ovo. Uma das partes do ovo teria se sedimentado e formado a Terra; a outra, teria dado origem ao restante do Universo. O corpo de Pan Gu sustentava a Terra e o Universo, de modo que não se unissem novamente. Após milhares de anos, Pan Gu teria se esgotado e seu grande corpo teria caído no chão. Após a morte de Pan Gu, partes de seu corpo começaram a se transformar: um dos olhos deu origem ao Sol e o outro, à Lua; sua respiração transformou-se nos ventos e nas nuvens; sua voz deu origem a raios e trovões; seus cabelos e barba viraram as grandes florestas etc. Finalmente, os animais e outros seres vivos teriam se originado a partir do que restava de vida em seu espírito.

A respeito do assunto, faça o que se propõe a seguir.

- Faça uma pesquisa e compare os princípios seguidos por mitos e lendas e os princípios seguidos pelos conhecimentos científicos.
  - De acordo com a lenda de Pan Gu, qual teria sido a origem dos seres vivos na Terra?
  - A origem da vida na Terra ainda não é completamente explicada pela comunidade científica. Contudo, existem três linhas de pensamento difundidas entre os cientistas, e que buscam explicar como ela teria ocorrido. Quais são elas? Com suas palavras, explique-as resumidamente.
  - Forme um grupo com seus colegas e pesquisem outros mitos e lendas a respeito da origem da vida. Após a pesquisa, organizem uma apresentação de teatro ou gravem um curta metragem sobre a lenda ou mito escolhido.
2. As composteiras representam formas de reaproveitamento de resíduos para a produção de adubo. Nelas são depositados resíduos orgânicos, como restos de alimentos e cascas de frutas. Com o tempo, os microrganismos realizam sua decomposição, transformando-os em um material rico em nutrientes que pode ser utilizado para a produção de cultivos. É comum em composteiras, mesmo que muito bem tampadas, o aparecimento de larvas de moscas.

A respeito do assunto, responda as questões a seguir.

- Há centenas de anos, como poderia ser explicado o surgimento de larvas de moscas em composteiras?
  - Hoje sabemos que a explicação mencionada em sua resposta ao item (a) não é aceita pela comunidade científica. Dessa forma, explique o que pode levar ao surgimento de larvas em composteiras.
  - Explique de que forma a explicação mencionada em sua resposta ao item (a) foi contestada pelos experimentos de Redi.
  - Explique de que forma a explicação mencionada em sua resposta ao item (a) foi contestada pelos experimentos de Pasteur.
  - Qual a ideia aceita atualmente para a origem dos seres vivos? Explique.
3. Com suas palavras, explique como teria ocorrido a origem dos seres pluricelulares.
4. Os experimentos dos pesquisadores estadunidenses Miller e Urey ficaram conhecidos pela comunidade científica por terem sido capazes de produzir moléculas orgânicas, que, até então, acreditava-se serem produzidas apenas por células vivas. O esquema a seguir representa a montagem de seus experimentos.



Os experimentos desses pesquisadores testaram a hipótese de Oparin e de Haldane a respeito da origem do primeiro ser vivo na Terra. Considerando seus conhecimentos sobre o tema, responda às questões a seguir.

- Explique a hipótese formulada por Oparin e Haldane.
- Identifique os itens 1 a 5 do esquema e explique como ocorreu o experimento de Miller e de Urey.
- Com esse experimento, Miller e Urey foram capazes de comprovar a hipótese de Oparin e de Haldane? Justifique sua resposta.

# Classificação dos seres vivos

Observe a fotografia a seguir de um animal conhecido popularmente por muçum.

**1** Analisando a imagem, como você classificaria o muçum? Converse com seus colegas sobre quais critérios você utilizou para chegar a sua resposta.

**2** Como você imagina que os cientistas são capazes de diferenciar as espécies de seres vivos?

Não escreva no livro

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.



FABIO COLOMBINI

» Muçum (*Synbranchus marmoratus*). Indivíduos adultos dessa espécie podem atingir mais de 1 metro de comprimento.

Classificar significa fazer um agrupamento por semelhanças partindo de critérios pré-estabelecidos. Ela é uma ação realizada pelos seres humanos desde tempos antigos e está presente em diversos setores de nossa vida, inclusive na área científica. Nas Ciências da Natureza, por exemplo, é necessário classificar os seres vivos em grupos, de modo que possamos estudá-los mais a fundo e compreender suas relações. Para tanto, os cientistas consideram aspectos morfológicos, moleculares e genéticos dos seres vivos.

No exemplo acima, o muçum pode ser visualmente confundido com uma serpente devido ao aspecto alongado e cilíndrico de seu corpo. No entanto, o muçum não é considerado uma serpente, pois apresenta poucas características similares a elas. O muçum é um peixe, apresenta nadadeira caudal e brânquias, estruturas ausentes nas serpentes. Elas, por sua vez, apresentam mandíbula muito flexível e grande número de vértebras, além de trocarem a pele ao longo da vida, características que o muçum não apresenta.

Neste tema, iremos estudar a importância da classificação dos seres vivos para seu estudo na área das Ciências da Natureza, bem como diferentes propostas de classificação deles.

# Nomenclatura e classificação dos seres vivos

Apesar de não conhecermos ao certo como a vida teria se iniciado na Terra, sabemos que ela se diversificou, desde então. Espécies foram extintas, assim como muitas outras surgiram, resultando na grande diversidade de seres vivos que vemos nos dias de hoje. Compreender esses eventos é muito importante para entendermos como se deu a evolução da vida em nosso planeta. Para que isso possa ser feito, é necessário nomear e classificar as espécies de seres vivos. Mas, afinal, o que é uma espécie?

Existem diversas definições para o conceito de **espécie**. Nesta obra, adotaremos o conceito biológico de espécie, formulado pelo alemão Ernst Mayr (1904-2005). De acordo com esse conceito, uma espécie de seres vivos é um grupo de populações capazes de compartilhar informações genéticas durante o processo de reprodução. Dessa maneira, espécies diferentes estão reprodutivamente isoladas, pois não ocorre esse fluxo gênico entre seus membros.

No cotidiano, a referência às espécies ocorre por seus nomes populares, que podem variar conforme a região de um país ou entre países. Por exemplo, a espécie *Equus asinus* é conhecida popularmente por jumento, asno, jegue e jericó, dependendo da região considerada do Brasil.

» *Equus asinus*, conhecido popularmente por jumento, asno, jegue e jericó.



» *Equus asinus*, conhecido popularmente por jumento, asno, jegue e jericó.



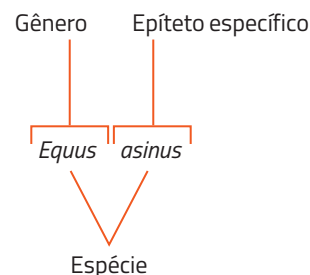
Para não haver confusões na comunidade científica, atribui-se um nome científico a cada espécie, que se mantém invariável independentemente do local do planeta. Isso facilita a realização e o compartilhamento de estudos.

A nomenclatura científica segue como base a **nomenclatura binomial**, criada pelo médico e botânico sueco Carl von Linnæus (1707-1778), conhecido por Lineu.

» Retrato do médico e botânico sueco Carl von Linnæus (1707-1778).

O sistema de nomenclatura binomial apresenta algumas regras a serem seguidas, como:

- Todos os nomes científicos devem ser escritos em latim, uma língua que não se modifica mais ao longo do tempo.
- Os nomes científicos devem ser destacados quando são escritos. Quando o texto é impresso, os nomes científicos são escritos em itálico; quando o texto é escrito à mão, os nomes científicos são sublinhados.
- Cada espécie deve receber um nome composto por duas palavras. A primeira palavra refere-se ao gênero ao qual a espécie pertence e deve ser grafada com letra inicial maiúscula. A segunda palavra é o epíteto específico (ou termo específico) da espécie e deve ser grafada com letra inicial minúscula.
- Em um texto, a partir da segunda ocorrência do nome científico, o gênero pode ser abreviado mantendo-se apenas a inicial maiúscula seguida de um ponto. Por exemplo, na segunda menção de *Equus asinus* pode-se abreviá-lo por *E. asinus*.

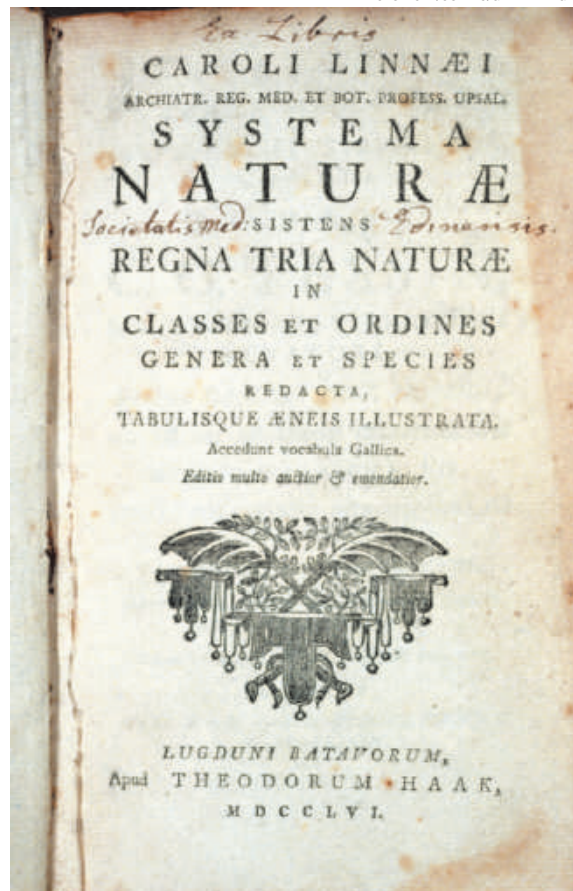


Além da nomenclatura binominal, Lineu propôs um sistema de classificação que agrupava os seres vivos em cinco categorias progressivamente mais abrangentes. No livro ***Systema Naturae***, publicado em 1735, Lineu determinara que a unidade básica de classificação seria a **espécie**. Então, considerando a semelhança anatômica, espécies semelhantes seriam agrupadas em um mesmo **gênero**. Gêneros similares seriam agrupados em uma mesma **ordem**, que por sua vez seriam agrupadas em uma mesma **classe**. Por fim, classes similares seriam agrupadas em um mesmo **reino**.

Posteriormente, o parentesco evolutivo das espécies passou a ser considerado para o agrupamento em categorias, e não a semelhança anatômica como Lineu propunha. Isso significa que espécies pertencentes a um mesmo gênero são aquelas mais aparentadas entre si que em relação a espécies de outros gêneros, e assim sucessivamente para cada categoria. As categorias, então, passaram a ser chamadas de **táxons**.

Outra modificação na classificação proposta por Lineu foi a inclusão de outros táxons, como a **família** e o **filo**.

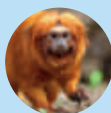
HISTORICAL/CORBIS/GETTY IMAGES



» ***Systema Naturae*** (1735) de Carl von Linnæus.

Assim, podemos classificar os seres vivos nos seguintes táxons: espécie, gênero, família, ordem, classe, filo e reino, considerando táxons de menor para maior abrangência. Vejamos como exemplo a classificação da espécie *Leontopithecus rosalia*, conhecida popularmente por mico-leão-dourado.

**Reino**  
**Animalia**



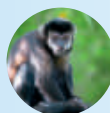
Mico-leão-dourado



Mico-leão-pardo



Sagui-de-tufos-brancos



Macaco-prego



Capivara



Tuiuiú



Abelha-europeia

Compreende os animais.

**Filo**  
**Chordata**



Mico-leão-dourado



Mico-leão-pardo



Sagui-de-tufos-brancos



Macaco-prego



Capivara



Tuiuiú

Compreende os animais que possuem notocorda, estrutura presente nos primeiros estágios embrionários, conferindo sustentação do corpo. Em alguns cordados, a notocorda é encontrada apenas no estágio larval, e, em outros, ela permanece pela vida toda. Nos vertebrados, ela dará origem às vértebras.

**Classe**  
**Mammalia**



Mico-leão-dourado



Mico-leão-pardo



Sagui-de-tufos-brancos



Macaco-prego



Capivara

Compreende os mamíferos.

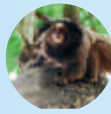
**Ordem**  
**Primates**



Mico-leão-dourado



Mico-leão-pardo



Sagui-de-tufos-brancos



Macaco-prego

Compreende os primatas.

**Família**  
**Callitrichidae**



Mico-leão-dourado



Mico-leão-pardo



Sagui-de-tufos-brancos

Compreende os primatas que apresentam polegar da mão curto e não **oponível**; dedos com garras ausentes, exceto o primeiro dedo do pé, que é **oponível**.

**Oponível:** em oposição.

**Gênero**  
**Leontopithecus**



Mico-leão-dourado



Mico-leão-pardo

Caracterizam-se por possuir pelagem chamativa e abundante ao redor da cabeça (parecida com uma "juba").

**Espécie**  
**Leontopithecus rosalia**



Mico-leão-dourado

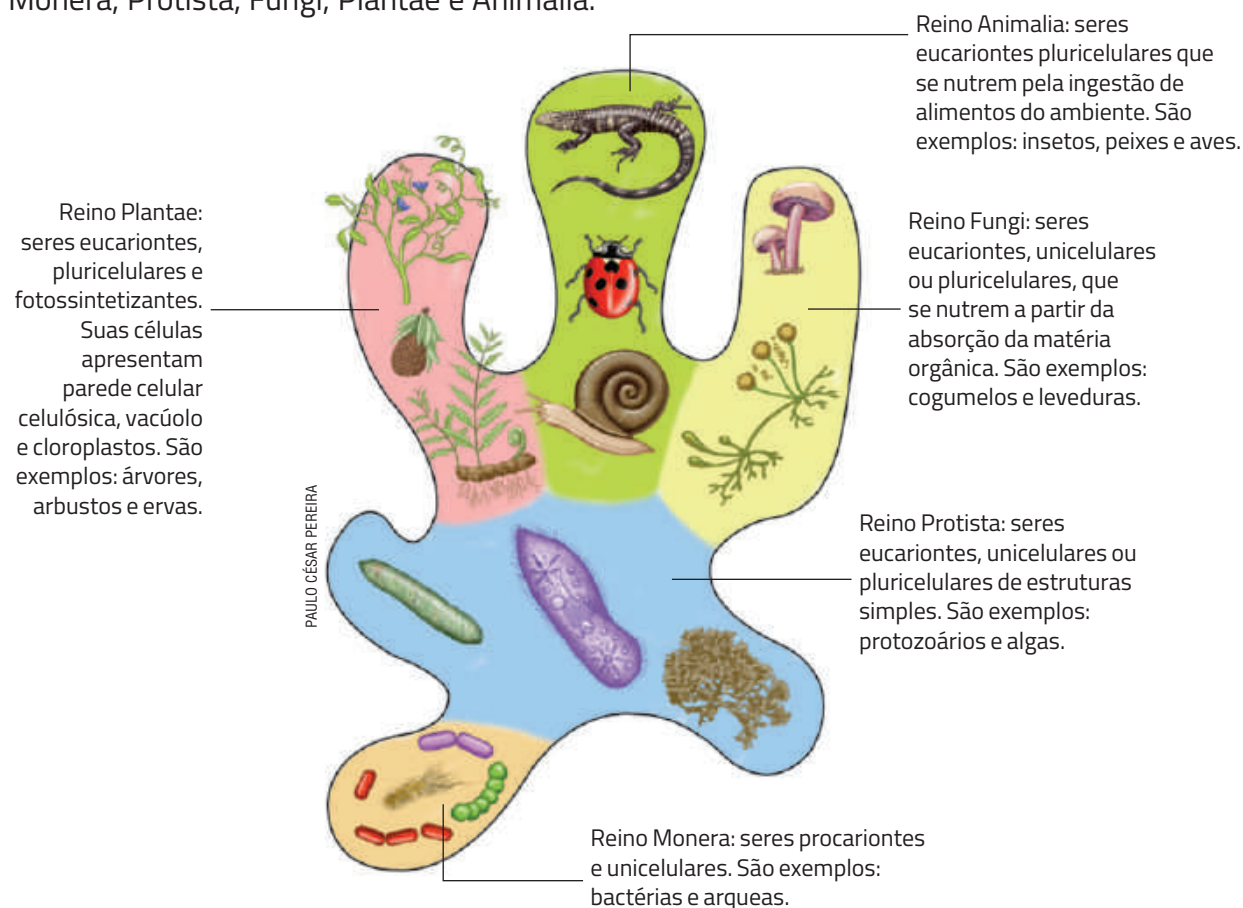
Mico-leão-dourado.

# Diferentes classificações para diferentes tempos

Durante muitos séculos, os seres vivos foram classificados em dois grandes grupos: plantas e animais. Essa classificação foi realizada primeiramente pelo filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), baseando-se nas seguintes características: ambos os grupos possuiriam a capacidade de nutrição e reprodução, mas a locomoção e a resposta aos estímulos seriam exclusivas dos animais. *As plantas respondem a estímulos. Além disso, apesar de não serem capazes de se deslocar, apresentam movimentos, uma vez que não são estáticas.*

Com o avanço dos conhecimentos científicos e da tecnologia, novos critérios passaram a ser considerados para a classificação dos seres vivos, fazendo que outras propostas de classificação fossem criadas. Neste momento, iremos apresentar apenas as mais recentes.

O **sistema de classificação em cinco reinos** foi proposto em 1969 pelo biólogo estadunidense Robert H. Whittaker (1924-1980), e posteriormente modificado pelas biólogas estadunidenses Lynn Margulis (1938-2011) e Karlene V. Schwartz (1936-), na década de 1980. De acordo com esse sistema, os seres vivos estariam organizados nos seguintes reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia.



Atualmente, a classificação em cinco reinos está em desuso, visto que o antigo reino Protista encontra-se dividido em outros reinos. Além disso, a comunidade científica acredita que arqueas e bactérias sejam grupos suficientemente distintos a ponto de não pertencerem a um mesmo reino. Assim, os grupos Monera e Protista não constituiriam reinos propriamente ditos.

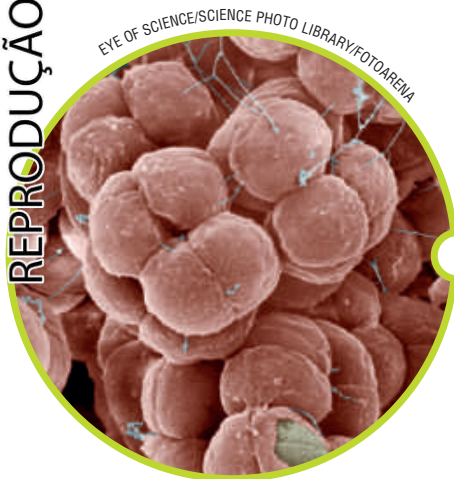
Devido à falta de consenso quanto à classificação em reinos, mais recentemente os seres vivos têm sido agrupados em **domínios**, nível hierárquico acima dos reinos.

Com base em análises moleculares, sobretudo das moléculas de RNA que formam os ribossomos, o microbiologista estadunidense Carl R. Woese (1928-2012) e seus colaboradores propuseram o **sistema de classificação em três domínios**, na década de 1990. De acordo com essa proposta, os seres vivos estão organizados em três domínios: Archaea, Bacteria e Eucarya.

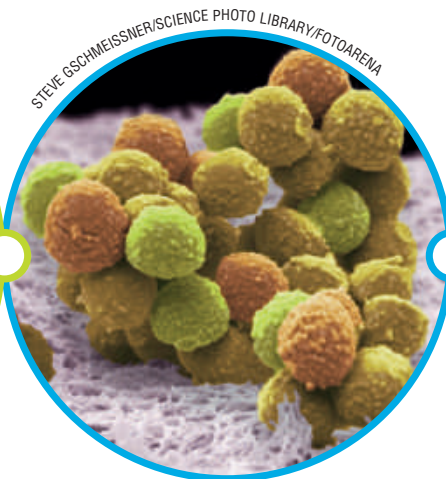
O domínio Archaea é constituído pelas arqueas (antigamente denominadas arqueobactérias), que são procariontes unicelulares cuja composição química da parede celular é muito distinta das bactérias. As arqueas comumente são encontradas em ambientes hostis, onde as condições de temperatura, acidez e salinidade são extremas e desfavoráveis a muitos outros organismos.

O domínio Bacteria é constituído pelas bactérias e cianobactérias, que também são procariontes unicelulares. Sua parede celular é constituída por peptidoglicanos, moléculas que são ausentes na parede celular das arqueas.

Por fim, o domínio Eucarya é constituído por todos os eucariontes, como os fungos, as plantas, os animais e os organismos anteriormente classificados no reino Protista – os protozoários e as algas.



Arquea do gênero *Halococcus*, representantes do domínio Archaea. (Imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 5 000 vezes; colorida artificialmente.)



Colônia de bactérias *Staphylococcus epidermidis*, representantes do domínio Bacteria. (Imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 10 000 vezes; colorida artificialmente.)



Salamandra sobre um cogumelo em uma floresta, representantes do domínio Eucarya.

Para fins de estudo, e devido à falta de consenso entre os cientistas quanto à classificação dos seres vivos, nesta coleção iremos adotar a classificação em cinco reinos.



- Qual a importância de classificar os seres vivos?
- Em 2017, foi publicado um artigo científico que mostrava os resultados de uma pesquisa que realizou o levantamento das espécies de peixes de riachos da bacia do Rio Miranda, localizada no Mato Grosso do Sul (MS). Para o trabalho, os pesquisadores utilizaram peneiras e redes. Veja parte das espécies identificadas, no quadro a seguir.

Ordem	Família	Espécie
Beloniformes	Belonidae	<i>Potamorhaphis eigenmanni</i>
		<i>Leporinus friderici</i>
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus lacustris</i>
		<i>Leporinus striatus</i>
		<i>Leporellus vittatus</i>
		<i>Megaleporinus obtusidens</i>
	Bryconidae	<i>Brycon hilarii</i>
		<i>Salminus brasiliensis</i>

Fonte dos dados: FERREIRA, F. S. *et al.* Survey of fish species from plateau streams of the Miranda River Basin in the Upper Paraguay River Region, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 17, n. 3. 2017. e20170344, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bn/v17n3/1676-0611-bn-17-3-e20170344.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

Considerando apenas as espécies listadas no quadro, analise as afirmativas a seguir. Em seu caderno, corrija as falsas.

- No quadro, estão listadas oito das espécies encontradas no estudo.
- No quadro, estão listadas espécies pertencentes a cinco gêneros distintos.
- Do levantamento feito, um maior número de espécies pertencente à família Bryconidae foi identificado.
- As espécies *Salminus brasiliensis* e *Brycon hilarii* são mais próximas entre si que as espécies *Leporinus friderici* e *Leporinus striatus*.
- A espécie *Leporellus vittatus* pertence ao gênero *vittatus*.
- As espécies pertencem ao domínio Eukarya.
- Todos as espécies listadas pertencem à mesma ordem.

- Analisar as informações a seguir.

GIEDRIIUS/SHUTTERSTOCK.COM



**Nome científico:** *Lontra longicaudis*

**Nome popular:** Lontra

**Características:** Mamífero semiaquático de pelagem curta, densa e coloração marrom. Possui cauda musculosa e flexível, importante para o deslocamento na água. Narinas e orelhas podem ser fechadas durante o mergulho. As pernas são curtas e os pés possuem membranas entre os dedos. Ocupam ambientes aquáticos, tanto de água doce quanto salgada. Se alimentam principalmente de peixes, mas sua dieta também inclui crustáceos, anfíbios, mamíferos, insetos e aves. A espécie apresenta-se ameaçada de extinção devido à caça, à poluição da água e à destruição do habitat.

De acordo com a análise das informações e em seus conhecimentos, faça o que se propõe a seguir.

- A que gênero pertence a lontra?
- A que espécie pertence a lontra?
- Faça uma pesquisa e indique o reino, o filo, a classe, a ordem e a família aos quais a lontra pertence.
- Escolha um animal, faça uma pesquisa e produza uma ficha similar à da lontra. Junto com os colegas, elaborem uma maneira de classificar as fichas produzidas por cada um. Determinem os critérios de classificação que serão considerados e os apresentem à classe.

- Leia o texto abaixo.

A organização ambiental BirdLife Internacional divulgou um estudo em que revela que oito espécies de pássaros estão extintas ou com alta probabilidade de terem sido extintas da natureza. Quatro dessas aves são brasileiras: a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*), o limpa-folha-do-nordeste (*Philydor novaesi*), o trepador-do-nordeste (*Cichlocolaptes mazarbarnetti*) e o caburé-de-pernambuco (*Glaucidium mooreorum*) – que é uma coruja. [...]

ARARINHA-AZUL está provavelmente extinta da natureza, indica estudo. **Agência Brasil**, 11 set. 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-09/ararinha-azul-esta-provavelmente-extinta-da-natureza-indica-estudo>. Acesso em: 18 ago. 2020.

Com base nas informações do texto e em seus conhecimentos, faça o que se propõe a seguir.

- Identifique o nome popular das espécies citadas no texto.
  - Identifique o nome científico das espécies citadas no texto.
  - A que gênero pertence a coruja caburé-de-pernambuco?
  - Faça uma pesquisa e identifique a principal causa das extinções e/ou ameaçadas de extinções das espécies citadas no texto.
- Comente sobre as duas formas de classificação dos seres vivos mais recentes, indicando qual delas é a forma mais aceita entre a comunidade científica.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

- Diferentes espécies de anfíbios são conhecidas popularmente por sapo-boi, tais como: *Rhinella schneideri*, *Rhinella icterica*, *Rhinella marina* e *Ceratophrys ornata*. Sobre essas espécies, analise as afirmativas a seguir e indique aquelas que são falsas, justificando sua resposta.
  - Todas as espécies listadas pertencem ao mesmo reino.
  - Todas as espécies listadas pertencem ao mesmo gênero.
  - Todas as espécies listadas possuem o mesmo nome popular e o mesmo nome científico.
  - O epíteto específico das espécies listadas não é o mesmo.
  - É possível dizer que três das espécies listadas são mais aparentadas entre si.

- A arquea da espécie *Pyrolobus fumarii* é encontrada em fontes hidrotermais oceânicas, vivendo em temperaturas próximas a 130° C. Além desta, existem outras bactérias e arqueas vivendo em locais de condições similares, que são inviáveis para outros seres vivos. Além de sua importância à indústria, esses microrganismos despertam o interesse dos cientistas que estudam a origem da vida na Terra. A respeito do tema abordado, responda às questões a seguir.

- Classifique as bactérias e as arqueas conforme a classificação em cinco reinos, e conforme a classificação em três domínios.
- Por que a existência de microrganismos em fontes hidrotermais desperta o interesse dos cientistas que estudam a origem da vida na Terra? Explique sua resposta.
- Apesar de não existir um consenso na comunidade científica a respeito de como a vida teria se originado na Terra, a comunidade científica aponta que alguns fatores foram primordiais a esse evento. Quais são eles? Explique-os.
- Compare as três explicações mais recentes elaboradas para explicar a origem da vida em nosso planeta.

- Leia o texto a seguir a respeito do sistema planetário existente ao redor da estrela TRAPPIST-1 e analise sua representação.

Sete planetas recentemente descobertos na órbita de uma estrela [...] podem ter água em abundância [...].

Embora ainda se conheça pouco sobre as superfícies e atmosferas dos planetas do sistema chamado de Trappist-1, os cientistas não descartam a possibilidade de estes corpos celestes abrigarem alguma forma de vida rudimentar.

De acordo com estudos [...], os planetas são compostos principalmente por rochas, e até 5% de sua massa é formada por água. [...]

Não se sabe, no entanto, se a água dos planetas [...] está em estado líquido, o que é essencial para a existência de vida. [...]

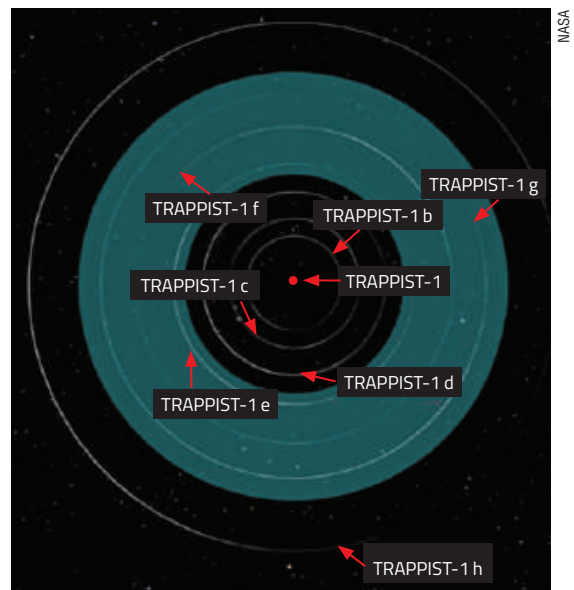
[...]

Dos sete planetas, o quarto, chamado de Trappist-1e, é o mais parecido com a Terra. [...]

Ele é [...] o único com uma densidade semelhante à da Terra, o que sugere que pode ter [...] um oceano ou uma capa de gelo.

[...]

PLANETAS do sistema Trappist podem ter água em abundância. **Deutsche Welle**. 5 fev. 2018. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/planetas-do-sistema-trappist-podem-ter-%C3%A1gua-em-abund%C3%A2ncia/a-42462674>. Acesso em: 3 set. 2020.



» Representação esquemática do sistema planetário ao redor da estrela TRAPPIST-1.

EYES on exoplanets. **Nasa**, [20--]. Disponível em: <https://exoplanets.nasa.gov/eyes-on-exoplanets/#/system/TRAPPIST-1/>. Acesso em: 19 ago. 2020.

Considerando que cada círculo representa a órbita de um planeta, responda:

- Relacione as informações presentes no texto à representação esquemática desse sistema planetário.
  - Os planetas TRAPPIST-1d, TRAPPIST-1e e TRAPPIST-1h são planetas terrestres. Os demais são potencialmente terrestres. Quais as características de planetas terrestres?
- Em 2018, os pesquisadores identificaram a presença de água líquida na superfície de Marte. Por que essa descoberta direciona pesquisas que buscam por vida em Marte? Explique sua resposta.

5. A ideia de que os seres vivos poderiam se originar a partir da matéria inanimada é denominada abiogênese. Ela permaneceu aceita por muitos séculos, até que os experimentos de dois cientistas contribuíram para refutá-la. Quais foram os cientistas? Explique seus experimentos brevemente e qual sua contribuição.
6. A origem dos cloroplastos e das mitocôndrias é explicada pela hipótese da endossimbiose, primeiramente proposta pela bióloga estadunidense Lynn Margulis (1938-2011). Explique essa hipótese e cite evidências que a sustentam.
7. (Enem/MEC) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea. Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que **Alternativa c**
- seres vivos podem ser criados em laboratório.
  - a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.
  - o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo pré-existente.
  - seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente aparentados.
  - vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.
8. (Enem/MEC) A classificação biológica proposta por Whittaker permite distinguir cinco grandes linhas evolutivas utilizando, como critérios de classificação, a organização celular e o modo de nutrição. Woese e seus colaboradores, com base na comparação das sequências que codificam o RNA ribossômico dos seres vivos, estabeleceram relações de ancestralidade entre os grupos e concluíram que os procariontes do reino Monera não eram um grupo coeso do ponto de vista evolutivo.

Whittaker (1969) Cinco reinos	Woese (1990) Três domínios
Monera	Archaea Eubacteria
Protista	Eukarya
Fungi	
Plantae	
Animalia	

A diferença básica nas classificações citadas é que a mais recente se baseia fundamentalmente em

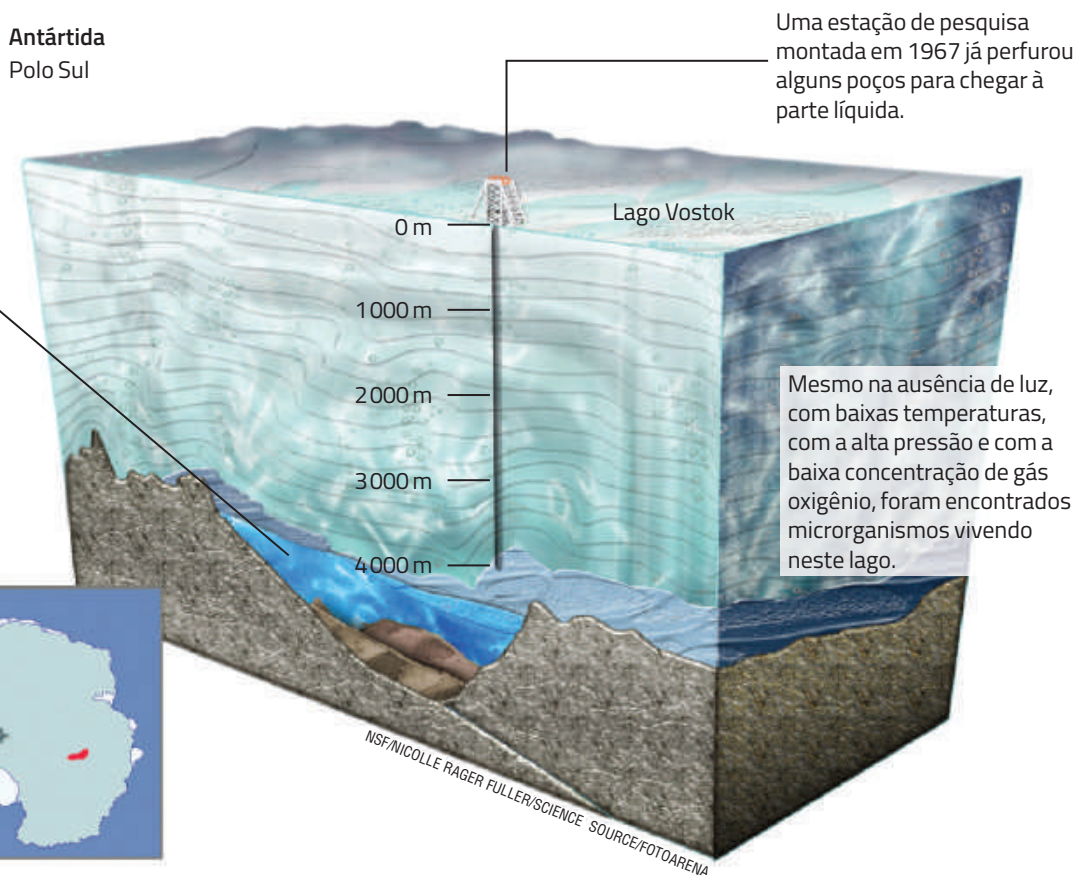
- tipos de células.
  - aspectos ecológicos.
  - relações filogenéticas.
  - propriedades fisiológicas.
  - características morfológicas. **Alternativa c**
9. (UECE) Evidências científicas apontam que a Terra se originou há 4.5 bilhões de anos. Em relação às teorias sobre a origem da vida na Terra, é correto afirmar que **Alternativa a**
- Louis Pasteur (1822-1895), médico Francês, realizou experimentos em frascos de vidro, do tipo pescoço de cisne, para demonstrar que a abiogênese era uma teoria equivocada.
  - Aristóteles, filósofo da Antiguidade, acreditava que alguns seres vivos apareciam por geração espontânea, seguindo o princípio da biogênese.
  - Francesco Redi (1926-1697), biólogo italiano, demonstrou que larvas de moscas que surgiam em pedaços de carne em decomposição nasciam de ovos colocados por organismos já existentes, corroborando a abiogênese.
  - Jean Baptist van Helmont (1577-1644), médico e químico belga, produziu uma receita para o nascimento de camundongos por biogênese, misturando camisas sujas e grãos de trigo.
10. (Univesp-SP) Para descrever a diversidade dos seres vivos foi criada a Taxonomia. Os seres vivos são classificados de acordo com grupos específicos, que determinam suas características em comum dentro de cada nível. Em relação às unidades mais comuns utilizadas para a classificação dos seres vivos e sua ordem decrescente, assinale a alternativa correta.
- Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Espécie e Gênero
  - Reino, Filo, Ordem, Família, Classe, Espécie e Gênero
  - Reino, Ordem, Filo, Família, Classe, Gênero e Espécie
  - Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero e Espécie
  - Reino, Filo, Classe, Família, Ordem, Gênero e Espécie
- Alternativa d**
11. (UECE) Ao longo da história, muitos sistemas para a classificação dos seres vivos foram propostos, mas até hoje essa questão continua controversa e muitos organismos ainda não se encontram colocados nos grupos mais adequados. O sistema atual de classificação utiliza o Sistema Binomial de Nomenclatura, proposto por Lineu e, segundo essa proposta, o cão doméstico (*Canis familiaris*), o lobo (*Canis lupus*) e o coiote (*Canis latrans*) pertencem a uma mesma categoria taxonômica. Esses animais fazem parte de um(a) mesmo(a) **Alternativa a**
- gênero.
  - espécie.
  - raça.
  - família.

## Viagem a Marte

Em agosto de 1672, o físico, matemático e astrônomo holandês Christiaan Huygens (1629-1695) observava o planeta Marte com um telescópio por ele produzido, quando identificou um ponto brilhante em Marte. Anos depois, outros astrônomos descobriram que aquele ponto se tratava de gelo da calota polar do planeta vermelho. Começava então, a corrida pela água em Marte.

Diversas sondas e robôs já foram lançados ao planeta para auxiliar nas coletas de dados e amostras sobre suas características. Em 2018, por exemplo, foi encontrada água no estado líquido em Marte, o que despertou a curiosidade da comunidade científica, já que esse planeta não está localizado na zona habitável do Sistema Solar.

Nesse ano, um grupo de cientistas europeus detectou a presença de um grande lago de água líquida abaixo de uma camada de gelo situada no polo sul do planeta. Esse seria um provável local para encontrar vida, pois apresenta condições similares ao lago Vostok, situado na Antártida, aqui na Terra.



Fonte dos dados: GALANTE, D. *et. al.* **Astrobiologia, uma ciência emergente.** Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia. São Paulo: Tikinet Edição: IAG/USP, 2016. p. 169. *e-PUB*. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/astrologia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

- » Representação esquemática da localização da parte líquida do lago Vostok, que fica escondido sob uma espessa camada de gelo, na Antártida. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Entre os objetivos das atuais missões para Marte está a de preparar o ambiente para a chegada do ser humano, prevista para as próximas décadas. Para isso foi produzido um instrumento chamado MOXIE, desenvolvido pela NASA, que irá testar a geração de gás oxigênio a partir do gás carbônico encontrado na atmosfera marciana. Além disso, diversas tecnologias têm sido desenvolvidas e testadas na Terra para auxiliarem os astronautas, como trajes adequados que lhes confirmam proteção, instrumentos de análise de relevo e da composição química de objetos.

Apesar dos avanços sobre os conhecimentos sobre Marte, ainda há muito a se descobrir para que seja possível a exploração humana desse planeta.

## Atividades

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Para o sucesso de missões espaciais, diversas tecnologias são desenvolvidas para garantir a segurança dos astronautas, oferecer condições de sobrevivência no espaço, comunicação, entre outras. Essas tecnologias são conhecidas como *Spinoffs* e fazem parte do cotidiano da maioria das pessoas. Faça uma pesquisa e identifique alguns dos *Spinoffs*. Depois se reúna com seus colegas e discuta a importância das pesquisas espaciais.
2. Uma das grandes questões limitantes de viagens espaciais são os efeitos que os seres humanos sofrem fora da Terra, principalmente devido à baixa gravidade e à radiação. Reúna-se com mais dois colegas e faça uma pesquisa sobre os tipos de problemas de saúde que podem ocorrer no corpo humano. Inclua em seus resultados uma tecnologia que já foi desenvolvida ou está em desenvolvimento e que permita reduzir algum dos efeitos apresentados. Faça uma apresentação digital dos seus resultados. Utilize imagens, vídeos, esquemas e outros recursos.

## Espaços de Aprendizagem

O astronauta Mark Watney, após ter sido abandonado pelos colegas em uma missão à Marte, precisa utilizar seus conhecimentos para sobreviver, fazer contato e retornar à Terra. Para conhecer essa história, assista ao filme a seguir. **PERDIDO EM MARTE**. Direção: Ridley Scot. Estados Unidos da América; 20th Century Fox; 2015. Vídeo (184 minutos).

» Polo Sul de Marte. Fotografia obtida pela sonda Mars Express em 2018.

## A evolução da vida

### COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DA BNCC:

O texto integral das competências e das habilidades encontra-se no final do livro.

#### Competências gerais

2, 7, 9 e 10

#### Competências da Natureza e suas Tecnologias

Competências específicas: 2 e 3

Habilidades: EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT208, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT305

Serpentes têm membros? Atualmente, não se conhece nenhuma serpente vivente que tenha membros. Mas os fósseis apresentam evidências de que nem sempre foi assim. No Ceará, na bacia do Araripe, foi encontrado um fóssil de serpente de mais de 120 milhões de anos com quatro membros.

O *Tetrapodophis amplexus* apresenta características que apoiam a hipótese de que as serpentes possivelmente evoluíram de ancestrais que escavavam, e não de ancestrais marinhos, como se pensava. Outros fósseis de serpentes com dois membros posteriores já haviam sido encontrados, mas esse é o primeiro fóssil encontrado com quatro membros.

A estrutura do fóssil de *Tetrapodophis amplexu* indica que ele se locomovia como uma serpente atual, e que os membros pouco colaboravam com a sua locomoção. Entretanto eram funcionais, provavelmente adaptados a escavação, escalada, ou até mesmo para agarrar presas.

Não somente as serpentes, mas todos os seres vivos possuem ancestrais com características diferenciadas das espécies atuais. Em algumas espécies essas características são extremamente preservadas, enquanto em outras se diferenciam. Esses ancestrais possuem ancestrais, que, por sua vez, possuem ancestrais, e esse ciclo se repete até os primeiros seres vivos da Terra. Nesta Unidade iremos estudar as teorias que nos trouxeram ao conhecimento da evolução baseada em evidências, que buscam explicar como se deu a evolução da vida na Terra, incluindo nessa abordagem aspectos da evolução humana.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.

Não escreva no livro

1. Os lagartos possuem membros, e as serpentes não. Considerando que eles apresentam o mesmo ancestral comum, como você explicaria esse fato?
2. Com base no texto, é possível dizer que as serpentes “perderam” seus membros? Elabore uma hipótese sobre este assunto.





membros anteriores

membros posteriores

▷ Fósseis de *Tetrapodophis amplexus*.

# Ideias evolucionistas

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Analise as imagens ao lado.

- 1 O bico das aves presentes nas imagens é especializado na obtenção de determinados alimentos. Em sua opinião, qual dos bicos presentes nas imagens é adaptado para: captar néctar de flores; dilacerar carne de outros animais; quebrar sementes e grãos; capturar peixes?
- 2 Em sua opinião, qual das duas explicações apresentadas a seguir para a especialização do bico das aves está correta, em termos científicos? Converse com seus colegas a respeito.

**Explicação A:** As respectivas espécies de aves se adaptaram ao ambiente em que vivem.

**Explicação B:** O ambiente permitiu que as espécies de aves mais bem adaptadas a ele fossem capazes de sobreviver e se reproduzir.

Não escreva no livro

Atualmente, existem diversas espécies de seres vivos habitando nosso planeta, cada qual com suas características que lhes tornam únicas, como o formato dos bicos das aves presentes nas imagens. Contudo, sabemos que essa diversidade nem sempre foi a mesma desde seus primórdios: várias espécies surgiram e se diversificaram, ao passo que muitas outras foram extintas.

Atualmente, é aceito entre os cientistas que as espécies de seres vivos se modificaram ao longo do tempo, e que continuam se modificando, ao que denominamos **evolução**. Iniciaremos nossos estudos a respeito da evolução neste tema.

» Alguns tipos de bicos de aves.



beija-flor-de-cabeça-azul (*Amazilia versicolor*)

BUTEO@SHUTTERSTOCK.COM



falcão-do-rabo-branco  
(*Bubo magellanicus*)

VINICIUS R. SOUZA@SHUTTERSTOCK.COM



coleirinho (*Sporophila caerulea*)

EDUARDO MENEZES@SHUTTERSTOCK.COM



talha-mar  
(*Rynchops niger*)

BRIAN LASENBY@SHUTTERSTOCK.COM



# A vida evolui

A evolução dos seres vivos é sustentada por uma série de evidências. Uma delas são os **fósseis**, registros que indicam a presença de vida em tempos passados. Esses registros podem ser organismos inteiros preservados ou restos deles, como ossos e conchas fossilizadas. Os registros também podem ser constituídos por vestígios da atividade dos organismos em vida, como pegadas, ovos e fezes fossilizadas.

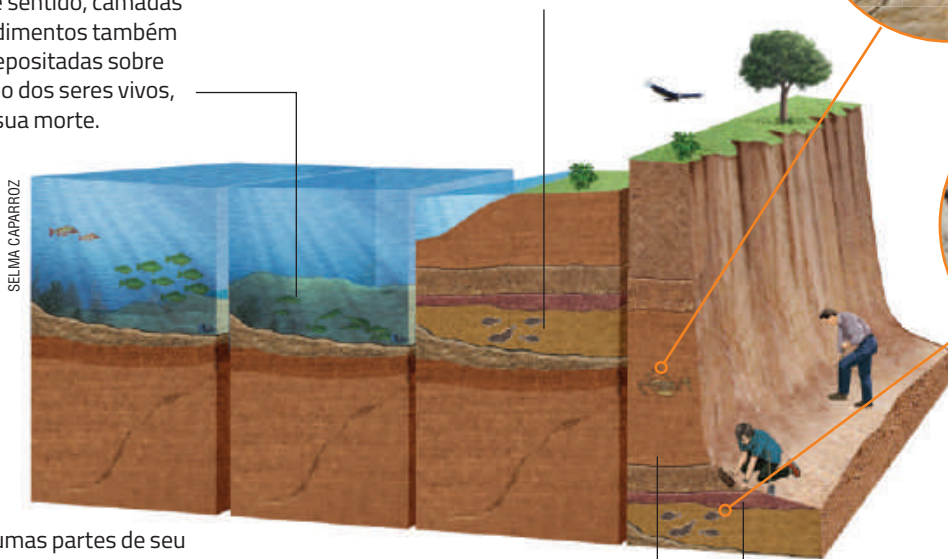
Grande parte dos fósseis são encontrados entre as **rochas sedimentares**, isto é, rochas formadas pelo depósito de sedimentos. Veja o esquema a seguir que representa um dos processos de fossilização.

1 No processo de formação de rochas sedimentares, há o depósito de diversas camadas de sedimentos, umas sob as outras. Nesse sentido, camadas de sedimentos também são depositadas sobre o corpo dos seres vivos, após sua morte.

2 Após a morte, os seres vivos passam por decomposição, sendo os tecidos moles de seu corpo mais rapidamente degradados. Esse processo ocorre concomitantemente ao depósito de sedimentos, ao longo de muitos anos.

3 Algumas partes de seu corpo, sobretudo as mais rígidas, como ossos, dentes e conchas, podem ser substituídas por minerais ou deixar impressões nas rochas em formação. Assim, formam-se os fósseis.

4 Os fósseis formados podem ser encontrados em diferentes camadas das rochas sedimentares. De modo geral, as camadas mais profundas das rochas são as mais antigas.



» Pegadas fossilizadas de dinossauro encontradas em Torotoro, Bolívia.

Fóssil de ave encontrado em Wyoming, nos Estados Unidos, com estimativa de ter vivido há cerca de 45 milhões de anos.

Fóssil de peixe encontrado em Wyoming, nos Estados Unidos, com estimativa de ter vivido há cerca de 55 milhões de anos.

Produzido com base em: PRESS, F., *et al.* **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 196 e REECE, J. B., *et al.* **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 464.

» Representação esquemática do processo de fossilização em rochas sedimentares. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Os seres vivos, ou parte deles, também podem ser preservados em resina vegetal fossilizada. Algumas árvores produzem um fluido pegajoso que pode aprisionar insetos, partes de plantas etc. Ao longo do tempo, esse fluido enrijece e forma o âmbar, que preserva o fóssil por milhões de anos.



KEV GREGORY/  
SHUTTERSTOCK.COM

» Inseto fossilizado, de idade estimada de milhões de anos atrás.

O estudo dos fósseis permite conhecermos espécies já extintas e como os diferentes grupos de seres vivos se modificaram com o passar do tempo. Para tanto, os cientistas estimam o período em que os organismos fossilizados habitaram nosso planeta, além de estudarem suas características e as relacionarem ao grupo de seres vivos ao qual pertencem.

Os **estudos moleculares** também auxiliam os pesquisadores a compreenderem as relações evolutivas dos seres vivos. Por exemplo, os genes são sequências específicas no DNA que carregam informações capazes de condicionar as características dos seres vivos. Espécies que apresentam maior número de genes similares para determinadas características, são mais próximas entre si, em termos evolutivos.

Os estudos genéticos apontam que os seres humanos são mais próximos, em termos evolutivos, dos chimpanzés e dos bonobos, que dos demais primatas, como gorilas, orangotangos, entre outros. Isso significa que apresentam maior similaridade nas sequências genéticas de seu DNA.



SERGEY URVADNIKOV/SHUTTERSTOCK.COM

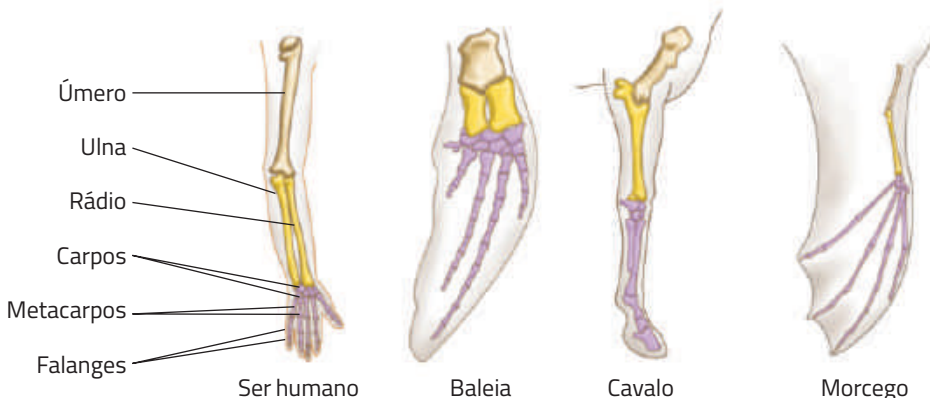
» Bonobo (*Pan paniscus*).

A **homologia** também pode indicar evidências da evolução. A homologia é o estudo de estruturas apresentadas por diferentes organismos, mas que possuem a mesma origem, considerando tanto o desenvolvimento embrionário do organismo quanto a história evolutiva da espécie. Essas estruturas nem sempre desempenham a mesma função. Vejamos um exemplo.

Os membros anteriores dos mamíferos são constituídos pelos mesmos ossos, mesmo que tenham diferentes formatos e que desempenhem funções distintas. Por exemplo, no caso dos seres humanos, os membros anteriores são utilizados para manipular o ambiente; no caso dos cavalos, para caminhar; no caso das baleias, para o nado; e, no caso dos morcegos, para o voo.

Os pesquisadores sabem que os ossos (úmero, rádio, ulna, carpos, metacarpos e falanges) que formam os membros anteriores desses animais são os mesmos devido ao estudo do desenvolvimento embrionário de cada um deles. Ou seja, enquanto são embriões, as mesmas estruturas originam cada um dos ossos. Isso é um indicativo de que eles compartilham um ancestral comum já extinto, que, no passado, apresentava esses mesmos ossos.

OSNI OLIVEIRA



» Representação esquemática dos ossos que compõem o membro anterior do ser humano, da baleia, do cavalo e do morcego. Eles são estruturas homólogas entre esses mamíferos.

REECE, J. B., et al. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 473.

# História do pensamento evolutivo

Atualmente, a evolução é aceita na comunidade científica e sustentada por diversas evidências. Contudo, no passado, não se acreditava que os seres vivos passavam por modificações ao longo do tempo. Por muitos séculos, muitos estudiosos defendiam o **fixismo**, isto é, que as espécies de seres vivos teriam se originado na forma com que se apresentavam e assim iriam permanecer, mantendo-se imutáveis.

O avanço dos estudos científicos em diferentes áreas das Ciências da Natureza contribuiu para a concretização do **pensamento evolutivo**, isto é, de que as características dos seres vivos mudariam ao longo do tempo.

Desde o século XVIII, diferentes explicações para a evolução dos seres vivos foram propostas. A seguir, estudaremos duas delas: a proposta por Lamarck; e a proposta por Darwin e por Wallace.

## As ideias de Lamarck

O naturalista francês Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet (1744-1829), conhecido como Lamarck, foi o primeiro pesquisador a propor uma explicação a respeito de como se daria a evolução dos seres vivos. Ela foi publicada na obra *Philosophie Zoologique*, em 1809.

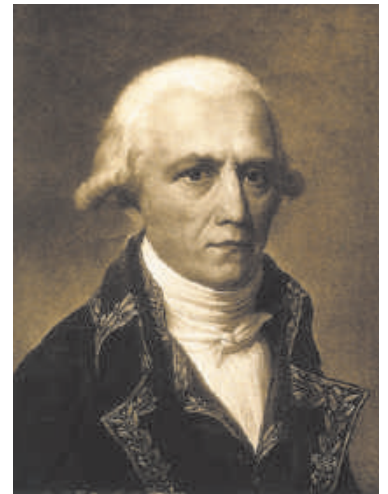
Para Lamarck, a superfície terrestre teria passado por diversas modificações ao longo do tempo, ao passo que seria preciso que os seres vivos se adaptassem a essas mudanças. De acordo com ele, o tempo e as condições ambientais seriam os principais fatores envolvidos na transformação progressiva dos seres vivos. Além disso, ele acreditava que cada espécie atual teria se originado por geração espontânea, de forma independente em relação a outra, e seguido seu próprio caminho evolutivo.

Lamarck afirmava que o tempo justificaria a complexidade das espécies atuais. Ou seja, de acordo com sua proposição, as espécies mais simples teriam surgido mais recentemente, e, portanto, teriam se modificado menos, se comparadas às espécies mais complexas. Estas teriam surgido em tempos mais remotos e se modificado mais.

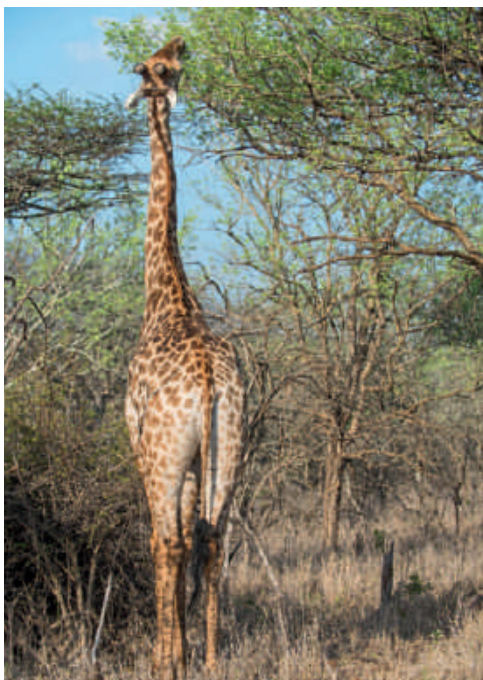
Além disso, Lamarck defendia que as condições ambientais imporiam mudanças nos seres vivos. Isto é, para ele, os seres vivos se modificariam por influência do ambiente. Essas modificações, se plenamente utilizadas pelos organismos em cada ambiente, seriam passadas aos descendentes, por meio da reprodução.

Nesse sentido, Lamarck se baseava no uso e desuso e na herança dos caracteres adquiridos, explicações comuns entre os naturalistas da época. O **uso e desuso** determinam que as características dos seres vivos tenderiam a ser desenvolvidas ou atrofiadas, se fossem muito ou pouco utilizadas, respectivamente. A **herança dos caracteres adquiridos**, por sua vez, estipula que as características resultantes do uso e do desuso seriam transmitidas às próximas gerações.

FINE ART IMAGES/HERITAGE IMAGES/GETTY IMAGES



» Naturalista francês Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet (1744-1829).



DROPKICK/SHUTTERSTOCK.COM

» Girafa se alimentando das folhas de uma árvore na savana africana.

Por exemplo, a partir das ideias de Lamarck, explica-se que as girafas, no passado, não possuíam pescoços compridos, e para se alimentarem das folhas presentes nas copas das árvores, teriam de esticá-lo. Com o tempo, seu pescoço teria ficado mais longo (uso e desuso). Essa característica teria sido transmitida aos seus filhotes (herança dos caracteres adquiridos), que nasceriam com pescoço mais alongado.

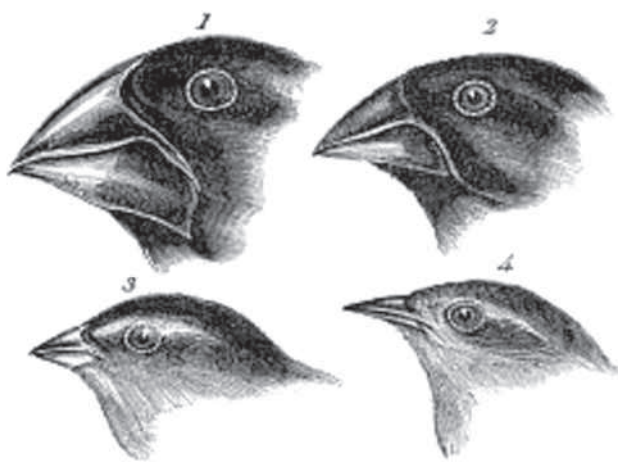
Na época, as ideias de Lamarck foram desacreditadas por muitos. Mesmo equivocadas atualmente, elas contribuíram para o entendimento e aceitação atual da evolução dos seres vivos.

Hoje sabemos que os seres vivos não surgem por geração espontânea. Contudo, na época de Lamarck, essa ideia era bastante difundida e aceita pelas pessoas, até os experimentos de Pasteur, no século XIX. Além disso, sabemos que nem todas as modificações pelas quais os seres vivos passam ao longo de sua vida serão transmitidas às próximas gerações.

## As ideias de Darwin e Wallace

Algumas décadas depois de Lamarck, os naturalistas britânicos Charles Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913) propuseram, independentemente, explicações similares para a evolução dos seres vivos. Para eles, a evolução seria explicada pela **seleção natural**, que estudaremos adiante.

Muitas das conclusões de Darwin foram proporcionadas pela viagem de cinco anos de exploração ao redor do mundo, juntamente ao capitão FitzRoy no navio inglês H.M.S. Beagle. Nessa viagem, Darwin pode visitar diferentes ambientes e observar vários organismos ao redor do mundo, além de coletar diferentes exemplares de seres vivos para estudá-los.



HISTORIC IMAGES/ALAMY/FOTODARENA

1. *Geospiza magnirostris*  
3. *Geospiza parvula*

2. *Geospiza fortis*  
4. *Certhidea olivacea*

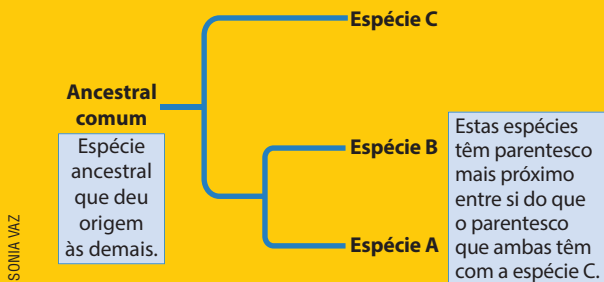
» Desenhos das espécies de tentilhões publicados no *Jornal de Pesquisas de Darwin* em 1845.

O estudo sobre tentilhões, aves encontradas nas ilhas de Galápagos na costa do Equador, foi importante para a proposição da **ancestralidade comum**. Essas aves viviam em diferentes ilhas do arquipélago de Galápagos e apresentavam diferentes formatos de bico.

Apesar de todas serem tentilhões, Darwin verificou que pertenciam a espécies distintas. Então, a partir de seus estudos, ele supôs que as espécies de tentilhões desse arquipélago teriam surgido a partir de uma espécie ancestral que habitava o continente, no passado. Isto é, há muitos anos, uma população de tentilhões do continente teria colonizado as ilhas de Galápagos, e, devido às diferentes condições ambientais de cada ilha, essas aves acabaram se divergindo, e com o tempo, tornaram-se espécies distintas.

De acordo com Darwin, a ancestralidade comum seria apresentada por todas as espécies que existem em nosso planeta. Ou seja, cada espécie teria surgido a partir de modificações dos seus ancestrais ao longo do tempo. Nesse sentido, todas apresentariam algum parentesco.

O esquema a seguir apresenta três espécies aparentadas, A, B e C.



» Representação simplificada mostrando relações evolutivas entre três espécies hipotéticas de seres vivos.

Para explicar como as espécies teriam se modificado ao longo do tempo, Darwin propôs a teoria da **seleção natural**, similarmente ao que foi proposto por Wallace.

Para tal proposta, foram consideradas as seguintes premissas:

**Os seres vivos possuem alto potencial reprodutivo.**

No geral, um casal de cada espécie de seres vivos tem o potencial para gerar muitos descendentes. Contudo, não observamos populações extremamente numerosas de cada espécie em um mesmo ambiente.

**Os recursos ambientais são limitados, fazendo que os seres vivos estabeleçam uma competição por eles.**

Alimento, abrigo e parceiros para reprodução, são exemplos de alguns recursos pelos quais os seres vivos buscam. Eles estão disponíveis em quantidades limitadas, não podendo atender todos os indivíduos presentes em um ambiente. Por isso, eles competem por recursos.

**As características dos indivíduos de uma mesma população são distintas.**

Os indivíduos de uma população podem apresentar diferentes características. Algumas delas podem favorecer sua sobrevivência no ambiente, por ser vantajosa para a competição por recursos. Nesse caso, ele terá mais chances de reproduzir e produzir um maior número de descendentes. Como muitas características são hereditárias, isto é, transmitidas entre as gerações, os descendentes podem herdar as características vantajosas. Com o tempo, elas estarão presentes entre muitos indivíduos da população.

JONEYSHUTTERSTOCK.COM

» Savana africana.

A ideia base da teoria da seleção natural, proposta por Darwin e Wallace é a de que as características dos indivíduos são selecionadas em decorrência das condições do ambiente em que vivem. Considerando os tentilhões de Galápagos, por exemplo, as condições ambientais de cada ilha teriam selecionado características diferentes entre os tentilhões, como o formato de seus bicos, ao longo do tempo.

Em 1858, os trabalhos de Darwin e Wallace foram divulgados entre a comunidade científica. Em 1859, Darwin publicou suas ideias na obra **A origem das espécies**. Com o avanço dos estudos, a seleção natural foi revista em alguns pontos, mas mantém-se aceita até os dias de hoje. Ela compõe parte da teoria evolutiva mais aceita atualmente.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

STEVE ALLEN/SHUTTERSTOCK.COM

**3** Considere um casal de elefantes. Segundo as estimativas de Darwin, eles poderiam gerar 15 milhões de descendentes em um período de 500 anos – o que não ocorre. Proponha uma explicação para o fato de não observamos populações numerosas de elefantes, como as estimativas de Darwin, vivendo em certo ambiente.

**4** Ainda nesse exemplo, considere que a presença de trombas maiores seja mais vantajosa para a obtenção de alimentos. O que é esperado que aconteça com a população de elefantes, se essa característica puder ser herdada pelos descendentes?

Não escreva no livro



» População de elefantes da espécie *Loxodonta africana*. (Botswana, África.)

## Atividades

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

- Em setembro de 2018, ocorreu um grande incêndio do Museu Nacional, localizado no Rio de Janeiro. O museu era um dos maiores acervos da América Latina, com mais de 20 milhões de itens em exposição e em estudo. Com o incêndio, grande parte do acervo foi perdida ou danificada, incluindo registros históricos, coleções de minerais, múmias, fósseis e obras de arte. Entre os fósseis, estava o crânio de Luzia, encontrado em Minas Gerais. Luzia é um dos fósseis humanos mais antigos já encontrados nas Américas. Após o incêndio, parte do fóssil de Luzia foi encontrado fragmentado.

As perdas decorrentes do incêndio do Museu Nacional são irreparáveis. Além do estrago dos itens do acervo, diversas pesquisas que estavam em andamento tiveram de ser interrompidas, pela impossibilidade de continuação.

A respeito do assunto, responda às questões propostas a seguir.

- Em sua opinião, qual a importância dos museus para a nossa sociedade?
- Apesar de o fóssil de Luzia ter sido recuperado, muitos outros foram perdidos com o incêndio. Qual a importância dos fósseis para a comunidade científica?

ISMAR INGBER/PULSAR IMAGENS

ISMAR INGBER/PULSAR IMAGENS



» Réplica do crânio fossilizado de Luzia ao lado de uma reconstrução artística de sua face. (Rio de Janeiro, RJ, 2009.)

**2.** Leia a reportagem a seguir e responda às questões que seguem.

Um assunto que tem gerado muita preocupação entre pesquisadores e agricultores: está ficando difícil controlar as pragas, doenças e plantas invasoras. O uso excessivo e errado de agrotóxicos [...] faz surgir organismos cada vez mais resistentes.

[...]

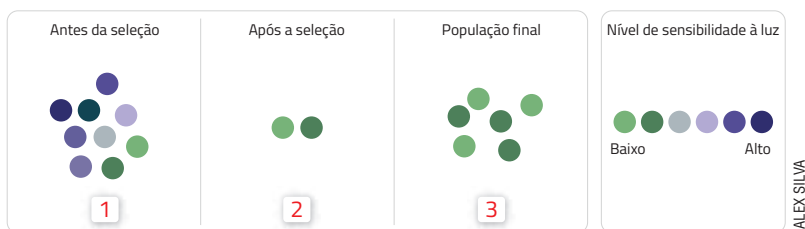
A resistência acontece da seguinte maneira: vamos supor que em uma lavoura de soja, exista uma infestação de percevejos. O agricultor vai entrar com uma pulverização de inseticida. A maioria dos percevejos vai morrer. Mas existem entre eles, alguns que são diferentes. Eles têm, lá no seu DNA, o gene da resistência. Esses, vão sobreviver. Depois de várias e várias pulverizações e com a reprodução desses insetos, aqueles percevejos que eram diferentes, passam a ser maioria e aí o produto não vai mais funcionar.

[...]

MARTINS, H. Uso excessivo de agrotóxicos torna as pragas das lavouras mais resistentes. **G1**. 12 jun. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2016/06/uso-excessivo-de-agrotoxicos-torna-pragas-das-lavouras-mais-resistentes.html>. Acesso em: 19 ago. 2020.

Com base nas informações do texto e em seus conhecimentos, faça o que se propõe a seguir.

- a) O que é informado pelo texto?
  - b) A explicação presente no texto utiliza as ideias evolutivas de Lamarck ou de Darwin e Wallace? Justifique sua resposta.
  - c) A situação expressa no texto pode ser evitada a partir da conjugação de diversas estratégias simultâneas, além do incentivo ao desenvolvimento de pesquisas científicas. Uma delas é a adoção do controle biológico. Realize uma pesquisa a respeito do controle biológico na agricultura e registre os resultados encontrados em seu caderno.
- 3.** Em seu caderno, associe corretamente as colunas a seguir.
- |                     |  |
|---------------------|--|
| A. Lamarck          | I. O ambiente impõe mudanças aos seres vivos.  |
|                     | II. As espécies atuais surgiram espontaneamente, de modo independente.   |
| B. Darwin e Wallace | III. As condições ambientais selecionam os seres vivos que possuem características vantajosas.   |
|                     | IV. O uso das características promove seu desenvolvimento e o desuso, sua atrofia.   |
|                     | V. Os seres vivos que possuem características vantajosas à sua sobrevivência têm maior probabilidade de sobreviver e de se reproduzir. |
|                     | VI. As espécies atuais surgiram de ancestrais que se modificaram ao longo do tempo.  |
|                     | VII. Características adquiridas são transmitidas à geração seguinte.   |
- 4.** Considerando a resposta à atividade **3**, estabeleça uma comparação entre as ideias evolutivas de Lamarck e as de Darwin e Wallace.
- 5.** Analise o esquema a seguir.



ALEX SILVA

Considere que os círculos representam indivíduos de uma população e que a alta sensibilidade à luz resulte na morte dos indivíduos, quando expostos a ela.

- a) O que é representado no esquema?
- b) Na situação (1), é possível dizer que o ambiente em que os indivíduos viviam era sombreado ou ensolarado? E na situação (3)? Justifique sua resposta.
- c) Apesar de o esquema representar uma situação hipotética, é possível que situações similares aconteçam, devido a fatores naturais ou às atividades humanas. Considere que uma floresta com grande densidade de árvores seja desmatada para que o terreno seja utilizado para o plantio de soja. Relacione essas informações ao esquema, justificando a importância da preservação da natureza.

# Teoria sintética da evolução

**1** Por que a ocorrência de mutações em agentes causadores de doenças, como o novo coronavírus, poderia dificultar o desenvolvimento de estratégias de combate a eles? Converse com seus colegas a respeito.

Não escreva no livro

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no Manual do Professor.

» Jaqueline Goes de Jesus, uma cientista baiana que coordenou pesquisas importantes para identificar o material genético do SARS-CoV-2 no Brasil.

Com o desenvolvimento dos estudos, tornou-se possível conhecer detalhadamente o material genético. Com essa possibilidade, pesquisadores puderam sequenciar o material genético do vírus SARS-CoV-2, causador da covid-19, que se tornou uma pandemia em 2020. O sequenciamento do material genético do novo coronavírus, como é denominado popularmente, permitiu que diversas linhas de pesquisa fossem criadas na tentativa de controlar a pandemia, combatendo o vírus ou criando medidas preventivas efetivas, como as vacinas.

Contudo, a possibilidade de ocorrer modificações no material genético do SARS-CoV-2, ao que denominamos mutações, preocupou diversos pesquisadores ao redor do mundo. Leia, a seguir, o trecho de uma reportagem que aborda essa questão.

O primeiro passo para derrotar um inimigo é identificá-lo, aprender como ele se comporta e tentar prever qual será seu próximo passo.

Mas o que acontece se, no meio da batalha, o inimigo se transforma e as armas que preparamos contra ele não funcionam mais?

Essa é uma das perguntas feita pelos cientistas que trabalham a toda velocidade para encontrar uma vacina ou tratamento que possa controlar a pandemia do novo coronavírus.

[...]

“Se o vírus não mudar, é mais fácil encontrar soluções viáveis”, diz Jasarevic, da OMS.

[...]

SERRANO, C. O que mutações podem representar no combate ao novo coronavírus. **BBC Brasil**. 27 mar. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-52069729>. Acesso em: 20 ago. 2020.

As **mutações** são alterações no material genético. Elas contribuem para a ampliação da diversidade genética existente entre os seres vivos, sendo um dos fatores que explicam a teoria evolutiva mais aceita atualmente entre a comunidade científica. Neste tema, estudaremos a **teoria sintética da evolução**, que envolve, além da mutação, um conjunto de processos, como a recombinação gênica, o fluxo gênico, a deriva genética e a seleção natural.



REUTERS/RAHEL PATRASSO



# Introdução à Genética

Para estudarmos a teoria sintética da evolução, precisamos, antes, compreender alguns conceitos básicos de Genética. Vejamos a seguir.

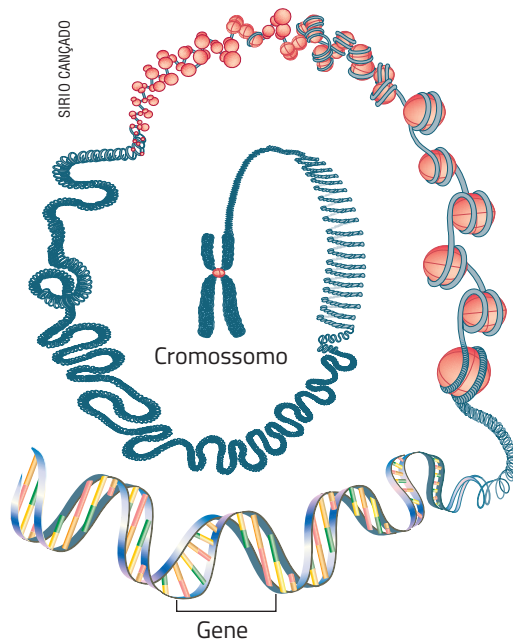
Os seres vivos apresentam moléculas de DNA (ácido desoxirribonucleico) como material genético. Essas moléculas se encontram arranjadas na forma de cromossomos, que podem estar dispersos no citoplasma, no caso de procariontes, ou no interior do núcleo celular, no caso de eucariontes.

Segmentos específicos do DNA carregam informações que condicionam as características dos seres vivos. Esses segmentos são denominados **genes**. Os genes, portanto, carregam informações responsáveis por condicionar a formato, o aspecto e a cor das estruturas que compõem os seres vivos, por exemplo.

O número total de cromossomos é variável entre as espécies de seres vivos. Em muitas delas, eles se encontram aos pares, sendo que metade do conjunto cromossômico de um indivíduo é herdado da mãe e a outra metade é herdada do pai, devido à **reprodução sexuada**. Esse é um dos motivos pelos quais apresentamos muitas características similares aos nossos pais.

## Saiba mais

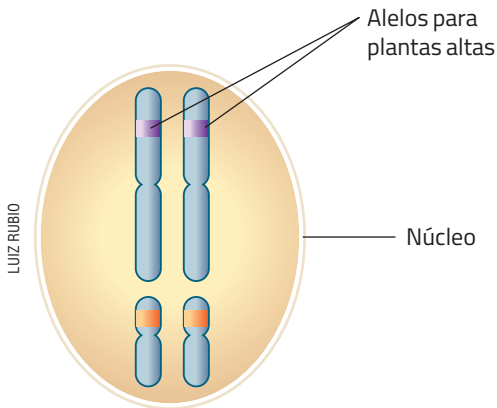
A **reprodução sexuada** envolve a participação de gametas (células sexuais) masculinas e femininas. Cada gameta apresenta metade do conjunto cromossômico da espécie. Ao se unirem, forma-se um zigoto com o conjunto cromossômico completo, que irá se desenvolver e formar um novo indivíduo.



» Representação esquemática da estrutura de um cromossomo, com detalhe para a localização de um gene na molécula de DNA que constitui o cromossomo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Produzido com base em:  
REECE, J. B., *et al.* **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 328-329.

Para cada gene que condiciona uma determinada característica, existe uma região específica dos cromossomos onde eles estão localizados. Os genes de uma mesma característica podem existir sob diferentes formas, denominadas **alelos**. Os alelos de um mesmo gene se expressam de formas diferentes, podendo resultar em variações de uma mesma característica entre indivíduos de uma mesma espécie. A maioria das características de um ser vivo pode, ainda, ter influência do ambiente.



Produzido com base em: REECE, J. B., et al. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 264.

Por exemplo, considere que em uma espécie de planta hipotética existam dois alelos para um gene que condiciona sua altura: um alelo que resulta em plantas altas e outro que resulta em plantas anãs. Mesmo que uma planta apresente alelos que resultem em plantas altas, é possível que ela não cresça o suficiente, se não receber água e nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.

A constituição genética de um ser vivo e a influência do ambiente sobre o seu conjunto de características proporcionam uma ampla diversidade entre os seres vivos.

» Representação esquemática do núcleo de uma célula eucariótica hipotética de uma planta, com quatro cromossomos. Nos cromossomos existe a representação da localização dos alelos (no caso, ambos para plantas altas) de gene que condiciona a característica altura. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

## Mutação

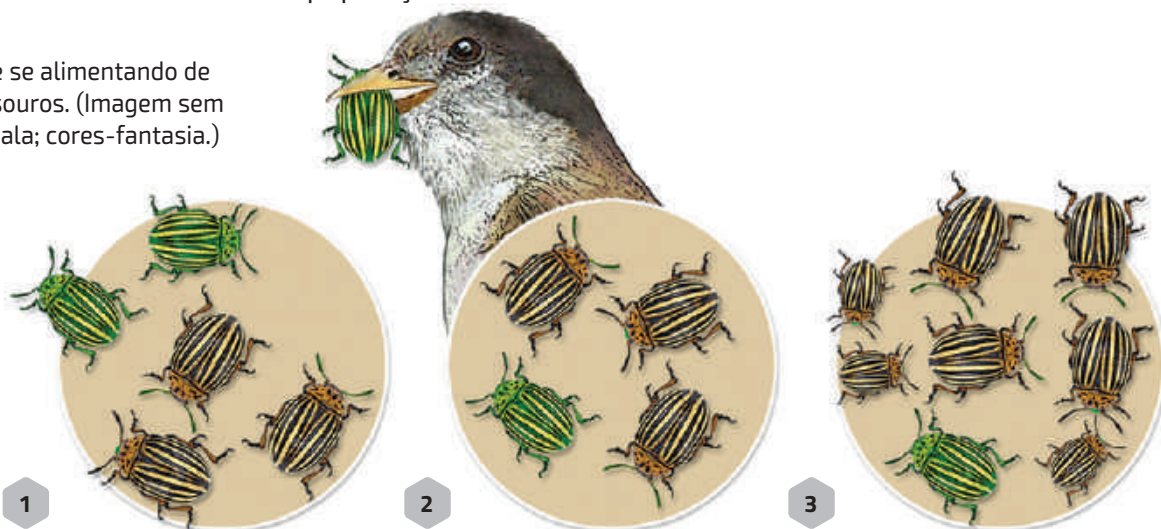
Podemos dizer que as **mutações** são modificações que ocorrem no material genético, isto é, alterações nas moléculas de DNA. Quando as mutações ocorrem em um gene, elas podem alterar as informações genéticas que eles carregam, e, por consequência, modificar as características que eles condicionam.

Nesse sentido, as mutações configuram a origem primária da variabilidade genética entre os indivíduos de uma população, sobre a qual a seleção natural irá atuar, selecionando os conjuntos genéticos mais vantajosos a determinadas condições ambientais. Vejamos o seguinte exemplo hipotético.

Considere que em uma floresta exista uma população de besouros de cor verde-amarela, que são facilmente predados por aves. Em certo momento, em decorrência de uma mutação no gene que configura a cor do élitro (a asa de proteção que recobre as asas funcionais) dos besouros dessa espécie, considere que tenha nascido um besouro com élitro marrom-amarelo. Por conta de sua coloração, esse besouro pode ser confundido com as cores dos troncos e do solo presentes na floresta e não ser predado com facilidade.

Nesse caso, a cor marrom-amarela consistiu em uma vantagem para a sobrevivência do besouro. Caso essa característica seja hereditária, ela poderá ser passada aos seus descendentes, por meio da reprodução. Com o passar das gerações, poderão existir mais besouros de élitro verde-amarelo na população.

» Ave se alimentando de besouros. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



SELMA CAPARROZ

As mutações normalmente são neutras, ou seja, não afetam as características dos indivíduos. No geral, as mutações ocorrem aleatoriamente, mas podem ser induzidas por agentes mutagênicos, como a nicotina e a radiação ultravioleta (UV).

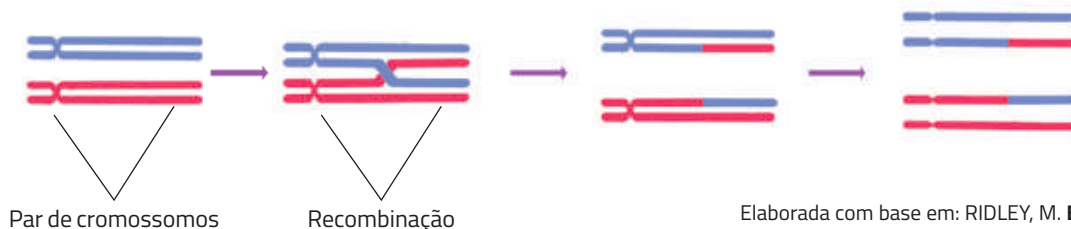
## Recombinação gênica

De modo geral, a **recombinação gênica** consiste na troca de informações genéticas entre cromossomos de um mesmo par de **cromossomos homólogos**. Ela aumenta ainda mais a variabilidade genética existente em uma população.

A recombinação gênica ocorre durante a **meiose**, divisão celular que origina células reprodutivas, como os gametas. De modo geral, na meiose, uma célula-mãe origina quatro células-filhas com metade do conjunto cromossômico presente na célula que lhe deu origem, as quais serão maturadas e se tornarão gametas.

Em determinado momento da meiose, podem ocorrer trocas de segmentos entre os cromossomos homólogos. A troca desses segmentos resulta em gametas com conjuntos cromossômicos distintos, possibilitando outras combinações genéticas entre os descendentes.

**Cromossomos homólogos:** par de cromossomos semelhantes em estrutura e constituição genética, sendo um de origem materna e outro de origem paterna.



Elaborada com base em: RIDLEY, M. **Evolução**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 60.

A recombinação gênica é aleatória. Ela pode não ocorrer, ou ocorrer uma ou várias vezes, durante a meiose.

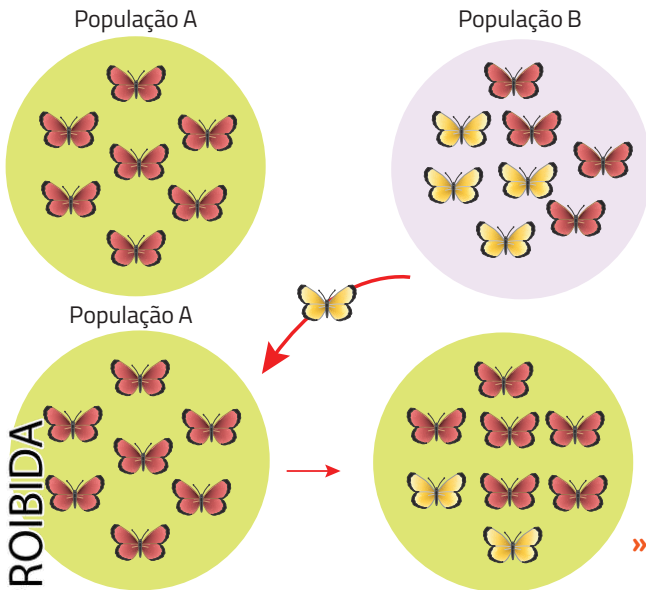
» Representação esquemática de recombinação gênica em um par de cromossomos homólogos. Nesse processo, segmentos da mesma região de cada cromossomo podem ser trocados. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

## Fluxo gênico

O **fluxo gênico** consiste na troca de informações genéticas entre populações de uma mesma espécie, o que também pode aumentar a variabilidade genética. O fluxo gênico ocorre por meio da reprodução sexuada entre indivíduos de populações diferentes, de uma mesma espécie. Ele pode ser ocasionado pela migração.

No geral, a chegada (imigração) de indivíduos novos a uma população pode aumentar a variabilidade genética existente nela, visto que parte do conjunto genético do indivíduo imigrante será passado aos descendentes, caso ele se reproduza com indivíduos da nova população. Veja o exemplo a seguir.

Considere que existam duas populações de borboletas: a população A apresenta apenas indivíduos de asas vermelhas e a população B apresenta indivíduos de asas vermelhas e indivíduos de asas amarelas. Caso um indivíduo de asas amarelas da população B migre até a população A e se reproduza com um indivíduo da nova população, é possível que essa característica se estabeleça nas próximas gerações, com o passar do tempo.



Contudo, a emigração (saída) de indivíduos de uma população pequena pode diminuir a variabilidade genética existente nela, visto que as possíveis combinações genéticas entre os descendentes serão reduzidas. Por isso, é importante que ambas as populações possam ser capazes de migrar livremente, de modo que a troca de informações genéticas seja mantida entre elas.

Elaborada com base em: FLUXO Gênico. **Entendendo a Evolução**, [20--]. Disponível em: <https://evosite.ib.usp.br/evo101/IIIC4GeneFlow.shtml>. Acesso em: 21 ago. 2020.

» Representação esquemática do fluxo gênico entre populações de borboletas distintas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

## Deriva genética

A **deriva genética** corresponde à alteração drástica da frequência de alguns alelos em uma população, resultando na redução aleatória da variabilidade genética dessa população. Essa alteração não tem relação com as vantagens ou desvantagens apresentadas pelos indivíduos frente às condições ambientais e, portanto, não caracteriza ação da seleção natural.

Os processos que podem resultar na deriva genética podem envolver fenômenos naturais, como queimadas, erupções vulcânicas, terremotos e maremotos, ou atividades humanas, como a caça, a pesca, o desmatamento e as queimadas, praticadas ilegalmente. Nesses casos, por exemplo, diversos indivíduos podem ser mortos, independentemente das características que apresentem.

Como a retirada de indivíduos de uma população reduz sua variabilidade genética, isso pode ser um fator negativo para a sobrevivência da população, visto que podem não ser capazes de sobreviver frente a alterações nas condições ambientais.

Por exemplo, considere que entre os indivíduos de uma população de árvores, existem aqueles muito resistentes a períodos de seca e aqueles pouco resistentes. Contudo, considere que tenha ocorrido uma queimada na região onde habitam. Esse evento provoca a redução acentuada da população de árvores, pois vários indivíduos dessa população morrem aleatoriamente em decorrência da queimada. Com isso, e de forma aleatória, é possível que sobrevivam mais indivíduos com determinada característica, ou menos indivíduos com a mesma característica em questão. É possível ainda que uma dessas características desapareça dessa população em decorrência da queimada.

Para evitar que populações sejam dizimadas e, eventualmente, extintas, é importante manter a variabilidade genética das populações.

# Seleção natural

A **seleção natural** ocorre em função das vantagens, ou desvantagens, na sobrevivência e na reprodução dos indivíduos, conferidas em decorrência de suas características. Nesse sentido, ela não é aleatória, tampouco ocorre ao acaso.

A seleção natural atua sobre as características do indivíduo, oriundas de sua constituição genética e da influência ambiental sobre elas. No entanto, sua ação ocorre de acordo com as condições do ambiente. Isso significa que determinadas características podem ser vantajosas sob certas condições ambientais e desvantajosas sob outras. Vejamos o exemplo do estudo do pesquisador inglês Bernard Kettlewell (1907-1979) com mariposas da espécie *Biston betularia*.

Em seu estudo, Kettlewell observou que a quantidade de indivíduos de coloração clara e indivíduos de coloração escura de uma mesma população de mariposas variou conforme os níveis de poluição da cidade. Ele verificou que, em ambientes poluídos, existia uma maior proporção de indivíduos de coloração escura em relação à coloração clara; em contrapartida, em ambientes menos poluídos, existia uma maior proporção de mariposas claras que escuras.

O pesquisador concluiu que em ambientes poluídos, as mariposas se camuflavam nos troncos das árvores escurecidos pela poluição e, com isso essas mariposas eram menos predadas que as mariposas claras. No outro sentido, em ambientes menos poluídos, as mariposas claras se camuflavam nos troncos das árvores não escurecidos e, com isso, eram menos predadas que as escuras nesses ambientes. Com o passar do tempo, os indivíduos menos predados em cada ambiente teriam maior chance de se reproduzir e de transmitir suas características aos descendentes.



IANREDDING/SHUTTERSTOCK.COM

» Mariposas da espécie *Biston betularia* em tronco de árvore. À esquerda, indivíduos de coloração clara; à direita, indivíduos de coloração escura.

## Atividades

Respostas e comentários das atividades estão no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Os corredores ecológicos são faixas de vegetação que ligam fragmentos de florestas que foram separados pelas atividades humanas, como a agricultura e a construção de rodovias. Os corredores são importantes para que as populações de espécies que habitam os fragmentos possam estabelecer comunicação e se reproduzir. Nesse sentido, os corredores contribuem para a manutenção da biodiversidade.



EDSON GRANDISOLI/PULSAR IMAGENS

» Corredor de Biodiversidade em Extrema (MG, Brasil, 2016).

A respeito do assunto, responda às questões a seguir.

- a) Qual dos processos evolutivos que constituem a teoria sintética da evolução está relacionado à importância biológica dos corredores ecológicos? Explique sua resposta.
  - b) Os corredores ecológicos são regulamentados pela lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Essa lei determina que eles podem fazer parte do manejo de regiões legalmente protegidas devido às suas características, chamadas Unidades de Conservação (UC). No estado em que você mora, existe um corredor ecológico que liga regiões legalmente protegidas? Para responder a essa questão, realize uma pesquisa em *sites* e fontes confiáveis. Em sua pesquisa, busque saber o contexto histórico relacionado à determinação deste corredor ecológico, enfatizando as razões pelas quais foi instituído.
2. A sobrepesca, também chamada de pesca predatória, corresponde à realização da atividade pesqueira de forma desenfreada e excessiva, tornando insustentável a manutenção da população de peixes na natureza. Quando não há estratégias de manejo para a atividade pesqueira, muitos indivíduos adultos podem ser capturados, antes ou durante sua fase reprodutiva, fazendo que não resem adultos suficientes para reestabelecer a população. Na sobrepesca, portanto, há a superexploração das populações de peixes.
- Com base nas informações apresentadas e em seus conhecimentos, faça o que se propõe a seguir.
- a) Um dos problemas associados à sobrepesca é a redução progressiva da população de peixes no ambiente, deixando-os suscetíveis aos efeitos da deriva genética. Explique essa afirmação.
  - b) Considerando sua resposta ao item (a), justifique a importância da adoção de estratégias de manejo para a atividade pesqueira. Em sua resposta, proponha estratégias que podem ser adotadas por pescadores para garantir que a prática ocorra de forma sustentável. Se necessário, realize uma pesquisa em *sites* e fontes confiáveis.
3. Diversas explicações para a evolução das espécies foram propostas ao longo do tempo. Mesmo que hoje algumas delas não estejam corretas, em termos científicos, todas foram importantes à concretização do pensamento evolutivo na comunidade científica. O quadro a seguir apresenta alguns termos relacionados a algumas explicações evolutivas.

Seleção natural	Geração espontânea
Mutação	Recombinação gênica
Uso e desuso	Ancestralidade comum
Fluxo gênico	Deriva genética
Herança dos caracteres adquiridos	

A respeito do assunto, responda.

- a) Quais termos podem ser associados à explicação evolutiva proposta por Lamarck?
  - b) Quais termos podem ser associados à explicação evolutiva proposta por Darwin e Wallace?
  - c) Quais termos podem ser associados à teoria sintética da evolução?
  - d) A partir de sua resposta aos itens (a), (b) e (c), estabeleça uma comparação entre a explicação evolutiva proposta por Lamarck, a explicação proposta por Darwin e por Wallace e a teoria sintética da evolução.
4. Um estudo desenvolvido por pesquisadores brasileiros e canadenses apontou que grande parte dos casos de câncer de mama em mulheres jovens, entre 20 e 35 anos, são decorrentes de **mutações genéticas** que ocorrem nas células de suas mamas que não são hereditárias; ou seja, são mutações que não foram herdadas. Grande parte das mutações das pacientes que foram estudadas ocorreram em um **gene** que condiciona uma proteína de reparo de DNA. Em condições normais, essa proteína é responsável por reparar possíveis danos no DNA; no caso da mutação, a proteína não desempenha sua função corretamente, o que pode resultar no câncer.
- A partir das informações apresentadas e de seus conhecimentos, responda:
- a) Caracterize o perfil dos participantes do estudo.
  - b) Qual a principal causa do câncer de mama dos participantes do estudo? Explique-a.
  - c) Explique o significado dos termos em destaque.
  - d) As chances de sucesso do tratamento do câncer de mama são aumentadas quando a doença é identificada em seus estágios iniciais. Por esse motivo, é importante que as mulheres, desde jovens, realizem exames que averiguem a saúde das mamas periodicamente. Realize uma pesquisa em *sites* e fontes confiáveis a respeito desses exames. Com os resultados de sua pesquisa, forme um grupo com seus colegas e confeccionem panfletos informativos a respeito da importância da realização de exames periódicos por mulheres para distribuí-los à comunidade escolar, buscando conscientizá-la.

Leia o texto a seguir.

### Nova espécie de dinossauro carnívoro é descoberta no Paraná

Estudo publicado [...] no periódico científico *Scientific Reports*, do grupo *Nature*, apresenta uma nova espécie de dinossauro, que viveu [...] há cerca de 90 milhões de anos. O fóssil foi encontrado no município de Cruzeiro do Oeste, no Paraná [...]. A nova espécie foi nomeada *Vespersaurus paranaensis*, a partir da palavra *vesper* (oeste ou entardecer em latim), em referência ao nome da cidade onde foi descoberta, e por representar o primeiro dinossauro do Estado do Paraná.

Os fósseis da nova espécie revelam um animal pequeno, com pouco mais de 1,5 metro de comprimento, que fazia parte da linhagem dos terópodos, grupo de dinossauros carnívoros bípedes [...].

O *Vespersaurus paranaensis* é a oitava espécie de dinossauro descrita a partir de material brasileiro que pode ser seguramente atribuída aos terópodos. [...]

NOVA espécie de dinossauro carnívoro é descoberta no Paraná. **Jornal da USP**. 26 jun. 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-biologicas/nova-especie-de-dinossauro-e-descoberta-no-parana/>. Acesso em: 22 ago. 2020.



» Reconstrução do dinossauro *Vespersaurus paranaensis*. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

**1** Como ocorre o surgimento de uma nova espécie? Elabore uma explicação para esse processo.

Não escreva no livro

Ao longo do tempo geológico, diversas espécies de seres vivos surgiram, ao passo que muitas outras foram extintas, como o dinossauro da espécie *Vespersaurus paranaensis*. Os fósseis nos permitem conhecer as espécies já extintas, além de conhecermos como se deu a história evolutiva de diversos grupos de seres vivos.

O processo evolutivo que envolve o surgimento de novas espécies é denominado **especiação**. Ao considerarmos que os indivíduos que pertencem a uma mesma espécie são capazes de compartilhar informações genéticas durante o processo de reprodução, podemos dizer que a especiação ocorre quando populações se tornam reprodutivamente isoladas, se diversificando ao longo do tempo.

O surgimento de novas espécies pode ocorrer por meio de alguns processos. Entre eles, os mecanismos de especiação alopátrica e simpátrica, os quais estudaremos neste tema.

# Isolamento reprodutivo

O isolamento reprodutivo entre duas populações é um dos fatores que pode determinar que a especiação ocorreu. Populações reprodutivamente isoladas são aquelas que não são capazes de se reproduzir na natureza, ou, quando o fazem, não geram descendentes férteis, indicando a ausência de fluxo gênico entre as duas populações. Essa incapacidade é decorrente de uma série de mecanismos. Alguns mecanismos podem impedir a fecundação dos gametas, sendo denominados **mecanismos pré-zigóticos**; outros, podem impedir que o zigoto formado se torne um adulto e seja fértil, sendo denominados **mecanismos pós-zigóticos**.

O quadro a seguir apresenta alguns desses mecanismos.



burro é o híbrido macho formado a partir do acasalamento de uma égua, fêmea da espécie *Equus caballus*, e de um jumento, macho da espécie *Equus asinus*.

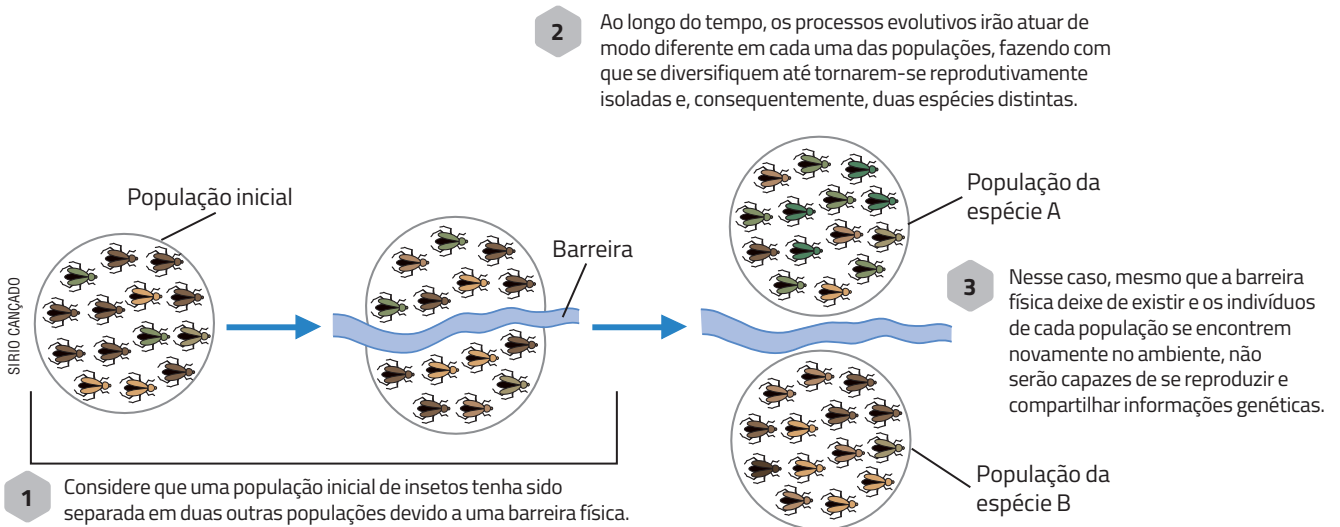
**Híbrido:** organismo formado pelo cruzamento entre indivíduos de espécies distintas.

<b>Mecanismos pré-zigóticos</b>	Isolamento temporal	Algumas espécies apresentam diferentes épocas reprodutivas, sejam diferentes períodos em dias, estações ou anos. Por esse motivo, não são capazes de promover a união de seus gametas.
	Isolamento espacial	Algumas espécies vivem em diferentes ambientes específicos, mesmo que próximos. É possível que raramente se encontrem, mesmo que não estejam isoladas fisicamente.
	Isolamento comportamental	Algumas espécies apresentam comportamentos específicos para a atração de parceiros reprodutivos; muitas vezes, esses comportamentos auxiliam o reconhecimento de parceiros de mesma espécie. Por esse motivo, não reconhecem indivíduos que não exibam esse comportamento.
	Isolamento mecânico	Algumas espécies apresentam estruturas reprodutivas diferentes, de tamanho e formato distintos. Assim, são impedidas de se acasalar.
	Isolamento gamético	Os gametas masculinos e femininos produzidos por uma espécie podem ser incapazes de se unirem aos gametas produzidos por outras espécies. Por exemplo, podem ser produzidas substâncias químicas que impeçam a fecundação dos gametas de diferentes espécies.
<b>Mecanismos pós-zigóticos</b>	Inviabilidade do híbrido	A sobrevivência do híbrido pode ser comprometida pela união do conjunto genético dos parentais de diferentes espécies, tornando seu desenvolvimento inviável.
	Infertilidade do híbrido	Mesmo que o híbrido seja capaz de sobreviver e se desenvolva, a maior parte deles é estéril. Isto é, são inférteis, não sendo capazes de se reproduzir e gerar descendentes. É o que ocorre com o burro e com a mula, que são híbridos normalmente estéreis.



# Especiação alopátrica

A **especiação alopátrica**, também chamada de **especiação geográfica**, ocorre quando uma população de uma espécie é separada fisicamente em duas ou mais populações, que se diversificam ao longo do tempo em decorrência de fatores evolutivos. Essa separação normalmente se dá por uma barreira geográfica, como rios, montanhas, entre outros. Vejamos o exemplo a seguir.



Elaborado com base em: REECE, J. B., *et al.* **Biologia de Campbell**. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 505.

» Representação esquemática das etapas que envolvem a especiação alopátrica. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nem toda barreira geográfica é capaz de conduzir à especiação alopátrica, visto ser possível que os organismos sejam capazes de transpor essa barreira. Ou seja, para os organismos que são capazes de atravessá-la ou de contorná-la, eles não serão mantidos em populações fisicamente separadas. Por exemplo, é possível que um rio atue como barreira geográfica para pequenos invertebrados terrestres, como formigas, mas não para algumas aves, que são capazes de cruzar as margens do rio voando.

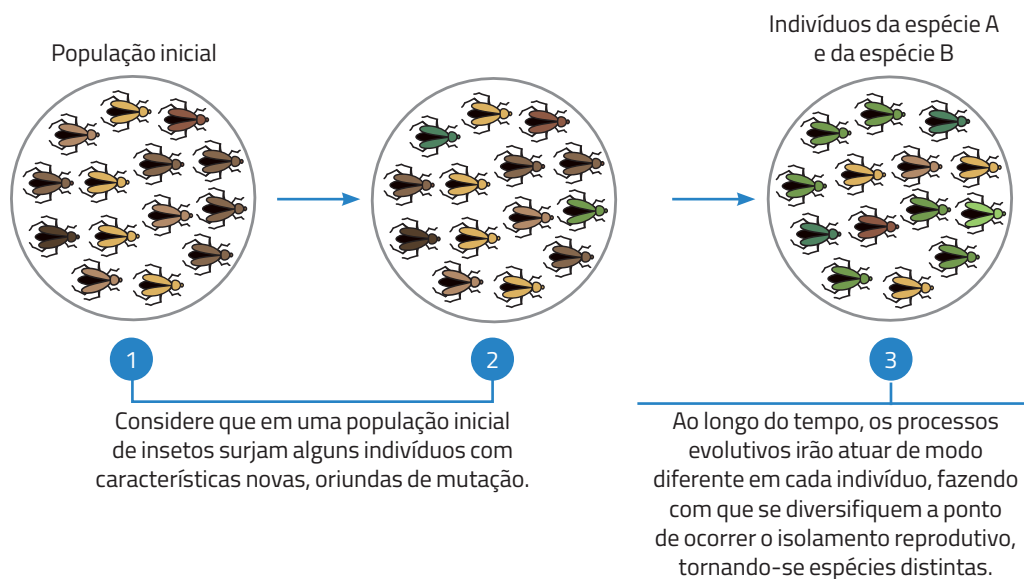
Contudo, uma vez isoladas, o fluxo gênico entre essas populações será interrompido, resultando em possibilidades de conjuntos genéticos diferentes para cada uma delas. Além disso, a atuação da seleção natural sobre cada população poderá ser distinta, visto que as condições do ambiente em que cada uma passará a viver possivelmente não será a mesma. Também é possível que ocorram mutações entre os indivíduos de cada população.

Todos esses processos evolutivos podem fazer com que as populações acumulem diferenças ao longo do tempo, até que sejam incapazes de se reproduzir e compartilhar informações genéticas.

# Especiação simpátrica

A **especiação simpátrica** ocorre quando novas espécies são formadas sem que ocorra isolamento geográfico. No caso, podem ocorrer modificações em alguns indivíduos de uma mesma população, que, com o passar do tempo, podem resultar em novas espécies.

Vejamos o exemplo a seguir.



Produzido com base em: MODOS de especiação. **Entendendo a Evolução**, [20--]. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/evosite/evo101/VC1aModesSpeciation.shtml>. Acesso em: 22 ago. 2020.

A especiação simpátrica pode ocorrer por meio da **poliploidia**, condição hereditária em que o indivíduo apresenta dois ou mais conjuntos completos de cromossomos. No caso, podem ocorrer erros acidentais na formação dos gametas dos indivíduos, originando gametas com o conjunto total de cromossomos da espécie, ao invés de metade deste conjunto. Caso esses gametas se unam a outros, forma-se um zigoto que apresenta mais de um conjunto completo de cromossomos, que, caso seja capaz de se desenvolver, pode originar uma nova espécie.

Vejamos o seguinte exemplo hipotético. Considere que uma espécie apresente 12 cromossomos no total. Os gametas formados normalmente por seus indivíduos apresentarão 6 cromossomos; assim, após a união dos gametas na reprodução sexuada, forma-se um zigoto com 12 cromossomos novamente, que irá se desenvolver em um novo indivíduo. Contudo, caso aconteçam erros na formação dos gametas, podem ser formados gametas com o conjunto completo, isto é, com 12 cromossomos. Caso esses gametas se unam a outros, será formado um zigoto com um conjunto cromossômico distinto, que poderá se desenvolver em um novo indivíduo.

A poliploidia dificilmente ocorre na natureza, pois zigotos ou indivíduos poliploides tem pouca viabilidade para se desenvolver. Porém, a poliploidia existe entre as plantas e alguns grupos de peixes e de anfíbios, por exemplo.

1. O Grand Canyon é uma formação geológica natural localizada no estado do Arizona, nos Estados Unidos. Ele foi formado ao longo de milhões de anos, devido à atividade erosiva do rio Colorado. Atualmente, duas espécies de esquilos são encontradas em diferentes regiões do Canyon: a região Norte é ocupada por esquilos da espécie *Ammospermophilus leucurus*, que apresentam uma mancha branca em sua cauda; enquanto a região Sul é ocupada por esquilos da espécie *Ammospermophilus harrisi*, que não a apresentam. Os estudos apontam que essas espécies foram originadas de uma população ancestral, que foi geograficamente separada ao longo da formação do Canyon.



» Rio Colorado situado no Grand Canyon (Arizona, Estados Unidos, 2012.)



- » Esquilo da espécie *Ammospermophilus leucurus* (à esquerda) e esquilo da espécie *Ammospermophilus harrisi* (à direita).

Os estudos apontam que as espécies de esquilo tenham sido originadas por qual tipo de especiação? Explique-a.

2. Existem diferentes mecanismos de isolamento reprodutivo. Identifique qual deles está relacionado às situações apresentadas a seguir.
  - a) Muitos animais aquáticos liberam seus gametas na água. No caso, a fecundação ocorre no ambiente. De modo geral, apenas gametas de indivíduos machos e fêmeas de uma mesma espécie são capazes de se unir na fecundação.
  - b) Há duas espécies de gambá do gênero *Spilogale* que são encontradas em áreas geográficas próximas, mas se reproduzem em estações do ano diferentes. A época reprodutiva de uma delas é o verão; da outra, o inverno.
  - c) Existem subespécies de salamandra do gênero *Ensatina* que são capazes de se reproduzir. Contudo, grande parte dos híbridos não é capaz de completar seu desenvolvimento.

- d) Existem duas espécies de cobras do gênero *Thamnophis* que ocorrem na mesma área geográfica. No entanto, uma das espécies é terrestre; a outra, vive principalmente na água.
- e) A mula é o híbrido fêmea resultante do acasalamento de um jumento macho e de uma égua. Apesar de se desenvolver, não é capaz de gerar descendentes.
- f) O formato da concha de diferentes espécies de caracóis do gênero *Bradybaena* é específico. Nesse sentido, as aberturas genitais de diferentes espécies ficam desalinhadas ao tentarem o acasalamento, impedindo-o.
- g) Os atobás-de-pés-azuis, da espécie *Sula nebouxii*, são encontrados nas Ilhas Galápagos. O acasalamento é proporcionado a partir de uma corte exclusiva da espécie, na qual o macho levanta os pés azuis, chamando a atenção da fêmea.

3. Leia o texto a seguir.

Há muitos anos, moluscos com uma concha brilhante [...] chegaram até as rochas no fundo do mar na ilha da Trindade, localizada a 1.160 quilômetros da costa brasileira, no litoral do Espírito Santo. Os moluscos tiveram mutações que, por seleção natural, deram origem, muito tempo depois, a uma nova espécie, a *Macrocypraea mammoth* [...]. O molusco era desconhecido dos cientistas, até que três exemplares vivos foram coletados por uma expedição de pesquisa na ilha [...]. Por existir apenas em Trindade, os responsáveis pela descoberta vão pedir a inclusão do animal na lista brasileira de espécies protegidas, para que não corra o risco de desaparecer. [...]

BERNARDES, J. Um "mamute" é descoberto no fundo do mar em ilha brasileira. *Jornal da USP*, 17 fev. 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-biologicas/um-mamute-e-descoberto-no-fundo-do-mar-em-ilha-brasileira/>. Acesso em: 22 ago. 2020.

Com base nas informações do texto e em seus conhecimentos, responda.

- a) O que é informado pelo texto?
- b) Que processo evolutivo teria originado a espécie *Macrocypraea mammoth*? Explique-o.
- c) Por que a espécie *Macrocypraea mammoth* entrará para a lista de espécies brasileiras protegidas?
- d) Forme um grupo com seus colegas e realizem uma pesquisa a respeito de espécies encontradas no Estado em que vocês moram e que pertencem à lista de espécies protegidas brasileiras. Em sua pesquisa, busquem por características dessas espécies, como hábitos de vida e sua classificação. Registrem os resultados encontrados em seus cadernos.

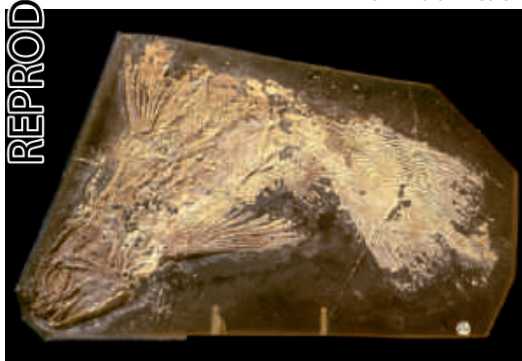
# Breve história da evolução da vida na Terra

ATYPEEK DSGN/SHUTTERSTOCK.COM



Coelacanto (*Latimeria chalumnae*). O adulto da espécie pode atingir até 2 metros de comprimento.

NATURAL HISTORY MUSEUM



» Fóssil de coelacanto (*Latimeria chalumnae*), encontrado na Alemanha e datado de 161 a 145 milhões de anos atrás (Jurássico Superior).

A resposta e o comentário da atividade estão disponíveis no Manual do Professor.

- 1 Ao comparar os coelacantos atuais aos fósseis, os pesquisadores notaram algumas diferenças. Que diferenças são elas? O que essas diferenças indicam? Converse com seus colegas sobre o assunto.

Não escreva no livro

Os peixes da espécie *Latimeria chalumnae*, conhecidos por coelacantos, eram considerados extintos pela comunidade científica, já que não eram encontrados na natureza. O que se conhecia eram apenas exemplares fossilizados, datados de milhões de anos atrás. Até que, para a surpresa dos pesquisadores, um exemplar fora capturado por pescadores na África do Sul, em 1938, fazendo que ficassem conhecidos por “fósseis vivos”.

Os coelacantos permaneceram ocultos por tanto tempo porque habitam grandes profundidades e possuem hábitos noturnos, período em que costumam se alimentar. Durante o dia, permanecem reclusos em cavernas.

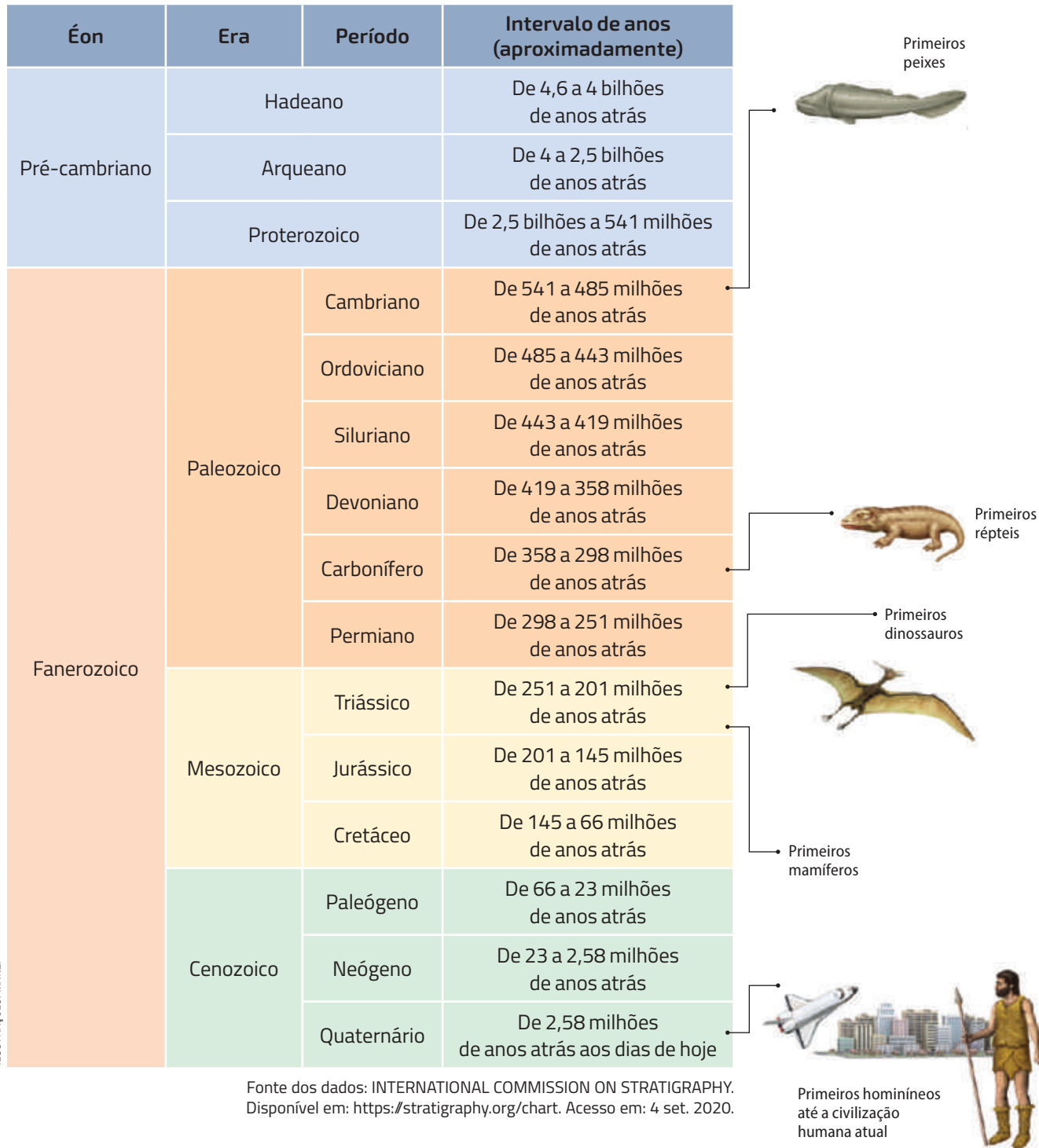
Com a redescoberta dos coelacantos, eles passaram a ser amplamente estudados. As pesquisas revelaram que, mesmo com a similaridade na aparência dos coelacantos atuais e os fósseis, essa espécie se modificou ao longo do tempo. Os fósseis indicam a presença de pulmões bem desenvolvidos, que provavelmente teriam sido funcionais no passado, possibilitando a sobrevivência dos coelacantos em águas com baixa quantidade de gás oxigênio dissolvido. Os coelacantos atuais, porém, apresentam pulmões de tamanho reduzido, que não realizam função respiratória, função, essa, desempenhada pelas brânquias desses peixes.

O estudo dos fósseis nos revela uma grande diversidade de seres vivos que existiram em nosso planeta, e que foram extintos. Ou, como no caso dos coelacantos, possibilitam compreender a história evolutiva de uma espécie, ou, da linhagem a qual pertence.

Neste tema, estudaremos uma breve história da evolução da vida na Terra, conhecida, sobretudo, graças aos estudos feitos a partir do amplo registro fossilífero de domínio da comunidade científica.

# História da vida na Terra

Para nossos estudos a respeito da história da vida na Terra, usaremos as unidades de medida **éons**, **eras** e **períodos** para determinar o tempo geológico – subdivisões de maior para menor abrangência. Veja o quadro a seguir.



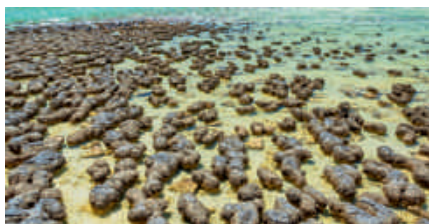
A seguir, vejamos alguns eventos que resultaram na diversidade de espécies que hoje encontramos em nosso planeta.

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

**1 Formação da Terra:**  
Estudos indicam que a Terra teria se formado há cerca de 4,6 bilhões de anos.

**2 As rochas mais antigas:**  
As mais antigas rochas conhecidas na superfície terrestre datam de aproximadamente 4,2 bilhões de anos.

**3 Surgimento da vida:**  
Não se sabe ao certo quando a vida surgiu na Terra. As primeiras evidências são de cerca de 3,5 bilhões de anos atrás, os **estromatólitos**, rochas sedimentares produzidas pela atividade de colônias de procariontes primitivos.



» Estromatólitos encontrados na Austrália.

LKONYA/SHUTTERSTOCK.COM

**2** Os estromatólitos são indicativos da existência de vida na Terra em qual era do tempo geológico?

Não escreva no livro

**4 A fotossíntese:**  
Estruturas microscópicas que se assemelham a células procarióticas foram encontradas em fósseis de cerca de 3,4 bilhões de anos no oeste da Austrália. Elas foram consideradas as evidências mais antigas de seres fotossintetizantes.

**5 O aumento da concentração de gás oxigênio na atmosfera:**  
Estudos indicam que a concentração atmosférica de gás oxigênio tenha começado a aumentar por volta de 2,7 bilhões de anos atrás. O aumento de sua concentração atmosférica foi importante para a diversificação dos seres de metabolismo aeróbico.

**6 As células eucarióticas:**  
Os fósseis mais antigos de células eucarióticas datam de 1,8 bilhão de anos.

**7 A vida pluricelular:**  
Não se sabe ao certo quando os primeiros seres pluricelulares tenham surgido no planeta, mas sabe-se que eles já existiam por volta de 1,2 bilhão de anos atrás, data dos mais antigos fósseis encontrados de pequenas algas vermelhas.

**8 Os animais mais antigos:**  
Os fósseis mais antigos de animais datam de 558 milhões de anos.



» Os animais mais antigos já encontrados, conhecidos por *Dickinsonia*, possuíam formato oval e estrutura corporal complexa. Possuíam cerca de 1,4 metro de comprimento.

DE AGOSTINI PICTURE LIBRARY/ALBUM/FOTOARENA

**9 Diversificação animal:**  
No período Cambriano, houve um grande aumento da diversidade de muitos filos de animais, evento conhecido como **explosão cambriana**, assim como o surgimento dos primeiros peixes.



» *Harpides*, fóssil de trilobita, um artrópode que se alimentava enquanto rastejava no fundo do mar. Ele viveu entre 500 e 300 milhões de anos atrás.

SINCLAIR STAMMERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

**10 A colonização do ambiente terrestre:**  
Já no período Ordoviciano, algas marinhas tornam-se abundantes e o ambiente terrestre passa a ser colonizado por grupos de plantas e invertebrados. Os fósseis mais antigos de estruturas de plantas terrestres que não apresentavam **vasos condutores de seiva** datam de cerca de 420 milhões de anos.

**Saiba mais**

Os vasos condutores de seiva são estruturas tubulares que conduzem água e produtos da fotossíntese pelo corpo das plantas que os possuem.

**11 A primeira extinção em massa:**  
Ao fim do período Ordoviciano, a temperatura do planeta começou a diminuir significativamente, conforme as camadas de gelo se espalhavam. Acredita-se que o congelamento tenha ocasionado uma das maiores extinções em massa de vida na Terra, visto que sua maior parte ainda estava confinada em ambientes aquáticos.

**12 Diversificação das plantas:**  
Já no Siluriano, a temperatura voltou a se elevar, permanecendo quente e estável durante a maior parte do período. As primeiras plantas terrestres com vasos condutores surgiram no período Siluriano.

**13 Diversificação dos peixes e primeiros tetrápodes:**  
O período Devoniano é conhecido por "Idade dos peixes" devido à grande diversificação dos peixes ósseos. Nele, também ocorreu o surgimento dos insetos e dos primeiros tetrápodes, ou seja, vertebrados terrestres de quatro membros.

**14 Florestas de plantas vasculares:**  
No Carbonífero, aparecem extensas florestas de plantas vasculares e os anfíbios tornam-se dominantes. Também, surgem as primeiras plantas com sementes e os primeiros répteis.

**15 A maior extinção em massa:**  
Ao final do Permiano, houve uma das maiores extinções da história do planeta de organismos aquáticos e terrestres. Acredita-se que mais de 90% das espécies de animais marinhos tenham sido extintas, além de 70% de espécies terrestres, aproximadamente. Não se sabe ao certo o que teria provocado esse evento, mas acredita-se que tenha relação com a acidificação das chuvas, provocada pela emissão de gases vulcânicos. Os primeiros dinossauros teriam surgido no cenário posterior.

**16 Mamíferos e irradiação dos dinossauros:**  
No Triássico, ocorre o surgimento dos mamíferos. Os mamíferos primitivos coexistiram com os dinossauros, os quais se irradiaram no Triássico.

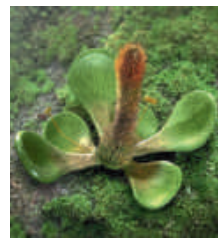


» Mamífero primitivo extinto megazostrodon. Um fóssil (à esquerda) e uma representação ilustrativa (à direita) da espécie. O megazostrodon era um mamífero do tamanho de um camundongo que se alimentava de insetos.

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

NATURAL HISTORY MUSEUM, LONDON/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA;  
MICHAEL LONG/SCIENCE PHOTO

**17 O surgimento das flores:**  
As primeiras plantas com flores surgiram no Jurássico. Os fósseis mais antigos de flores datam de cerca de 174 milhões de anos atrás. Nesse período, os dinossauros se tornaram muito diversificados e dominantes.



» Planta da espécie *Euanthus panii*, vivente no período Jurássico. Ilustração feita por computador, representando a planta dessa espécie com flor.

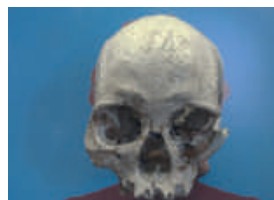
(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

MASATO HATTORI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

**18 A extinção dos dinossauros:**  
Ao fim do Cretáceo, há cerca de 65 milhões de anos, ocorreu outro evento de extinção em massa, responsável pela eliminação dos dinossauros. Uma das hipóteses mais aceitas entre os cientistas é que essa extinção tenha sido ocasionada pela alteração climática provocada por um meteoro que teria atingido o planeta, enchendo a atmosfera de gases, poeira e detritos.

**19 Irradiação da vida:**  
Já no Paleógeno, há uma grande irradiação de mamíferos, aves, plantas com flores e insetos polinizadores, assim como o surgimento de muitos grupos de primatas. No Neógeno, a irradiação desses grupos continua e surgem os primeiros ancestrais que se relacionam com a espécie humana.

**20 Surgimento do gênero *Homo* e dos seres humanos:**  
No Quaternário, período que vivemos nos dias de hoje, ocorre o surgimento do gênero *Homo*, e, por conseguinte, de nossa espécie (*Homo sapiens*). A origem dos *Homo sapiens* teria ocorrido há cerca de 200 mil anos, na África Oriental.



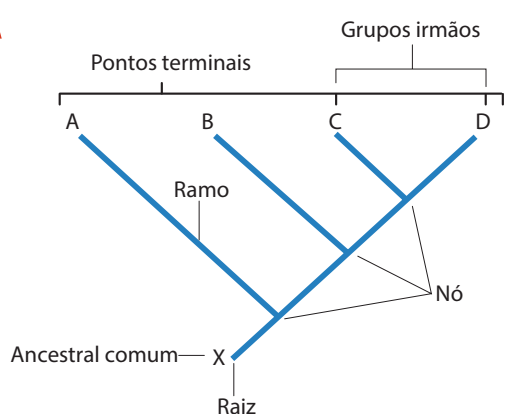
» O fóssil humano mais antigo encontrado na América do Sul é de uma mulher, que foi chamada de Luzia, e data de cerca de 11 500 anos atrás. Fóssil do crânio de Luzia (à esquerda) ao lado de uma reconstrução artística de seu rosto (à direita).

RICARDO AZOURY/PULSAR IMAGENS; ISMAR INGBER/PULSAR IMAGENS

# Relações evolutivas entre seres vivos

A classificação dos seres vivos nos possibilita identificar espécies que possuem parentesco próximo. Juntamente com estudos moleculares, genéticos e de fósseis, também nos permite determinar suas relações evolutivas com outros grupos viventes e com aqueles que já foram extintos. Desta forma, a partir dos conhecimentos de diversas áreas, podemos compreender a **filogenia** de uma espécie, isto é, sua história evolutiva.

A história evolutiva de uma espécie, bem como sua relação evolutiva com outras, pode ser representada por meio de diagramas de ramos, denominados **cladogramas**.



Produzido com base em: REECE, J. B., *et al.* **Biologia de Campbell**. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 550.

» Representação da estrutura de um cladograma.

A base do cladograma é denominada **raiz**. Nela, está representada uma espécie ancestral aos grupos que dela descenderam. Essa espécie ancestral já foi extinta e é considerada um **ancestral comum** às demais.

Os **ramos** do cladograma representam linhagens evolutivas. Neles, podem ser indicados características exclusivas de uma espécie ou compartilhadas com outras. Eles partem de **nós**, que ilustram ancestrais hipotéticos aos grupos indicados acima do nó. Os nós também simbolizam a possível ocorrência de um evento que separou uma população em outras duas populações, que, ao longo do tempo, passaram por processos evolutivos distintos, resultando

na origem de novas espécies. As espécies viventes atualmente, descendentes do ancestral comum, estão indicadas nos **pontos terminais**.

As espécies que compartilham um ancestral comum mais recente na escala temporal (representado por um nó) são denominadas **grupos irmãos**. Em termos evolutivos, elas são parentes mais próximos entre si.

O estudo dos fósseis, das rochas e de diversos aspectos relacionados aos seres vivos viventes, como a genética, possibilita aos cientistas compreender a história evolutiva das espécies e dos táxons aos quais pertencem. Vejamos como exemplo as plantas.

O cladograma a seguir representa uma hipótese proposta para as relações evolutivas entre os grupos de plantas terrestres atuais. Podemos dividi-las entre: plantas avasculares, plantas vasculares sem sementes e plantas vasculares com sementes.

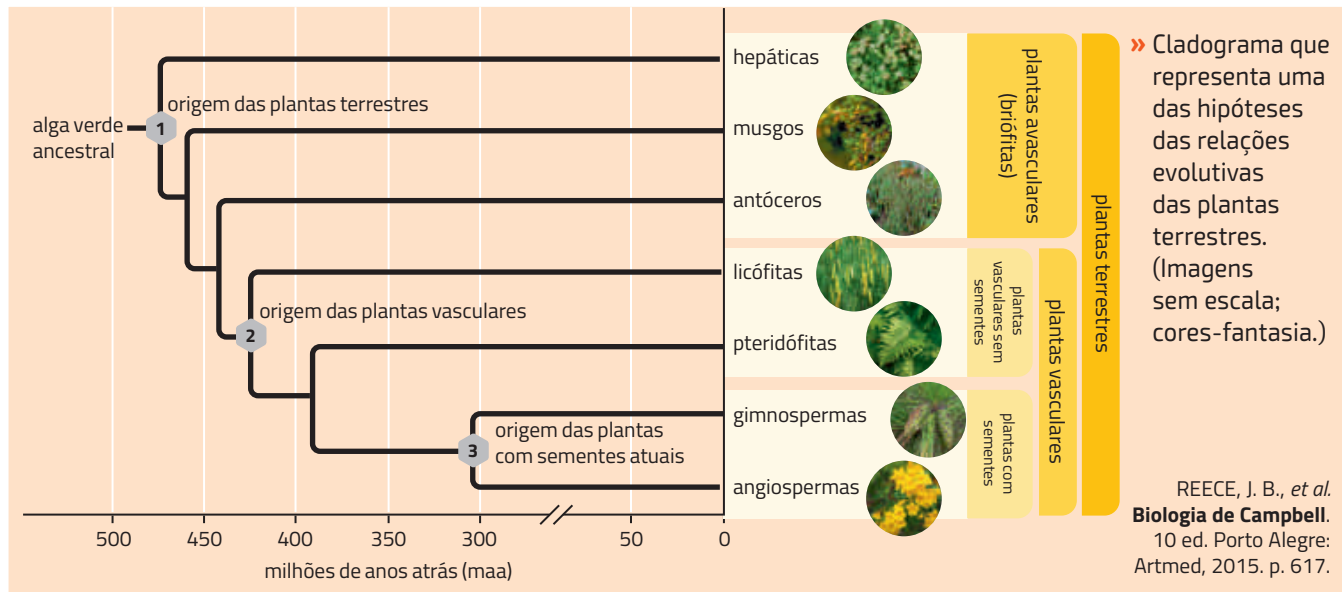
As **plantas avasculares** são as plantas terrestres mais antigas na escala evolutiva. Elas não apresentam estruturas especializadas na condução de água e produtos da fotossíntese. No caso, o transporte se dá célula a célula. Atualmente, elas são representadas pelas hepáticas, pelos musgos e pelos antóceros.

As **plantas vasculares** são plantas terrestres que apresentam vasos condutores de água e produtos da fotossíntese. As plantas vasculares mais antigas na escala



evolutiva não apresentavam sementes. Atualmente, elas são representadas pelas licófitas, que apresentam nervura foliar linear, sem ramificações; e pelas pteridófitas, como as samambaias.

As sementes representam um importante evento evolutivo. Elas são estruturas que carregam o embrião da planta, fornecendo-o proteção e nutrientes ao seu desenvolvimento. Elas estão presentes nas gimnospermas e nas angiospermas. As gimnospermas apresentam sementes “nuas”, que não são protegidas ou envolvidas por outras estruturas; são exemplos as araucárias e os pinheiros. As angiospermas, por sua vez, apresentam sementes protegidas no interior de frutos. Os frutos, juntamente às flores, são estruturas exclusivas das angiospermas.



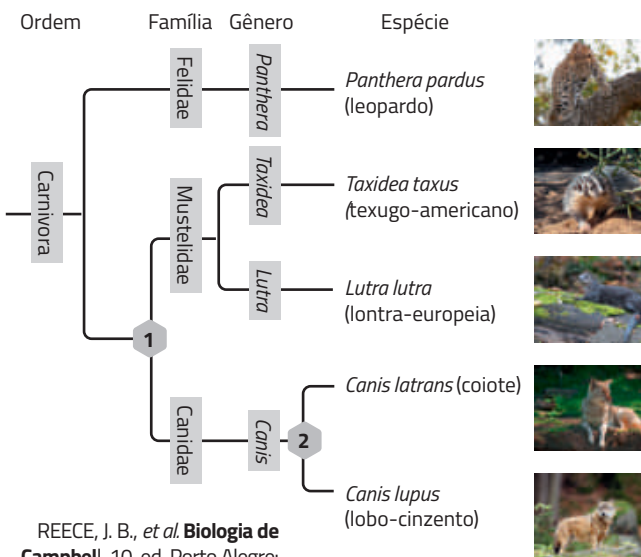
FOTOGRAFIAS: FABIO COLOMBINI; SVETLANA KLAISE/SHUTTERSTOCK.COM; BJORN SVENSSON/SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA; IGOR PRUSAC/SHUTTERSTOCK.COM; FEIFEI CUI-PAOLUZZO/GETTY IMAGES; PAKM/SHUTTERSTOCK.COM

## Atividades

Respostas e comentários das atividades estão no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Analise o cladograma a seguir que apresenta parte da filogenia da ordem Carnívora.



REECE, J. B., et al. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 549.

(Imagem sem escala; cores-fantasia.)

FOTOGRAFIAS: MARTIN MECNAROWSKI/SHUTTERSTOCK.COM; CHARLES T. PEDEN/SHUTTERSTOCK.COM; BILDAGENTUR ZOONAR GMBH/SHUTTERSTOCK.COM; DEREK R. AUDETTE/SHUTTERSTOCK.COM; KAREL BARTIK/SHUTTERSTOCK.COM

A partir do cladograma e de seus conhecimentos, analise as afirmativas a seguir e corrija as falsas.

- I. Os carnívoros apresentam um ancestral comum.
- II. Todas as espécies representadas possuem hábito alimentar carnívoro.
- III. Todas as espécies representadas pertencem à mesma família.
- IV. O leopardo e o texugo-americano são mais aparentados entre si que o coioote e o lobo-cinzento.
- V. O número 1 representa o ancestral comum mais recente entre o coioote e o lobo-cinzento.
- VI. O cladograma apresenta apenas uma espécie representante da família Felidae.
- VII. Entre as espécies representadas, estão indicados cinco gêneros.

2. Estudos apontam que, nos primórdios da Terra, o gás oxigênio não era um produto formado pela fotossíntese e, por isso, não estava presente na atmosfera terrestre. Acredita-se que, quando a fotossíntese oxigênica surgiu, o gás oxigênio (O<sub>2</sub>) produzido tenha se dissolvido na água até atingir uma concentração alta, e então, começasse a reagir com ferro (Fe) dissolvido. Isso teria levado à formação de óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que começou a se acumular na forma de sedimentos. Somente quando todo ferro dissolvido foi precipitado que o gás oxigênio teria se volatilizado da água e começado a se concentrar na atmosfera, ao que se denomina “revolução do oxigênio”. O gás oxigênio atmosférico, então, começou a reagir com o ferro presente em rochas terrestres, formando a ferrugem.

Com base nas informações apresentadas e em seus conhecimentos, responda às questões a seguir.

- a) De acordo com as pesquisas científicas, inicialmente o gás oxigênio produzido pela fotossíntese não teria se acumulado na atmosfera. O que teria ocorrido com esse gás?  
b) O que foi a “revolução do oxigênio”? Qual foi sua importância evolutiva?
3. A vida na Terra já passou por cinco episódios de extinção em massa. Contudo, um estudo publicado recentemente na revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) aponta que o planeta pode estar vivenciando a sexta extinção em massa. A respeito do assunto, leia o texto a seguir.

O mundo está passando por uma “aniquilação biológica” de suas espécies animais, num fenômeno que já pode ser considerado uma sexta extinção em massa e que é mais grave do que parece, aponta um estudo divulgado [...]

[...] O motivo, diz o estudo: “problemas ambientais globais causados pelo ser humano”.

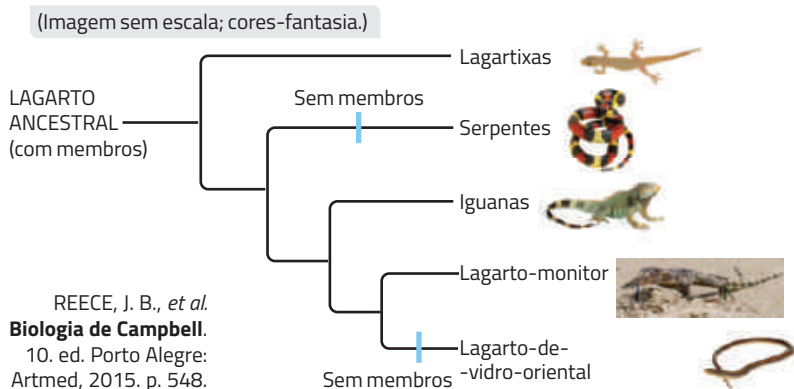
“Nas últimas décadas, a perda de habitat, a superexploração de recursos, os organismos invasivos, a poluição, o uso de toxinas e, mais recentemente, as mudanças climáticas, bem como as interações entre esses fatores, levaram ao declínio catastrófico nos números e nos tamanhos das populações de espécies de vertebrados tanto comuns como raros”, afirmam, os pesquisadores.

[...]

MUNDO vive sexta extinção em massa – e é pior o que parece. **G1**. 11 jul. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/mundo-vive-sexta-extincao-em-massa-e-e-pior-do-que-parece.ghtml>. Acesso em: 24 ago. 2020.

Com base nas informações apresentadas e em seus conhecimentos, faça o que se propõe a seguir.

- a) Quais os fatores mencionados no texto que são responsáveis pela redução atual da biodiversidade?  
b) Considerando sua resposta ao item (a), proponha ações que ainda podem ser realizadas de modo a evitar que a biodiversidade do planeta seja prejudicada.
4. O cladograma a seguir mostra a filogenia de alguns grupos e espécies de répteis. As análises de sequências de DNA desses grupos apontam que as serpentes evoluíram de linhagens de lagartos que apresentavam membros, assim como os lagartos-de-vidro-orientais. Contudo, a ausência de membros evoluiu de forma independente nas serpentes e nessa espécie de lagartos.



REECE, J. B., et al.  
**Biologia de Campbell**.  
10. ed. Porto Alegre:  
Artmed, 2015. p. 548.

FOTOGRAFIAS: ARLIFTATOZ2205/SHUTTERSTOCK.COM; BLUEDOG STUDIO/SHUTTERSTOCK.COM; ANDREYSKAT/SHUTTERSTOCK.COM; MYN/PAUL MARCELLINI/NATURE/FOTOARENA; PLACEBO365/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Com base nas informações do texto e do cladograma e em seus conhecimentos, responda.

- a) Quais são os grupos e/ou espécies atuais representados no cladograma?  
b) Quais grupos e/ou espécies que apresentam maior grau de parentesco evolutivo?  
c) A ausência de membros estava presente no ancestral comum de serpentes e dos lagartos-de-vidro-orientais? Justifique sua resposta.

# Aspectos da evolução humana

Observe as imagens ao lado.

Somos iguais porque todos somos seres humanos, possuímos os mesmos direitos e deveres. Somos diferentes porque cada pessoa é única, em sua aparência física e em sua personalidade.

Apesar da diferença física, geneticamente, somos muito similares, ao passo que não existem bases científicas que justifiquem a existência de raças humanas.

Leia o texto a seguir.

[...] os pesquisadores que se debruçaram sobre a questão em nível genético afirmam que todo o conceito de raça é algo equivocado.

Ao longo das últimas décadas, as pesquisas genéticas revelaram duas grandes verdades a respeito das pessoas. A primeira é que todos os seres humanos são estreitamente aparentados [...]. Todas as pessoas têm a mesma coleção de genes, mas [...] todos carregamos versões ligeiramente diferentes de alguns desses genes. Os estudos sobre essa diversidade genética permitiram aos cientistas traçar uma espécie de árvore genealógica das populações humanas. E assim eles chegaram a uma segunda verdade fundamental: num sentido muito concreto, todas as pessoas que vivem hoje são de origem africana.

A nossa espécie, *Homo sapiens*, evoluiu na África – ainda que ninguém possa dizer com exatidão em que época e região. [...]

KOLBERT, E. Não há base científica para raça: trata-se de um rótulo inventado. **National Geographic**. 3 abr. 2018. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/2018/04/raca-nao-existe-conceito-cientifico-racismo-revista>. Acesso em: 25 ago. 2020.

Como mencionado no texto, a espécie humana se originou na África: é o que apontam os estudos genéticos, além do fato de os fósseis mais antigos de *Homo sapiens* terem sido encontrados lá. Contudo, ao longo do tempo geológico, os seres humanos ocuparam todos os continentes do planeta e formaram sociedades. Neste tema, estudaremos esses e outros aspectos da evolução dos seres humanos.



PLUME CREATIVE/GETTY IMAGES

» Somos todos iguais, mas, mesmo assim, somos diferentes.

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

**1** O estudo mencionado no texto sequenciou o genoma humano, isto é, todas as informações genéticas existentes no DNA humano. Qual o resultado desse estudo discutido no texto?

**2** Quais as duas “verdades a respeito das pessoas”, reveladas por pesquisas genéticas, que são mencionadas no texto?

Não escreva no livro

Gênero *Macaca*Gênero *Pongo*Macaco-japonês  
(*Macaca fuscata*)Orangotango-de-  
-sumatra (*Pongo abelli*)Gênero *Gorilla*Gênero *Homo*Gorila-do-ocidente  
(*Gorilla gorilla*)Ser humano  
(*Homo sapiens*)

Fonte dos dados: ANKEL-SIMONS, F. **Primate Anatomy**, 2. ed. San Diego: Academic Press, 2000. p. 310.

Mãos de diferentes espécies de primatas. O polegar opositor é uma característica da maior parte dos primatas.

## A ordem primata

Os seres humanos, assim como chimpanzés, gorilas, bonobos, orangotangos, lêmures, entre outros, pertencem à ordem Primata. A maior parte dos primatas compartilha uma série de características, como hábitos arbóreos, cinco dígitos nos membros, garras modificadas em unhas, olhos voltados para a frente e sentido da visão desenvolvido, mãos e pés preênses (que possibilitam segurar e agarrar objetos), além do polegar em oposição aos demais dedos da mão. O polegar opositor, como é denominado, amplifica a possibilidade de manipulação do ambiente.

A ordem Primata compreende mais de 300 espécies. Elas são aparentadas de forma diferente, em termos evolutivos. Diversos estudos têm indicado que os chimpanzés (*Pan troglodytes*) e os bonobos (*Pan paniscus*) são mais próximos evolutivamente dos seres humanos do que dos demais primatas. Os estudos genéticos, por exemplo, apontam similaridade de 96% entre o DNA de chimpanzés e de seres humanos, e de 98,7% entre o DNA de bonobos e de seres humanos.

Essa e outras evidências indicam que essas três espécies de primatas teriam tido um ancestral comum, que teria se diversificado e originado cada uma delas. Nesse sentido, é importante salientar que o pensamento popular de que os seres humanos teriam surgido dos macacos é incorreto e sem fundamento científico.

Os chimpanzés, os bonobos e os seres humanos, juntamente aos gorilas, são as espécies viventes de hominíneos, isto é, de primatas que pertencem à subfamília Homininae. Contudo, uma série de outras espécies dessa subfamília, que possuíam parentesco evolutivo mais próximo ainda aos seres humanos, já foram extintas. O registro fóssil permite conhecê-las, indicando que a história evolutiva humana tem início há muito tempo.

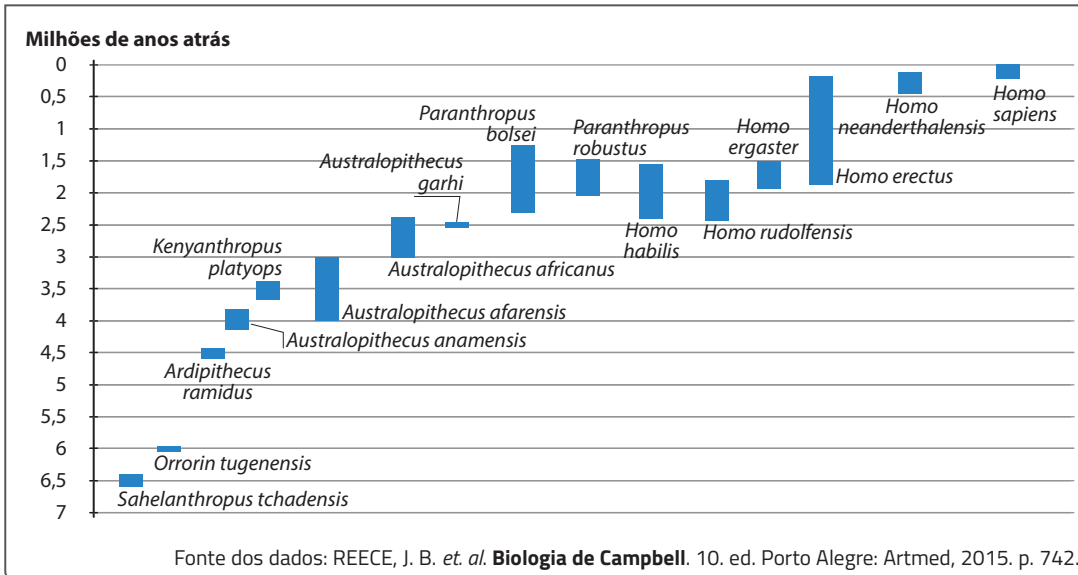
» Fêmea de chimpanzé  
(*Pan troglodytes*).» Fêmea de bonobo  
(*Pan paniscus*).

# História evolutiva do ser humano

Os seres humanos (*Homo sapiens*) são uma das espécies viventes de hominíneos. Contudo, existiram muitas outras espécies de hominíneos, as quais foram extintas. Observe o esquema a seguir, que representa a possível cronologia da espécie *Homo sapiens* e de mais 15 espécies de hominíneos já extintas.

## Espaços de Aprendizagem

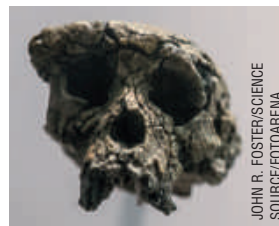
Para conhecer mais sobre as relações evolutivas entre seres humanos, chimpanzés e bonobos, leia o livro a seguir. WAAL, Frans. de. **Eu, primata**. 1. ed. Rio de Janeiro: Companhia das Letras, 2007. 344 p.



» A altura da barra ao lado de cada espécie de hominíneo representa o tempo em que a espécie viveu em nosso planeta. Por exemplo, a espécie *Homo ergaster* teria vivido entre aproximadamente 2 milhões e 1,5 milhão de anos. Já a espécie humana (*Homo sapiens*) teria surgido há cerca de 200 mil anos, mas, por ser uma espécie vivente atualmente, sua barra termina no tempo zero (0).

Os fósseis mais antigos já encontrados de hominíneos pertencem à espécie *Sahelanthropus tchadensis*, com cerca de 6 a 7 milhões de anos, encontrado no Chade (país da África), e à espécie *Orrorin tugenensis*, com cerca de 6 milhões de anos, encontrado no Quênia (país da África). Estudos sugerem que essas espécies possivelmente já possuíam postura bípede parcial, ou seja, não caminhavam sob as duas pernas, mas seriam capazes de sustentar o corpo nessa posição.

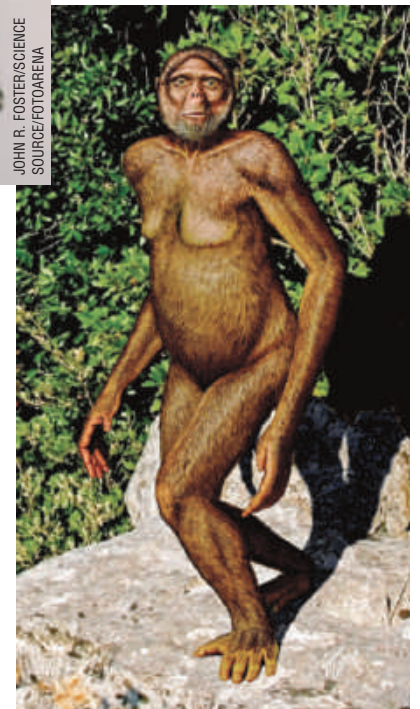
Dos hominíneos mais antigos, o mais conhecido pertence à espécie *Ardipithecus ramidus*, de aproximadamente 4,4 milhões de anos atrás. Os fósseis de *A. ramidus* foram encontrados na Etiópia (país da África). Estudos indicam que essa espécie era amplamente arbórea, mas teria sido capaz de andar de forma bípede.



» Fóssil do crânio de *Sahelanthropus tchadensis*, encontrado no Chade, com cerca de 7 a 6 milhões de anos.

» Representação artística de *Ardipithecus ramidus*, produzida com base na análise dos fósseis encontrados da espécie.

JULIUS T. CSOTONYI/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



Por volta de 4 milhões de anos atrás, surgiu o gênero *Australopithecus*, que teriam sido completamente bípedes, isto é, teriam postura ereta e caminhariam sob duas pernas. As espécies mais conhecidas do gênero são *A. afarensis*, com cerca de 3,6 a 2,9 milhões de anos, encontrado na África Oriental, e *A. africanus*, com cerca de 3,2 a 2 milhões de anos, encontrado na África do Sul.



ENCYCLOPAEDIA

Representação artística de *Homo erectus*.



OMI PUBLISHING/IGUI/FOTOARENA

» Representação artística de *Homo neanderthalensis*.



JOHN READER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

» Pegada fossilizada com cerca de 3,6 milhões de anos de hominíneos, provavelmente da espécie *A. afarensis*, encontradas em Laetoli, Tanzânia. As pegadas corroboram a hipótese de que a espécie *A. afarensis* teria sido bípede.

Os primeiros fósseis encontrados do gênero *Homo* datam de cerca de 2,3 milhões de anos e pertencem à espécie *Homo habilis*, encontrada na África Oriental. Membros dessa espécie já eram capazes de utilizar ferramentas simples de pedra para caçar animais.

A espécie *Homo erectus*, por sua vez, apresentava distribuição ampla, visto terem sido identificados fósseis em diferentes continentes, além da África. Acredita-se que essa espécie teria sido a primeira a usar e a controlar o fogo, o que possibilitou que saíssem da África e vivessem em continentes de clima frio, como a Europa e a Ásia. O uso de ferramentas um pouco mais complexas também teria os auxiliado em sua dispersão, pois possibilitavam a obtenção de uma maior diversidade de alimentos mais energéticos. Essa espécie teria surgido por volta de 1,9 milhão de anos e perdurado até cerca de 100 mil anos, quando teria sido extinta.

A espécie *H. erectus*, juntamente à espécie *H. neanderthalensis* (que teria surgido há cerca de 400 mil anos e habitado a Europa e Ásia) foram as duas espécies de hominíneos que coexistiram com a *Homo sapiens*, a nossa espécie, e a única atualmente vivente do gênero *Homo*.

Os fósseis mais antigos de *Homo sapiens* foram encontrados na Etiópia (país da África), e datam de cerca de 200 mil anos atrás. Isso indica que os ancestrais dos seres humanos se originaram na África. Entretanto, a sofisticação de seus comportamentos (decorrente do grande volume cerebral), tais como a organização social em bandos, a expressão artística, o uso da linguagem e de ferramentas complexas, possibilitou que nossa espécie rapidamente ocupasse diferentes continentes e obtivesse sucesso em sua sobrevivência.

Os estudos apontam que a migração dos *Homo sapiens* teria se iniciado há cerca de 150 mil anos; contudo, a dispersão para fora da África teria se iniciado há cerca de 60 mil anos. Acredita-se que essa dispersão tenha sido impulsionada possivelmente pelo resfriamento do planeta. Os primeiros continentes ocupados teriam sido a Europa e a Ásia, seguidos pela Austrália. Conforme confeccionavam novas ferramentas e novos instrumentos, amplificavam sua exploração do ambiente, com a obtenção de plantas e de animais diversos para a alimentação; o armazenamento de bens; a construção de abrigos adequados a diferentes tipos climáticos etc.

A ocupação do Ártico teria ocorrido há cerca de 20 mil anos, quando o nível dos oceanos teria baixado devido às condições do planeta. Isso teria possibilitado a conseguinte ocupação das Américas, há aproximadamente 15 mil anos.

## Sociedade humana

A agricultura e a domesticação de animais foram fatores que reduziram o hábito de vida nômade dos seres humanos, ou seja, permitiram seu estabelecimento em habitações fixas, já que não precisariam mais migrar em decorrência da escassez de alimentos de uma área já explorada.

Com o tempo, as plantas cultivadas e os animais criados passaram a ter outras finalidades além da alimentação. O pelo dos animais caçados, por exemplo, passou a ser utilizado como matéria-prima para a confecção de vestimentas; algumas partes das plantas passaram a ser utilizadas para a fabricação de objetos que auxiliariam a construção de moradias.

As habitações fixas possibilitaram que os seres humanos formassem comunidades, onde fora instituída a divisão de trabalhos entre seus membros.



JOSE ANTONIO PENAS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTORAENA

» As habitações fixas foram estabelecidas a partir do cultivo de plantas e da criação de animais.

As comunidades vizinhas, então, começaram a trocar e a comercializar produtos. Com o tempo, a organização das comunidades passou a incluir regras e leis que determinavam certos tipos de conduta. Estes eram ensinados às gerações seguintes, desde a infância, contribuindo para a consolidação de hábitos e costumes dentro dos grupos. Com isso, estabelecia-se a **cultura** de cada comunidade, isto é, seu conjunto de crenças, conhecimentos, costumes, tradições e padrões de comportamento.

Atualmente, a sociedade humana é constituída por diversos grupos de indivíduos que ocupam o mesmo território e partilham interesses e aspectos culturais comuns, como o idioma, a religião, tipos de roupas e o modo como interagem com a natureza, por exemplo. Nesse sentido, desde que nasce, o indivíduo interage com outros de seu grupo e passa a conhecer todos esses aspectos, que lhes são ensinados.



cultura  
influencia no  
modo como  
as pessoas se  
vestem.

Entretanto, sua percepção de mundo é individual, ao passo que atribui os próprios significados àquilo que está ao seu redor. Por esse motivo, um indivíduo pode não concordar com os padrões determinados por seu próprio grupo e passar a se identificar com outros. Independentemente de concordar ou não, o respeito deve ser sempre mantido. Mesmo que a cultura se mostre muito diversa entre os diferentes grupos espalhados pelo país e pelo mundo, sua diversidade deve ser igualmente respeitada.

O respeito deve ser a base da sociedade humana, independentemente da cultura. Sua omissão pode fazer com que as pessoas se tornem intolerantes em relação àquilo que lhes é diferente, considerando como correto apenas os padrões aceitos por seu grupo. Diversos episódios de intolerância já foram e ainda são vivenciados pela humanidade. Eles não têm razão de existir, pois além de não ter fundamentos, ferem a dignidade das pessoas.

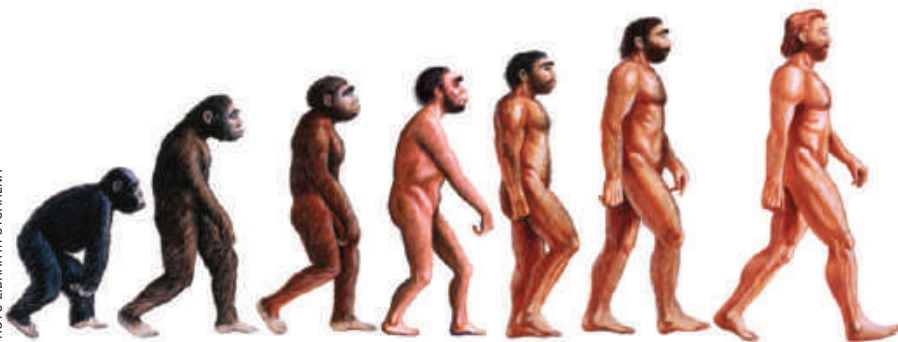
## Atividades

Respostas e comentários das atividades estão no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. Analise a imagem a seguir e responda às questões que seguem.

DAVID GIFFORD/SCIENCE  
PHOTO LIBRARY/FOTARENA



- a) O que a imagem representa?
- b) Considerando conhecimentos científicos a respeito da evolução da espécie humana, a imagem pode ser considerada correta? Justifique sua resposta.



**2.** Leia os textos A e B.**Texto A:**

[...]

O colonialismo e a escravidão foram os motores que levaram os europeus a buscar apoio científico para justificar suas ações contra os povos indígenas.

Uma das primeiras ferramentas usadas para discriminar as diferentes “raças humanas” foi a craniologia, o estudo das características métricas e morfológicas do crânio humano.

Para isso, foram medidos os crânios dos principais grupos populacionais conhecidos.

[...]

BOVE, L. C. Racismo: como a ciência desmantelou a teoria de que existem diferentes raças humanas. **BBC News**, 12 jul. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-53325050>. Acesso em: 25 ago. 2020.

**Texto B:**

[...]

A principal conclusão do meu trabalho é: a única maneira de conceitualizar a enorme diversidade genética da humanidade é considerar que todas as mais de 7 bilhões de pessoas que vivem no mundo são únicas em seus genomas e histórias de vidas. Qualquer tentativa de dividir essa diversidade com base na formulação de “raças” ou em critérios de geografia, cor da pele ou religião estará destinada ao fracasso. Somos todos parentes e todos diferentes.

[...]

PIFFERO, L. “Raças não existem. Trata-se de um conceito inventado”, garante o geneticista Sérgio Pena. **Gaúcha ZH**, 7 jul. 2017. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/comportamento/noticia/2017/07/racas-nao-existem-trata-se-de-um-conceito-inventado-garante-o-geneticista-sergio-pena-9835374.html>. Acesso em: 25 ago. 2020.

Com base nas informações dos textos e em seus conhecimentos, responda às questões a seguir.

- O que diz o Texto A?
  - O que diz o Texto B?
  - Pode-se dizer que, no Texto A, os conhecimentos científicos da época foram utilizados indevidamente para justificar a discriminação de alguns povos? Justifique sua resposta.
  - O Texto B apresenta uma entrevista com o geneticista brasileiro Sérgio Pena (1947-?). Em sua opinião, esse texto desmistifica o conteúdo do Texto A? Justifique sua resposta.
- 3.** A espécie *Homo erectus*, juntamente à espécie *Homo neanderthalensis* foram as duas espécies de hominíneos que coexistiram com a nossa, *Homo sapiens*. Contudo, apenas o *H. sapiens* obteve sucesso em sua sobrevivência devido

à sofisticação de seus comportamentos, como por exemplo, o uso da linguagem. Tais comportamentos, possibilitaram que a nossa espécie se dispersasse por todos os continentes ao longo dos anos, sendo a única sobrevivente do gênero *Homo*.

A respeito do assunto, responda.

- Em qual continente a espécie *Homo sapiens* se originou? Justifique sua resposta.
  - Explique como teria ocorrido a dispersão do *Homo sapiens* entre os continentes.
- 4.** Em uma exploração de um sítio arqueológico do estado da Califórnia, nos Estados Unidos, uma equipe de pesquisadores encontrou utensílios de pedra com marcas que indicavam atividade humana há 130 000 anos de idade, o que poderia mudar aquilo que conhecemos a respeito da dispersão humana pelo planeta. Explique como os utensílios encontrados poderiam alterar nossos conhecimentos a respeito da dispersão do *Homo sapiens* pelo planeta, apresentando justificativas para a sua resposta.

- 5.** Um estudo dirigido pelo departamento de Antropologia da Universidade de Nova York, nos Estados Unidos, revelou que o bipedalismo poderia conferir economia de energia durante a caminhada, em comparação aos não bípedes. Isso seria uma possível explicação para justificar a seleção do bipedalismo entre os hominíneos mais recentes, como os seres humanos.

Com base nas informações apresentadas e em seus conhecimentos, responda às questões a seguir.

- Considerando uma situação hipotética de escassez de alimentos, qual seria a vantagem do bipedalismo? Justifique sua resposta.
- Considerando sua resposta ao item (a), é possível dizer que o bipedalismo pode ter sido um importante fator de sobrevivência para os ancestrais dos seres humanos? Justifique sua resposta.



» Representação artística do hominíneo do gênero *Australopithecus*. O gênero teria sido completamente bípede e surgiu por volta de 4 milhões de anos atrás.

NICOLAS PRIMOLA/SHUTTERSTOCK.COM

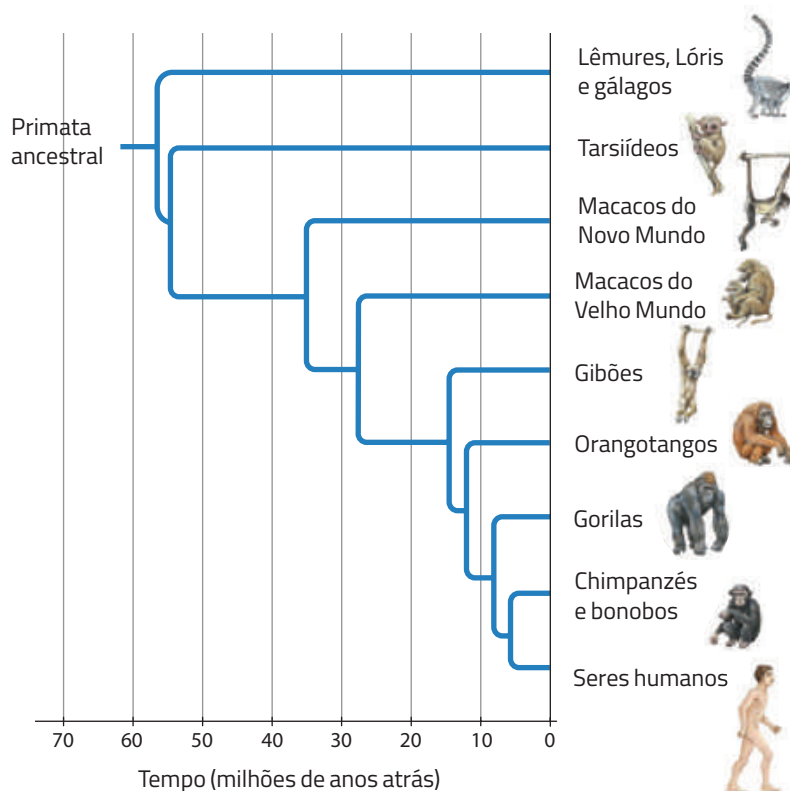
1. Os peixes da espécie *Astyanax mexicanus* são conhecidos como peixes-cegos, por não apresentarem olhos. Eles são encontrados em cavernas de algumas regiões do México, locais que apresentam baixa luminosidade, ou mesmo ausência de luz. Esses peixes foram estudados por um grupo de cientistas, que propuseram uma hipótese para explicar sua ausência de visão baseada na economia de energia. No caso, existe um alto custo energético para a manutenção da visão, somado ao fato de existir pouca disponibilidade de alimentos nas cavernas. Além disso, os peixes apresentam algumas mutações nos genes oculares.



2-NOVEMBERS/SHUTTERSTOCK.COM

» As cavernas apresentam baixa luminosidade.

- a) O texto menciona dois processos evolutivos que poderiam explicar a ausência de olhos dos peixes-cegos da espécie *Astyanax mexicanus*. Identifique-os e os explique.
  - b) A hipótese proposta pelos cientistas não se baseia nas ideias de Lamarck, atualmente não aceitas pela comunidade científica. Entretanto, como as ideias de Lamarck seriam utilizadas para explicar a ausência de olhos nos peixes mencionados?
2. Algumas orquídeas encontradas no Rio de Janeiro e na Bahia ainda são consideradas da mesma espécie. Ou seja, caso suas células reprodutivas se encontrassem no ambiente, poderiam se reproduzir e gerar novos descendentes. Contudo, testes apontam que a reprodução entre indivíduos dessas populações não foi possível, quando induzida por botânicos. Os pesquisadores responsáveis pelo estudo apontam a possibilidade de, com o tempo, as orquídeas de cada localidade se tornarem espécies distintas.
- a) Qual foi o critério considerado pelos pesquisadores para indicar a possibilidade de especiação das orquídeas estudadas?
  - b) Caso as orquídeas se tornem espécies distintas, de que modo você explicaria seu mecanismo de especiação? Em sua resposta, indique qual mecanismo você está considerando.
3. O cladograma a seguir apresenta a filogenia de primatas.



CECÍLIA IWASHITA

Fonte: REECE, J. B., et al. **Biologia de Campbell.** 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 740.

Analisando as informações do cladograma e considerando seus conhecimentos a respeito da evolução humana, responda às questões a seguir.

- Cite uma característica comum a maior parte dos primatas.
- Em termos evolutivos, qual(is) primata(s) apresenta(m) maior grau de parentesco com os seres humanos?
- Utilize as informações do cladograma e seus conhecimentos para justificar por que os seres humanos não “vieram” dos macacos.
- A origem dos seres humanos é recente, considerando o tempo geológico. Ela ocorreu há cerca de 200 mil anos. Mesmo assim, a espécie humana foi capaz de ocupar todos os continentes e obter sucesso em sua sobrevivência, estabelecendo diversas comunidades ao redor do planeta. Cite as características dos seres humanos as quais são atribuídas o sucesso de sua sobrevivência em comparação às outras espécies pertencentes ao gênero *Homo*, e explique como ocorreu sua dispersão pelo planeta.

4. Leia o texto a seguir.

Um grupo de paleontólogos do Brasil, Canadá e Estados Unidos acaba de descobrir o fóssil do lagarto mais antigo já encontrado na América do Sul. A descoberta foi publicada no último dia 29 de abril [2020] em artigo na revista científica *Communications Biology*. A nova espécie foi encontrada na região da cidade de João Pinheiro (MG) e batizada de *Neokotus sanfranciscanus*.

Com aproximadamente 135 milhões de anos, ela é cerca de 20 milhões de anos mais antiga que os fósseis de lagarto até então conhecidos no continente. Isso indica que o grupo de répteis ao qual pertencem os lagartos e serpentes [...] esteve na região muito antes do que se pensava.

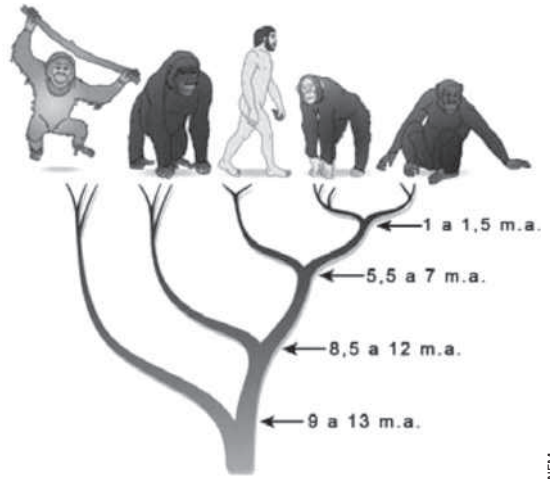
[...]

FÓSSIL de lagarto mais antigo da América do Sul é encontrado em Minas Gerais. **Jornal da USP**. 7 maio 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/fossil-de-lagarto-mais-antigo-da-america-do-sul-e-encontrado-em-minas-gerais/>. Acesso em: 13 jul. 2020.

- A reportagem apresenta uma evidência da evolução. Identifique-a e explique sua importância aos estudos evolutivos, considerando o contexto da reportagem.
  - A comunicação dos estudos científicos se dá por meio da publicação de textos em periódicos e revistas científicas reconhecidas por órgãos de pesquisa nacionais e internacionais. De modo geral, os textos são feitos por meio de artigos científicos. Você sabe como é redigido um artigo científico? Realize uma pesquisa a respeito do assunto e liste os principais tópicos de um artigo, explicando o conteúdo de cada tópico.
  - Os estudos científicos são realizados em colaboração com outros pesquisadores. Qual a importância da colaboração para a realização dos estudos científicos? E para outros setores da sociedade? Converse com seus colegas a respeito do assunto. Em seu caderno, registre tópicos de sua conversa.
5. Um dos problemas associados à caça e à pesca exploratórias, isto é, realizadas de forma excessiva, é a redução do tamanho populacional da espécie e a consequente redução da variabilidade genética da população. A respeito do assunto, responda.
- A caça e a pesca exploratórias intensificam os efeitos de que processo evolutivo? Explique sua resposta.
  - Quais as consequências associadas à redução da variabilidade genética de uma população?
  - Considerando sua resposta ao item b, justifique a importância de se estabelecer normas para orientar a caça e a pesca, e de intensificar a fiscalização dessas atividades.
6. (Enem/MEC) Charles R. Darwin (1809–1882) apresentou em 1859, no livro **A origem das espécies**, suas ideias a respeito dos mecanismos de evolução pelo processo da seleção natural. Ao elaborar a Teoria da Evolução, Darwin não conseguiu obter algumas respostas aos seus questionamentos.
- O que esse autor não conseguiu demonstrar em sua teoria? **Alternativa b.**
- A sobrevivência dos mais aptos.
  - A origem das variações entre os indivíduos.
  - O crescimento exponencial das populações.
  - A herança das características dos pais pelos filhos.
  - A existência de características diversas nos seres da mesma espécie.

7. (Enem/MEC)

A árvore filogenética representa uma hipótese evolutiva para a família Hominidae, na qual a sigla “m.a.” significa “milhões de anos atrás”. As ilustrações representam, da esquerda para a direita, o orangotango, o gorila, o ser humano, o chimpanzé e o bonobo.

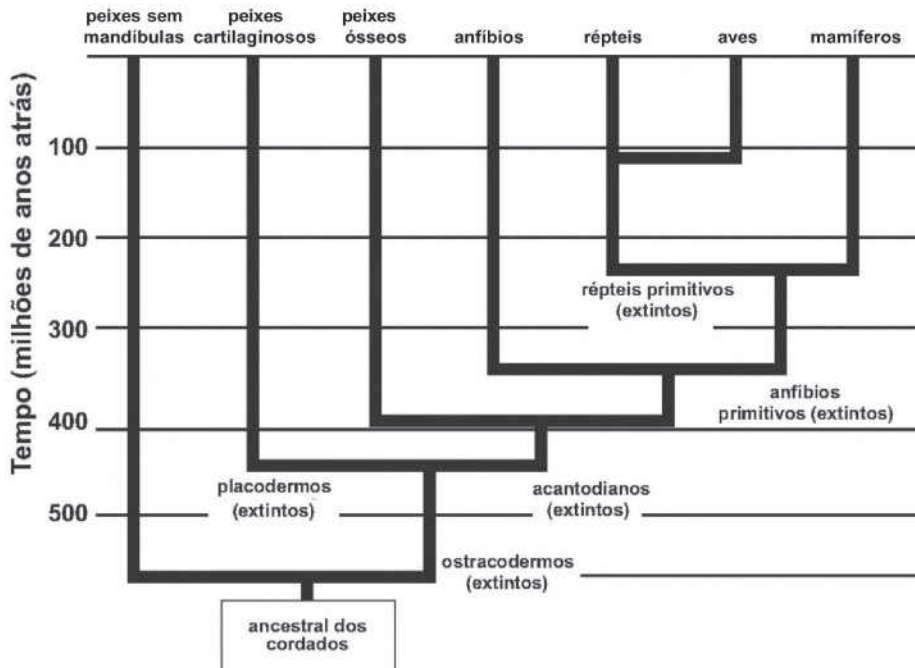


NATURE; Disponível em: [www.nature.com](http://www.nature.com). Acesso em: 6 dez. 2012 (adaptado).

Considerando a filogenia representada, a maior similaridade genética será encontrada entre os seres humanos e:

- a) Gorila e bonobo.
- b) Gorila e chimpanzé.
- c) Gorila e orangotango.
- d) Chimpanzé e bonobo.
- e) Bonobo e orangotango. **Alternativa d.**

8. (Enem/MEC) A classificação dos seres vivos permite a compreensão das relações evolutivas entre eles. O esquema representa a história evolutiva de um grupo.



SÓ BIOLOGIA. Disponível em: [www.sobiologia.com.br](http://www.sobiologia.com.br). Acesso em: 22 jan. 2012 (adaptado).

Os animais representados nesse esquema pertencem ao filo dos cordados, porque

- a) possuem ancestrais que já foram extintos.
- b) surgiram há mais de 500 milhões de anos.
- c) evoluíram a partir de um ancestral comum.
- d) deram origem aos grupos de mamíferos atuais.
- e) vivem no ambiente aquático em alguma fase da vida. **Alternativa c.**

9. (Enem/MEC) Embora seja um conceito fundamental para a biologia, o termo “evolução” pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por **Alternativa a.**

- a) modificação de características.
- b) incremento no tamanho corporal.
- c) complexificação de seus sistemas.
- d) melhoria de processos e estruturas.
- e) especialização para uma determinada finalidade.

- 10.** (Enem/MEC) Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausência de olhos.  
Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que
- as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.
  - a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.
  - o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.
  - as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitidas aos descendentes. **Alternativa b.**
  - as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.
- 11.** (UECE) As ilhas Galápagos foram fundamentais para os estudos de Charles Darwin, pois foi lá que ele observou parte das espécies que inspiraram sua revolucionária teoria. Em sua obra, Darwin defende que as características tornam-se favoráveis, à medida que, hereditariamente, são transmitidas para as gerações seguintes. Esse mecanismo se enquadra no conceito de **Alternativa d.**
- origem das espécies.
  - evolução.
  - mutação.
  - seleção natural.
- 12.** (IFPR) A Seleção Natural é a peça central da Teoria da Evolução de Darwin. Ela fornece uma explicação natural para as origens da adaptação, incluindo todos os atributos anatômicos, comportamentais, ontogenéticos e fisiológicos que aumentam a capacidade de um organismo de utilizar recursos ambientais para sobreviver e reproduzir-se. Darwin desenvolveu sua teoria de Seleção Natural como uma série de observações, exceto:
- os organismos têm uma grande fertilidade potencial;
  - alguma variação não é herdada;
  - recursos naturais são limitados;
  - todos os organismos apresentam variação;
  - populações naturais normalmente permanecem constantes em tamanho, com exceção de pequenas flutuações. **Alternativa b.**
- 13.** (IFN-MG) No ecossistema, indivíduos de espécies diferentes dificilmente inter cruzam entre si. Algumas vezes isso acontece, resultando em embriões que não se desenvolvem ou em descendentes estéreis ou de fertilidade reduzida. Esse esforço reprodutivo, que nem sempre compensa, é resultado de:
- Mutação gênica que conduz ao isolamento reprodutivo pré zigótico.
  - Mecanismos que favorecem o acasalamento entre espécies diferentes.
  - Mecanismos evolutivos que conduzem ao isolamento reprodutivo pós zigótico.
  - Recombinação gênica. **Alternativa c.**
- 14.** (Udesc-SC) Dentre os fatores evolutivos, a deriva genética é um dos mais interessantes por suas características.  
Analisar as proposições sobre este fator evolutivo.
- A deriva genética aumenta as frequências de mutações em uma população.
  - Para ocorrer a deriva genética é necessário o mesmo número de machos e fêmeas em uma população.
  - A deriva genética ocorre em populações pequenas.
  - A deriva genética aumenta a variabilidade gênica de uma população.
- Assinale a alternativa correta.
- a afirmativa III é verdadeira. **Alternativa a.**
  - Somente a afirmativa IV é verdadeira.
  - Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
  - Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
  - Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- 15.** (PUC-RJ) A especiação alopátrica acontece quando duas populações de uma espécie são separadas por uma barreira geográfica. Essa barreira geográfica, que pode ser uma montanha, um deserto ou rio, por exemplo, causa uma separação espacial (alopatria). Diferentes eventos podem resultar em especiação alopátrica.  
A esse respeito, considere as afirmativas abaixo.
- A especiação alopátrica ocorre quando a população separada é pequena e a deriva genética tem mais força.
  - A especiação alopátrica ocorre quando a população isolada é exposta a pressões de seleção semelhantes àquelas da população ancestral.
  - A especiação alopátrica ocorre quando processos de mutações diferentes começam a apresentar diferenças na frequência alélica das populações separadas.
  - A especiação alopátrica ocorre quando o fluxo gênico entre as duas populações é mantido.
- Está correto SOMENTE o que se afirma em:
- I e II
  - I e III
  - I e IV
  - II e III
  - III e IV
- Alternativa b.**

## Darwinismo social

No século XIX, alguns pensadores desenvolveram teorias que ficaram conhecidas como racismo científico; no entanto, nada tinham de científico. Eram, na verdade, deturpações de teorias ou pseudoteorias. Entre elas estavam o darwinismo social e a eugenia.

Desde a publicação de suas ideias a respeito da evolução dos seres vivos no livro **A Origem das Espécies**, de 1859, as explicações de Charles Darwin foram utilizadas por outras pessoas para justificar correntes de pensamento, como o darwinismo social. Segundo este pensamento, os diferentes grupos populacionais humanos poderiam ser divididos em raças humanas, que, assim como as espécies, também passariam por uma longa evolução, durante a qual ocorreria uma seleção natural e só as mais aptas sobreviveriam.

Os adeptos do darwinismo social defendiam também que, na luta pela vida, só as “raças superiores” triunfam, sendo as guerras inevitáveis. Na realidade, eles acreditavam em duas ideias equivocadas: a primeira é a de que existem raças humanas e a segunda é a de que a “raça branca” é superior à “raça negra”, à “raça amarela” e aos mestiços.

Com a intenção de fortalecer o darwinismo social, esses pensadores se utilizaram da Ciência de maneira manipuladora, para justificar discriminações e racismos. A Genética foi utilizada para analisar as características como a cor da pele, a textura de cabelo, e outras características, e, a partir destas, definir populações humanas como superiores e inferiores. Com os mesmos objetivos, a Psicologia comparava o rendimento intelectual por meio de testes, e a Sociologia apresentava estudos comparativos entre animais e seres humanos.

O darwinismo social rapidamente se vinculou a outra linha de pensamento da época, a eugenia, que indicava que o Estado controlasse a procriação humana favorecendo a formação de uma elite genética, eliminando ou desencorajando a procriação dos menos aptos.

» Campos de concentração, como o de Auschwitz, foram criados para o trabalho forçado e o extermínio de judeus. A eugenia foi a base do pensamento que levou à morte mais de seis milhões de judeus pela Alemanha nazista durante a Segunda Guerra Mundial, fato conhecido como holocausto.



GALERIE BILDERWELT/GETTY IMAGES

No Brasil, as influências dessas ideias vieram como uma tentativa de justificar o racismo já presente no país. Na época da chegada desses pensamentos, a abolição da escravatura já tinha acontecido, entretanto, diversos direitos foram negados aos ex-escravos e aos seus descendentes, e estes viviam (e em parte ainda vivem) em uma situação de desemprego, pobreza, doença e exclusão. Teorias como o darwinismo social e a eugenia serviram para legitimar, ou seja, para transformar a diferença em desigualdade, e foram usadas para discriminar negros, indígenas, homossexuais, pessoas com deficiência física, entre outros.

Estudos científicos, realizados com ética e responsabilidade, têm comprovado que existe apenas uma única raça: a raça humana, e qualquer tentativa de hierarquizar os seres humanos é uma construção social e não biológica. Ainda assim, ideias discriminatórias estão presentes na sociedade e precisam ser combatidas.

A busca por conhecimentos científicos pautados em valores como igualdade, respeito e solidariedade pode ajudar a desconstruir ideias e comportamentos preconceituosos e racistas presentes no Brasil de hoje.



MONKEY BUSINESS IMAGES/SHUTTERS TOCK.COM

» Enquanto seres humanos somos iguais. A diversidade existe enquanto seres individuais e deve ser respeitada.

## Atividades

As respostas e os comentários das atividades estão disponíveis no **Manual do Professor**.

Não escreva no livro

1. O darwinismo social representa uma forma de distorção e aplicação incoerente dos conhecimentos científicos, pois não apresenta fundamentos. Justifique essa afirmação. Se necessário, realize uma pesquisa em *sites* e fontes confiáveis para responder a essa questão.
2. Os seres humanos são muito diversos, mas, ao mesmo tempo, são muito similares. Converse com seus colegas a respeito da importância de se reconhecer, de se respeitar e de se valorizar a diversidade humana, sem nos esquecermos de que todos pertencemos à mesma espécie e que possuímos os mesmos direitos. Para enriquecer a conversa, realizem uma pesquisa a respeito dos direitos humanos. Em seu caderno, registre apontamentos de sua conversa.
3. Considerando o item 2, forme um grupo com seus colegas e criem uma apresentação utilizando mídias digitais com o objetivo de promover o respeito à diversidade humana e reafirmar a igualdade de direitos entre os seres humanos. Compartilhe sua apresentação no *site* da escola.

Neste Volume você estudou diversos conceitos importantes da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Eles formaram uma base para que algumas competências e habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular fossem trabalhadas. São elas:

### Competências gerais

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.

2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.

4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.

5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos,

resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.

7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.

9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

### Competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

**(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

**(EM13CNT202)** Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização,

bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

**(EM13CNT204)** Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

**(EM13CNT205)** Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos



naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

**(EM13CNT207)** Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

**(EM13CNT208)** Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

**(EM13CNT209)** Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

**(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

**(EM13CNT302)** Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

**(EM13CNT303)** Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

**(EM13CNT304)** Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

**(EM13CNT305)** Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.

**(EM13CNT307)** Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

AMALDI, U. **Imagens da Física**: as ideias e as experiências do pêndulo aos *quarks*. São Paulo: Scipione, 1995.

- Livro aborda conceitos da Física com indicações de experimentos e contextualizações.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2018.

- Livro aborda conceitos integrados de Química.

BROWN, T. L. *et al.* **Química, a ciência central**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

- Livro aborda diversos fenômenos químicos de maneira contextualizada.

GALANTE, D. *et al.* (org.). **Astrobiologia**: uma ciência emergente. São Paulo: Tikinet Edição: IAG/USP, 2016.

- Livro traz uma coletânea de tópicos sobre Astronomia, Cosmologia, Astroquímica, Microbiologia, entre outros, que auxiliam a compreender a Astrobiologia.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 1**: Mecânica. São Paulo: Edusp, 2011.

- Livro aborda os conceitos de Mecânica de forma contextualizada e prática.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física 2**: Física Térmica/Óptica. São Paulo: Edusp, 2007.

- Livro aborda os conceitos de Física Térmica e Óptica de forma contextualizada e prática.

HALLIDAY, D. *et al.* **Fundamentos de Física**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 2.

- Livro aborda os conceitos e as aplicações da Física para o entendimento da gravitação e movimentos orbitais.

HALLIDAY, D. *et al.* **Fundamentos de Física**: Mecânica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. v. 1.

- Livro aborda os conceitos e aplicações da Física, com enfoque em Mecânica.

HALLIDAY, D. *et al.* **Fundamentos de Física**: Ótica e Física Moderna. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 4.

- Livro aborda os conceitos e aplicações da Ótica e da Física Moderna.

HEWITT, P. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

- Livro aborda variados temas de Física, como a energia e suas transformações.

HICKMAN JR., C. P. *et al.* **Princípios integrados de Zoologia**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

- Livro integra diferentes áreas da Biologia para formar uma base do conhecimento sobre os animais e suas relações com o ambiente.

MADIGAN, M. T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

- Livro aborda princípios fundamentais da Microbiologia, composição molecular, metabolismo e genética microbiana.

MILLER JR., G. T. **Ciência ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

- Livro aborda variados temas relacionados à área de Ecologia.

PICAZZIO, E. (coord.). **O céu que nos envolve**: introdução à astronomia para educadores e iniciantes. São Paulo: Odysseus, 2011.

- Livro traz conceitos relacionados a Astronomia e Cosmologia em uma linguagem fácil.

REECE, J. B. *et al.* **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

- Livro aborda variados temas, como Biologia Celular, Anatomia, Fisiologia e Ecologia.

TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. **Princípios de Anatomia e Fisiologia**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

- Livro aborda conceitos relacionados à Anatomia e Fisiologia do corpo humano.

**MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA**

# **Manual do Professor**

## Apresentação

Olá professores!

Baseado na capacidade criativa, curiosidade, e principalmente em suas necessidades, o ser humano é gerador de constantes transformações, tanto pessoais, quanto do ambiente à sua volta. Atualmente essas mudanças têm ocorrido de maneira acelerada, propiciadas pela facilidade de acesso às informações que podem levar a novas e constantes aprendizagens.

Contudo, é preciso saber construir conhecimentos com base na análise crítica e reflexiva dessas informações, considerando valores éticos e morais que contribuem para a formação de indivíduos conscientes de sua cidadania. Este é o propósito desta coleção: tornar nossos jovens protagonistas na construção de novos saberes baseados no pensamento científico.

Cada volume possui um eixo principal de condução, que permite a distribuição dos conteúdos de maneira clara, objetiva e organizada, oportunizando a integração entre os componentes curriculares de Biologia, Física e Química que formam a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A maneira como os assuntos são conduzidos possibilita aos estudantes construir e mobilizar as habilidades e competências necessárias para sua formação, enquanto agentes participantes e transformadores da sociedade.

Neste Manual do professor você encontrará orientações que podem auxiliar no planejamento de suas aulas, bem como sugestões de textos, atividades complementares para os estudantes, e sugestões de leituras para sua formação continuada.

Desejamos a você, professor(a), um frutuoso trabalho, e que esta coleção seja um eficiente apoio para suas aulas.

Os autores

# Sumário

<b>Proposta organizacional da coleção</b> .....	<b>164</b>
Seções do Livro do estudante .....	164
<b>Orientações didáticas</b> .....	<b>166</b>
O novo Ensino Médio .....	166
O Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).....	168
A Base Nacional Comum Curricular (BNCC).....	168
As competências gerais e as competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na BNCC .....	170
O trabalho com as competências e as habilidades da BNCC .....	174
Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) .....	175
O ensino de Ciências da Natureza no século XXI.....	176
O atual papel do professor .....	177
Educação, cidadania e valores.....	178
Progressão da aprendizagem.....	179
Produção de análises críticas.....	181
Capacidade argumentativa (oral e escrita) .....	181
Nível inferencial em processos de leitura .....	182
Pensamento computacional .....	183
<b>Orientações metodológicas</b> .....	<b>184</b>
A diversificação dos métodos e das estratégias de ensino.....	184
O planejamento das aulas .....	190
Avaliação .....	190
<b>Referências bibliográficas comentadas</b> .....	<b>192</b>
<b>Orientações específicas para este Volume</b> .....	<b>193</b>
Quadro de conteúdos, competências e habilidades neste Volume .....	194
Objetivos a serem desenvolvidos neste Volume.....	195
Justificativa da pertinência dos objetivos .....	196
Unidade 1 .....	197
Unidade 2 .....	212
Unidade 3 .....	226
Unidade 4 .....	237
Respostas e resoluções das atividades do Livro do estudante.....	254

## Proposta organizacional da coleção

Esta coleção foi planejada para contemplar os componentes curriculares Biologia, Física e Química pertencentes à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio.

Ela é composta de seis volumes. Cada volume é dividido em quatro Unidades vinculadas a um eixo central de condução e integração específico para cada volume. Cada Unidade é composta por temas, cujos conteúdos são enriquecidos com diferentes tipos de recursos gráficos e imagéticos, seções complementares e atividades diversificadas.

Esta configuração permite que as temáticas se interliguem, independentemente do componente curricular preponderante, seja Biologia, Física ou Química.

### Seções do Livro do estudante

#### Atividades

As atividades empregam diferentes recursos com o objetivo de aprimorar a competência leitora, e permitem aos estudantes mobilizar habilidades, competências gerais e específicas de maneira a promover seu protagonismo, além de auxiliar na verificação conceitual. Há também questões pontuais presentes no início e ao longo dos temas, que oportunizam ao professor identificar conhecimentos prévios, além de contextualizar e despertar o interesse e a curiosidade do estudante.

#### Atividades extras

Permitem a mobilização de habilidades e competências e reforçam a verificação conceitual dos temas da Unidade, por meio de atividades contextualizadas com recursos variados, como fotografias, ilustrações, tirinhas, reportagens, manchetes, entre outros. Também possuem testes de Enem e vestibulares.

#### Oficina científica

Esta seção sugere o trabalho com atividades práticas e favorece o desenvolvimento do pensamento científico. Ela se inicia com situações ou questões que contextualizam e direcionam a prática, além de, eventualmente, sugerir o levantamento de hipóteses a partir de observações ou de ideias.

As propostas privilegiam o uso de materiais de fácil acesso e a execução de procedimentos que podem ser realizados no laboratório da escola, ou até mesmo em sala de aula. Em alguns momentos, materiais ou procedimentos podem ser omitidos, de maneira a propiciar o protagonismo dos estudantes, incentivando-os a inferir sobre a melhor maneira de realizar a prática, e/ou testar as hipóteses levantadas.

Ao final da seção existem questionamentos que ajudam a sistematizar as observações dos estudantes à medida que eles elaboram suas conclusões sobre o resultado do trabalho.

### Falando de ...

Seção que aborda os temas contemporâneos transversais da BNCC. A seção propicia o aprofundamento da competência leitora, favorece o desenvolvimento da argumentação e desperta a postura crítica dos estudantes frente a temas atuais de relevância científica, social e histórica.

As questões ao final da seção incentivam trabalhos em grupo e a formação de estudantes críticos a partir da construção de argumentos fornecidos pelos textos ou por sugestões de pesquisa.

### Integrando com...

Nesta seção, temas complementares aos conceitos estudados são propostos em uma abordagem integrada, permitindo a articulação entre as Ciências da Natureza e outras áreas do conhecimento. Essa relação objetiva romper com os limites entre as diferentes áreas de conhecimento e integrá-las, proporcionando uma aprendizagem mais efetiva aos estudantes por meio de uma compreensão mais abrangente da realidade.

### Saiba mais

Boxe presente ao longo dos temas que amplia ou complementa conceitos necessários para o desenvolvimento dos assuntos.

### Espaços de aprendizagem

Localizado ao longo da Unidade, este boxe apresenta sugestões de locais para visita, livros e filmes com diferentes temáticas que contribuirão para o aprendizado dos estudantes. Também são indicados *links* para a internet com visitas virtuais, textos de ampliação de conteúdo, imagens, infográficos, simuladores e vídeos para acesso dos estudantes. Essas indicações visam ampliar e reforçar o conhecimento construído em sala de aula por meio da utilização de tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs).

# Orientações didáticas

## O novo Ensino Médio

Esta obra foi elaborada em conformidade com o novo modelo de Ensino Médio em estruturação em nosso país. Em síntese, as transformações propostas para essa etapa da Educação Básica resultam da ampla discussão que se intensificou a partir de 2017 e englobam: valorização da aprendizagem pela ampliação da carga horária de estudos, flexibilização do currículo, foco no estudante e em seu desenvolvimento integral e adoção de práticas escolares mais dinâmicas e interativas, que respondam às necessidades de aprendizagem do século XXI.

Preocupações contemporâneas relacionadas a saúde, trabalho, educação, cultura, habitação, recursos naturais, entre outras apontam que os jovens precisam ampliar e atualizar seus conhecimentos científicos, técnicos e tecnológicos e desenvolver novas habilidades e competências que se harmonizem com essas demandas sociais, ambientais e econômicas da realidade.

Diante desse panorama, o Plano Nacional de Educação (PNE), instituído pela Lei n. 13.005/2014, determinou diretrizes, metas e estratégias para a educação brasileira, que devem ser cumpridas entre 2014 e 2024. A reforma do Ensino Médio e a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) são medidas para o cumprimento dessas metas, buscando outros caminhos para o segmento.

Essas buscas de novos caminhos têm como documentos orientadores, em especial, a Lei n. 13.415/2017, que altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB – instituída pela Lei n. 9.394/1996), as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os Referenciais Curriculares para Elaboração de Itinerários Formativos.

As finalidades do Ensino Médio orientam esse processo e continuam sendo as estabelecidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, Art. 35), há mais de vinte anos, desde 1996:

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de dezembro de 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). Acesso em: 6 ago. 2020.

A carga horária anual dos estudantes passa de 800 horas para 1 000 horas. E além de compreender essas mudanças, o novo Ensino Médio precisa ser estudado em suas modificações estruturais, principalmente aquelas que devem capacitar o jovem para as transformações sociais em que o protagonismo dele em sua própria formação deve ser destacado.



A nova proposta de organização curricular estabelece direitos de aprendizagens e desenvolvimento a todos os estudantes da nação e aponta para percursos específicos de formação, os itinerários formativos:

Art. 36. O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

- I - linguagens e suas tecnologias;
- II - matemática e suas tecnologias;
- III - ciências da natureza e suas tecnologias;
- IV - ciências humanas e sociais aplicadas;
- V - formação técnica e profissional.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de dezembro de 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). Acesso em: 6 ago. 2020.

No novo Ensino Médio, o estudante influencia boa parte do currículo, pois há uma flexibilização e não mais uma trajetória única para todos. O conjunto de disciplinas, projetos e outras situações de trabalho que os estudantes poderão escolher passa a ser chamado de itinerário formativo. Neles, as aprendizagens organizam-se em áreas de conhecimento – Linguagens e suas Tecnologias; Matemática e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas; e Formação Técnica e Profissional.

A comunidade escolar influencia a oferta dos itinerários formativos, considerando desejos e necessidades dos estudantes. Mesmo com essa flexibilidade, algumas disciplinas continuam fazendo parte de um currículo obrigatório para todo o país. Língua Portuguesa e Matemática, como ocorre atualmente, continuam obrigatórias nos três anos do Ensino Médio.

Embora o jovem siga aprendendo sobre todas as disciplinas, pois elas estão contempladas nas habilidades e nas competências da BNCC, tal organização do segmento por áreas de conhecimento estimula novos formatos de aula e incentiva novas formas de atuação do docente e de organização escolar, uma vez que conectam conhecimentos e professores de diferentes áreas e possibilitam práticas escolares mais dinâmicas e interativas.

Conforme a BNCC, uma educação integral tem o compromisso com a formação e o desenvolvimento humano global do estudante em suas dimensões indissociáveis: intelectual, física, afetiva, social, ética, moral e simbólica. Com essa perspectiva, o novo Ensino Médio propõe a formação de cidadãos responsáveis, críticos e autônomos, que tomam a frente das decisões que conduzirão sua vida na sociedade.

Ainda a proposta do novo Ensino Médio prenuncia o aumento progressivo da oferta de escolas em tempo integral. Merece destaque o fato de que, ao fim de sua formação básica, os estudantes poderão ter diploma de Ensino Médio e também diploma de Ensino Técnico, pois poderão optar por uma formação profissional e técnica dentro da carga horária do Ensino Médio.

Esta obra faz parte deste cenário para oferecer ao professor da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propostas que integram conhecimentos de modo interdisciplinar e propiciam o desenvolvimento de competências e habilidades aos estudantes, para que, de forma ativa, crítica, criativa e responsável, compartilhem atitudes saudáveis, sustentáveis e éticas, em um mundo cada vez mais complexo e imprevisível.

## O Exame Nacional do Ensino Médio (Enem)

O Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) é uma prova do Governo Federal, realizada em nível nacional e, desde 1998, constitui uma ferramenta de avaliação do Ensino Médio diagnosticando os conhecimentos adquiridos pelos estudantes que concluíram essa etapa da Educação Básica em escolas particulares e públicas.

A partir de 2009, o Enem passou a fazer parte da seleção dos estudantes das escolas públicas ao Ensino Superior em universidades federais e estaduais. Ao longo dos últimos anos, o modelo de avaliação do Enem foi continuamente aprimorado.

Embora mudanças sejam previstas, atualmente o exame consiste em 4 provas objetivas, com 45 questões cada, além da redação de um texto dissertativo-argumentativo, de no máximo 30 linhas, desenvolvido a partir de uma situação-problema. Os conteúdos abordados pelas provas são divididos em quatro áreas:

- Linguagens, Códigos e suas Tecnologias: Língua Portuguesa e Literatura, além de Língua Estrangeira Moderna (inglês ou espanhol);
- Ciências Humanas e suas Tecnologias: História, Geografia, Sociologia e Filosofia;
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Biologia, Química e Física;
- Matemática e suas Tecnologias.

O exame mantém sua característica interdisciplinar, portanto, é esperada dos estudantes a capacidade de integrar conteúdos de diferentes disciplinas para solucionar problemas com base em conhecimentos interdisciplinares. A competência leitora também é valorizada.

O Enem é hoje um dos principais meios de ingresso em Faculdades e Universidades públicas e privadas de todo o Brasil. O aproveitamento do resultado obtido no Enem como substituto ou complementar aos vestibulares de cada instituição é uma das principais novidades dos últimos anos relacionada ao acesso ao Ensino Superior. Grande parte das universidades federais e quantidade razoável de universidades estaduais têm feito seus processos seletivos usando exclusivamente a nota alcançada pelo candidato no Enem. Por meio do Sistema de Seleção Unificado (Sisu), plataforma digital gerenciada pelo Ministério da Educação (MEC), o candidato pode concorrer às vagas em dezenas de universidades públicas usando somente sua nota do Enem.

## A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

Base para novos currículos, segundo o Ministério da Educação (MEC), a BNCC, homologada no ano de 2018, é um documento de caráter normativo e definidor do conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais para todos os estudantes desenvolverem, ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

Assim, seu principal objetivo é equalizar a qualidade da educação no país, um documento norteador que prima pelo estabelecimento de um patamar comum de aprendizagem e desenvolvimento a que todos os estudantes do Brasil têm direito.

O documento está disponível na íntegra em [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf) (acesso em: 7 set. 2020) e é estruturado de acordo com as três etapas da Educação Básica – Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio.

A proposta de aprendizagem na BNCC se alinha com o Plano Nacional de Educação (PNE) e orienta-se pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. Propõe que sejam desenvolvidas nos estudantes dez competências gerais.

Por competência, entende-se a:

[...] mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 8.

A proposta de desenvolvimento de competências assumida pela BNCC busca distanciar o ensino de uma abordagem que se concentra em memorizações reprodutivas vazias de sentido, como tradicionalmente o processo de ensino se caracteriza. Correntes pedagógicas com base em desenvolvimento de competências vêm surgindo há algumas décadas, com impacto primeiramente em elaboração de avaliações internacionais da aprendizagem e do desempenho dos estudantes. As dez competências gerais concretizam direitos de aprendizagem e desenvolvimento.

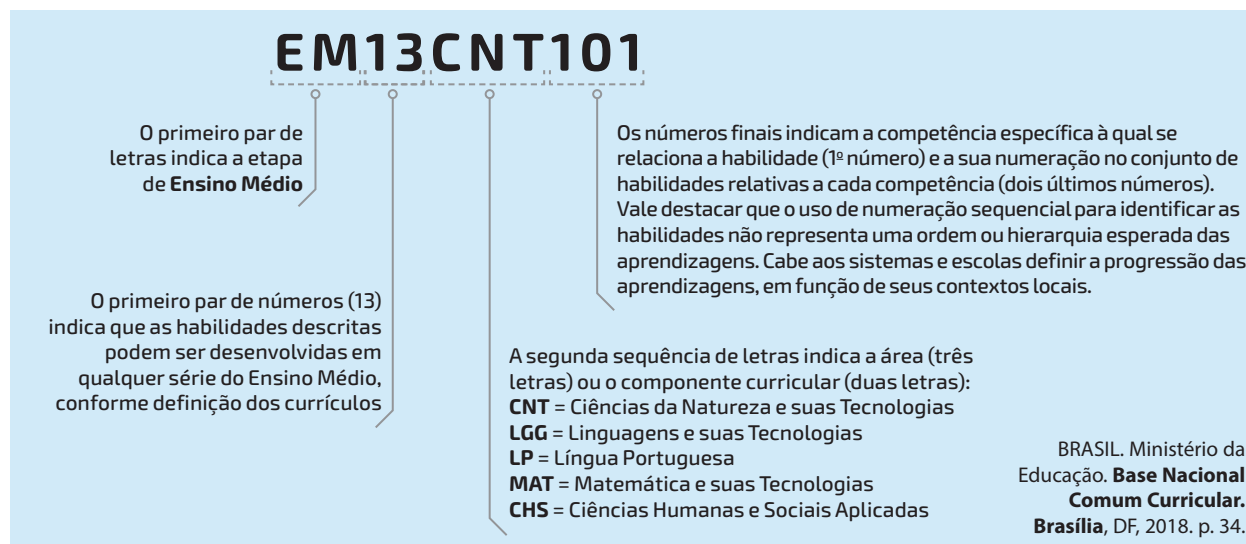
A etapa do Ensino Médio está organizada, na BNCC, em quatro áreas do conhecimento, que são:

- Linguagens e suas Tecnologias (Arte, Educação Física, Língua Inglesa e Língua Portuguesa)
- Matemática e suas Tecnologias (Matemática)
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física e Química)
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (História, Geografia, Sociologia e Filosofia)

Essa escolha de organização tem como fundamento a conexão das disciplinas e estimula um trabalho integrado e contextualizado à vida. Essa abordagem coopera para a compreensão dos estudantes da realidade e para que desenvolvam formas de intervir nela e transformá-la, atribuindo mais sentido às vivências escolares.

As práticas escolares de acordo com a BNCC, devem, então, ser repensadas e estruturadas nos planejamentos de modo a garantir a explicitação das articulações entre as áreas, considerando também as especificidades de cada uma delas.

Para cada área de conhecimento, são apresentadas competências específicas. Uma lista de habilidades está atrelada a cada uma dessas competências específicas. De caráter prático, cognitivo e socioemocional, as habilidades expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos estudantes, em cada etapa de escolarização prevista na BNCC. São descritas de acordo com determinada estrutura, conforme o exemplo a seguir. Cada habilidade é identificada por um código alfanumérico cuja composição é:



Como o código representa, as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias derivam das competências específicas da área. As habilidades 100 derivam da competência específica 1; as habilidades 200 derivam da competência específica 2; as habilidades 300 derivam da competência específica 3.

## As competências gerais e as competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na BNCC

A seguir, são apresentadas as dez competências gerais da Educação Básica e as três competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, bem como as habilidades que se relacionam a cada uma dessas competências específicas.

### Competências gerais da Educação básica

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 9, 10.

## Competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio

### COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

#### Habilidades

**(EM13CNT101)** Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

**(EM13CNT102)** Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

**(EM13CNT103)** Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

**(EM13CNT104)** Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

**(EM13CNT105)** Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

**(EM13CNT106)** Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

**(EM13CNT107)** Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 553, 555.

## COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

Habilidades
<b>(EM13CNT201)</b> Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
<b>(EM13CNT202)</b> Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como <i>softwares</i> de simulação e de realidade virtual, entre outros).
<b>(EM13CNT203)</b> Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como <i>softwares</i> de simulação e de realidade virtual, entre outros).
<b>(EM13CNT204)</b> Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como <i>softwares</i> de simulação e de realidade virtual, entre outros).
<b>(EM13CNT205)</b> Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
<b>(EM13CNT206)</b> Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
<b>(EM13CNT207)</b> Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
<b>(EM13CNT208)</b> Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.
<b>(EM13CNT209)</b> Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como <i>softwares</i> de simulação e de realidade virtual, entre outros).

**COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3**

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades
<b>(EM13CNT301)</b> Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
<b>(EM13CNT302)</b> Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
<b>(EM13CNT303)</b> Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
<b>(EM13CNT304)</b> Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
<b>(EM13CNT305)</b> Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.
<b>(EM13CNT306)</b> Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.
<b>(EM13CNT307)</b> Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
<b>(EM13CNT308)</b> Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.
<b>(EM13CNT309)</b> Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.
<b>(EM13CNT310)</b> Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 553, 559, 560.

## O trabalho com as competências e as habilidades da BNCC

O novo Ensino Médio requer novas formas de ação do professor e nova organização da escola, práticas mais dinâmicas e interativas, harmonizadas com as demandas dos jovens do século XXI.

A BNCC não é um currículo, não apresenta indicações metodológicas ou didáticas para trabalho docente, nem aspectos específicos relacionados à avaliação. Ela permite a elaboração de currículos fortalecendo as interconexões entre as disciplinas, o que possibilita planos inovadores nas escolas, a partir da autonomia e responsabilidade delas.

Esta obra foi desenvolvida em acordo com a BNCC e, portanto, apresenta propostas que visam efetivar um trabalho que favorece uma aprendizagem amparada no desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores, bem como o desenvolvimento da capacidade de utilizar esses aprendizados para resolver questões complexas, de forma crítica e propositiva.

Entre os benefícios de uma abordagem que trabalha com as competências e habilidades é possível citar o incentivo aos docentes a impulsionar a melhoria contínua da turma, criando novas dinâmicas de comunicação e interação. Também se estimula o trabalho colaborativo e a criatividade, compartilha as melhores práticas, expande os ambientes de ensino e aprendizagem, estimula atitudes, cria uma nova cultura na instituição escolar e favorece a extensão do trabalho para a comunidade.

Além disso, o trabalho com competências e habilidades possibilita práticas escolares contextualizadas às necessidades da sociedade e do mundo do trabalho, atendimento às demandas da sociedade em permanente transformação e valorização do contexto de cada estudante, usando-o a favor de sua formação educacional.

Por meio das competências é possível comunicar aos estudantes, com eficácia, o que eles sabem e o que eles podem fazer com o que sabem, possibilitando uma compreensão mais ampla sobre os resultados da aprendizagem.

A BNCC, ao estabelecer as dez competências gerais, define as aprendizagens essenciais a que o estudante tem direito. Já as competências específicas explicitam como as competências gerais se expressam em cada área do conhecimento. Diante disso, pode-se afirmar que as competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias apontam caminhos para o desenvolvimento das competências gerais, com abordagens de temas específicos dessa área do conhecimento.

As habilidades, por sua vez, correspondem às aprendizagens básicas para o desenvolvimento de competências específicas. Dessa forma, as habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias indicam os rumos para que as competências específicas sejam trabalhadas em sala de aula. Portanto, implementar o trabalho com a BNCC em sala de aula exige uma mudança de paradigma. Por exemplo, em determinado estudo, inúmeros conceitos de diferentes componentes curriculares podem ser englobados. Os professores desses componentes curriculares podem desenvolver atividades de seus componentes em parceria, nas quais é possível desenvolver uma ou mais habilidades da BNCC.

Nesta obra, os assuntos permitem que as habilidades possam ser desenvolvidas e/ou mobilizadas. Para auxiliar a identificar a necessidade de desenvolver



ou mobilizar uma habilidade, a coleção apresenta estratégias metodológicas que serão descritas posteriormente. Elas podem ser utilizadas pelo professor, de maneira a garantir que, ao final, as habilidades sejam eficientemente mobilizadas e auxiliem no desenvolvimento de uma competência, seja ela específica ou geral. Considerando que os estudantes já desenvolveram diversas habilidades durante o Ensino Fundamental, é possível que parte delas seja mobilizada nesta etapa de ensino, mas cabe ao professor tal discernimento.

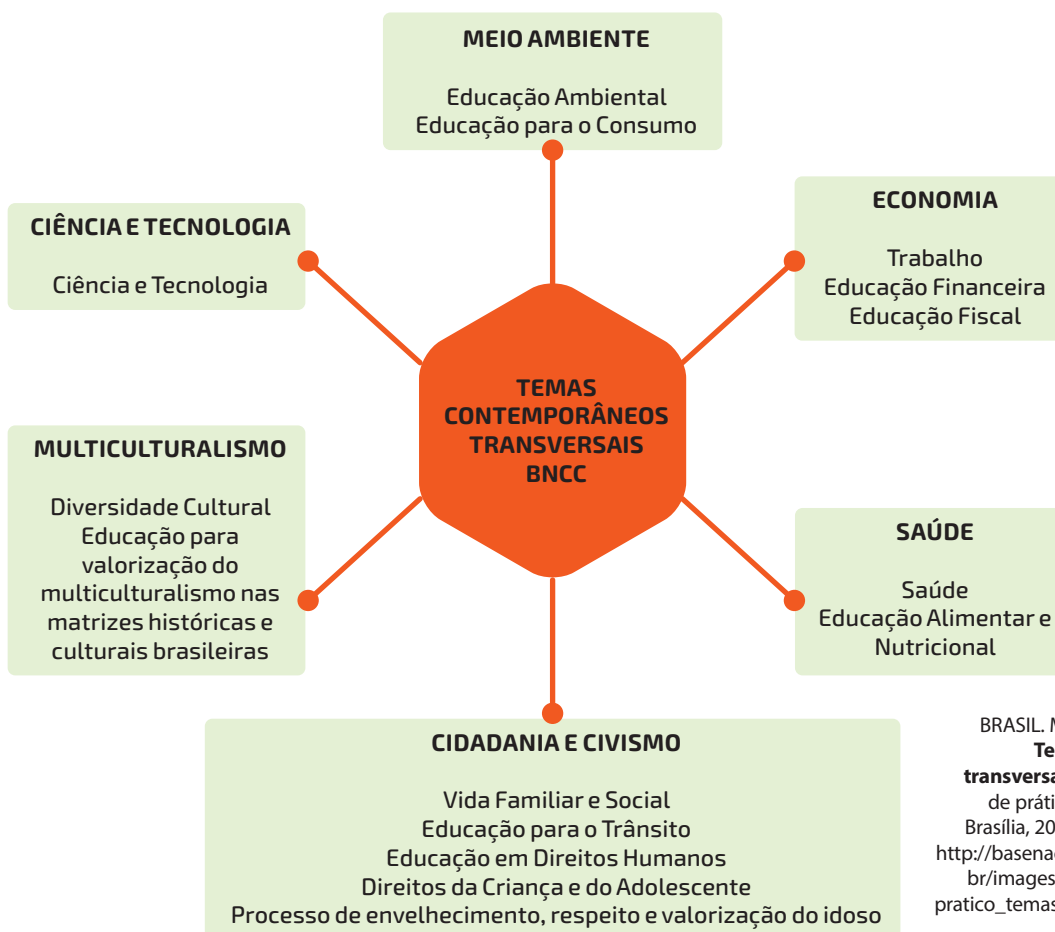
## Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs)

Conforme a BNCC,

[...] cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora. [...]

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 19.

Assim, com essa finalidade, o Ministério da Educação estabeleceu 15 Temas Contemporâneos Transversais, ou TCTs, dispostos em seis macroáreas temáticas, conforme representa o esquema a seguir.



BRASIL. Ministério da Educação. **Temas contemporâneos transversais na BNCC: propostas de práticas de implementação**. Brasília, 2019. p. 7. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia\\_pratico\\_temas\\_contemporaneos.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf). Acesso em: 8 set. 2020.

Os TCTs se relacionam com as situações da realidade contemporânea e correspondem a temas que não são objeto específico de nenhum componente curricular, podendo ser abordados pelas diferentes disciplinas. Eles têm como propósito abordar aspectos práticos da vida dos jovens que impactam a vida humana em escala local, regional e global.

A abordagem dos TCTs é, portanto, requisito essencial para a superação da fragmentação do conhecimento e para a formação integral do ser humano, com o desenvolvimento de uma visão ampla de mundo.

Nesta obra, os TCTs são trabalhados em diversos momentos, seja no texto principal, nas seções ou nas atividades, por meio de questões relativas a assuntos das diferentes macroáreas temáticas, em que os estudantes são levados, por exemplo, a avaliar os impactos causados pelas ações dos sujeitos no ambiente em que vivem, a refletir sobre modo de vida sustentável, abordando a questão do excesso de resíduos descartados no mundo e em nossa nação.

## O ensino de Ciências da Natureza no século XXI

A falta do letramento científico pode fazer com que um cidadão venha a ter dificuldades na resolução de problemas de seu cotidiano, ou encontre soluções mais complexas, o que, por vezes, pode gerar impactos em diversas áreas de sua vida e/ou da sociedade, como impactos ambientais e financeiros. Dessa maneira, o comprometimento com o letramento científico na formação do cidadão se faz necessário, com destaque para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

O letramento científico seria uma ferramenta de resolução de problemas, dos indivíduos e das sociedades, e também uma abertura para novas visões de mundo, visto que é muito intensa a presença da Ciência e da Tecnologia e sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos hoje. Sobre essa presença, a BNCC considera que:

[...] do transporte aos eletrodomésticos; da telefonia celular à internet; dos sensores óticos aos equipamentos médicos; da biotecnologia aos programas de conservação ambiental; dos modelos submicroscópicos aos cosmológicos; do movimento das estrelas e galáxias às propriedades e transformações dos materiais. Além disso, questões globais e locais com as quais a Ciência e a Tecnologia estão envolvidas – como desmatamento, mudanças climáticas, energia nuclear e uso de transgênicos na agricultura – já passaram a incorporar as preocupações de muitos brasileiros. [...]

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 547.

Assim, a educação científica deve promover o pensamento crítico, encorajar a alfabetização científica em uma perspectiva social e instrumentalizar as pessoas, diariamente confrontadas por questões éticas e morais, próprias da excessiva oferta de informação na sociedade tecnológica.

O papel da cultura científica, nesse contexto, é a formação e a capacitação de cidadãos para compreender e modificar o mundo, extrapolando a visão reducionista e parcial de um ensino apenas atento às expectativas do mercado.

Especificamente na área de Ciências da Natureza, os objetivos educacionais incluem o letramento científico que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico) e de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BRASIL, 2018). Dessa forma, a principal característica é a atuação efetiva na vida cotidiana em função da importância do papel da ciência. Isso significa que a formação de uma população não deve se limitar à sua capacidade de ler e escrever, mas precisa envolver também uma alfabetização matemática, científica e tecnológica de qualidade, porque isso torna os indivíduos mais autônomos.

A BNCC propõe, para o Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, competências e habilidades que garantam a formação integral dos estudantes, o desenvolvimento de uma percepção integrada das Ciências, aprofundando o letramento científico iniciado na etapa anterior da educação básica. Assim, na definição das competências específicas e das habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram priorizados conhecimentos levando-se em consideração a continuidade do proposto no Ensino Fundamental, sua relevância no ensino de Física, Química e Biologia e sua adequação ao Ensino Médio.

Nesse cenário, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe, para o Ensino Médio, o trabalho com as temáticas Matéria e Energia; Vida, Terra e Cosmos, como um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo, propostas para o Ensino Fundamental.

## O atual papel do professor

Em um contexto de ensino com base em competências e habilidades, quais são as ações ou condutas esperadas do professor?

Neste contexto, ao papel essencial do professor, soma-se o de mediador da aprendizagem, orientando caminhos aos estudantes a fim de que sejam protagonistas na construção de seu conhecimento e desenvolvimento pessoal.

Durante este processo de mudanças, o professor deve ter em mente que suas decisões pedagógicas devem estar orientadas para o desenvolvimento de competências e habilidades, trazendo o estudante para seu papel de sujeito mais consciente e ativo, a desenvolver o aprendizado de forma crítica, autônoma, ética e responsável. Pode-se afirmar que o professor é um participante que simultaneamente ensina e aprende, num movimento de trocas com o estudante.

Esse conceito de aprendizagem centrada no estudante favorece o desenvolvimento do protagonismo juvenil e abre espaço a um modelo de produção coletiva, cooperativa, com compartilhamento do conhecimento. Reiterando, um modelo em que o professor passa a ser o mediador entre o conhecimento e o estudante.

Nesta obra há ênfase no estudante como protagonista de seu processo, e no professor como mediador desse processo. Assim, não se pretende que o estudante seja um receptor, e não se espera que o professor possua todos os conhecimentos envolvidos, mas sim que atue como incentivador e orientador do protagonismo dos jovens no processo de aprendizagem.

## Educação, cidadania e valores

Cidadania é uma palavra usada com frequência, em diversos contextos e pode ser definida como:

[...] o direito de ter uma ideia e poder expressá-la. É poder votar em quem quiser sem constrangimento. É processar um médico que cometa um erro. É devolver um produto estragado e receber o dinheiro de volta. É o direito de ser negro sem ser discriminado, de praticar uma religião sem ser perseguido.

Há detalhes que parecem insignificantes, mas revelam estágios da cidadania: respeitar o sinal vermelho no trânsito, não jogar papel na rua [...] Por trás desse comportamento está o respeito à coisa pública.

O direito de ter direitos é uma conquista da humanidade. [...]

DIMENSTEIN, G. **O cidadão de papel**: a infância, a adolescência e os direitos humanos no Brasil. São Paulo: Ática, 2005. p. 12-13.

A noção de cidadania apoiada em direitos e deveres e no reconhecimento da diversidade social, econômica, racial e cultural contribui para uma educação que gera convívio e respeito entre os povos. Para isso, os estudantes devem ser confrontados a situações que envolvam respeito mútuo, justiça, solidariedade, empatia, resolução de conflitos, cooperação, direitos humanos, acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

Na busca para a construção da cidadania, os valores merecem destaque. As temáticas dos valores e das habilidades socioemocionais não estavam explícitas nos currículos e programas das escolas. Agora, a BNCC traz essas dimensões para o centro dos objetivos da educação integral.



CENPIES DESIGN/SHUTTERSTOCK.COM

O texto a seguir aborda alguns aspectos da relevância dos valores na sociedade.

[...]

O nosso futuro depende, em parte, dos nossos valores. As tendências de consumismo e materialismo, embora insustentáveis a longo prazo, sofrem grande influência social e cultural e, portanto, podem mudar assim como podem alterar valores de uma cultura. Os valores sociais também determinam onde uma cultura em particular se encontra em uma sequência de vários valores, como antagonismo e tolerância, individualismo e coesão social, materialismo e busca por um significado mais profundo.

Quando começamos a considerar coletivamente os valores alternativos que seriam mais sustentáveis globalmente e de satisfação pessoal, estamos respondendo tanto aos incentivos, com base na necessidade e ansiedade em relação à direção em que nossos valores atuais estão nos levando, quanto aos desincentivos do desejo por sistemas sociais melhores, com base nos valores alterados.

Incentivos	Desincentivos
Ansiedade em relação ao futuro	Promessa de segurança e coesão social
Preocupação de que ajustes na política são insuficientes para evitar crises	Ética de assumir responsabilidade pessoal pelos outros, pela natureza e pelo futuro
Medo de perder a liberdade e as escolhas	Participação engajada na vida comunitária, política e cultural
Alienação devido à cultura dominante	Busca por significado pessoal e propósito
Estilos de vida estressantes	Tempo para paixão pessoal e ligações mais fortes com a natureza

FADEL, C.; BILIAK, M.; TRILLING, B. **Educação em quatro dimensões**: as competências que os estudantes precisam ter para atingir o sucesso. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2015.

Assim, tanto no novo Ensino Médio como nesta obra, as dimensões da cidadania, dos valores e das habilidades socioemocionais estão diretamente conectadas às intervenções pedagógicas.

## Progressão da aprendizagem

No modelo da aprendizagem significativa os conceitos estão hierarquicamente organizados na estrutura cognitiva de um sujeito, e a aprendizagem depende de um vínculo de conceitos inclusores, já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Dessa forma, a aprendizagem é um processo de construção do conhecimento, em que o aprendiz utiliza o seu conhecimento anterior para construir o novo. Assim, aprender significa organizar e integrar o material na estrutura cognitiva. A construção dos significados conceituais depende de esquemas cognitivos prévios de cada estudante e da interação discursiva com o professor, que seleciona, organiza, sequência e comunica certo conteúdo. A estrutura cognitiva apresenta-se como uma hierarquia de conceitos, que são abstrações da experiência do indivíduo e que podem servir de base para a ancoragem de novas ideias ou conceitos (MOREIRA; MASINI, 2006).

Mas para que ocorra aprendizagem significativa é necessário que o material a ser aprendido seja incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz também de modo não literal, mas com significado. Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que os conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos.

Um dos princípios da aprendizagem significativa é a organização dos conceitos em um processo denominado diferenciação progressiva, um movimento contínuo no qual os significados mais abrangentes se estabelecem em novas relações conceituais. Em contraste com a aprendizagem significativa, na aprendizagem mecânica, as novas informações têm pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes da estrutura cognitiva e, neste caso, pode-se dizer que a nova informação é armazenada de maneira arbitrária.

A aprendizagem, assim, caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio de forma não literal e não arbitrária: o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, adquirindo mais estabilidade (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Seguindo este raciocínio, a estrutura conceitual se mantém de forma não rígida, mas busca as relações entre as significações conceituais e proposicionais, de acordo com as diferenças e similaridades, na busca de uma reconciliação integrativa entre os conceitos prévios e os que estão sendo incorporados nesta estrutura mental (AUSUBEL, 2000).

Esse processo de interiorização é mediado por interações e intercomunicações sociais, nas quais a linguagem é fundamental. Praticamente tudo o que chamamos de conhecimento é linguagem. Isso significa que a chave da compreensão de um conhecimento ou de um conteúdo é conhecer sua linguagem.

Problemas linguísticos estão relacionados à aquisição de uma cultura científica, pois o estudante precisa aprender a usar termos científicos específicos, mas às vezes não possui familiaridade com tais termos ou desconhece o significado do conceito. Além disso, o conhecimento científico é complexo e estruturado. Para construí-lo, os estudantes precisam traduzi-lo ou decodificá-lo com base no seu conhecimento prévio.

Considerando que cada modo comunicativo contribui de maneira especializada e cooperativa para dar significado e explicitar conceitos, o uso de multimodos de representação realizados nesta obra apresenta uma direta relação com a aprendizagem significativa de conceitos. Um episódio de ensino-aprendizagem se caracteriza pelo compartilhar de significados entre estudante e professor sobre conhecimentos veiculados por materiais educativos do currículo, onde há a busca da congruência de significados.

Há um reconhecimento entre os pesquisadores da área de que os significados das representações estão diretamente relacionados ao processo de construção e abstração de um conceito científico. Para que haja intercâmbio e “negociação” de significados, a linguagem torna-se um instrumento básico e essencial (MOREIRA; MASINI, 2006).

Assim, construção de novas significações não é vista como exclusivamente dependente da linguagem (escrita ou falada), mas como resultado da interação entre diversos sistemas de representação que incluem imagens, gráficos e diagramas, passando pelo uso de gestos e atividade física, como a observação e manipulação de objetos.

A percepção e a compreensão das características que definem um conceito são imprescindíveis para o aprendizado. E toda palavra, assim como cada figura, diagrama, equação, simbolismo envolvidos por trás das ações e dos procedimentos, pertencem a um contexto e são parte de uma possível troca de significados entre diferentes membros de uma comunidade.

Por isso, as dificuldades do aprendizado de Ciências da Natureza vão além dos problemas advindos das tentativas de apropriação da chamada “linguagem da ciência”. Aprender Ciências da Natureza não significa somente se apropriar do discurso científico ou decorar determinados termos científicos; aprender Ciências da Natureza é ultrapassar a esfera puramente conceitual e envolver simultaneamente a compreensão de diferentes linguagens.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, o conhecimento deve ser explorado em um contexto diferente daquele que a aprendizagem ocorreu e os novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos ou fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, que se torna capaz de explicar situações ou resolver problemas com suas próprias palavras. Assim a aprendizagem passa a existir quando um mesmo conceito ou uma mesma proposição podem ser expressos de diferentes maneiras, mas com significados equivalentes.

## Produção de análises críticas

Formular pensamento crítico pode ser confundido com buscar defeitos, ou também com outras atividades como participar de uma discussão, emitindo opinião e posicionando-se diante de problemas, muitas vezes fazendo ecoar ideias do senso comum.

O pensamento crítico reúne análises, avaliações, estabelecimento de relações entre diferentes saberes, reflexões sobre a vida diária e questionamento de valores. Tomando como foco do aprendizado os estudantes e suas experiências como jovens cidadãos, o processo escolar de ensino-aprendizagem deve estimular neles uma leitura de mundo sustentada em uma visão crítica da realidade. Ao analisar criticamente a realidade observada, ele toma decisões imprescindíveis para avançar nas demandas do século XXI.

É importante considerar que a análise crítica é fundamental também no processo de investigação científica. Sem ser capaz de realizar a análise crítica, o estudante não propõe soluções a problemas.

A produção de análises críticas está atrelada à ampliação das possibilidades de construção de sentidos, e isso requer: interesse e envolvimento com uma leitura apurada do material analisado ou do texto em questão, para entender melhor do que trata e quais são os argumentos apresentados; requer compreender o que este material analisado se propõe a fazer, identificando as passagens mais importantes dele; relacioná-lo com suas condições de produção e seu contexto sócio-histórico de circulação (leitor/audiência previstos, objetivos, pontos de vista e perspectivas, papel social do autor, época, gênero do discurso etc.), tudo isso para ampliar as possibilidades de construção de sentidos e, por fim, de análise crítica.

O pensamento crítico está atrelado à capacidade dos estudantes de efetuar bons julgamentos e responsabilizar-se por eles, com a sensibilidade de perceber o impacto das suas colocações. Da perspectiva escolar, é preciso levar os estudantes a ter critérios para distinguir a diferença entre exprimir o que se pensa a respeito de algo e a realização de análise crítica de algo. Isso requer habilidades de ordem prática, cognitiva e socioemocional, sobre as quais o jovem precisa de apoio e orientação do professor.

Nesta obra, são previstos momentos que levam o estudante a diferenciar o pensar crítico do pensar acrítico, por meio da realização de inúmeras atividades, com a mediação do professor, em que eles passam de conhecimentos superficiais ligados ao senso comum, a saberes estruturados, realizando a análise crítica da realidade e, conseqüentemente, buscando a autonomia diante das diversas situações cotidianas.

## Capacidade argumentativa (oral e escrita)

Na contemporaneidade, a argumentação científica está em destaque no Ensino Médio, e possui papel importante na sustentação do ensino de Ciências Naturais. Assim, levar o jovem a tecer argumentos empregando dados deve ser objeto de ensino em discussões e práticas na escola, pois quando se pretende convencer outra pessoa de algo é necessário argumentar, em vez de emitir opiniões infundadas.

Conforme a competência geral 7 da BNCC, a argumentação deve ser feita:

[...] com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 9.

Apreender o mundo e expressar-se requer bons argumentos com base em fatos; portanto, o trabalho com os jovens demanda que suas colocações se fundamentem em observar fenômenos e coletar, analisar e sistematizar dados, fatos e informações, elaborando de modo mais claro e objetivo afirmações e conclusões sobre aquilo que observaram.

Em nossa realidade, com alta circulação de *fake news* é relevante que o estudante tenha intimidade com o processo de investigação científica e compreenda a necessidade de superar o senso comum e adotar uma visão objetiva da realidade, compreendendo a obtenção e a construção de dados como uma etapa indispensável na elaboração de seus argumentos. No ensino de Ciências, os estudantes se deparam com essa maturidade de argumentos pautados em conceitos científicos.

Nesta obra, o trabalho com desenvolvimento da capacidade argumentativa surge, por exemplo, quando há trocas de ideias entre os estudantes, momentos de interação, bate-papos, mesas-redondas e debates, com o professor atuando como mediador nesses processos. Nestes momentos, cabe ao professor valorizar a importância de refletir, coletar e analisar evidências e posicionar-se para defender ou refutar um argumento. E, os estudantes, ao avaliarem diferentes opções, precisam escolher a que considerarem mais confiável. Então, nessas atividades baseadas em argumentações, os estudantes se apropriam da linguagem científica e passam a estruturar enunciados, avançando no desenvolvimento da sua autonomia. O trabalho com esta obra em sala de aula propicia aos estudantes vivenciar momentos em que podem argumentar tanto na forma oral quanto na forma escrita, pois que cada uma dessas modalidades tem características próprias.

Enfim são variadas as situações propostas para os estudantes argumentarem, apresentarem evidências e desenvolverem o respeito por opiniões diferentes das suas. Com a argumentação, os estudantes participam de questões sociais e desenvolvem a capacidade de tomar decisões, ações necessárias ao pleno exercício da cidadania.

## Nível inferencial em processos de leitura

A competência leitora é tão indispensável à formação integral dos estudantes, que é abordada pela BNCC em todas as etapas da Educação Básica.

Um leitor, ao realizar um procedimento de leitura, interage com o texto e o contexto no qual está inserido. A qualidade da sua leitura está intimamente conectada à qualidade das suas inferências. E quando ele faz essas conjeturas a partir do que lê, é com sua capacidade inferencial que o faz. Daí a relevância deste tema ser abordado no processo de ensino e aprendizagem.

A capacidade inferencial é ferramenta para o estudante ir além de um primeiro entendimento do texto, associando as informações explícitas às informações que possui. Nesse processo, percebe elementos não explicitamente indicados no texto e estabelece conexão de ideias, para então concluir algo e gerar sentido para o texto.

Inferência é o resultado de um processo cognitivo por meio do qual uma assertiva é feita a respeito de algo desconhecido, tendo como base uma observação. No dia a dia, é possível, por exemplo, inferir a riqueza de uma pessoa pela observação do seu modo de vida, a gravidade de um acidente de trânsito pelo estado dos veículos envolvidos e o sabor de um alimento pelo seu aroma. A inferência revela-se como uma conclusão de um raciocínio, uma expectativa, fundamentada em um indício, uma circunstância ou uma pista. Assim, fundamentando-se em uma observação ou em uma proposição são estabelecidas algumas relações – evidentes ou prováveis – e chega-se a uma conclusão decorrente do que se captou ou julgou.

DELL'ISOLA, R. L. P. Inferência na leitura. In: **Glossário Ceale**. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: <http://ceale.fae.ufmg.br/app/webroot/glossarioceale/verbetes/inferencia-na-leitura>. Acesso em: 18 set. 2020.



Quanto mais amplo esse seu repertório de conhecimentos, mais capaz é de compreender um texto, uma vez que a inferência não está no texto, mas na leitura, e se dá à medida que o leitor vai interagindo com o que lê. A leitura inferencial tem como resultado os sentidos do texto, e tais sentidos não estão prontos no texto à espera do leitor. Há um processamento das informações pelo leitor, sustentado pelo seu próprio repertório de conhecimentos, de vivências, de ideias etc.

Nesta obra, a leitura inferencial é realizada por meio de inúmeras atividades: os estudantes são desafiados a debater assuntos e negociar sentidos, a partir da leitura de textos escritos, de imagens, de gráficos, de esquemas, de tabelas. O estudante quando lê um texto, na situação de aprendizagem dada, é levado a interagir com este texto e, ao mesmo tempo, desenvolver sua capacidade de realizar suposições sobre ele, considerando informações não explícitas, elaborando hipóteses sobre o que ocorrerá, pronunciando interpretações do que está subentendido. Isso evidencia que as inferências são de diversos tipos na obra.

A capacidade de inferência do estudante, assim como outras, pode variar muito de acordo com o seu perfil sociocultural, com suas necessidades especiais, caso as tenha, ou com seu nível de desenvolvimento intelectual. Por isso, a avaliação do nível inferencial do estudante deve ser feita prioritariamente de maneira particularizada, considerando o progresso individual dele, no desenvolvimento das atividades e na aquisição de novas capacidades.

É por meio da leitura inferencial que um leitor identifica problemas de seu entorno e propõe soluções para eles, com protagonismo. Dessa forma, é importante enfatizar que a capacidade de leitura inferencial de um estudante é muito relevante para ajudá-lo a converter conhecimentos em propostas de soluções de problemas e transformações na trajetória de vida.

## Pensamento computacional

As sociedades atuais são fortemente marcadas pelo desenvolvimento tecnológico e vêm passando por profundas transformações nas relações humanas e de trabalho. A computação e as tecnologias digitais de informação e comunicação estão cada vez mais presentes na vida, em ambientes profissionais, em escolas, em nossos bolsos, em nossas casas, em nossos automóveis.

A tendência é essa característica se intensificar ainda mais. Assim, muito se ouve falar que as estratégias didáticas devem favorecer o **desenvolvimento do pensamento computacional dos estudantes, ou seja**, o uso da lógica de programação para a resolução de um problema.

O Pensamento Computacional é uma distinta capacidade criativa, crítica e estratégica humana de saber utilizar os fundamentos da Computação nas mais diversas áreas do conhecimento, com a finalidade de identificar e resolver problemas, de maneira individual ou colaborativa, através de passos claros, de tal forma que uma pessoa ou uma máquina possam executá-los eficazmente.

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica**. Tese (Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/172208/001054290.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 27 de jul. 2020.

Segundo a BNCC:

[...] pensamento computacional: envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos;

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 474.

O pensamento computacional caracteriza-se como uma estratégia para identificar e resolver problemas, de maneira individual ou colaborativa, mediante a utilização de etapas organizadas e sintetizadas em: decomposição do problema; capacidade de abstração; pensamento algorítmico e reconhecimento de padrões. Em alguns momentos, cada uma dessas etapas é explorada nesta obra. Elas podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- **Decomposição do problema:** Compreende análise de problema complexo, dividindo-o em partes menores e mais simples, o que possibilita aos estudantes visualizar os detalhes do problema.
- **Capacidade de abstração:** Foco, filtragem e classificação dos elementos mais relevantes para a resolução do problema.
- **Pensamento algorítmico:** Criação de uma sequência de passos, um plano, para a resolução do problema. Um conjunto de regras ou instruções claras e indispensáveis à resolução do problema.
- **Reconhecimento de padrões:** Com o objetivo de facilitar um trabalho, resolvendo-o de modo mais eficiente, a solução aplicada a um determinado problema pode ser replicada em outras situações.

Para o jovem viver em uma sociedade em constante mudança, em que se prepara para profissões que ainda nem existem, é uma necessidade urgente que ele entre em contato com conceitos que o auxiliem a atuar de modo mais integrado ao universo digital, considerando essa ágil evolução permanente.

Diante das tecnologia que têm impactado o mundo, ter conhecimentos de computação, distinguir o pensamento computacional e suas habilidades se tornou muito relevante, por isso a sua incorporação ao processo de ensino-aprendizagem, por seu potencial de organizar os procedimentos dos estudantes, enriquecer a prática docente e propiciar a eles uma atuação criativa e mais domínio do processo de construção do conhecimento.

## Orientações metodológicas

### A diversificação dos métodos e das estratégias de ensino

No Livro do estudante, diversas são as estratégias de ensino utilizadas para a condução dos assuntos, de maneira a expandir as oportunidades de aprendizado. Estratégias como levantamento de conhecimentos prévios, contextualização, problematização, atividades práticas e outras estratégias enriquecem as abordagens dos temas, dos conteúdos e do trabalho com as competências e habilidades. Além disso, são sugeridos acessos a sites, filmes, livros e visitas a espaços não formais de aprendizagem.

### Levantamento de conhecimento prévio: mapear conhecimentos, habilidades, atitudes e valores

É recorrente a ideia de que aquilo que cada estudante já sabe é a estrutura que torna possível o saber mais. Portanto, um trabalho inicial do professor, ao abordar um novo tema, deve ser o mapeamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre os temas tratados, identificando alguns valores, certas competências e habilidades já em desenvolvimento ou não por eles, o que possibilita ao professor ter algumas noções sobre o modo como os estudantes se percebem e concebem o mundo, assim como suas ideias para o futuro.

Atualmente, é uma característica da prática dos professores considerar que os estudantes passam de um conhecimento mais simples a outro mais elaborado e assim iniciar a abordagem de um conteúdo identificando o que eles conhecem efetivamente sobre o que será tratado. Quem primeiramente observou a importância dessa prática foi o cientista suíço Jean Piaget (1896 – 1980). Este tema também ganhou a atenção do estadunidense psicólogo da educação, David Ausubel (1918-2008), para quem, a ideia-âncora do estudante, ou seja, aquilo que ele já sabe é a ponte para a construção de um novo conhecimento por meio da reconfiguração das estruturas mentais existentes ou elaboração de novas.

Ainda que a maioria dos professores já considere que produzir conhecimento é esse processo de sucessivas fases, algumas reflexões se fazem necessárias: mapear conhecimentos prévios dos estudantes precisa ser uma prática esclarecida, para de fato influenciar o aprendizado do estudante com aquilo que é levantado sobre o que cada um já sabe. Não raramente, professores realizam o mapeamento, sondam as ideias-âncora dos estudantes, contudo, o resultado deste mapeamento não influencia o planejamento do trabalho cotidiano. É necessária a intervenção na prática docente a partir do mapeamento realizado.

Outro ponto que requerer reflexão é o modo por meio do qual são identificados os saberes dos estudantes. Para essa identificação é importante levá-los a desafios para que se vejam na necessidade de mobilizar o que possuem para resolvê-los. Muitas vezes, apenas conversar com os estudantes sobre o que já sabem não é suficiente.

Assim, é necessário, para a intervenção verdadeiramente eficaz na sua prática, que o professor considere que, os conhecimentos prévios podem também ser esse obstáculo. E ter a consciência desse obstáculo também é fundamental para o professor criar as condições para a aprendizagem, quem sabe usar o obstáculo como uma contribuição, para propor um processo de ensino e aprendizagem de acordo com seus estudantes.

Com base nestas premissas, o levantamento de conhecimento prévio se torna uma excelente oportunidade para mapear conhecimentos, habilidades, atitudes e valores dos estudantes, o que significa considerar heterogeneidade dos saberes, assim como níveis de interesse diversos, alguns com mais facilidade para determinados temas, ou dificuldades. Cada estudante é singular, e isso se revela em sua maneira de ser, de relacionar-se e aprender.

Esse é um dos grandes desafios da prática docente, ter clareza da diversidade dos estudantes em uma mesma turma e apresentar saídas para que se sintam integrados, seguros e com condição de realizar o trabalho proposto, com autonomia crescente.

Após o diagnóstico inicial, diante das necessidades individuais dos jovens, as estratégias educacionais podem ser ajustadas de várias maneiras, como por exemplo, no lugar de um registro escrito, pode se optar por outra prática de linguagem que leve o estudante a ampliar sua capacidade expressiva. Outra alternativa é explorar diferentes arranjos entre os estudantes, iniciando com trabalho coletivo, seguido de atividade individual, ou ao contrário, iniciando com trabalho individual seguido de atividade em duplas, trios ou grupos maiores. O momento individual serviria para reflexões e registros pessoais, para avaliar o que o estudante aprendeu, ou o que lhe falta aprender. Os grupos maiores possibilitariam o desenvolvimento de inúmeras competências determinadas pela BNCC.

É plausível o professor dosar ocasiões em que os estudantes organizam os próprios grupos de trabalho e aquelas em que ele intencionalmente determina tais grupos. Dessa forma, é possível reduzir práticas de segregação entre os estudantes, caso ocorram na sala de aula.

Outro procedimento que pode favorecer bons resultados é a composição de grupos misturando níveis distintos de conhecimento conceitual. Contudo, cabe ao professor observar como cada estudante se comporta nos grupos, visto que essa prática é benéfica desde que haja um diálogo de qualidade entre os componentes.

Com base no mapeamento e diagnóstico realizado, outras possibilidades estratégicas surgem ao professor: trabalhos com conceitos e conteúdos podem ser realizados com mais detalhamento e compassadamente ou com mais agilidade; sequências de atividades podem ser revistas; determinadas atividades podem ser eliminadas ou acrescidas, de acordo com cada estudante, seu nível de aprendizagem e desenvolvimento e seus contextos.

Nesta obra, as atividades de mapeamento são feitas por meio de levantamentos de conhecimentos prévios dos estudantes, principalmente nos inícios de unidades e temas. As atividades de mapeamento, no entanto, podem ser realizadas em outros momentos nos quais o professor sinta a necessidade, como nas atividades propostas, o que possibilita, por exemplo, avançar ou se demorar em um conteúdo respeitando o tempo de aprendizagem e as limitações dos estudantes, considerando os diferentes estágios no desenvolvimento de uma competência ou de uma habilidade de cada um deles. Esse aprendizado pode continuar por toda a vida.

## Contextualização

Uma pergunta que sempre reverbera: o que se requer para levar o jovem a aplicar os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos e comprometer-se com o seu letramento científico?

A ideia de contextualização do conhecimento escolar é tarefa fundamental para a atribuição de sentidos e significados a ele. Segundo a BNCC, a escola que acolhe as juventudes precisa se estruturar de maneira a garantir a contextualização dos conhecimentos, articulando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura.

Tal contextualização é uma tarefa imprescindível. Das operações mais simples às mais elaboradas, os estudantes devem ser instigados a aprender a contextualizar, superando a fragmentação de conteúdos. O estudante quando levado a contextualizar o conhecimento escolar confere mais significado a ele.

A BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais no que se refere à contextualização social, cultural, ambiental e histórica dos conhecimentos, o que favorece a apreensão deles e intervenção na realidade.

Contextualizar, enxergar aplicabilidade no que é tratado na escola, fomenta experiências significativas de exercício do protagonismo juvenil; traz naturalidade à articulação com as demais áreas do currículo, os interesses e as escolhas pessoais dos jovens; coopera para a aprendizagem conceitual mais efetiva. Isso leva, naturalmente, a uma ação consciente sobre a realidade.

Essa abordagem envolve um esforço para realizar transposições didáticas, contextualizar e humanizar a ciência escolar, para que mais facilmente e mais cedo se desperte o gosto pelo seu estudo.

O conhecimento contextualizado, derivado das situações vividas pelo educando, deixa de ser passivo. Para isso, a Ciência deve apoiar-se em currículos vinculados à realidade, ao mundo. Quanto mais articulação, flexibilidade e dinamismo no currículo, mais conexões existirão entre conceito científico e realidade, acelerando o letramento científico. Nesta obra, a contextualização está presente no início das unidades e dos temas, bem como em exemplificações do texto principal, em atividades e em seções.

## Problematização

Segundo a BNCC, a escola que acolhe as juventudes deve permitir aos estudantes construir projetos pessoais e coletivos apoiados em solidariedade, cooperação, sustentabilidade e outros elementos.

Nessa perspectiva, a resolução de problemas consiste em ferramenta que pode beneficiar esse caminho. Na metodologia de resolução de problemas, o estudante assume o papel de agente de construção dos próprios conhecimentos, pois estimula a capacidade de pensar sobre os problemas apresentados e os possíveis recursos que serão utilizadas para resolvê-los.

É muito importante criar um clima com os estudantes de verdadeiro desafio intelectual, e isso é mais facilmente alcançado se a situação de aprendizado for elaborada a partir de situações reais do cotidiano do estudante, o que possibilita que sejam efetivamente problemas significativos, condição para o processo de problematização.

A obra traz problematizações trabalhadas em grupos e, assim, permite que habilidades e competências relacionadas ao trabalho em equipe sejam desenvolvidas. Cada estudante, no primeiro momento, contribui com seus conhecimentos e experiências prévias e com os conhecimentos adquiridos, para cooperar com o grupo e solucionar o problema.

Nessa metodologia, o levantamento de dúvidas sobre a resolução do problema vai fazer com que os educandos mobilizem aspectos cognitivos específicos. O problema deve motivá-los a buscar o conhecimento, respaldados em conceitos científicos.

Para isso, várias atividades da obra são centradas no estudante, que assume um papel ativo e responsável pelo seu aprendizado, sendo motivado a buscar informações relevantes para o desenvolvimento das tarefas. Nessa perspectiva, os conhecimentos conceituais da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias constituem uma base que lhes permite investigar, analisar, discutir, compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais.

### Atividades práticas

Diante as inúmeras mudanças que a nova proposta de Ensino Médio traz para a escola, para os professores e para os estudantes, espera-se que sejam realizadas mais atividades práticas, nas quais o estudante deve ser protagonista da produção do conhecimento. Essas atividades têm como objetivos a observação, a demonstração e a manipulação de materiais de fácil acesso, de maneira a oferecer aos estudantes as mais diversas possibilidades de aproximações práticas dos temas investigados.

Ao ofertar propostas de atividades práticas, é possível ampliar o protagonismo do estudante, omitindo determinadas etapas, sejam de procedimentos ou mesmo de materiais, de maneira que eles possam se aproximar da vivência de metodologias científicas, da observação de fenômenos, do registro sistematizado de dados, da formulação e do teste de hipóteses e da inferência de conclusões, como ocorre nesta obra. Durante a prática, o professor pode solicitar aos estudantes que apresentem expectativas de resultados, expliquem aqueles obtidos na demonstração e os comparem aos esperados, sempre orientando discussões e levantando problemas.

Assim, atividade prática é muito mais que ilustrar a teoria, ela une a interpretação do sujeito aos fenômenos. Sua importância se revela no auxílio à compreensão de fatos e fenômenos explicados pelos conceitos. Por fim, atividades práticas podem contribuir para a superação de obstáculos da aprendizagem, visto que garantem um espaço de demonstração, reflexão, desenvolvimento e construção de ideias, facilitando também a fixação de conteúdos. Importa dizer ainda que concomitantemente favorecem a construção de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais e o desenvolvimento de habilidades como cooperação, concentração, organização e manipulação de materiais.

## Espaços não formais de aprendizagem

A educação é um processo que não acontece somente no espaço da escola e não se limita ao período em que o estudante permanece sob as atividades escolares, em formação. É necessário que as estratégias utilizadas com estudantes englobem a escola e a comunidade, discutindo propostas de expansão dos espaços educativos, tudo visando à melhoria da coletividade e do bem comum.

É necessário, diante disso, desenvolver ações em ambientes fora do espaço formal escolar, como centros culturais, museus, jardins botânicos, clubes de ciências, trabalhos de campo, entre outros espaços não formais de aprendizagem, presentes nesta obra no boxe Espaços de aprendizagem. E os estudantes devem reconhecer a existência desses diferentes tipos de espaços.

Isso fará com que percebam que existem outras bases de produção, circulação e transmissão de conhecimentos, que podem se entrecruzar com aquelas bases consideradas consagradas nos espaços formais de produção de saber. Assim, fazer uso de metodologias de ensino variadas, enfatizando a visita a espaços não formais de aprendizagem possibilita refletir sobre a importância de planejar atividades extraclases. Muitas sensações despertadas em uma visitação a espaço não formal não poderiam surgir em um contexto de sala de aula.

## Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)

A preocupação com as transformações causadas na realidade pelas tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) é manifestada na BNCC logo nas competências gerais para a Educação Básica.

Na atualidade, o funcionamento da sociedade e do mundo do trabalho são fortemente impactados pelas TDIC, que influenciam cada vez mais a dinâmica da vida das pessoas em ambientes profissionais, escolas, casas, automóveis. Outro ponto que requer o cuidado da escola e para o qual a BNCC chama a atenção é o fato de grande parte das informações produzidas pela humanidade estar armazenada digitalmente.

Assim, a escola deve garantir aos jovens oportunidades de aprendizagens para atuar nesse cenário, preparando-os para profissões que ainda não existem, para o uso de tecnologias que ainda não foram inventadas e para resolver problemas ainda desconhecidos.

As TDIC, ao mesmo tempo, vão afetando muitas profissões e criando novos modelos de trabalho com base na internet. E esses impactos representam apenas uma situação embrionária do que os seres humanos vão experimentar nas próximas décadas, com o ritmo de mudanças cada vez mais veloz.

Se as TDIC são responsáveis por todo esse impacto, à escola que acolhe as juventudes cabe o papel de participar dessa realidade. Para auxiliar nesse propósito, a obra optou pela abordagem das TDIC em atividades que desafiam os estudantes a produzir novos gêneros digitais, além de envolvê-los em ações de seleção, validação, tratamento e organização de informação, responsabilizando-os pela curadoria e confiabilidade dela, e também pelo recorte e foco no que é essencial, sendo orientado sobre a abundância de informações nos ambientes digitais e a profusão de informações falsas.

A obra ainda apresenta atividades que despertam o interesse do estudante e sua identificação com o mundo digital e as TDIC, por meio de sugestões de pesquisas na internet, compartilhamentos em mídias sociais, desenvolvimento de trabalhos em *softwares* de apresentações de *slides* e outros.

Por fim, é importante refletir de acordo com a BNCC, que é preciso garantir às juventudes o direito de acesso às práticas dos letramentos valorizados, trazendo para o processo de ensino

e aprendizagem novos gêneros que surgem ou se transformam com as TDIC, como *post*, *meme*, *playlist* comentadas, e também:

[...] novas ações, procedimentos e atividades (curtir, comentar, redistribuir, compartilhar, taggear, seguir/ser seguido, remidiar, remixar, curar, colecionar/descolecionar, colaborar etc.) que supõem o desenvolvimento de outras habilidades.[...]

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. p. 487.

## A abordagem da história da Ciência

A história da Ciência tem como prioridade o estudo de episódios fundamentais do trajeto do pensamento científico. E o trabalho escolar com a história da Ciência dá ao estudante subsídios para que ele tenha melhor entendimento sobre a construção da ciência e o trabalho do cientista.

A importância desse trabalho também está em realizar a contextualização histórica dos conhecimentos da área, fundamental para que a Ciência seja compreendida como construção humana e social e que sejam analisados os recursos intelectuais e práticos dos quais um cientista dispunha em dado contexto histórico.

Assim, é essencial refletir sobre a qualidade dessa contextualização histórica, ela não se restringe apenas à menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência. Essa contextualização histórica dos conhecimentos da área supera ainda a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas.

O trabalho com a história da Ciência enfatiza a relação do cientista com o seu tempo, e a Ciência não é uma atividade que pode ser ensinada isolada da sociedade e da cultura, pois o seu desenvolvimento está diretamente vinculado aos aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais. A abordagem histórica nas aulas de Ciências da Natureza, presente em variados momentos nesta obra, coopera para a cultura do estudante e auxilia na resolução de problemas.

Sendo assim, a aprendizagem dos estudantes deve valorizar a aplicação dos conhecimentos em sua vida individual, em seus projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo deles no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde e outras. Competências específicas e habilidades propostas para o Ensino Médio exploram situações-problema envolvendo melhoria da qualidade de vida, segurança, sustentabilidade, diversidade étnica e cultural, entre outras.

O trabalho com a história da Ciência leva os estudantes a aprofundarem e ampliarem suas reflexões a respeito dos contextos de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico. E quando há a aproximação com a natureza do trabalho científico há a melhor compreensão de como se constroem e se modificam os conhecimentos científicos.

O dinamismo da Ciência está presente em um percurso histórico, enquanto conquista humana, com carácter evolutivo, progressivo e não linear. Por isso, é importante que o estudante perceba a Ciência como construção humana e que seus principais processos, práticas e procedimentos investigativos são derivados de erros e acertos, que geram mudanças em conceitos e teorias.

## O planejamento das aulas

Com sua organização e planejamento, os docentes da área devem avançar no processo de implementação da BNCC, buscando promover a aprendizagem dos sujeitos na perspectiva da Educação Integral, o que requer um planejamento integrado e com propostas integradoras. Para o bom andamento de um trabalho que tem como objetivo principal o desenvolvimento de competências e habilidades, é necessário que os professores atuem de maneira colaborativa com seus pares.

Trabalhar coletivamente no planejamento promove a integração necessária entre as disciplinas. Conforme apregoado na BNCC, a organização do Ensino Médio por áreas não exclui necessariamente as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas.

No trabalho colaborativo dos docentes com seus pares, ao compartilhar recursos e ações pedagógicas, eles transformam o planejamento em um diálogo investigativo que facilita a inovação, considerando que aprender é algo dinâmico.

Outro ponto relevante a destacar é a diversificação do planejamento, como a realização de atividades de forma coletiva, exposições do professor, exercícios individuais, entre outros. Esses itens, sem a pretensão de esgotar o tema, trazem uma visão geral dos professores atuais diante da tarefa de planejar as aulas.

É importante que um planejamento seja revisitado no decorrer no processo, e caso necessário sejam feitas correções de rota. Os professores devem ficar livres para realizarem ajustes, que podem tornar o trabalho viável e mais relevante para os estudantes e a realidade local. Nessa perspectiva, os professores podem intervir na obra, adaptar questões, eliminar determinadas atividades, acrescentar ou modificar atividades, sempre considerando interesses e necessidades dos jovens.

As avaliações, que permitem aferir o desenvolvimento dos estudantes, permitem também identificar as intervenções que são necessárias no planejamento inicial, para que se transforme em um planejamento mais adequado à turma e à escola.

Sendo o protagonismo juvenil um objetivo das práticas escolares, se o planejamento não é capaz de fazer os estudantes se engajarem, isso fornece indícios de que ele precisa ser ajustado, pois se falta o protagonismo, o estudante permanece um agente passivo em sua aprendizagem.

## Avaliação

Tradicionalmente, a avaliação valorizada por famílias e pela sociedade, e muitas vezes pelos próprios estudantes, é aquela que mede e quantifica o aprendizado. Por isso, é urgente que concepções mais atuais de avaliação circulem socialmente e estejam mais presentes, transformando a avaliação em um diálogo contínuo entre professor e estudante, para eliminar seu caráter punitivo e excludente, restrito à medição de resultados, e passar a avaliar o estudante de maneira formativa e continuada, além de possibilitar ao professor ter clareza do que funcionou ao longo do processo e daquilo que precisa ser ajustado.

Como seria se a avaliação não fosse algo anexado ao final do processo de ensino-aprendizagem, mas passasse a integrá-lo? Avaliação é ferramenta que o professor possui para diagnosticar, analisar, sistematizar e orientar suas ações pedagógicas.

Assim, sugere-se que a avaliação inicial no processo de ensino-aprendizagem



seja uma avaliação diagnóstica, para identificar evidências do que os estudantes sabem, trazer à tona conhecimentos prévios deles sobre o tema a ser estudado e quais são as formas de aprendizagem mais adequadas a eles, diante de suas singularidades e seus contextos.

Ao longo das atividades, é fundamental que ocorra avaliação formativa, que pode se dar por vários instrumentos: comentários, feedbacks individuais ou para pequenos grupos, ou ainda para a turma inteira, conversas informais, relatórios escritos com pontos positivos e pontos a melhorar, breves anotações escritas, roteiros de avaliação, rubricas, entre outros. A finalidade da avaliação formativa é contribuir com a trajetória de aprendizagem do estudante e também dilatar a visão do professor para perceber se são necessárias adaptações nas próximas etapas do trabalho.

É muito relevante que o processo de avaliação seja claro, e os estudantes sejam estimulados a refletir sobre o próprio comportamento e aprendizado. Assim, é essencial compartilhar com eles detalhes do processo avaliativo, considerando diferentes modalidades de avaliação, cada uma conectada a seu objetivo. E o professor, em seu papel de mediador, deve ter a avaliação como instrumento de construção de conhecimento compartilhado, não como um ato de controle, que tornaria a avaliação uma forma de seleção, exclusão e competição.

Enfatiza-se a importância de haver um canal de comunicação entre estudantes e professor, para que a avaliação, por meio de cada instrumento, contemple o desenvolvimento das competências e habilidades da BNCC.

A ação avaliativa também está presente no momento final de um processo, para recapitulação, o que caracteriza a avaliação somativa. Para o professor serve para verificação dos aprendizados consolidados e autoavaliação de seu próprio trabalho.

Os critérios da avaliação, seja formativa ou somativa, precisam ser apresentados e discutidos coletivamente com os estudantes, antes de sua aplicação, para que saibam como e sob quais aspectos serão avaliados. O resultado de toda avaliação deve ser devolvido ao estudante e revisado com ele, para perceber o ensino como um processo, o que implica rever os motivos dos erros a fim de avançar na aprendizagem.

Por exemplo, em caso de testes ou provas escritas, após a sua aplicação, é importante o professor explicar novamente aos estudantes quais foram seus critérios, reler as questões, discutir as respostas e retomar o trabalho realizado em sala de aula, para que a avaliação faça sentido.

Considerando o exposto, o processo de avaliação nesta obra está presente desde a abertura das unidades, permeando os temas e por meio da apresentação de textos e imagens e questionamentos que propiciam conversas, produções textuais, debates, seminários, apresentações digitais, rodas de conversa, relatórios, gravações de vídeos, entre outros.

# Referências bibliográficas comentadas

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

- Nesta obra, o autor trata do conhecimento como um produto significativo de um processo que envolve a interação entre ideias anteriores da estrutura dos conhecimentos do aprendiz para adquirir e reter outros conhecimentos.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

- Os autores tratam do papel e da amplitude da psicologia educacional, da aprendizagem significativa, da aquisição e do uso de conceitos, entre outras abordagens como fatores afetivos e sociais na aprendizagem.

BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

- O livro apresenta práticas pedagógicas que valorizam o protagonismo dos estudantes. Uma reunião de capítulos de autores brasileiros que analisam por que e para que usar metodologias ativas na educação.

BAUMAN, Z. **Identidade**. Tradução de Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Zahar, 2005.

- O autor aborda a importante e atual questão acerca da construção da identidade no contexto atual, em que a sociedade passa de uma identidade sólida para uma identidade líquida, que oscila na maior parte do tempo.

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica**. Tese (Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/172208/001054290.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 set. 2020.

- Nesta tese, o autor aborda o pensamento computacional, abordagem de ensino que usa técnicas oriundas da Ciência da Computação, que vem gerando um novo foco educacional, visto que computadores impactam em quase todos os aspectos de nossas vidas e as escolas precisam acompanhar esse caminho sem volta.

BRASIL. **Lei n. 13.415, de 2017**. Altera as Leis n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, aprovada pelo Decreto-Lei n. 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei n. 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei n. 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília: Secretaria-Geral, 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm). Acesso em: 18 set. 2020.

- Lei que institui a política de fomento à implementação de escolas de Ensino Médio em tempo Integral.

BRASIL. Ministério da Educação. **Aprendizagem significativa**: breve discussão acerca do conceito. Disponível em: <http://basenacional-comum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito>. Acesso em: 18 set. 2020.

- Nesta breve discussão sobre aprendizagem significativa, afirma-se que o conhecimento existente na estrutura de conhecimentos do sujeito permite dar significado a um novo conhecimento.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf). Acesso em: 18 set. 2020.

- A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica.

BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de implementação do Novo Ensino Médio**. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/#/guia>. Acesso em: 18 set. 2020.

- Este guia tem o objetivo de auxiliar técnicos das redes de ensino e gestores escolares na efetivação das mudanças previstas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB).

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução n. 3, de 21 novembro de 2018**. Atualiza as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio. Brasília, DF, 21 nov. 2018. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/resources/downloads/pdf/dcnem.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020

- Documento com as normas obrigatórias para este segmento da Educação Básica que orientam o planejamento curricular das escolas e dos sistemas de ensino.

BRASIL. Ministério da Educação. **Temas contemporâneos transversais na BNCC**: Propostas de práticas de implementação. Brasília, DF, 2019. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia\\_pratico\\_temas\\_contemporaneos.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf). Acesso em: 8 set. 2020.

- Material que complementa a abordagem dos temas contemporâneos presentes na BNCC, promovendo sua relevância para o desenvolvimento cidadão dos estudantes.

DAMON, W. **O que o jovem quer da vida?**: como pais e professores podem orientar e motivar os adolescentes. São Paulo: Summus, 2009.

- Nesta obra, o autor analisa por que tantos jovens não conseguem se dedicar a algo que traga realizações para si e para o coletivo e mostra o que pensam jovens bem-sucedidos.

DELL'ISOLA, R. L. P. Inferência na leitura. In: **GLOSSÁRIO Ceale**. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: <http://ceale.fae.ufmg.br/app/webroot/glossarioceale/verbetes/inferencia-na-leitura>. Acesso em: 18 set. 2020.

- Neste texto sobre leitura inferencial, afirma-se que o resultado da compreensão de um texto depende da qualidade das inferências geradas em sua leitura.

DIMENSTEIN, G. **O cidadão de papel**: a infância, a adolescência e os direitos humanos no Brasil. São Paulo: Ática, 2005.

- O livro tem o objetivo de levar para a sala de aula a discussão da cidadania em nosso país, de modo inovador e crítico.

FADEL, C.; BILIAK, M.; TRILLING, B. **Educação em quatro dimensões**: as competências que os estudantes precisam ter para atingir o sucesso. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2015.

- A obra destaca necessidades de transformações na educação, além de ser uma discussão sobre as competências de que nossos estudantes precisam para prosperar no mundo atual e futuro.

KLEIMAN, A. **Leitura**: ensino e pesquisa. Campinas: Pontes, 2001.

- O livro busca reavaliar o que está proposto nas escolas na área de leitura e a coerência entre fundamentação teórica e ação prática.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

- Nesse livro, a aprendizagem significativa é apresentada como interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos: um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto.

O QUE é pensamento computacional? **Pensamento Computacional**. c2020. Disponível em: <http://www.computacional.com.br/#oqueeh>. Acesso em: 18 set. 2020.

- Este artigo trata o tema pensamento computacional como uma abordagem feita nas mais diversas áreas do conhecimento para resolução de problemas utilizando os fundamentos da computação.

# Orientações específicas para este volume

As orientações específicas para este volume estão organizadas neste Manual do professor de maneira a facilitar seu trabalho. Elas são complementadas por seções que auxiliam o desenvolvimento dos conteúdos do Livro do estudante, possibilitando práticas de trabalho mais assertivas e dinâmicas, sempre norteadas pela BNCC. Além disso, são oferecidas oportunidades de aprofundamento para professores e estudantes.

Nessa proposta, as seções que compõem as orientações específicas para este volume são as apresentadas a seguir.

## UNIDADES

No início das orientações específicas para cada Unidade é apresentado um planejamento com sugestões da quantidade de aulas a serem dispensadas para cada tema. São apresentadas também sugestões de quais professores integrantes da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias podem trabalhar preferencialmente cada tema e uma descrição de quais competências gerais, competências específicas e habilidades da BNCC são abordadas durante os temas, evidenciando propostas específicas da Unidade que favorecem esse trabalho com competências e habilidades.

## Temas

Nos temas estão as orientações didáticas que trazem comentários específicos sobre os assuntos trabalhados no texto principal do Livro do estudante. Para facilitar o acesso às informações, as orientações foram organizadas em títulos que apresentam o nome dos assuntos trabalhados no Livro do estudante. Os comentários podem ser complementados por textos citados, tabelas, gráficos, esquemas e imagens.

## #FICA A DICA, professor!

Esta seção apresenta sugestões de *sites*, livros, artigos, documentários e filmes, que oportunizam ao professor um aprofundamento sobre determinados assuntos, e complementam sua formação continuada.

## #FICA A DICA, estudante!

Seção na qual o professor pode indicar *sites*, livros, simuladores, filmes e documentários aos estudantes, entre outros materiais, que venham complementar os assuntos abordados no livro.

## Ampliando

Apresenta uma atividade extra, teórica ou prática, que pode ser realizada pelos estudantes como complemento ao conteúdo do livro-texto. No caso de atividades práticas, sugestões de materiais e procedimentos são apresentados para o preparo prévio do professor.

## Quadro de conteúdos, competências e habilidades neste Volume

Conteúdos, competências e habilidades neste Volume			
Unidade	Tema	Conteúdos	Competências e habilidades
Unidade 1 Origem, formação e observação do Universo	Tema 1	Formação e estrutura do Universo; Sistema Solar; Universo e sociedade.	<b>Competências gerais:</b> 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 <b>Competências específicas:</b> 2, 3 <b>Habilidades:</b> EM13CNT201, EM13CNT205, EM13CNT209, EM13CNT301, EM13CNT307
	Tema 2	Ciclo estelar e formação de elementos químicos.	
	Tema 3	Fontes luminosas; propagação da luz; reflexão da luz em espelhos planos e esféricos.	
	Tema 4	Refração da luz; lentes esféricas; olho humano; instrumentos ópticos.	
Unidade 2 Dinâmica e tecnologia	Tema 1	Modelos geocêntricos e heliocêntricos; Leis de Kepler.	<b>Competências gerais:</b> 1, 2, 4, 5, 7 <b>Competências específicas:</b> 2, 3 <b>Habilidades:</b> EM13CNT201, EM13CNT204, EM13CNT205, EM13CNT301
	Tema 2	Gravitação universal: força e campo gravitacional; velocidade de escape.	
	Tema 3	Movimentos circulares; resultante centrípeta; velocidade orbital.	
Unidade 3 Origem da vida	Tema 1	Condições para existência da vida; zonas habitáveis.	<b>Competências gerais:</b> 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9 <b>Competências específicas:</b> 2, 3 <b>Habilidades:</b> EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT209, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT304
	Tema 2	Origem da vida na Terra.	
	Tema 3	Classificação dos seres vivos; nomenclatura.	
Unidade 4 A evolução da vida	Tema 1	Evolução; evidências da evolução; pensamento evolutivo de Lamarck; pensamento evolutivo de Darwin e Wallace.	<b>Competências gerais:</b> 1, 2, 7, 9, 10 <b>Competências específicas:</b> 2, 3 <b>Habilidade:</b> EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT208, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT305
	Tema 2	Teoria sintética da evolução.	
	Tema 3	Especiação.	
	Tema 4	Breve história da evolução da vida na Terra.	
	Tema 5	Aspectos da evolução humana.	

# Objetivos a serem desenvolvidos neste Volume

## Objetivos da Unidade 1:

- Analisar a formação do Universo, sua estrutura e a do Sistema Solar.
- Analisar o ciclo de vida das estrelas e o associar à formação e distribuição dos elementos químicos no Universo.
- Identificar a influência da observação dos astros na sociedade humana e identificar explicações sobre a origem do Universo e da vida baseada em tradições culturais, para comparar com as atuais teorias científicas aceitas.
- Analisar as propriedades básicas da luz para interpretar e prever fenômenos ópticos como a reflexão e a refração da luz, a fim de compreender o funcionamento de instrumentos de observação astronômica como os telescópios e lunetas.
- Prever o comportamento da luz a partir de suas interações com espelhos e lentes.

## Objetivos da Unidade 2:

- Calcular e prever os movimentos de objetos na Terra com bases nas análises de interações gravitacionais, como as órbitas dos satélites ou dos planetas.

## Objetivos da Unidade 3:

- Identificar as condições básicas para existência de vida na Terra e analisar regiões do Universo que possam ter condições semelhantes que propiciem o desenvolvimento da vida.
- Comparar diferentes teorias e hipóteses sobre o surgimento da vida na Terra.
- Classificar e nomear os seres vivos.

## Objetivos da Unidade 4:

- Identificar diferentes hipóteses sobre a evolução da vida e as comparar com a teoria científica atualmente mais aceita.
- Analisar eventos que levam ao surgimento de novas espécies.
- Investigar a história da vida na Terra e analisar a evolução do ser humano até a formação da sociedade.

## Justificativa da pertinência dos objetivos

Como tudo começou? Qual é a origem do Universo, das estrelas, dos planetas, dos seres vivos e do ser humano? Pode haver vida fora da Terra? Como é possível estudar o Universo?

Estas são algumas questões que norteiam o estudo neste Volume. Durante a história da humanidade, diversas teorias foram elaboradas e contribuíram para o atual entendimento que hoje temos do Universo, da vida e da própria história evolutiva do ser humano.

Na **Unidade 1**, apresentamos a teoria atualmente mais aceita sobre como se deu a origem do Universo, analisando a estrutura do Universo e o ciclo de vida das estrelas, relacionando-o à formação e à distribuição dos elementos químicos. Ainda nesta Unidade, se faz a análise de aspectos e fenômenos relacionados à luz, bem como as interações que ela pode realizar com espelhos e lentes, de forma a compreender o funcionamento de telescópios que auxiliam na observação e no estudo do Universo. Na **Unidade 2**, abordam-se as leis que regem as órbitas dos planetas e os movimentos orbitais, compreendendo como os satélites permanecem em órbita ao redor da Terra. Na **Unidade 3**, investigam-se diferentes hipóteses de como se deu a origem da vida as contrastando com a mais aceita atualmente. Além disso, se faz presente a análise de diversas teorias sobre o surgimento das primeiras células, assim como a diversidade da vida por meio da classificação e nomenclatura dos seres vivos. Na **Unidade 4**, analisam-se teorias de como pode ter se dado a evolução dos seres vivos, destacando aspectos da evolução humana.

## Planejamento

Considerando os conteúdos apresentados nos temas, sugere-se a seguinte distribuição de aulas a ser considerada no planejamento desta Unidade pelos docentes da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

- Tema 1 (Formação e estrutura do Universo): 6 aulas;
- Tema 2 (Ciclo estelar e formação dos elementos químicos): 5 aulas;
- Tema 3 (Observando o Universo: reflexão da luz): 6 aulas;
- Tema 4 (Observando o Universo: refração da luz): 6 aulas.

É importante destacar que essa distribuição foi feita considerando que este Volume seja trabalhado ao longo de um semestre. Caso a dinâmica do trabalho com o Volume seja outra, é possível alterá-la.

## A BNCC nesta Unidade

**Competências gerais da BNCC:** 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9

**Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

**Competências específicas:** 2 e 3

**Habilidades:** EM13CNT201, EM13CNT205, EM13CNT209, EM13CNT301, EM13CNT307

Esta Unidade propicia o estudo de fenômenos relativos ao Universo, como sua origem, formação e estrutura. Além disso, abordam-se fenômenos ópticos relativos à refração e à reflexão da luz, considerando o contexto de instrumentos de observação astronômica. Ao permitir a análise e a interpretação da dinâmica do Cosmos, de modo que os estudantes sejam capazes de compreender e prever o funcionamento e a evolução do Universo, é possível desenvolver a **competência específica 2**. Além disso, em alguns momentos da Unidade são proporcionados momentos de investigação de situações-problema que possam estar presentes no cotidiano dos estudantes, além da avaliação das aplicações dos conhecimentos científicos. Desta forma, a Unidade também permite o desenvolvimento da **competência específica 3**. Para tanto, a Unidade foi estruturada em quatro temas, explicitados a seguir.

O **Tema 1** proporciona o estudo da formação e da estrutura do Universo. Além disso, também se destacam a influência do Universo na sociedade, sua importância para diversos povos e sua presença em aspectos culturais, como a mitologia e os costumes. Sugere-se que este tema seja trabalhado pelo(a) **docente de Química e/ou de Biologia**.

Ao apresentar teorias que explicam a formação do Universo, destacando a mais aceita atualmente, a do *Big Bang*, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT201**, uma vez que os estudantes são convidados a analisá-las.

Por serem apresentados os conhecimentos construídos em diferentes épocas a respeito do Universo e suas aplicações nas sociedades, é possível desenvolver a **competência geral 1**. Desta forma, permite-se a valorização de tais conheci-

mentos sobre o mundo físico para a explicação da realidade. Além disso, ao apresentar a influência da compreensão do Universo na cultura de diversos povos, é possível desenvolver a **competência geral 3**, e a **competência geral 9**, ao possibilitar que os estudantes valorizem diferentes manifestações artísticas e culturais constituintes da identidade social de um povo, exercendo o respeito à diversidade de indivíduos e de grupos sociais.

Na atividade **1** presente na seção **Atividades** deste tema, é possível desenvolver a **competência geral 2**, pois incentiva-se a curiosidade intelectual dos estudantes e é solicitado que recorram à abordagem científica para verificar se é possível observar a Via Láctea na região próxima às suas residências. Já na atividade **4**, é possível desenvolver a **competência geral 5**, ao solicitar que os estudantes utilizem tecnologias digitais para a construção de conhecimentos, mobilizando também a habilidade **EM13CNT301**, ao solicitar que interpretem modelos explicativos presentes no simulador indicado.

O **Tema 2** apresenta a formação dos elementos químicos, relacionando-a ao ciclo de vida das estrelas de massa próxima à do Sol e de estrelas massivas. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Química**.

Os assuntos desse tema permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT209**, pois os estudantes poderão analisar a evolução estelar e associá-la à formação dos elementos químicos e até mesmo à formação da vida – visto que estrelas fornecem tanto a energia quanto os elementos necessários para que seja possível o surgimento da vida. Essa habilidade é mobilizada na atividade **1** da seção **Atividades** deste tema.

Na abertura do tema, apresentam-se gráficos sobre as proporções de elementos químicos no Universo após o *Big Bang* e há 4,6 bilhões de anos, solicitando que os estudantes interpretem suas informações para elaborar hipóteses sobre a distribuição dos elementos químicos. A elaboração de hipóteses é uma oportunidade para mobilizar a habilidade **EM13CNT301**, além de mobilizar parte da **competência geral 2**, ao permitir que os estudantes utilizem etapas do pensamento científico.

Na atividade **2**, presente na seção **Atividades** deste tema, é solicitado que os estudantes se posicionem a respeito de uma afirmação, apontando opiniões com base em argumentos consistentes. Essa é uma oportunidade para desenvolver a **competência geral 7**, relacionada à capacidade argumentativa e à defesa de pontos de vista.

Na atividade **3** desta seção, os estudantes poderão mobilizar a habilidade **EM13CNT205**, pois irão realizar previsões sobre fenômenos, com base nas noções de probabilidade e incerteza. No caso, deverão prever em quais planetas existe a maior probabilidade de se encontrar indícios de vida.

O **Tema 3** inicia o estudo das propriedades da luz. São apresentadas as definições de luz, de fontes de luz e de meios de propagação da luz. Também é apresentada a reflexão da luz e suas leis. Por fim, aborda-se a construção de imagens em espelhos, destacando o funcionamento de telescópios refletores. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Física**.

Ao permitir que os estudantes analisem as propriedades reflexivas dos materiais e avaliem suas aplicações no cotidiano, é possível desenvolver a habilidade **EM13CNT307**. Essa habilidade também é desenvolvida nas atividades **1, 2, 3 e 4**, relacionadas à aplicação de espelhos no cotidiano e em atividades profissionais, como por dentistas.

Na abertura do tema, apresentam-se diversas explicações formuladas em diferentes épocas e culturas a respeito de fenômenos do Cosmos. Essa é uma forma de mobilizar a **competência geral 1**, relacionada à valorização dos conhecimentos historicamente construídos so-



bre o mundo físico, social, cultural e digital, a **competência geral 3**, relacionada à valorização de diferentes manifestações culturais e a **competência geral 6**, relacionada à valorização da diversidade de saberes e vivências culturais.

Além disso, na sequência da abertura, é solicitado que os estudantes realizem uma entrevista com outras pessoas que possam conhecer explicações alternativas. A realização de entrevistas é uma forma de exercer o uso verbal da linguagem para se expressar, partilhar informações e experiências, desenvolvendo a **competência geral 4**. Além disso, é uma oportunidade para desenvolver a **competência geral 9**, relacionada ao diálogo e ao respeito ao outro, reconhecendo a diversidade de indivíduos e seus saberes e culturas.

O **Tema 4** dá continuidade ao estudo das propriedades da luz. São apresentadas a refração da luz, as lentes esféricas e a construção de imagens. Também se aborda o olho humano e algumas anomalias, destacando sua correção com lentes. Por fim, apresenta-se o funcionamento de um microscópio composto e de um telescópio refrator. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Física**. O tema possibilita um trabalho integrado com o(a) docente de Biologia durante a abordagem do olho humano, que pode fornecer mais informações sobre o assunto.

Ao permitir que os estudantes analisem as propriedades refrativas dos materiais e avaliem suas aplicações no cotidiano, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT307**. Essa mesma habilidade pode ser desenvolvida na atividade **2** da seção **Atividades**, pois os estudantes irão avaliar a aplicação de lentes corretivas para defeitos na visão humana, com base em suas propriedades.

Além disso, esse tema, ao solicitar que os estudantes utilizem um simulador digital para aprofundar seus estudos sobre lentes, favorece o desenvolvimento da **competência geral 5**, já que tecnologias digitais de informação serão utilizadas para a produção de conhecimentos.

Outra possibilidade é o desenvolvimento da **competência geral 6**, caso os estudantes façam a visita sugerida no box **Espaços de aprendizagem** e conversem com profissionais que atuam em observatórios astronômicos ou outros locais relacionados ao estudo do Universo, de modo a conhecerem e se apropriarem de suas vivências relativas ao mundo do trabalho.

Na seção **Oficina científica** deste tema, os estudantes irão realizar uma atividade para verificar algumas propriedades da luz. Para tanto, deverão elaborar a montagem do experimento, de modo a mobilizar a habilidade **EM13CNT301**, recorrendo à abordagem e à linguagem própria da Ciência, também permitindo o desenvolvendo da **competência geral 2**, de forma parcial.

Nas **Atividades extras** desta Unidade, o estudante poderá revisitar os conteúdos estudados ao longo dos temas. Na atividade **4**, os estudantes podem mobilizar a habilidade **EM13CNT301**, uma vez que irão representar modelos explicativos sobre o caminho percorrido pela luz na situação descrita. Já na atividade **6**, os estudantes podem desenvolver parte da habilidade **EM13CNT307**, pois avalia a aplicação de espelhos em situações do cotidiano baseando-se em suas propriedades reflexivas.

Na seção **Integrando com... Matemática e suas Tecnologias**, apresentam-se unidades de medida utilizadas na Astronomia. Em uma das atividades desta seção, é pedido que os estudantes façam previsões a respeito do deslocamento da sonda Voyager 1 pelo espaço, mobilizando a habilidade **EM13CNT301**. Ainda nesta atividade, é solicitado que os estudantes discutam, em grupos, sobre as possibilidades de exploração espacial pelos seres humanos, considerando a disponibilidade atual de tecnologia. Nesse sentido, os estudantes devem recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, mobilizando, portanto, a **competência geral 2**. A **competência geral 4** também é desenvolvida ao se considerar que os estudantes utilizarão linguagem matemática e científica para expressar ideias que levam ao entendimento mútuo.

# Tema 1 • Formação e estrutura do Universo

Neste tema, são trabalhados a origem e expansão do Universo, a estrutura do Universo, a estrutura do Sistema Solar e as influências dos conhecimentos a respeito do Universo na sociedade. Para reconhecer a percepção espontânea dos estudantes sobre assuntos do tema, é possível fazer os seguintes questionamentos:

- “Vocês sabem o que significa o termo Universo?”. A maior parte dos estudantes pode ter dificuldades em apresentar um conceito para o termo. Contudo, é possível que eles apontem características do espaço sideral, como a presença de corpos celestes – estrelas, planetas, cometas, entre outros. Explique aos estudantes que a palavra Universo vem do latim e significa “tudo em um só” ou “todo inteiro”. Portanto, o Universo é o conjunto de toda matéria e energia existente, ou seja, a unidade de tudo o que existe.
- “Como podemos pesquisar o Universo?”. Provavelmente, alguns estudantes já tiveram contato com filmes de ficção científica em que são evidenciados instrumentos de observação, sondas espaciais e satélites ou até mesmo com telescópios. Ressalte a importância desses instrumentos e diga que, nos últimos anos, robôs espaciais foram enviados para a superfície de Marte, por exemplo, para coletar amostras de solo, ampliando a possibilidade de estudos para além da observação.

Na abertura do tema, há uma série de imagens obtidas por meio de telescópios. Entre elas, temos a do buraco negro M87, localizado a 50 milhões de anos-luz da Terra. Ela foi obtida no ano de 2019 por uma rede de radiotelescópios espalhados pela Terra e foi a primeira imagem de um buraco negro já obtida. O registro confirmou o que os cientistas haviam previsto por meio de cálculos teóricos: os buracos negros apresentam um anel brilhante em torno de uma forma escura. Ao comentar sobre o assunto, é possível desenvolver a **competência geral 1**, pois são considerados conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico.

Ao abordar os componentes do Universo, pode-se mencionar que os átomos fazem parte da totalidade da matéria, mas não os únicos elementos constituintes do Universo.

Comente com os estudantes que o Universo está em constante expansão, mas era esperado que a atração gravitacional, que tende a atrair a matéria, freasse o movimento de distanciamento entre os corpos celestes. Contudo, no século XX constatou-se que a expansão do Universo está acelerando e não desacelerando. A energia que impede que a atração da matéria vença o afastamento é denominada energia escura, embora ainda não se conheçam suas propriedades em sua totalidade.

Para saber mais sobre a matéria escura e a energia escura, leia o texto sugerido na seção **#FICA A DICA, Professor!**, presente ao final dos comentários deste tema.

## » Origem e expansão do Universo

É comum na linguagem cotidiana misturarmos as palavras hipótese e teoria, como se esses termos tivessem o mesmo sentido. Aproveite o assunto para explicar aos estudantes que uma teoria científica é fundamentada em pesquisas científicas, evidências, dados experimentais e cálculos sobre fenômenos observáveis. Uma hipótese científica, por sua vez, é uma explicação possível a uma pergunta que pode ser testada para se verificar sua veracidade. Se julgar necessário, é possível solicitar aos estudantes um trabalho de pesquisa sobre aspectos das investigações científicas.

Para trabalhar o tema contemporâneo transversal multiculturalismo, é possível apresentar à turma que as explicações sobre a origem do Universo variaram muito ao longo dos anos e em diferentes culturas. Existem diversas lendas, mitos, crenças e explicações religiosas sobre a origem da matéria e da energia. Explique aos estudantes que a ciência não se fundamenta na opinião ou na crença, mas em uma série de experimentos observáveis que podem mudar ao longo do tempo. Nesse sentido, é possível fazer um trabalho em conjunto com o professor de História, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, para que os estudantes pesquisem como a concepção do Universo é entendida em diferentes culturas, desenvolvendo a **competência geral 3**.

A formação dos elementos químicos é abordada no **Tema 2**, sugerido para ser conduzido pelo professor(a) de Química. Nesse momento, não é interessante abordar todas as semelhanças e diferenças entre os elementos químicos, mas abordar, em linhas gerais, como a matéria se formou no início do Universo.

Comente com os estudantes que, na maior parte das estrelas, a fusão de átomos de hidrogênio propicia a liberação de calor e a emissão de raios eletromagnéticos. A luz do Sol, por exemplo, é originada por meio de reações de fusão nuclear de átomos de hidrogênio.

Se desejar realizar uma leitura mais aprofundada sobre a origem do Universo, sugerimos o livro indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!** ao final deste tema.

### » Estrutura do Universo

Ao tratar a estrutura do Universo, procure mencionar aos estudantes a importância do desenvolvimento tecnológico para aprofundar o conhecimento científico e vice-versa. Ressalte a eles que o material utilizado pelos astrônomos para fazer observações depende da construção de telescópios. Da mesma forma, os telescópios só podem ser aprimorados graças ao avanço dos conhecimentos.

A interação entre ciência e tecnologia é um dos temas contemporâneos transversais que podem ser trabalhados em relação às descobertas históricas sobre a estrutura do Universo.

Mencione que as condições climáticas podem prejudicar a observação do espaço. Por isso, os telescópios costumam ser construídos em locais de menor precipitação, como regiões desérticas. Outra forma de evitar problemas climáticos e atmosféricos é a construção de telescópios espaciais, como o Hubble, que estão em órbita.

Caso os estudantes queiram saber mais sobre a estrutura do Universo, sugira-os o *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Estudante!**

### » Sistema Solar

É possível que parte dos estudantes tenha conhecimentos prévios sobre o Sistema Solar. Portanto, para otimizar o aprendizado, é possível fazer questionamentos sobre os conhecimentos dos estudantes, por exemplo:

- “Quais são os planetas do Sistema Solar?” ou ainda “Qual é a estrela do Sistema Solar?”. É esperado que a maior parte dos estudantes reconheça o Sol como a estrela do Sistema Solar e também boa parte dos planetas. Após esse levantamento, utilize o infográfico para retomar os elementos conhecidos e apresentar os demais.

Comente com os estudantes que nem todos os planetas podem apresentar as condições mínimas para a existência da vida tal como a conhecemos. Os detalhes sobre a origem da vida no planeta Terra são vistos na **Unidade 3** deste Volume.

## » O Universo e a sociedade

Neste momento, é possível trabalhar com os estudantes o tema contemporâneo transversal multiculturalismo. Comente com a turma que a observação dos astros foi muito importante para as grandes navegações, já que a posição relativa das estrelas permanece relativamente constante no céu e, por isso, possibilitaram a geolocalização.

Comente que diversos povos criaram explicações sobre a existência humana a partir da observação dos astros. Portanto, esses conhecimentos ultrapassam o campo científico e se relacionam com a cultura e a tradição dos povos em diferentes épocas.

Em algumas culturas, é comum que seja feita a relação entre os astros e a personalidade das pessoas, também conhecida como Astrologia. Explique aos estudantes que, apesar de ser uma antiga forma de relação entre o ser humano e os astros, a Astrologia não se utiliza do método científico; portanto, ao contrário da Astronomia, não faz parte das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, sendo ligada ao misticismo.

### #FICA A DICA, Estudante!

- Para saber mais sobre o Universo e as galáxias, acesse o *link* a seguir. Disponível em: [http://www.astro.iag.usp.br/~carciofi/aulas\\_aga0210/aula9.pdf](http://www.astro.iag.usp.br/~carciofi/aulas_aga0210/aula9.pdf). Acesso em: 10 set. 2020.

### #FICA A DICA, Professor!

- Se desejar mais informações sobre matéria escura e energia escura, leia a entrevista no *link* a seguir: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-50413488>. Acesso em: 10 set. 2020.
- Se desejar mais informações sobre a origem do Universo, sugere-se a leitura do livro do físico britânico Stephen Hawking (1942-2008): HAWKING, S. **O universo numa casca de noz**. Rio de Janeiro: Editora Intrínseca, 2016.

## Tema 2 • Ciclo estelar e formação dos elementos químicos

Neste tema, os seguintes tópicos são apresentados: o ciclo de vida de diferentes tipos de estrelas e a formação dos elementos químicos. É desejável que os estudantes primeiramente compreendam aspectos fundamentais sobre a formação dos átomos dos primeiros elementos químicos. Esse conhecimento inicial é importante para que a turma compreenda a evolução estelar.

Com o objetivo de planejar as aulas e verificar o conhecimento prévio dos estudantes, pode-se fazer os seguintes questionamentos:

- “O que são as estrelas?”. É possível que a maior parte dos estudantes não consiga elaborar uma definição completa sobre as estrelas. Porém, podem ser apresentadas características simples, como a emissão de luz própria. Comente que as estrelas são corpos celestes esféricos no interior dos quais ocorrem reações nucleares.
- “Qual é a composição dos átomos?”. É possível que os estudantes identifiquem algumas partículas subatômicas, como os elétrons, prótons e nêutrons. Se desejar, faça uma breve revisão dos modelos atômicos no quadro, destacando algumas de suas características.

Na abertura deste tema, há um dado científico sobre a composição de matéria do Universo, obtido por meio de pesquisas. Pergunte aos estudantes por que a quantidade de hidrogênio diminuiu à medida que a quantidade de hélio aumentou ao longo de bilhões de anos, possibilitando que respondam oralmente ao questionamento. Mencione que as estrelas apresentam uma temperatura extremamente alta e que sua quantidade de matéria é muito grande. Nessas condições, os átomos de hidrogênio se fundem, formando o átomo de hélio. Em temperaturas mais baixas e com menor força gravitacional, como no planeta Terra, essas reações espontâneas de fusão não são possíveis. Explique ainda que nem todo corpo celeste apresenta as condições mínimas para que haja as reações de fusão nuclear e que as nebulosas podem demorar milhões de anos até formarem estrelas.

É possível mencionar a distinção entre a matéria que interage com a luz e a matéria que não interage com luz, também chamada de matéria escura. Como a matéria escura não emite nem reflete radiações eletromagnéticas, não é possível observá-la por meio de telescópios. Os estudantes podem questionar como é possível comprovar a existência da matéria escura, já que ela não pode ser vista. Caso não questionem, incentive-os a pensar sobre o assunto e a formular explicações para tal, de modo que desenvolvam a curiosidade intelectual e que recorram à abordagem das ciências, mobilizando parte da **competência geral 2**. Então, para responder à questão, mencione a importância de evidências científicas, que são utilizadas para sustentar conclusões. No caso, uma das evidências da matéria escura é a força gravitacional. O cálculo da atração gravitacional gerada apenas pela matéria visível é menor que a atração gravitacional observada em certas partes do Universo; portanto, esse é um indício da presença de matéria não visível em uma dada localidade.

### » **Ciclo de vida das estrelas e a formação dos elementos químicos**

Se possível, revise com os estudantes a tabela periódica, acompanhando o número atômico e a massa atômica dos elementos químicos, sobretudo do hidrogênio e do hélio.

Para demonstrar aos estudantes como funciona a fusão atômica, faça a leitura do diagrama da formação do hélio. Explique que a fusão de partículas subatômicas e atômicas depende de condições de temperatura e pressão que não são encontradas na atmosfera terrestre. Caso deseje, comente com a turma que existem bombas nucleares que permitem a realização de reações de fusão nuclear, sendo um processo altamente exergônico, isto é, que libera enorme quantidade de energia. É possível aprofundar a leitura sobre o assunto no *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!** ao final deste tema.

Comente com os estudantes que a atividade das estrelas depende de uma quantidade, embora muito grande, finita de elementos químicos. A evolução estelar ocorre à medida que o hidrogênio é convertido em hélio e a classificação dessa evolução depende das reações químicas que ocorrem no interior das estrelas. Ressalte que o processo de fusão nas estrelas envolve outros elementos químicos, mas em quantidades menores.

Utilize o box **Saiba mais** para iniciar os estudos sobre a relação entre a luminosidade das estrelas e sua massa. Se desejar mais informações sobre a classificação estelar, acesse o *link* disponibilizado na seção **#FICA A DICA, Professor!**

Os esquemas que representam a evolução das estrelas podem ser lidos em conjunto com os estudantes para facilitar sua compreensão. Verifique eventuais dúvidas e procure resolvê-las à medida em que forem surgindo. É importante que os estudantes compreendam as fases do ciclo de vida de estrelas de massa próxima à do Sol e de estrelas massivas, para que, posteriormente, as associem à formação dos elementos químicos.

## » Preenchendo a tabela periódica

A análise dos elementos químicos da tabela periódica, associados aos processos astronômicos, permite aos estudantes compreender os processos de nucleossíntese estelar de forma mais detalhada.

Nesse momento, pode-se trabalhar com os estudantes o texto indicado em **#FICA A DICA, Estudante!**, ao final deste tema. O texto apresenta uma resposta à seguinte questão: se os elementos químicos são gerados por nucleossíntese estelar, seria possível existir elementos estáveis além dos 92 elementos químicos naturais da tabela periódica? É possível fazer essa pergunta à turma e promover um debate em torno dela. Em seguida, peça que leiam e compare as informações fornecidas nele com as respostas dadas anteriormente pelos estudantes.

No boxe **Saiba mais**, procure comentar as diferenças entre a fissão nuclear e o processo de fusão nuclear. Ao contrário da fusão, na fissão, um elemento químico se divide e dá origem a partículas menores. Comente com os estudantes que o carbono-14 ( $C^{14}$ ) é um isótopo (átomos que apresentam o mesmo número de prótons e diferente número de nêutrons) do carbono-12 ( $C^{12}$ ) que é formado por reações nucleares que acontecem na estratosfera (uma das camadas da atmosfera). Explique que, após ser formado, o carbono-14 reage com o gás oxigênio ( $O_2$ ), resultando no gás carbônico ( $CO_2$ ). Assim, ele é incorporado pelas plantas, durante a fotossíntese, passando a fazer parte do ciclo do carbono na natureza.

### #FICA A DICA, Professor!

- Para saber mais sobre a fusão nuclear e a geração de energia, acesse o *link* a seguir. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-50422745>. Acesso em: 10 set. 2020.
- Se desejar mais informações sobre a classificação das estrelas, é possível acessar o seguinte *link*. Disponível em: <http://www.das.inpe.br/simuladores/diagrama-hr/>. Acesso em: 10 set. 2020.

### #FICA A DICA, Estudante!

- Para saber mais sobre os elementos químicos naturais formados a partir da nucleossíntese estelar e sobre os elementos químicos artificiais, acesse o *link* a seguir. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=elementos-quimicos-e-as-estrelas>. Acesso em: 10 set. 2020.

## Tema 3 • Observando o Universo: reflexão da luz

Neste tema, são abordados tópicos sobre a natureza ondulatória da luz, os diferentes tipos de fonte de luz e seus meios de propagação, o princípio de propagação retilínea da luz, a reflexão da luz, os espelhos planos e os espelhos esféricos. Antes de iniciar o trabalho, verifique os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito desses assuntos. Faça alguns questionamentos, como os sugeridos a seguir.

- “Qual a cor da luz proveniente do Sol?”. É possível que os estudantes respondam que a cor da luz proveniente do Sol é amarela ou vermelha. Verifique se algum estudante menciona que a luz solar tem cor branca, uma vez que é composta por outras tantas cores que, ao se comporem, originam esta cor. Caso isso ocorra, peça que expliquem suas respostas ao restante da turma. Incentivar os estudantes a conversar sobre o conteúdo, de modo que sejam capazes

de se ajudar na construção dos conhecimentos, é uma forma de trabalhar com grupos de diferentes níveis de aprendizado.

- “A imagem de um objeto, quando observado pelo espelho retrovisor central de um automóvel, é maior, menor ou do mesmo tamanho do objeto?”. Alguns estudantes podem responder que a imagem possui o mesmo tamanho do objeto, mas também se espera como resposta que a imagem possui um tamanho menor. O espelho em questão é um espelho plano (existem retrovisores com espelhos levemente curvados, mas enfatize aos estudantes que, nesse experimento imaginário, se trata de um espelho plano), portanto a imagem possui o mesmo tamanho do objeto. Em algumas situações, devido à grande distância entre o objeto e o espelho, pode-se ter a sensação de que a imagem é menor do que o objeto em questão, mas isso não passa do efeito perspectivo causado pela distância entre a imagem e o observador, efeito que é aumentado pelo ângulo visual. Esse assunto é aprofundado no decorrer desse tema.
- “A imagem de um objeto, quando observado pelos espelhos retrovisores laterais de um automóvel, é maior, menor ou do mesmo tamanho do objeto?”. Espera-se que os estudantes já tenham observado, em algum momento da vida, que a imagem formada pelos espelhos retrovisores laterais dos automóveis é menor que os objetos. E de fato o é, pois os espelhos laterais são esféricos convexos, que proporcionam como característica de imagem um tamanho menor do que o objeto. O motivo de sua utilização é proporcionar ao motorista um aumento do campo visual. Esse assunto também é abordado no decorrer desse tema.

Na abertura do tema, é apresentada uma ilustração de uma tirinha mostrando as formas de observação do céu na pré-história e nos séculos XV e XXI. Essa tirinha sugere a evolução dos instrumentos utilizados para a observação do espaço: na pré-história, ela era feita a olho nu; no século XV, ela começa a ser realizada com a utilização de instrumentos ópticos; e, hoje, a observação é feita com telescópios terrestres e espaciais.

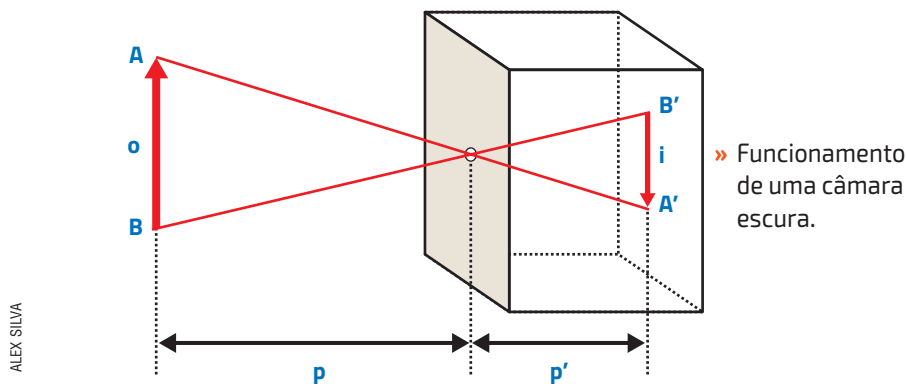
Neste momento, é possível fazer uma associação entre a evolução e a dependência tecnológica. Sabe-se que a tecnologia trouxe inúmeros benefícios a todos os setores da sociedade, como o aumento da facilidade de comunicação entre pessoas, o compartilhamento de conteúdo, o comércio digital, entre outros. Entretanto, existem pontos negativos relacionados à utilização em excesso da tecnologia, em especial de aparelhos eletrônicos e da internet, que podem ocasionar problemas à saúde física e mental dos usuários, bem como à sua vida social.

Estudos têm demonstrado que as mídias sociais se utilizam de mecanismos para promover a liberação do neurotransmissor dopamina, relacionado à sensação de prazer. Isso significa que, de maneira semelhante às drogas, o uso excessivo pode levar à dependência digital. Aproveite para promover uma discussão com os estudantes sobre a importância de utilizar aparelhos digitais de forma responsável, de modo a promover uma melhor qualidade de vida.

## » Conceitos iniciais

Neste momento, é possível retomar o questionamento a respeito da composição da luz solar. Faça o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes perguntando o que eles entendem como luz e do que acham que a luz é formada. Se julgar conveniente, apresente à turma a dualidade onda-partícula da luz, explicando que por muito tempo a luz foi compreendida como um fluxo de pequenas partículas. Hoje em dia, admite-se que a luz tem comportamentos tanto ondulatórios quanto corpusculares.

Com relação à propagação retilínea da luz, explique aos estudantes que esse princípio explica a formação das sombras e a ocorrência de eclipses, assim como o funcionamento da câmara escura, instrumento que deu origem às primeiras máquinas fotográficas. Nela, os raios de luz emitidos ou refletidos pelos objetos entram através de um pequeno orifício, atingindo um aparato em seu interior. Desse modo, o raio de luz que parte do ponto mais alto do objeto atingirá o aparato no ponto mais baixo, enquanto o raio de luz oriundo do ponto mais baixo atingirá o anteparo no ponto mais alto, formando uma imagem invertida.



Na figura, **o** representa o tamanho do objeto, **i** representa o tamanho da imagem, **p** a distância a que o objeto se encontra da câmara e **p'** a profundidade da câmara escura. É possível relacionar todos esses parâmetros através da equação abaixo:

$$\frac{o}{i} = \frac{p}{p'}$$

Caso deseje, cite os outros dois princípios da óptica geométrica: a independência e a reversibilidade dos raios de luz. A independência dos raios de luz mostra que, quando dois raios se cruzam, eles continuam sua trajetória de maneira independente, ou seja, um não interfere na trajetória do outro.

O princípio da reversibilidade dos raios de luz prevê que a trajetória percorrida por um raio de luz em um sentido é equivalente à trajetória que outro raio de luz percorreria no sentido contrário.

### » Reflexão da luz

Após introduzir as leis da reflexão da luz, explique aos estudantes que é possível associar dois espelhos planos de modo a formar um determinado número de imagens, que pode ser calculado. Nesse caso, o número de imagens formado dependerá do ângulo formado entre os dois espelhos. Para o cálculo do número de imagens de um objeto formado em uma associação, utiliza-se a equação abaixo, onde **N** representa o número de imagens formadas para cada objeto e  $\alpha$  o ângulo entre os espelhos.

$$N = \frac{360}{\alpha} - 1$$

É possível citar como exemplo o caso especial de dois espelhos planos associados em paralelo, criando um número infinito de imagens. Isso acontece porque a imagem de um espelho serve de objeto para o outro, e assim sucessivamente.



Os espelhos esféricos são trabalhos de forma conceitual e geométrica. Não é feito o tratamento algébrico, mas, caso deseje, é possível relacionar a distância do objeto ao espelho (**p**), a distância da imagem ao espelho (**p'**) e a distância focal do espelho esférico (**f**) por meio da equação abaixo, conhecida como equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

É importante salientar a importância dos sinais para essa equação: para espelhos côncavos, **f** é positivo, enquanto para espelhos convexos é negativo; caso a imagem seja real, **p'** é positivo, caso seja virtual, **p'** é negativo.

O aumento linear transversal de uma imagem pode ser calculado por meio da equação a seguir, em que **o** representa o tamanho do objeto e **i** o tamanho da imagem.

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

É importante frisar que, caso a imagem seja direita em relação ao objeto, **i** é positivo; caso seja invertida, **i** é negativo.

Ao comentar sobre espelho côncavo, mencione suas aplicações, como a construção de alguns tipos de telescópios, projetores, refletores e espelhos de aumento, como o utilizado pelo dentista para observar os dentes de forma ampliada.

Se desejar, retome os questionamentos acerca dos retrovisores dos automóveis, utilizando este contexto para aprofundar o assunto. Explique aos estudantes que também é possível utilizar espelhos convexos nos retrovisores, pois eles fornecem uma imagem reduzida, proporcionando um aumento no campo visual. Contudo, não seria possível a utilização de um espelho côncavo com distância focal pequena, pois, além de produzir imagens invertidas de objetos distantes, não cumpriria a função de ampliar o campo visual, e sim o reduziria.

Se os estudantes quiserem saber mais sobre espelhos convexos, sugira o *link* disponibilizado na seção **#FICA A DICA, Estudante!**

### #FICA A DICA, Estudante!

- Para saber mais sobre as aplicações dos espelhos convexos, indicamos acessar o *link* a seguir. Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/kleinke/files/2015/12/2s15luzecoresEspEsf.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

## Tema 4 • Observando o Universo: refração da luz

Neste tema, são abordados conceitos relacionados à refração da luz, às lentes esféricas e ao olho humano. A fim de levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre esses tópicos, sugere-se que sejam realizados os seguintes questionamentos:

- “Por que quando um lápis é inserido em um copo com água temos a sensação de ele estar quebrado?”. Não se espera que o estudante responda que isso ocorre devido ao efeito da refração da luz, mas é possível que apontem que esse fenômeno seja decorrente de alguma característica ou propriedade da luz, sem nomeá-la. Peça para que tentem explicá-la, incentivando o pensamento científico dos estudantes. Para que possamos enxergar um objeto, a luz refletida

por ele deve chegar aos nossos olhos, mais especificamente à retina. Quando a luz atravessa da água para o ar, ela sofre um desvio, denominado refração. Devido a isso, temos a sensação de que o lápis está quebrado. Recomenda-se que essa situação seja mostrada na prática; para isso, basta colocar um lápis dentro de um copo cheio d'água.

- “O que deve ser feito para corrigir um olho míope, sem cirurgia?”. Espera-se que os estudantes respondam que deve ser utilizado um par de óculos ou de lente de contato específica para a correção. Contudo, eles podem não ter o conhecimento dos tipos de lentes, bem como a lente exata para efetuar essa correção. Incentive a turma a elaborar hipóteses a respeito dessa situação-problema de seu cotidiano, sob uma perspectiva científica, mobilizando a habilidade **EM13CNT301**.

Na abertura deste tema, é apresentada uma fotografia do telescópio de Galileu Galilei, desenvolvido em 1609 e que tem como base a refração da luz em diversas lentes. A partir dela, é possível comparar a evolução tecnológica dos telescópios, que hoje se baseiam principalmente em princípios da reflexão da luz.

### » Refração

Explique aos estudantes que os telescópios refratores funcionam a partir da refração sofrida pela luz ao passar por suas lentes. O lado negativo da utilização desse tipo de telescópio é que eles são susceptíveis à aberração cromática, pois o índice de refração da luz é diferente para cada comprimento de onda, resultando em um desvio diferente para cada cor do espectro luminoso. Esse problema não existe nos telescópios refletivos, que funcionam a partir da reflexão, em espelho côncavo, da luz provenientes de um corpo celeste distante. Caso deseje saber mais sobre os telescópios refletivos acesse o *link* na seção **#FICA A DICA, Professor!**

Com base na diferença entre os telescópios, apresente aos estudantes o que é o fenômeno da refração da luz. Explique que a velocidade da luz no vácuo é constante, mas alguns meios materiais apresentam resistência à sua passagem, diminuindo sua velocidade. Além da variação do valor dessa velocidade, ocorre também um desvio na propagação do raio de luz.

### » Lentes esféricas

Compare as imagens formadas pelas lentes convergentes com as imagens formadas por objetos diante de espelhos côncavos, pois elas possuem características semelhantes. Se achar conveniente, neste momento é possível realizar uma atividade prática para que os estudantes verifiquem a trajetória de um raio refratado a partir de uma lente convergente. Essa atividade é descrita na seção **Ampliando**.

Assim como nas lentes convergentes, sugere-se que seja feita uma comparação entre as características das imagens formadas pelas lentes divergentes com as características das imagens de objetos diante de espelhos convexos, devido à sua semelhança.

### » Olho humano

Apresente aos estudantes que, após passar pela lente, a luz é direcionada para a retina, local onde a imagem vai se formar, e as informações são levadas ao cérebro pelo nervo óptico. Na retina, existem dois tipos de célula fotorreceptoras relacionadas à percepção da luz: os cones e os bastonetes. Os bastonetes são sensíveis à claridade e os cones nos possibilitam a visão de cores.

Após a abordagem da miopia e da lente capaz de corrigi-la, retome o questionamento su-

gerido no início do tópico e solicite aos estudantes que o respondam novamente. Peça que comparem suas concepções espontâneas a seu entendimento no momento, de modo a perceber sua própria construção de conhecimentos.

### » **Microscópio composto**

Se desejar, apresente aos estudantes outros tipos de microscópios, tais como: microscópios de luz (funcionam a partir de feixes de luz visível), microscópio de campo claro (utilizado para a visualização de amostras em um fundo claro), microscópio de contraste de fase (utilizado para a visualização de amostras a partir da diferença de densidade), microscópio de fluorescência (utilizado para a visualização de amostras a partir de marcadores fluorescentes) e microscópios eletrônico (funcionam a partir de feixes de elétrons que são emitidos sob a superfície das amostras).

### » **Telescópio refrator – luneta astronômica**

É possível comparar as vantagens de um telescópio refrator com um telescópio refletor. As principais vantagens de um telescópio refrator são: estabilidade da imagem (pois o seu tubo é fechado, não tendo diferença de ar dentro do tubo) e estabilidade na distância focal (como o tubo é fechado, não há mudanças significativas na qualidade da imagem, desse modo a distância focal tende a ficar fixa). A principal desvantagem desse tipo de telescópio é a aberração acromática, já citada anteriormente.

A principal vantagem, em relação à imagem, de um telescópio refletor é o acromatismo perfeito (a distância focal é a mesma para todos os comprimentos de onda). Suas desvantagens são: a obstrução do feixe de luz pelo espelho secundário, campo reduzido (tem uma perfeita imagem somente em um eixo), efeito de convecção (ar que se movimenta no interior do telescópio) e o efeito de distorção dos espelhos (distorções térmicas e mecânicas podem introduzir a aberração esférica).

No simulador sugerido no box **Espaços de Aprendizagem**, é possível alterar diversos parâmetros de uma lente convergente, como o raio de curvatura, o índice de refração, o diâmetro e a distância de um objeto até ela. Assim, pode-se simular alterações na imagem formada ou observada através da lente, como sua posição ou tamanho.

### » **Oficina científica**

Os objetivos desta seção são:

- Verificar a propagação retilínea da luz;
- Verificar a reflexão da luz.

O sistema a ser construído pelos estudantes deve mostrar a atuação da água como uma espécie de fibra óptica.

É esperado que percebam que, através de sucessivas reflexões totais retilíneas, a água aparenta conduzir a luz de forma curva. Espera-se que a água que escoar através de um furo feito em uma garrafa e iluminado por uma lanterna, retenha alguns raios da luz emitida durante sua trajetória devido à reflexão interna.

A seguir, são sugeridos alguns procedimentos complementares para o sucesso do experimento. Oriente os estudantes a tapar o furo com massa de modelar e colocar água na garrafa. Em seguida, eles devem iluminar com a lanterna a face da garrafa oposta ao orifício. Por fim, peça que destapem o furo e deixem a água escorrer sobre a bacia. Esta atividade também pode ser realizada em uma pia.

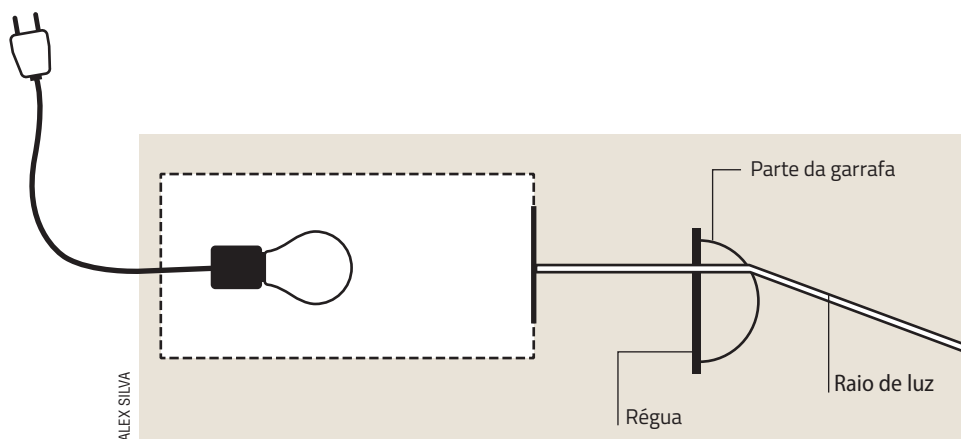
## Ampliando

Nesta atividade, sugerimos que os estudantes construam um sistema para verificar a trajetória de um raio de luz refratado por uma lente convergente. Caso haja materiais disponíveis de forma suficiente, é possível dividir os estudantes em grupos, de modo que cada grupo realize a mesma atividade.

Para o experimento, serão necessários os seguintes materiais: fio elétrico, bocal de lâmpada, plugue elétrico, lâmpadas de 60 W do tipo cristal, caixa de sapatos, garrafa plástica de 600 mL, régua molegata, adesivo plástico para PVC (pode ser substituído por cola de secagem rápida), água e um pedaço de madeira com dimensões 30 × 80 cm (pode qualquer tipo de madeira). Com antecedência, peça aos estudantes que providenciem parte dos materiais de fácil acesso, de modo a incentivar sua consciência ambiental com relação à reutilização de resíduos.

O procedimento de montagem é descrito a seguir:

- Corte uma parte da garrafa na parte mais lisa, onde fica o rótulo, com aproximadamente três centímetros de largura.
- Corte o pedaço ao meio, transversalmente, de forma que, vista de cima, possua a forma de um semicírculo.
- Cole as duas extremidades do semicírculo na régua e, em seguida, cole-as no pedaço de madeira.
- Corte um retângulo da caixa de sapatos a partir da borda.
- Cole um pedaço de cartolina no lugar do retângulo retirado.
- Faça apenas um corte na cartolina, com tesoura, de fora para dentro da caixa.
- Monte o circuito que irá acender a lâmpada (fio, plugue e bocal). Esse procedimento deve ser realizado por você, professor(a), de modo a evitar que os estudantes sejam expostos a eventuais riscos.
- Coloque a lâmpada sobre a madeira, fechando-a com a caixa. Dessa forma, a luz emitida pela caixa será reduzida a um feixe fino que atravessará o corte feito na cartolina.
- Coloque água dentro do recipiente formado pela régua e pelo pedaço da garrafa, direcionando para ele o feixe emitido pela caixa.



» Representação da montagem do experimento.

A ideia é que a caixa de sapatos com a lâmpada dentro produza um feixe fino de luz. A partir do momento em que o feixe atravessar a lente, que consiste no recipiente formado pela régua e pelo pedaço de garrafa cheio d'água, ele será refratado. Peça aos estudantes que estudem essa refração e determinem o comportamento dessa lente, classificando-a como convergente ou divergente.

Após a realização do experimento, é possível solicitar aos estudantes que produzam um relatório, apontando os objetivos da atividade, os materiais utilizados e os procedimentos realizados, além dos resultados observados. Esse relatório pode ser utilizado como forma avaliativa.

## #FICA A DICA, Professor!

- Para saber mais sobre telescópios refletores, sugerimos o *link* a seguir. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~apmat/hiperboles-e-os-telescopios-de-reflexao/>. Acesso em: 10 set. 2020.

## Integrando com... Matemática e suas Tecnologias

Nesta seção, é proposta uma integração com a área da Matemática e suas Tecnologias. Nas atividades, é solicitado aos estudantes que determinem distâncias astronômicas com base na conversão de medidas, como ano-luz e Unidade Astronômica (UA), além de calcular a distância percorrida pela luz em algumas situações.

A seção é iniciada a partir de questionamentos sobre o tamanho do Universo e as unidades de grandeza astronômicas. Pergunte aos estudantes se faz sentido medir objetos muito grandes em centímetros, citando, por exemplo, a estátua do Cristo Redentor ou a distância entre Porto Alegre e Salvador. Espera-se que eles respondam que essas distâncias são melhor representadas em metros ou quilômetros, respectivamente. A partir dessa constatação, explique que é necessário utilizar escalas maiores de medida também na Astronomia.

Antes de citar as unidades, lembre que o ano-luz não é uma unidade temporal, mas sim uma unidade de distância, pois exprime a distância percorrida pela luz em um ano. Compare as unidades de distância entre a unidade astronômica e o ano-luz e solicite aos estudantes que calculem quantas UAs estão presentes em um ano-luz. Uma vez que um ano-luz corresponde a 9,46 trilhões de quilômetros e uma unidade astronômica corresponde à 150 milhões de quilômetros, cada ano-luz tem aproximadamente 63.241,1 UAs.

Para explicar a paralaxe aos estudantes, é possível realizar a seguinte dinâmica: solicite aos estudantes que estendam o dedo indicador e fixem o olhar sobre um outro objeto em sua frente e fechem um dos olhos. Em seguida, peça que abram o olho fechado e fechem o outro olho. É possível notar que o dedo parece se deslocar de um lado a outro, mesmo que esteja parado. Isso ocorre porque cada olho observa o dedo de um ângulo diferente, e a relação entre a distância do dedo em relação aos objetos ao fundo parece diferente. Essa mudança aparente é chamada de paralaxe.

Explique que os parsecs são baseados na órbita da Terra ao redor do Sol, que faz com que as estrelas próximas pareçam mudar de posição em relação a estrelas mais distantes. Assim, os astrônomos medem os ângulos de deslocamento para encontrar a distância entre as estrelas.

Oriente os estudantes a utilizarem o *link* disponibilizado no box **Espaços de Aprendizagem** para que possam comparar as dimensões de diferentes objetos no Universo. Dependendo do navegador que for utilizado, é possível realizar a tradução da página, clicando no primeiro ícone do canto direito da barra de endereços e selecionando “Português”.

## Planejamento

Considerando os conteúdos apresentados nos temas, sugere-se a seguinte distribuição de aulas a ser considerada no planejamento desta Unidade pelos docentes da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

- Tema 1 (Órbitas dos planetas e leis de Kepler): 7 aulas;
- Tema 2 (Lei da Gravitação Universal): 7 aulas;
- Tema 3 (Movimentos orbitais): 7 aulas.

É importante destacar que essa distribuição foi feita considerando que este Volume seja trabalhado ao longo de um semestre. Caso a dinâmica do trabalho com o Volume seja outra, é possível alterá-la.

## A BNCC nesta Unidade

**Competências gerais da BNCC:** 1, 2, 4, 5 e 7

**Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

**Competências específicas:** 2 e 3

**Habilidades:** EM13CNT201, EM13CNT204, EM13CNT205, EM13CNT301

Esta Unidade propicia o estudo dos objetos em movimento no Universo. Assim, ao permitir que os estudantes analisem e interpretem o funcionamento do Cosmos, realizando previsões sobre ele, é possível desenvolver a **competência específica 2**. Além disso, em alguns momentos da Unidade, é possível que os estudantes avaliem aplicações do conhecimento científico no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios da Ciência. Assim, esta Unidade também permite o desenvolvimento da **competência específica 3**. Para tanto, a Unidade foi estruturada em três temas, explicitados a seguir.

O **Tema 1** apresenta modelos cosmológicos propostos ao longo da história e as leis de Kepler. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Física**.

Ao se apresentar os modelos cosmológicos, destacando os modelos geocêntricos propostos por Aristóteles e Ptolomeu e o modelo heliocêntrico proposto por Nicolau Copérnico, são utilizados e valorizados conhecimentos que foram construídos ao longo do tempo a respeito do mundo físico, mobilizando a **competência geral 1**. Essa mesma competência pode ser mobilizada ao se apresentar o contexto histórico da formulação das leis de Kepler.

Os assuntos trabalhados neste tema também permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201**, tendo em vista que incitam os estudantes a analisar e discutir modelos propostos em diferentes épocas e culturas para comparar diferentes explicações sobre o Universo. Da mesma forma, essa habilidade pode ser mobilizada na atividade **1** presente na seção **Atividades** deste tema. Nessa mesma atividade, incentiva-se o debate e o respeito a diferentes pontos de vista que serão defendidos com relação aos modelos analisados pelos estudantes, possibilitando o desenvolvimento da **competência geral 7**.

O **Tema 2** proporciona o estudo da gravitação universal. Destaca-se a definição de força e campo gravitacional. Também se apresentam o efeito da gravidade na formação das marés em nosso planeta. O tema é finalizado com a apresentação da velocidade de escape de objetos que são enviados ao espaço. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Física**.

Os assuntos deste tema permitem o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**, pois os estudantes poderão elaborar explicações, realizar previsões e fazer cálculos a respeito do movimento de objetos no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais. Um exemplo de como essa habilidade é mobilizada é a atividade **4** da seção **Atividades** deste tema, que solicita a realização de cálculos e previsões a respeito de uma nave partindo da terra.

Na atividade **3**, apresenta-se uma afirmação a respeito da intensidade do peso de um objeto em situações distintas. Os estudantes, então, devem analisá-la para verificar se é uma conclusão verdadeira ou falsa, justificando o porquê de suas respostas. Ao permitir que exerçam o pensamento científico, fazendo com que investiguem causas e avaliem conclusões, é possível desenvolver a **competência geral 2** e mobilizar a habilidade **EM13CNT301**.

O **Tema 3** apresenta aspectos relativos aos movimentos orbitais. Nesse sentido, é proporcionado aos estudantes o estudo dos movimentos circulares, da relação entre velocidade escalar e velocidade angular, da frequência, da resultante centrípeta e da velocidade orbital. Também são apresentados os satélites naturais e artificiais que orbitam os planetas. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Física**.

Ao se solicitar que os estudantes compreendam e realizem explicações, previsões e/ou cálculos a respeito do movimento de objetos no Sistema Solar e no Universo, tendo como base a análise das interações gravitacionais, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT204**. Essa habilidade também pode ser mobilizada nas atividades **3** e **5** da seção **Atividades** deste tema.

Na abertura do tema, são apresentados os materiais que orbitam a Terra considerados como lixo espacial para introduzir o assunto dos movimentos orbitais. Então, deve-se questionar os estudantes sobre o motivo pelo qual esses materiais não caem sobre a Terra, sendo necessário que elaborem explicações para tal. Nesse sentido, eles são incentivados a exercer o pensamento científico, recorrendo à abordagem própria da Ciência. Portanto, pode-se desenvolver a **competência geral 2**. Nesta mesma abertura, o estudante tem a oportunidade de acessar um simulador e verificar a quantidade de lixo espacial monitorado. Neste momento, é possível desenvolver a **competência geral 5**, pois eles irão utilizar a tecnologia digital de forma crítica e reflexiva para acessar informações e produzir conhecimentos.

Na seção **Oficina científica** deste tema, os estudantes são incentivados a construir um aparato para verificar a influência da força centrípeta no raio da trajetória do movimento circular de rochas. Essa atividade utiliza materiais de fácil acesso, além de instigar a curiosidade intelectual e a criatividade do estudante. Ela também permite a elaboração de conclusões a partir da interpretação dos resultados obtidos pelo estudante. Conforme a abordagem própria das ciências, como descrito na **competência geral 2**, mobilizam-se as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT205**, ambas relacionadas à interpretação de resultados experimentais.

Nas **Atividades extras** da Unidade, o estudante poderá revisitar os conteúdos estudados ao longo dos temas. Na atividade **3**, os estudantes podem mobilizar a habilidade **EM13CNT204**, uma vez que ela proporciona aos estudantes que analisem o movimento de objetos no Universo, com base na análise das interações gravitacionais.

Na seção **Falando de... Satélites artificiais**, apresentam-se satélites artificiais que orbitam a Terra, destacando suas funções. Em uma das atividades da seção, é possível que os estudantes desenvolvam a **competência geral 4** ao formar grupos com os colegas e debater sobre como seriam seus estilos de vida sem os satélites, utilizando-se da linguagem verbal e científica para partilhar informações e expressar suas opiniões.

## Tema 1 • Órbitas dos planetas e leis de Kepler

Neste tema, serão apresentados modelos cosmológicos, destacando o de Aristóteles, o de Ptolomeu e o de Copérnico, além das leis de Kepler. Antes de iniciar o trabalho com este tema, faça alguns questionamentos que permitem o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto. A seguir, apontam-se algumas sugestões:

- “A Terra é o centro do Sistema Solar?”. Espera-se que os estudantes respondam que o centro do Sistema Solar é o Sol.
- “Que tipo de movimento a Terra realiza ao redor do Sol?”. É possível que os estudantes respondam que a Terra efetua um movimento circular ao redor do Sol, considerando suas concepções espontâneas sobre o assunto. Contudo, de acordo com a primeira Lei de Kepler, a Terra descreve uma trajetória elíptica ao redor do Sol. Descreva a diferença entre um círculo e uma elipse e questione-os novamente com esta pergunta, verificando se mudam suas concepções. Peça que expliquem suas respostas.
- “A Terra mantém sua velocidade constante em sua trajetória?”. Nesse momento, podem surgir tanto respostas positivas quanto negativas em relação ao questionamento. Sabe-se que a Terra, ao se aproximar do Sol, aumenta o valor de sua velocidade, realizando um movimento acelerado. À medida que ela se afasta do Sol, o módulo da velocidade diminui, resultando em um movimento retardado. Isso pode ser comprovado por meio da segunda Lei de Kepler, que será discutida no decorrer desse tema. Neste momento, não é esperado que os estudantes saibam explicar suas respostas. Contudo, incentive-os a elaborar explicações para tal, mobilizando a habilidade **EM13CNT301**.

Na abertura desse tema, discute-se o Ano Solar. É possível explicar aos estudantes que o tempo que a Terra demora para completar uma volta ao redor do Sol, aproximadamente 365 dias, é definido como Ano Terrestre. Desse modo, é possível definir o período de translação dos planetas que constituem o Sistema Solar em função do período de translação terrestre.

### » O Universo dos gregos

É importante salientar que o modelo proposto por Ptolomeu, assim como o proposto por Aristóteles, é um modelo geocêntrico, ou seja, são modelos que consideram a Terra como o ponto fixo central do Universo. Contudo, também é importante ressaltar a diferença entre esses modelos.

O modelo de Aristóteles apresenta órbitas circulares perfeitas e concêntricas e, além disso, é acompanhado de todo um sistema filosófico e de explicações físicas. Já o modelo de Ptolomeu se baseia na precisão observacional. Para atingir previsões muito precisas, Ptolomeu criou diversos recursos matemáticos avançados para explicar as órbitas dos planetas observados da Terra, como os epiciclos e os deferentes.

### » Modelo de Ptolomeu

Esse modelo apresenta explicações geométricas para o movimento dos planetas, fornecendo uma justificativa para o movimento retrógrado de Marte. Foi aceito por muitos séculos. Aproveite este momento para destacar sobre o fato de os conhecimentos científicos estarem em constante construção, podendo ser revistos, reformulados e/ou ampliados. É uma oportunidade para se discutir aspectos da natureza da Ciência.



## » Modelo de Nicolau Copérnico

Este é o modelo que estabeleceu as bases para o modelo de Sistema Solar mais aceito hoje em dia. O modelo de Nicolau Copérnico é heliocêntrico, ou seja, o Sol está próximo do centro do Universo. A principal diferença deste modelo em relação à primeira Lei de Kepler está na órbita descrita pelos planetas. Para Copérnico, os planetas descreviam órbitas circulares ao redor do Sol, ao invés de elipses, como foi proposto por Kepler.

Ressalte que um dos maiores motivos para a aceitação progressiva do modelo de Copérnico foi a defesa de Galileu Galilei, que indicou que esse modelo permitiria leis unificadas que regeriam os movimentos tanto dos corpos terrestres quanto dos solares. Além disso, as ideias de Copérnico faziam parte de uma grande mudança social e cultural na Europa que deu origem à ciência moderna.

## » As leis de Kepler

Após a apresentação da primeira Lei de Kepler, retome o questionamento apresentado no começo do tópico acerca do movimento da Terra ao redor do Sol. É interessante fazer uma comparação com os modelos propostos por Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico, com o objetivo de mostrar que o modelo que mais se assemelha ao proposto por Kepler foi o modelo descrito por Copérnico.

É possível evidenciar a Segunda Lei de Kepler por meio de uma atividade prática simples, descrita na seção **Ampliando** a seguir. Verifique a possibilidade de realizá-la em sala de aula, junto com a turma.

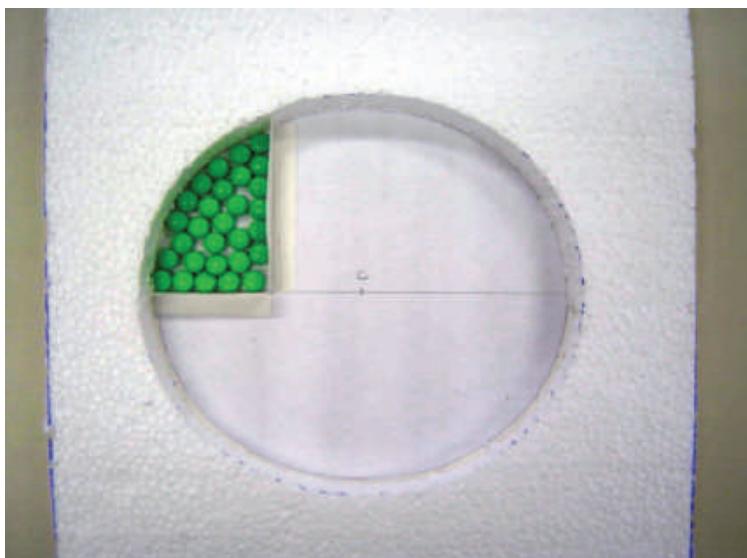
### Ampliando

Essa atividade possui o objetivo de mostrar como o segmento de reta que une a posição de um planeta varre áreas iguais em tempos iguais. Para tanto, serão necessários os seguintes materiais: figura de uma elipse, cartolina branca tamanho A4, placa de isopor ou cortiça tamanho A4, tesoura (ou estilete), lápis, régua, transferidor, cola branca e confeitos medindo aproximadamente 1 cm cada (sugere-se utilizar balas ou chicletes).

O procedimento de montagem é descrito a seguir:

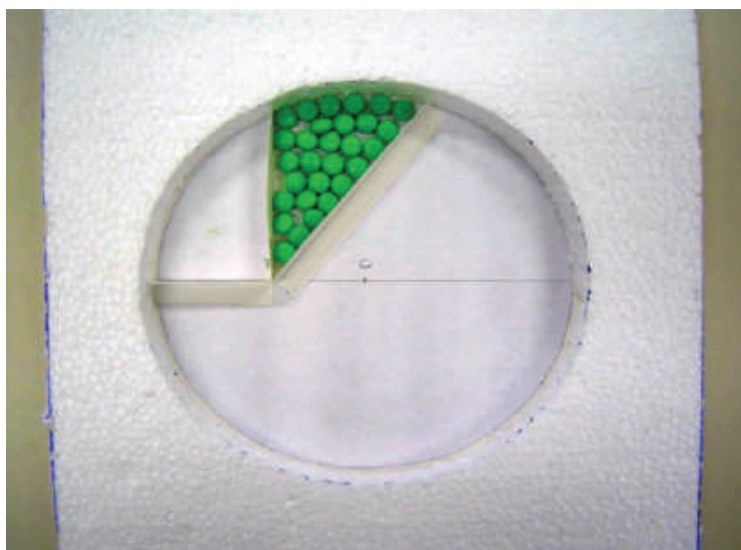
- Utilizando uma régua, desenhe sobre a figura da elipse seu eixo maior.
- Determine a posição central da elipse.
- Meça com a régua, os eixos maior e menor da elipse.
- A relação entre o semi-eixo maior (**a**), semi-eixo menor (**b**) e a semi-distância entre os focos é dada pela equação:  $a^2 + b^2 = c^2$ . Utilizando essa equação, determine o valor de **c** e anote a posição de um dos focos (**F**) da elipse.
- Utilizando uma régua, desenhe o eixo maior da elipse, com seu centro **C** e um de seus focos **F**.
- Com o auxílio de uma tesoura, recorte a elipse.
- Utilize-a como um molde para cortar a placa de isopor (ou cortiça) do mesmo tamanho.
- Cole a figura da elipse sobre a folha de cartolina.
- Cole a placa de isopor sobre a elipse.

- Utilizando uma cartolina, corte duas tiras medindo aproximadamente  $2,5 \times 40$  cm.
- Dobre a tira, de modo a facilitar uma colagem sobre o fundo da elipse, unindo o foco à borda mais próxima da elipse, ao longo do seu eixo maior.
- Repita o procedimento, colando uma nova fita de cartolina ligando o foco **F** a um ponto da elipse situado na direção de  $90^\circ$  no sentido horário.
- Preencha o setor da elipse entre as duas divisórias com confeitos. É importante que os confeitos não se sobreponham, mas ao mesmo tempo sejam colocados o maior número de confeitos possível sobre a divisória.



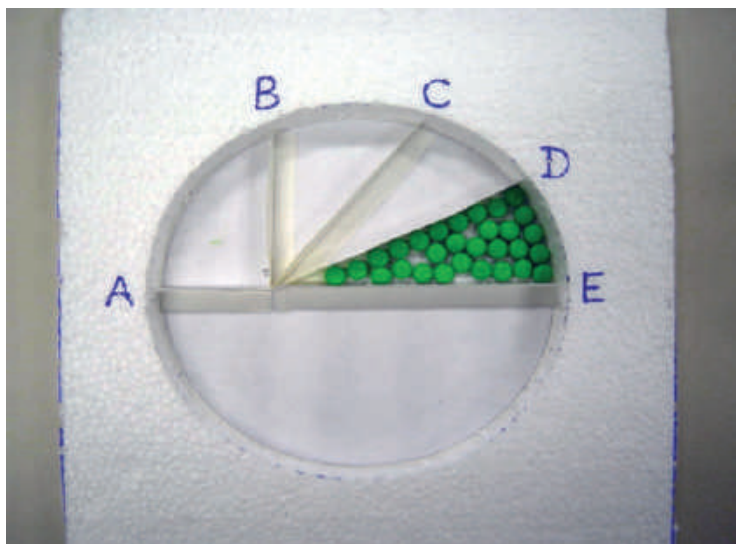
» Representação do preenchimento do primeiro setor da elipse formada.

- Transfira todos os confeitos do setor da elipse acima para a área restante.
- Cole outra divisória de cartolina no fundo da elipse, de maneira a moldar todos os confeitos em um novo setor da elipse. É importante utilizar o mesmo número de confeitos do primeiro setor para o preenchimento do segundo setor.



» Representação do preenchimento do segundo setor da elipse formada.

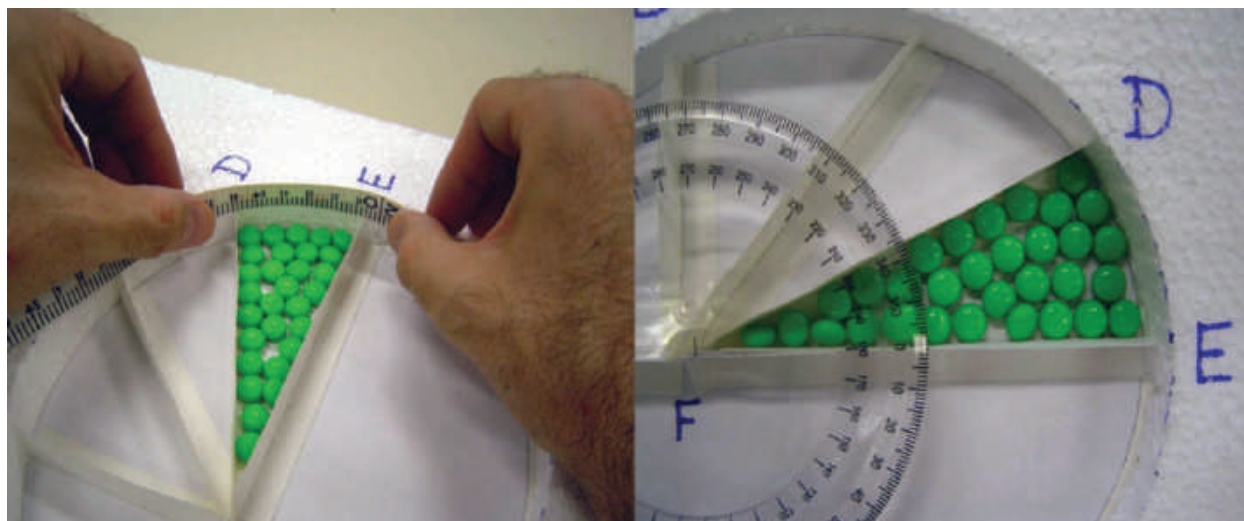
- Repita o procedimento de adicionar divisórias até ser preenchida pelo menos metade da área da elipse em setores que acomodem sempre o mesmo número de confeitos.



» Representação do preenchimento do último setor da elipse formada, até que metade seja preenchida.

A ideia é mostrar aos estudantes que as áreas divididas pelos setores são iguais, pois acomodam sempre o mesmo número de confeitos.

Diante disso, é possível complementar a explicação sobre a Segunda Lei de Kepler: “o planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais”. É possível observar que o deslocamento entre os pontos A e B é maior do que entre os pontos D e E, o que evidencia que a velocidade do planeta entre os pontos A e B é maior. Caso deseje, é possível utilizar uma fita métrica para medir os tamanhos dos arcos em cada setor, bem como um transferidor para a obtenção dos ângulos de cada divisória.



» Representação da medida do tamanho dos arcos e do ângulo de cada setor.

Sugere-se, caso o professor opte por isso, que os estudantes montem uma tabela revelando o tamanho de cada arco e sua angulação. Pode-se solicitar aos estudantes que elaborem um relatório como atividade avaliativa e realizem desenhos dos procedimentos seguidos, indicando também os valores anotados na tabela.

## Tema 2 • Lei da Gravitação Universal

Neste tema, são abordados a Lei da Gravitação Universal, o efeito da gravidade nas marés e a velocidade de escape. Para levantar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos assuntos deste tema, sugere-se que sejam realizados os seguintes questionamentos:

- “A força gravitacional exercida pela Terra é sempre a mesma, independente da distância?”. É possível que os estudantes respondam que, à medida que os corpos se afastam do planeta Terra, a força gravitacional diminui, por terem assistido a filmes, documentários e/ou vídeos que mostram lançamentos de foguetes e naves ao espaço.
- “A gravidade interfere na formação das marés?”. É possível que alguns estudantes acreditem que isso seja um mito. Caso essa resposta ocorra, peça para que indiquem o motivo de acreditarem ser um mito. Incentive o respeito entre os estudantes, reprimindo qualquer comportamento de *bullying* com as respostas apresentadas. O objetivo aqui é apenas compreender as concepções espontâneas dos estudantes sobre os assuntos que serão tratados neste tema.

Na abertura, é apresentada uma fotografia do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), no litoral do Maranhão. Neste momento é possível trabalhar os pontos positivos e negativos a respeito da instalação do CLA em Alcântara, bem como introduzir o conceito de força gravitacional entre corpos. Essa discussão pode ser feita em parceria com docentes da área de Ciências Humanas, ampliando para as condições geográficas, sociais e econômicas da instalação da base nessa localidade.

### » Lei do inverso do quadrado da distância

Ao apresentar a relação entre força de atração gravitacional entre dois corpos e a distância que os separa, é possível retomar o questionamento prévio inicial a respeito da força gravitacional terrestre. Explique que todo o corpo dotado de massa atrai outros corpos dotados de massa. Contudo, entre corpos pouco massivos essa força é muito fraca, o que se relaciona ao fato de que a constante gravitacional **G** ter ordem de grandeza  $-11$ .

### » Campo gravitacional

Caso deseje, poderá ser explicado nesse momento como foi calculada a aceleração gravitacional da Terra.

Considere que a força de atração gravitacional de um corpo, de massa **m** na superfície da Terra seja dada pela equação abaixo:

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

Onde **G** representa a constante da gravitação universal ( $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ), **M** representa a massa da Terra ( $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ), e **d** a distância entre o centro da Terra e o corpo, ou seja, o raio terrestre ( $R = d = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$ ). Sabe-se também que a força com que a Terra atrai um corpo é exatamente a força peso desse corpo, ou seja,  $P = m \cdot g$ .

Assim, substituindo  $F_G$  por  $P = m \cdot g$ , tem-se:

$$m \cdot g = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

$$g = \frac{G \cdot M}{d^2}$$

Substituindo os valores na equação acima, obtém-se:

$$g = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2}$$

$$g = \frac{39,8 \cdot 10^{13}}{40,5 \cdot 10^{12}}$$

$$g \approx 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Por fim, é possível comparar a aceleração gravitacional da Terra, com a de outros planetas do Sistema Solar. Explique aos estudantes que os fatores determinantes para o valor da aceleração gravitacional na superfície de um planeta são sua massa e seu raio.

### » Efeito da gravidade na formação das marés

Neste tópico, é explicado o efeito da gravidade na formação das marés. Caso queira saber mais sobre esse assunto, sugerimos acessar o *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!**

Como sugestão de atividade, é possível pedir aos estudantes que pesquisem sites que forneçam tábuas de maré. Sugere-se que escolham um lugar e um determinado mês, anotando os horários da maré alta e baixa durante todos os dias desse mês. Após isso, é possível construir um gráfico da altura máxima em função do dia. Peça que busquem um calendário lunar e marquem os dias das luas nova, cheia, quarto crescente e quarto minguante. Por fim, é possível verificar como as fases da lua se relacionam com as marés. Sabe-se que, nas fases de lua nova e lua cheia, os efeitos gravitacionais da Lua se somam com os do Sol e ocorrem as maiores marés altas e as menores marés baixas. Já as marés de menor amplitude ocorrem quando a Lua está no quarto minguante ou crescente. Para auxiliar a pesquisa em relação às tábuas de marés, é disponibilizado um *link* na seção **#FICA A DICA, Estudante!**

### » Velocidade de escape

Neste tópico, é apresentada a definição de velocidade de escape. É possível sugerir aos estudantes que pesquisem as velocidades de escape dos planetas componentes do Sistema Solar. Se desejar, peça aos estudantes que montem uma tabela para ilustrar os dados pesquisados. Na seção **#FICA A DICA, Estudante!**, é disponibilizado um *link* para o auxílio da pesquisa sugerida.

Explore o box **Saiba mais** para mobilizar o interesse dos estudantes sobre sua participação em pesquisas. Nela, é descrito o resumo de um projeto realizado por estudantes de Xanxerê, em Santa Catarina. O projeto consistiu na criação de um filtro de água para ser utilizado pelos astronautas no espaço. O **Student Spaceflight Experiments Programme** (SSEP) foi lançado em 2010 pelo Centro Nacional de Educação em Ciências da Terra e do Espaço (NCESSE) em parceria estratégica com Nanoracks, LLC. O SSEP foi realizado pela primeira em 2011, nas naves Endeavor e Atlantis e, a partir de 2012, passaram a ser realizados na Estação Espacial Internacional (ISS).

Com relação ao envio de um projeto com o objetivo de ser testado no espaço, comente como poderia ser feita a montagem desse projeto. O primeiro passo é a escolha de um tema, como, por exemplo, uma melhora na alimentação dos astronautas no espaço. Após isso, é necessário pensar em como atingir esse objetivo; para isso, seria preciso realizar uma pesquisa sobre o assunto a fim de verificar como é a alimentação dos astronautas hoje e o que é possível fazer para melhorá-la. A ideia é estimular o interesse dos estudantes pela pesquisa.

## #FICA A DICA, Estudante!

- Para saber mais sobre as tábuas de marés, sugerimos o seguinte *link*. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em: 11 set. 2020.
- Para saber mais sobre as velocidades de escape dos planetas componentes do Sistema Solar, acesse o *link* a seguir. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aulasisolar.htm>. Acesso em: 11 set. 2020.

## #FICA A DICA, Professor!

- Para saber mais sobre o efeito da gravidade na formação das marés, acesse o seguinte *link*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aulafordif.htm>. Acesso em: 11 set. 2020.

## Tema 3 • Movimentos orbitais

Neste tema, são abordados conceitos sobre: movimento circular uniforme, velocidade angular, frequência, resultante centrípeta, satélites, velocidade orbital e estado de imponderabilidade. Antes de começar o trabalho com o tema, faça questionamentos que permitam a identificação dos conhecimentos prévios da turma sobre o assunto, conforme exemplos a seguir:

- “Quando um automóvel inicia uma curva a uma velocidade escalar constante em módulo, qual a natureza da força resultante que atua sobre o automóvel?”. É possível que os estudantes respondam que a força de atrito com a superfície auxilia o automóvel a completar uma curva. E de fato é, pois a força de atrito nessa situação atua como a força centrípeta necessária para que ele consiga completar uma curva. Para ilustrar a ação da força de atrito nessa situação, peça aos estudantes que imaginem um automóvel realizando uma curva em uma pista molhada e lisa, com pneus carecas. Os conceitos sobre força centrípeta são apresentados no decorrer do tema; portanto, não é necessário que a explicação para esse fato seja completa nesse momento.
- “É possível calcular a velocidade máxima que um automóvel poderá atingir para conseguir completar uma curva?”. Os estudantes podem imaginar que a velocidade máxima exista, considerando que o automóvel poderá ser “lançado para fora da curva” caso sua velocidade seja muito alta. Explique que é possível calcular a velocidade máxima para que um automóvel consiga completar um movimento curvilíneo. Apesar de o assunto não ser tratado no decorrer do tema, ele será sugerido como assunto complementar neste manual.
- “Qual a semelhança entre o movimento orbital de um satélite e o movimento curvilíneo de um automóvel?”. É possível que os estudantes relacionem o movimento circular como ponto em comum nas duas situações, dado que o movimento de um satélite pode ser tratado como um movimento circular. Dessa forma, assim como um automóvel em movimento curvilíneo, os satélites em órbita também estão sujeitos a uma força centrípeta.

Na abertura desse tema, é apresentada uma representação da Terra rodeada por lixo espacial. Comente com os estudantes que, segundo a NASA, os pedaços de detritos viajam a velocidades que chegam a 28 163 km/h, velocidade suficiente para que um pedaço relativamente pequeno desses danifique uma espaçonave ou um satélite. Existem milhões de detritos de tamanhos tão pequenos que não podem ser rastreados. Diversos órgãos de diversos países procuram rastrear esses detritos com o objetivo de manter um catálogo de satélites e dos objetos na órbita da Terra que são maiores que uma bola de tênis.

Oriente os estudantes a acessar o *link* disponível no boxe **Espaços de Aprendizagem** para observar os materiais que orbitam a Terra, inclusive alguns constituintes do lixo espacial. Explique que os pontos vermelhos são classificados como carga útil, os azuis como corpo de foguete, os brancos como pedaços (debris) e os amarelos são corpos ainda não identificados como nenhuma das classes anteriores.

O objetivo de utilizarem o *link* é visualizar a quantidade desses objetos. Contudo, caso queiram, é possível clicar sobre eles para obter mais informações. Como as informações estão em inglês, é possível planejar um trabalho integrado com o(a) docente de Língua Inglesa da escola, para facilitar o entendimento das informações. Caso não seja possível, utilize como base o exemplo traduzido a seguir.

Ao clicar no objeto designado “SL-16 DEB”, por exemplo, irá aparecer uma tabela com as informações dispostas a seguir já traduzidas.

SL-16 DEB	
Designador interno	1993-016AS
Tipo	DEBRIS
Apogeu	949 km
Perigeu	744 km
Inclinação	70.96°
Altitude	92.82 km
Velocidade	7.36 km/s
Período	101.70 min

Dados disponíveis em: <http://stuffin.space/?intldes=1993-016AS&search=sl>. Acesso em: 11 set. 2020.

Com relação a essas informações, é interessante que os estudantes se atentem à altitude, à velocidade e ao período.

### » Movimento circular uniforme

É possível citar como exemplo de movimento circular uniforme um automóvel efetuando uma curva com uma velocidade escalar constante. Explique aos estudantes que a velocidade escalar é constante em módulo, pois existe uma força atuando neste tipo de movimento que é responsável por alterar a direção e o sentido da velocidade vetorial para que o automóvel consiga realizar a curva.

Ao abordar o período, é possível retomar o exemplo dos ponteiros analógicos de um relógio, ilustrado no começo do tópico. Explique que o ponteiro das horas possui um período (tempo para uma volta completa) de doze horas, ou 43 200 s; o ponteiro dos minutos um período de uma hora, ou 3 600 s; e que o período do ponteiro dos segundos é de 60 s.

Ao comentar a frequência, aproveite o exemplo do relógio e peça aos estudantes que calculem a frequência dos ponteiros de um relógio analógico (ponteiro das horas, minutos e segundos). Sugere-se que os cálculos sejam realizados utilizando as unidades do Sistema Internacional (segundos e hertz).

### » Relação entre a velocidade escalar e a velocidade angular

Caso julgue conveniente, deduza a relação entre velocidade escalar e velocidade angular juntamente com os estudantes, no quadro. É possível fazer o passo a passo, favorecendo sua compreensão do assunto.

## » Frequência

Aproveite para ampliar a relação entre frequência e período, uma vez que não estão apenas relacionados ao movimento circular, mas a qualquer movimento periódico.

## » Resultante centrípeta

Caso julgue conveniente, é possível realizar a atividade experimental sobre o assunto sugerida na seção **Ampliando** ao final desse tema.

Neste momento, é possível retomar o questionamento inicial acerca da velocidade máxima que um automóvel pode ter para ser capaz de realizar uma curva. Explique aos estudantes que, considerando que o automóvel realiza um movimento circular uniforme e que a força de atrito atua como resultante centrípeta do movimento, pode-se deduzir uma equação para o cálculo dessa velocidade. Veja a seguir.

A equação da força centrípeta é dada por:

$$F_c = m \cdot a_c$$

Onde **m** representa a massa do corpo.

Considerando que  $a_c = \frac{v^2}{R}$  e substituindo na equação acima, tem-se:

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Onde **R** representa o raio da trajetória e **v** a velocidade máxima a ser calculada.

Como a força de atrito é responsável pela força resultante centrípeta nessa situação, é possível substituir **F<sub>c</sub>** pela equação da força de atrito, assim:

$$F_{at} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$N \cdot \mu_e = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Onde **N** representa a força normal e  $\mu_e$  representa o coeficiente de atrito estático máximo entre o móvel e a superfície de contato. Nessa situação, a força normal é exatamente igual à força peso ( $P = m \cdot g$ ) do automóvel. Assim:

$$m \cdot g \cdot \mu_c = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Onde **g** representa a aceleração gravitacional da Terra. A equação acima pode ser desenvolvida como:

$$g \cdot \mu_c = \frac{v^2}{R}$$

$$v^2 = R \cdot g \cdot \mu_c$$

Por fim, a velocidade máxima pode ser calculada por:

$$v = \sqrt{R \cdot g \cdot \mu_c}$$



É possível observar que a velocidade máxima não depende da massa do automóvel; se a massa for dobrada ou diminuir pela metade, o valor da velocidade continuará sendo o mesmo.

### » Satélites naturais e artificiais

Neste tópico, são abordados tanto os satélites naturais que orbitam os planetas do Sistema Solar quanto os artificiais que orbitam a Terra. As informações utilizadas para a elaboração do tópico foram obtidas de diversos *links*, disponibilizados na seção **#FICA A DICA, Professor!**.

Comente com os estudantes que, apesar de a Terra apresentar apenas um satélite natural, existem outros planetas com uma quantidade muito maior deles, com destaque a Saturno, com 82 luas conhecidas.

Caso haja interesse dos estudantes, podem ser projetadas imagens do telescópio espacial Hubble, uma ferramenta muito poderosa para observação de galáxias, nebulosas e outros corpos celestes. Para tanto, é possível fazer uma busca no *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Estudante!** ao final deste tema. Os astrônomos utilizam as imagens do telescópio para realizar as suas pesquisas sem que haja a interferência do clima.

### » Velocidade orbital

Comente com os estudantes que existe uma grande variação das altitudes nas órbitas dos satélites, dependendo do satélite e até mesmo da forma como foi lançado. A distância que os satélites se encontram em relação ao centro da Terra está diretamente relacionada à velocidade orbital. Mostre à turma como a equação da velocidade orbital é obtida e enfatize a diferença entre o raio da órbita e a altitude em relação ao planeta.

### » Satélites geoestacionários

Explique aos estudantes que os satélites geoestacionários permanecem em órbita sobre uma mesma localização geográfica e, por isso, são muito utilizados para comunicações e monitoramento. Para enfatizar a importância estratégica desse tipo de equipamento, leia com a turma o texto citado na seção, que trata da testagem de um satélite geoestacionário fruto da parceria de Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o Ministério da Defesa.

Caso queira saber mais sobre as órbitas dos satélites ao redor da Terra, sugerimos os *links* indicados na seção **#FICA A DICA, Professor!**, ao final deste tema.

### » Estado de imponderabilidade

Para começar esse tópico, pergunte aos estudantes se eles acham que no espaço não há gravidade. É possível que eles respondam que sim, pois já o viram em imagens de viagens espaciais ou em filmes de ficção científica. A partir de então, é possível realizar com eles as contas da aceleração gravitacional na estação espacial internacional, mostrando que a ação da gravidade nessa altitude é ainda significativa.

Antes de explicar o fenômeno da imponderabilidade, solicite que os estudantes elaborem suas próprias hipóteses acerca da flutuação dos astronautas. Com base nas respostas, introduza a noção de imponderabilidade (a aceleração do astronauta é a mesma da estação) e explique que há força peso, mas não há força normal entre o astronauta e o chão da estação.

## » Oficina científica

Os objetivos desta oficina são:

- Construir um aparato com movimento circular;
- Verificar a relação entre a velocidade tangencial de um movimento circular com seu raio.

Sugere-se que seja reservada uma aula do cronograma para a realização desta atividade. Para tal, é possível solicitar aos estudantes que tragam os materiais necessários de casa, incentivando-os a reciclar alguns resíduos de casa.

Separe os estudantes em duplas e auxilie-os na montagem do aparato. Para evitar acidentes, é imprescindível verificar se as rochas estão bem presas. Caso contrário, é possível que elas escapem e causem ferimentos. Outro ponto importante a ressaltar para a turma é que o fio de fibra sintética seja passado pelo tubo de PVC antes de fixar as rochas nas extremidades. O ideal é que as rochas sejam maiores que o diâmetro do cano, pois, se não for o caso, há o risco de a rocha menor atravessar o cano, sendo arremessada.

Explique aos estudantes o procedimento de realizar o movimento circular e exemplifique como deve ser realizada a medição. Explique brevemente que, quanto mais medições forem realizadas, mais confiável será o resultado obtido. Assim, devem realizar no mínimo duas medições cada.

Por último, oriente a turma a tirar conclusões do experimento e, se possível, promova um debate coletivo sobre os aprendizados.

### #FICA A DICA, Professor!

- Caso queira saber mais sobre satélites, sugerimos o acesso aos *links* <<http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=4>> e <<http://satelite.cptec.inpe.br/informacao/orbitas.jsp>> (acessos em: 11 set. 2020).
- Para saber mais sobre as órbitas dos satélites ao redor da Terra, sugerimos os *links* <[http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_PT/SEMSX965P1G\\_0.html](http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_PT/SEMSX965P1G_0.html)> e <<https://earthobservatory.nasa.gov/features/OrbitsCatalog/page2.php>> (acessos em: 11 set. 2020).

### #FICA A DICA, Estudante!

- Para ver imagens obtidas pelo telescópio Hubble, sugerimos o *link* <[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/multimedia/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/multimedia/index.html)> (acesso em: 11 set. 2020).

## Ampliando

Essa atividade possui o objetivo de demonstrar que qualquer objeto em movimento circular não tende a sair pela linha que o liga ao centro da curva, quando este é desprendido das forças que lhe impõem este movimento circular. Se desejar, organize os estudantes em grupos para realizar essa atividade, estimulando a colaboração e a comunicação entre eles.

Para a atividade, serão necessários os seguintes materiais: uma embalagem redonda de *pizza* e uma bolinha de gude ou de borracha. Peça aos estudantes que tragam esses materiais de casa, incentivando sua reutilização. Para a montagem, utilize uma das duas partes da embalagem de *pizza*; recorte um pedaço da borda igual ao diâmetro da bolinha de gude; e faça com que a bolinha entre em movimento, observando o que acontece.



» Representação da montagem experimental.

Antes de iniciar, questione o que eles acreditam que vai acontecer com a bolinha. É possível que respondam que a bolinha deve sair pelo buraco, como se fosse empurrada para fora. Então, peça para que realizem a atividade. Explique por que isso não acontece, uma vez que a bolinha cruza a abertura e continua a girar normalmente: o giro da bolinha ocorre devido a uma força centrípeta constante imposta pela borda da embalagem; por um momento, essa força desaparece (no instante em que a bola passa pelo buraco na borda) e a bolinha continua seu movimento na direção natural (para frente, tangente à curva); imediatamente depois, ela encontra a borda novamente e esta volta a impor sobre a bolinha a força resultante centrípeta.

É possível concluir que a bolinha sairia pelo buraco da tampa somente se estivesse realmente indo para fora, provando assim que um objeto em movimento circular não tende a sair pela linha perpendicular à trajetória quando é liberado das forças que lhe impõem o movimento circular. Para o sucesso da atividade experimental, é de extrema importância que o buraco tenha exatamente as dimensões da bolinha de gude, pois se ele for muito grande a bolinha sairá.

## Falando de... Satélites artificiais

Destaque que existem inúmeros exemplos de satélites artificiais e que as massas, idades e funções podem variar bastante. Um exemplo é o geoprocessamento: nessa função, os satélites captam imagens do planeta Terra e possibilitam a construção de mapas dos diversos locais. Sugira aos estudantes que leiam o texto disponibilizado na seção **#FICA A DICA, Estudante!** para conhecer mais sobre os satélites brasileiros.

Nesta seção, é possível retomar o conhecimento obtido nos tópicos relativos a satélites. Aproveite o momento para retomar com os estudantes as noções de movimento circular, velocidade orbital e satélites geoestacionários.

Para que esse tópico seja aprofundado com os estudantes, é possível realizar a leitura das imagens disponíveis nestas páginas. As ilustrações demonstram as variações de órbitas possíveis entre os diferentes satélites. Explique aos estudantes que a órbita equatorial ocorre se a trajetória dos satélites circunda regiões próximas à linha equatorial do corpo celeste que será orbitado. As órbitas equatoriais são geralmente baixas.

### #FICA A DICA, Estudante!

- Para saber mais sobre os satélites brasileiros, acesse o *site* a seguir. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/satelites/satelites>. Acesso em: 03 set. 2020.

## Planejamento

Considerando os conteúdos apresentados nos temas, sugere-se a seguinte distribuição de aulas a ser considerada no planejamento desta Unidade pelos docentes da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

- Tema 1 (Condições para a existência de vida): 5 aulas;
- Tema 2 (Origem da vida na Terra): 7 aulas;
- Tema 3 (Classificação dos seres vivos): 5 aulas.

É importante destacar que essa distribuição foi feita considerando que este Volume seja trabalhado ao longo de um semestre. Caso a dinâmica do trabalho com o Volume seja outra, é possível alterá-la.

## A BNCC nesta Unidade

**Competências gerais da BNCC:** 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 9

**Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

**Competências específicas:** 2 e 3

**Habilidades:** EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT209, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT304

Esta Unidade propicia o estudo de aspectos relacionados à origem da vida na Terra. Nesse sentido, são apresentadas algumas das principais condições necessárias à origem da vida tal qual a conhecemos, destacando a presença de água líquida. Essa condição está relacionada à temperatura média do planeta, que é mantida graças à distância em relação à estrela que orbita. A partir dessas condições principais, são discutidas algumas hipóteses a respeito da origem do primeiro ser vivo em nosso planeta, além de como teria ocorrido o surgimento de células eucarióticas e de seres pluricelulares. Além desses assuntos, a Unidade apresenta a nomenclatura científica e a classificação dos seres vivos, destacando as propostas que consideram reinos e domínios.

Ao proporcionar o estudo e análise da dinâmica da vida e do Cosmos, de modo que os estudantes sejam capazes de realizar previsões a respeito do funcionamento dos seres vivos e do Universo, a Unidade possibilita a abordagem da **competência específica 2**. Além disso, em alguns momentos da Unidade, é solicitado que os estudantes avaliem aplicações dos conhecimentos científicos, utilizando procedimentos e linguagem científica. Dessa forma, a Unidade também permite o desenvolvimento da **competência específica 3**. Para tanto, a Unidade foi estruturada em três temas, explicitados a seguir.

O **Tema 1** apresenta as condições necessárias à existência de vida em nosso planeta. É apresentada a presença de água líquida, que é mantida nesse estado físico graças à distância da órbita do planeta em relação à estrela que orbita. A temperatura média do planeta, por sua vez, depende da composição de sua atmosfera; no caso da Terra, ela é mantida graças ao efeito estufa. Essas características, sobretudo a presença de água líquida, orientam a busca por indícios de vida fora de nosso planeta. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Os assuntos trabalhados nesse tema permitem a abordagem da habilidade **EM13CNT209**. Essa habilidade é mobilizada em especial na atividade **4** da seção **Atividades** do tema, que trabalha as condições básicas que um sistema planetário precisa apresentar para ter possibilidade de existência de vida.

Na abertura deste tema, são apresentados diferentes locais com condições ambientais extremas, como temperatura, acidez e salinidade elevadas. A partir deste contexto, é solicitado aos estudantes que elaborem explicações sobre as limitações da vida, incentivando-o a exercer o pensamento científico, desenvolvendo a **competência geral 2**.

Na atividade **3** da seção **Atividades** deste tema, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT304**, pois os estudantes devem promover um debate a respeito de situações controversas relacionadas à aplicação dos conhecimentos científicos, no caso, o investimento em viagens espaciais. O posicionamento dos estudantes exige que construam argumentos, desenvolvendo a **competência geral 7**. Além disso, a organização de um debate possibilita que os estudantes utilizem a linguagem verbal para partilhar informações e opiniões, auxiliando o desenvolvimento da **competência geral 4**. Ao exercerem o diálogo e o respeito ao outro, valorizando diferentes ideais a respeito do assunto discutido, também se auxilia o desenvolvimento da **competência geral 9**.

Na atividade **4**, é possível também mobilizar a habilidade **EM13CNT301**, ao solicitar aos estudantes que interpretem modelos explicativos a respeito de sistemas planetários e elaborem conclusões a respeito da possibilidade de existência de vida, considerando a presença de planetas orbitando zonas habitáveis. Além disso, a investigação e a análise crítica necessárias permitem o desenvolvimento da **competência geral 2**.

O **Tema 2** aborda explicações para a origem dos seres vivos propostas em diferentes épocas, até que a biogênese se concretizasse na comunidade científica. Também, são apresentadas hipóteses elaboradas ao longo do tempo na tentativa de se explicar a origem do primeiro ser vivo em nosso planeta, o que ainda não foi elucidado. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Desta forma, ao abordar diferentes explicações para a origem da vida, permitindo que os estudantes as analisem e as discutam, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT201**. Além disso, como são apresentados conhecimentos historicamente construídos para explicar a realidade, desenvolve-se a **competência geral 1**.

Ao discorrer sobre a explicação mitológica criada por indígenas brasileiros Kaingang para a origem da vida, constituinte de sua cultura, propicia-se o desenvolvimento de parte da **competência geral 3**.

Na atividade **1** da seção **Atividades** deste tema, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT201**, no que diz respeito à análise e à discussão de explicações sobre a origem da vida na Terra. Além disso, ela permite a abordagem da **competência geral 3**, destacando a valorização de lendas pertencentes a diferentes culturas, no caso, uma lenda chinesa. Ainda nesta atividade, é proporcionado aos estudantes que se envolvam com produções artísticas, conforme previsto na **competência geral 3**, e que utilizem linguagem verbal e corporal, conforme a **competência geral 4**. Além disso, o trabalho deve ser feito por meio de tecnologias digitais de comunicação para disseminar informações, de acordo com a **competência geral 5**. Ao gravar os vídeos, é importante ressaltar a necessidade de estabelecer roteiros e organizar ensaios das cenas que serão filmadas. As filmagens podem ser feitas com celulares ou câmeras.

Já na atividade **2**, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT201**, pois é solicitado que os estudantes analisem diferentes explicações para a origem dos seres vivos.

O **Tema 3** trabalha a nomenclatura científica dos seres vivos, além de propostas elaboradas para classificá-los, sobretudo, em reinos e em domínios. Também é apresentado o conceito biológico de espécie, que será adotado ao longo de toda a coleção. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Ao ser necessário que os estudantes analisem diferentes formas de manifestação da vida, considerando os níveis em que está organizada, para a compreensão da classificação dos seres vivos em reinos e em domínios, o tema possibilita a mobilização da habilidade **EM13CNT202**. Além disso, o tema permite o desenvolvimento da **competência geral 1**, ao apresentar conhecimentos historicamente construídos para a compreensão e a explicação da realidade.

Na abertura deste tema, apresenta-se a fotografia de um muçum. Então, solicita-se que os estudantes o classifiquem como peixe ou como serpente, elaborando critérios para tal. Dessa forma, incentiva-se que exerçam o pensamento científico, desenvolvendo a **competência geral 2**.

Na atividade **2** da seção **Atividades** do tema, solicita-se que os estudantes interpretem textos de divulgação científica que expressam resultados de pesquisas por meio de um quadro, possibilitando a mobilização da habilidade **EM13CNT303**.

Nas **Atividades extras** desta Unidade, os estudantes poderão revisitar os conteúdos estudados ao longo dos temas. Na atividade **2** desta seção, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT201**, ao solicitar que os estudantes analisem diferentes proposições a respeito da origem da vida na Terra. Além disso, permite o desenvolvimento da **competência geral 1**, ao solicitar que os estudantes utilizem conhecimentos historicamente construídos sobre o assunto para a elaboração de suas respostas.

Já na atividade **3**, eles podem mobilizar a habilidade **EM13CNT303**, uma vez que irão interpretar um texto de divulgação científica sobre temáticas da área de Ciências da Natureza, por exemplo, exoplanetas. Além disso, a atividade também permite a mobilização da habilidade **EM13CNT301**, ao solicitar que os estudantes interpretem modelos explicativos sobre a disposição do sistema planetário ao redor da estrela TRAPPIST-1, a fim de elaborar conclusões a respeito da possibilidade de existir indícios de vida em alguns de seus planetas.

Na seção **Falando de... Viagem a Marte**, apresenta-se a exploração de Marte e discute-se as possibilidades de existência de vida fora da Terra, tópico relacionado aos estudos da Astrobiologia. As investigações sobre as condições de vida fora da Terra permitem a mobilização da habilidade **EM13CNT209**.

Ao apresentar as contribuições do astrônomo holandês Huygens sobre a superfície de Marte, é possível promover a valorização dos conhecimentos historicamente construídos, desenvolvendo a **competência geral 1**.

Na atividade **2** desta seção, é solicitado aos estudantes que façam pesquisas a respeito da limitação de expedições espaciais devido aos efeitos provocados no corpo humano. Também é solicitado que eles comuniquem os resultados de suas pesquisas – mobilizando a habilidade **EM13CNT302** – utilizando tecnologias digitais de comunicação, o que auxilia no desenvolvimento da **competência geral 5**.

## Tema 1 • Condições para a existência de vida

Neste tema, são analisados os seguintes tópicos: fatores primordiais para o desenvolvimento da vida na Terra, zonas habitáveis e a busca por vida fora da Terra. É possível levantar os

conhecimentos prévios dos estudantes a respeito desses assuntos formulando algumas questões, por exemplo:

- “Quais condições foram importantes para que a vida se desenvolvesse em nosso planeta?” Não é esperado que os estudantes saibam responder, mas sim que pensem sobre o assunto. Algumas possíveis respostas são água e nutrientes, recursos necessários às células, por exemplo. Aproveite para anotar as respostas dos estudantes no quadro para corrigi-las durante o trabalho com o tema, verificando se aquilo que apontaram inicialmente se enquadra às condições estudadas. Caso eles não apresentem respostas, incentive-os a pensar sobre os recursos ou condições necessárias para que os seres humanos se mantenham vivos, por exemplo. Questione-os quanto à faixa de temperatura ambiental adequada, à alimentação e à hidratação. Então, amplie a discussão para outros seres vivos, perguntando sobre outros animais, plantas e microrganismos, por exemplo.

Na abertura do tema, há uma figura composta por quatro imagens diferentes que representam situações extremas no planeta Terra. No Grand Prismatic Spring, por exemplo, a temperatura é muito elevada; no lago Vostok, a temperatura é muito baixa; no rio Tinto, o pH é no máximo 3, sendo, portanto, muito ácido; e, em Greate Salt Lake, a água é muito salina. Explique aos estudantes que temperaturas extremas impedem o funcionamento de grande parte de enzimas, assim como alto pH e salinidade. Contudo, ainda assim, é possível encontrar vida nesses locais.

A existência de seres extremófilos na Terra subsidia a busca por indícios de vida fora de nosso planeta. Caso queira saber mais sobre o assunto, leia o artigo disponibilizado na seção **#FICA A DICA, Professor!**. Se os estudantes também se interessarem pelo assunto, sugira que ouçam o *podcast* disponibilizado na seção **#FICA A DICA, Estudante!**.

## » Fatores primordiais para o desenvolvimento da vida na Terra

Estudos recentes mostram que seria possível o desenvolvimento de ligações carbono-silício naturalmente. Esses resultados reforçam a possibilidade de que formas de vida com base no elemento silício possam ser encontradas no Universo. Entretanto, não se sabe os motivos pelos quais os organismos não utilizam o silício, pois, assim como o carbono, eles formam ligações com quatro átomos simultaneamente, característica importante para a formação de moléculas maiores.

Um assunto que desperta o interesse da comunidade científica é a origem dos diferentes átomos presentes em nosso planeta. Com relação ao carbono, o que chama atenção é que ele está ausente no núcleo terrestre. Segundo as condições de alta temperatura e pressão simuladas em laboratório, o carbono deveria estar presente no manto. Porém, o núcleo da Terra é formado por ferro e silicatos. Portanto, o carbono poderia ter chegado posteriormente, por exemplo, por choque de meteoritos. Para aprofundar os conhecimentos, é possível solicitar um trabalho de pesquisa para os estudantes, formando curadoria própria. Ou, se desejar saber mais, veja a sugestão na seção **#FICA A DICA, Professor!**.

## » Zonas habitáveis

Faça a leitura da imagem que apresenta a zona habitável do Sistema Solar em comparação a outros sistemas hipotéticos, baseando-se no tamanho de suas estrelas. A escala da massa estelar faz uma relação entre a massa de uma dada estrela e a massa do Sol. De um lado, uma estrela com 10% da massa do Sol (0,1); de outro, uma estrela com 200% da massa do Sol (2). A escala da órbita considera o tamanho de seu raio em comparação ao raio da Terra.

Com relação às zonas habitáveis, comente que o modelo apresentado na imagem é uma simplificação, visto que a força gravitacional, a intensidade de emissão de raios luminosos e a temperatura variam em função da massa estelar.

Professor(a), se desejar, trabalhe neste momento a seção **Falando de...Viagem a Marte**, presente ao final desta Unidade. Exponha à turma quais seriam as limitações da vida em Marte, como a força gravitacional, temperatura, atmosfera, umidade, entre outros fatores.

## » A busca por vida fora da Terra

Ao explicar a confirmação da descoberta de água no satélite natural Europa, mencione que a expedição realizada pela sonda Galileo também mostrou a presença de um fluido de alta condutividade elétrica. Se não fosse a crosta de 15 km de gelo ou se houvesse rachaduras permanentes nessa crosta, a água seria perdida para o Universo.

Em 2019, foram feitas 17 observações a partir do Havaí sobre a lua de Júpiter, mas somente em uma oportunidade foi possível constatar a presença de água sendo expelida por meio de um espectrômetro de luz. A constatação da liberação de água em plumas, um processo semelhante a um gêiser, foi a comprovação de que há água no satélite natural Europa. Caso queira saber mais sobre o assunto, acesse a reportagem indicada na seção **#FICA A DICA, Professor!**

Se desejar explorar o assunto com os estudantes, é possível realizar neste momento a atividade sugerida na seção **Ampliando**.

### #FICA A DICA, Estudante!

- Para saber mais sobre os organismos extremófilos, ouça o *podcast* disponibilizado a seguir. Disponível em: <https://www.ufmg.br/ciencianoar/conteudo/organismos-extremofilos/#:~:text=Organismos%20extrem%C3%B3filos%20s%C3%A3o%20aqueles%20que,vida%20mais%20comuns%20do%20planeta>. Acesso em: 2 set. 2020.

### #FICA A DICA, Professor!

- Para saber mais sobre organismos extremófilos, leia o seguinte artigo. Disponível em: <https://sbmicrobiologia.org.br/pesquisa-sobre-extremofilos-pode-ajudar-a-entender-possibilidade-de-vida-em-marte/>. Acesso em: 2 set. 2020.
- Caso queira obter mais informações sobre a origem do carbono no planeta Terra, recomenda-se a leitura do seguinte artigo. Disponível em: <http://www.cbpf.br/~martin/CAMS/cursos/ApMicMac.html>. Acesso em: 2 set. 2020.



- Para saber mais sobre a presença de cloreto de sódio dissolvido na água em outros planetas e corpos celestes, acesse os *sites*: <https://www.scientificamerican.com/article/water-on-europa-with-a-pinch-of-salt> e <https://advances.sciencemag.org/content/5/6/eaaw7123> (acessos em: 2 set. 2020). Para traduzir as páginas para a Língua Portuguesa, clique no primeiro ícone à direita presente na barra de endereços e selecione “Português”.

## Ampliando

Essa atividade é uma oportunidade para incentivar o desenvolvimento da criatividade dos estudantes. Peça a eles que elaborem histórias em quadrinhos sobre a exploração espacial. A história pode ser sobre uma expedição que tenha ocorrido de fato, como a viagem de Yuri Gagarin ou o primeiro passo do homem na Lua, ou ser uma história de ficção. Essa atividade deverá ser embasada em fundamentos científicos, explicando os equipamentos que deveriam ser usados para superar as dificuldades espaciais, por exemplo, a ausência de propagação de ondas sonoras no vácuo, a limitação da velocidade das espaçonaves, o tempo levado para chegar a outros planetas, entre outros.

A história em quadrinhos pode ser confeccionada em formato de gibis e disponibilizadas para a leitura da comunidade em um evento cultural na escola. É possível utilizá-la como forma avaliativa.

Ao realizar essa atividade, os estudantes participam de produções artístico-culturais, desenvolvendo a **competência geral 3** e, por meio da linguagem verbal escrita para partilhar informações, a **competência geral 4**.

## Tema 2 • Origem da vida na Terra

Neste tema, serão analisados os seguintes tópicos: a geração espontânea, o experimento de Redi, o experimento de Pasteur e a biogênese, a hipótese de Oparin e Haldane e as hipóteses sobre qual característica dos seres vivos teria surgido primeiro (os genes, o metabolismo ou a compartimentalização). Também serão apresentadas a origem das células eucarióticas e a origem dos seres pluricelulares. Para averiguar os conhecimentos prévios dos estudantes, pode-se fazer os seguintes questionamentos:

- “Vocês conhecem alguma explicação sobre a origem da vida na Terra?”. Essa pergunta tem por objetivo estimular os estudantes a pensar sobre explicações mitológicas ou culturais, não necessariamente uma explicação científica. As respostas serão variáveis e pessoais. Explique aos estudantes que a criação de histórias sobre a origem da vida ou do planeta Terra fazem parte das manifestações culturais que constituem a identidade social de um povo ou de um grupo. Todas devem ser respeitadas, de modo a mobilizar a **competência geral 3**. Nenhuma forma de discriminação deve ser aceita, sendo necessário valorizar o multiculturalismo e evitar qualquer tipo de *bullying*. Sobre isso, sugerimos a leitura de um artigo que mostra uma análise das concepções de estudantes do Ensino Médio sobre a origem da vida, indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!**.

- “Vocês conhecem explicações científicas sobre a origem da vida na Terra?”. É provável que parte dos estudantes conheçam alguma explicação científica sobre o assunto. Verifique as principais ideias e as anote no quadro. Ao final do tema, elas podem ser retomadas e verificadas pelos próprios estudantes.

Na abertura do tema, há um texto sobre a explicação da origem da vida segundo o povo indígena Kaingang. Pergunte aos estudantes o que eles pensam sobre essas histórias. Questione aos estudantes se, em suas crenças, há ideias muito diferentes sobre a explicação da origem da vida. Comente com a turma como os indígenas transmitem as suas histórias entre as gerações, de modo que sua cultura seja mantida entre elas. Nesse momento, incentive a valorização da cultura indígena.

Neste primeiro momento, é interessante fazer uma correlação entre ciência e sociedade. Assim, explique aos estudantes que as formulações científicas são fundamentadas em evidências, experimentos e modelos teórico-explicativos. A construção do conhecimento científico pode mudar ao longo do tempo, desde que uma teoria mude os paradigmas vigentes. Ao contrário das explicações religiosas e mitológicas, que não estão sujeitas ao exame de experimentos e análises de resultados, a Ciência depende da validação de toda uma comunidade de estudiosos.

### » **Abiogênese versus biogênese**

Procure não estimular uma visão pejorativa sobre pensamentos do passado. Explique que a geração espontânea se manteve aceita por um bom tempo entre a comunidade científica e a população de modo geral. Ressalte que os conhecimentos científicos possuem relação com o contexto histórico, social, cultural e econômico em que se desenvolvem. Dessa forma, é possível destacar que, por exemplo, não existia o microscópio, o que impossibilitava a visualização do comportamento de microrganismos. Se julgar necessário, solicite um trabalho sobre a história da Ciência em conjunto com o(a) docente de História da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Ao tratar os experimentos de Redi, mencione aos estudantes que os experimentos científicos precisam ser controlados. Por isso, foi importante manter dois frascos diferentes, um tampado e outro destampado. Se os dois frascos fossem tampados, poderia haver dúvidas sobre o tipo de material em decomposição.

Explique que o experimento de Redi não foi totalmente aceito pela comunidade científica. No século XVII, Anton van Leeuwenhouek desenvolveu o primeiro microscópio monocular, usando lentes biconvexas. Com esse advento, foi possível observar os primeiros microrganismos, denominados animálculos. Alguns anos depois, em 1749, o holandês John Needham ferveu caldos nutritivos em tubos de ensaio, vedou-os por meio de rolhas e constatou o surgimento de seres microscópicos, observados ao microscópio. Essas descobertas possibilitaram uma reinterpretação sobre a geração espontânea.

Após 50 anos dos experimentos de Needham, o cientista Lazzaro Spallanzani demonstrou que o ar presente nos tubos de ensaio também deveria ser esterilizado. Para isso, o cientista italiano ferveu o caldo nutritivo por mais tempo e em temperaturas mais altas, derretendo a superfície do frasco para que ficasse hermeticamente fechado. Após a reprodução dos experimentos de Needham, Spallanzani demonstrou que não era possível criar microrganismos em ambiente estéril. Por

outro lado, Needham argumentou que o aquecimento prolongado havia provocado a destruição da força vegetativa do caldo.

Porém, a descoberta do gás oxigênio, feita por Lavoisier, adicionou um novo componente que suscitou dúvidas na comunidade científica. Os resultados de Spallanzani poderiam ser explicados pela ausência de oxigênio, inviabilizando a geração espontânea. A geração espontânea só foi completamente refutada a partir dos experimentos de Louis Pasteur, já na década de 1860.

Após explicar o experimento de Pasteur, pergunte aos estudantes se eles sabem qual é a importância do processo de pasteurização. Comente que esse processo possibilita a eliminação de microrganismos patogênicos de alimentos, especialmente os laticínios, e é realizado até os dias de hoje.

### » **A origem do primeiro ser vivo**

Ao abordar a linha de pensamento de que a capacidade de replicação do código genético teria marcado o início da vida na Terra, destaque que as moléculas de RNA também apresentam atividade catalítica. Sendo assim, seria possível haver um sistema de autorreplicação que pudesse perpetuar a existência dessas moléculas. Contudo, essa ideia recebe críticas da comunidade científica, já que a autorreplicação do DNA e do RNA dependem de reações metabólicas complexas catalisadas por enzimas, fazendo parte do metabolismo. Como parte desta linha de pensamento, originou-se a hipótese do Mundo de RNA, ideia defendida por muitos cientistas.

Após a apresentação das três linhas de pensamento sobre a origem do primeiro ser vivo, procure trabalhar com os estudantes a importância do desenvolvimento de investigações, da coleta de evidências e da observação de fatos para a formulação de hipóteses científicas. Destaque que as três linhas apresentadas mostram propriedades essenciais para a vida: replicação, metabolismo e compartimentalização. Uma das possibilidades de surgimento da vida indica a coexistência dos três fatores na origem das primeiras células.

### » **Evolução das células**

Ao explicar sobre a hipótese da endossimbiose, comente com os estudantes que, ao contrário das demais organelas, os cloroplastos e mitocôndrias apresentam material genético próprio. Se desejar, neste momento, é possível fazer uma breve revisão a respeito das organelas celulares eucarióticas, destacando suas principais funções.

### » **A origem dos seres pluricelulares**

Pergunte aos estudantes como eles acreditam que teriam surgido os seres pluricelulares. A partir disso, é possível aprofundar o questionamento para a própria definição de ser pluricelular, com perguntas, como: Por que uma colônia de bactérias não é considerada um único ser vivo? Incentive os estudantes a exercer o raciocínio científico.

## #FICA A DICA, Professor!

- Se desejar mais informações sobre os conceitos de estudantes do Ensino Médio sobre a origem da vida, sugerimos a leitura do artigo [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132015000400011&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132015000400011&script=sci_arttext) (acesso em: 11 set. 2020).

## Tema 3 • Classificação dos seres vivos

Neste tema, são estudados os seguintes tópicos: nomenclatura científica dos seres vivos, conceito biológico de espécies e propostas de classificação dos seres vivos. Nesse sentido, é importante que os estudantes compreendam que a classificação dos seres vivos é fundamentada nas relações de parentesco entre as espécies, e não apenas nas características físicas ou capacidades dos organismos. Para averiguar os conhecimentos prévios dos estudantes, pode-se fazer o seguinte questionamento:

- “Quais características podem ser usadas para classificar os seres vivos?”. É possível que os estudantes mencionem as características fenotípicas, como o tamanho, configuração óssea, cores, penas, bico, entre outros fatores. Além disso, podem ser citados o genoma e as características moleculares. Comente com os estudantes que capacidades como o voo ou o nado são características arbitrárias. Por exemplo, são animais que voam: aves, morcegos, insetos, entre outros. Essas características não representam relações de parentesco, ou seja, critérios como tamanho e locomoção não necessariamente correspondem à história evolutiva dos seres vivos. Explique aos estudantes, portanto, que o objetivo da classificação biológica é representar as relações de parentesco entre os seres vivos.

Na abertura do tema, há uma foto de um muçum, um peixe que se assemelha a uma serpente. Peça aos estudantes que avaliem as características do muçum presentes na fotografia para classificarem-no como peixe ou como serpente, realizando um dos questionamentos presentes na abertura.

### » Nomenclatura e classificação dos seres vivos

Comente com os estudantes que há diferentes conceitos de espécie, que são adotados de acordo com o propósito da pesquisa desenvolvida. No entanto, ressalte que o conceito tem por objetivo propiciar a universalidade, operacionalidade e significância teórica para o modelo explicativo. Portanto, há conceitos ecológicos, filogenéticos, evolutivos e biológicos de espécies. Nesta Unidade, será adotado o conceito biológico. Outras possibilidades de conceitos para espécie seriam:

- Conceito tipológico de espécie: uma espécie apresenta indivíduos de características parecidas entre si;
- Conceito genotípico de espécie: uma espécie seria um grupo de indivíduos que produz poucos, ou nenhum, indivíduos intermediários quando em contato com outros grupos.

Ao apresentar os diferentes nomes populares para a espécie *Equus asinus*, destaque a influência do regionalismo na cultura brasileira. Reforce que as diferentes regiões do Brasil possuem aspectos culturais únicos, tornando a população de nosso país diversa e multicultural.

Ao explicar o sistema de Lineu, é importante ressaltar aos estudantes que, em sua época, não havia a compreensão da evolução das espécies. Para os fixistas, as características dos

seres vivos eram imutáveis, assim como as formas geométricas. Somente no final do século XVIII e na primeira metade do século XIX as concepções evolucionistas se consolidaram na comunidade científica.

Comente que o mico-leão-dourado é um exemplo de espécie ameaçada de extinção em nosso país, sobretudo, devido ao tráfico de animais silvestres. Aproveite o assunto para explicar que um dos objetivos da classificação biológica é formar um catálogo de espécies, de modo que seu levantamento nos ecossistemas possibilite compreender seu *status* de ameaça. Essa compreensão pode orientar ações e estratégias para a preservação da biodiversidade. Assim como o mico-leão-dourado, há outros animais ameaçados de extinção no Brasil, presentes no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Se desejar conhecê-lo, acesse o *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!**

Sobre os animais cordados, resalte que eles apresentam a notocorda em alguma fase do seu desenvolvimento embrionário. Essa estrutura é um bastão rígido e flexível que fornece sustentação para o corpo e atua como um eixo sobre o qual os músculos se prendem na locomoção. A notocorda é formada nas primeiras etapas do desenvolvimento embrionário. Nos anfioxos, a notocorda prevalece por toda a vida, mas nos vertebrados ela é substituída pela coluna vertebral.

Após a apresentação da classificação do mico-leão-dourado, se desejar, realize a atividade sugerida na seção **Ampliando**.

### » Diferentes classificações para diferentes tempos

Ao abordar as variações dos modos de classificação em diferentes épocas, procure enfatizar a importância da construção do conhecimento científico e da historicidade da ciência. A organização da árvore da vida é constantemente revisada e novas descobertas são possíveis.

Ao comentar a classificação em três domínios, diga que as análises das moléculas de RNA, que formam os ribossomos, foram feitas porque essas organelas estão presentes tanto em seres procariotos quanto em eucariotos. Se for necessário, retome as funções dessas organelas neste momento, destacando sua importância na síntese proteica.

### #FICA A DICA, Professor!

- O Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção pode ser acessado por meio do *link*: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro\\_vermelho\\_2018\\_vol1.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol1.pdf) (acesso em: 11 set. 2020).

### Ampliando

Se desejar, organize os estudantes em grupos e solicite que pesquisem espécies de animais para realizar uma ficha de classificação, conforme a exposta no tópico **Nomenclatura e classificação dos seres vivos**. Eles deverão pesquisar pelos táxons aos quais essa espécie pertence, identificando algumas de suas características. Ao final, as fichas podem ser apresentadas junto a cartazes ou *slides*. É interessante que os estudantes desenhem ou obtenham imagens que representem os animais pertencentes às fichas produzidas. Essa atividade possibilita o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, pois proporciona a análise de formas de manifestação da vida, considerando diferentes níveis de organização.

## Falando de... Viagem a Marte

Nesta seção, discute-se a exploração do planeta Marte e a busca por indícios de vida nele.

Explique aos estudantes que a detecção de água em Marte foi possível por meio do uso de um instrumento denominado Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding (Marsis), capaz de enviar pulsos de radar que penetram as calotas de gelo de Marte e fornecem informações sobre a superfície, a ionosfera e a subsuperfície. Assim, o Marsis conseguiu medir a propagação de ondas na calota polar e enviou os dados para a sonda espacial da missão.

Para saber mais sobre essa expedição, é possível fazer a leitura de uma reportagem sugerida na seção **#FICA A DICA, Professor!** ao final desta seção. As missões espaciais podem coletar dados experimentais sobre os planetas, asteroides e outros corpos celestes, sendo muito importantes para o desenvolvimento de pesquisas.

Em 2018, pesquisadores da Universidade de Montana conseguiram perfurar uma camada de aproximadamente 1 000 metros de gelo até atingir o lago Mercer, outro lago subglacial na Antártida. Os cientistas coletaram cerca de 60 litros de água desse lago, sendo possível constatar a presença de microrganismos vivos, mesmo em concentrações muito baixas de oxigênio e uma pressão 100 vezes maior que a pressão da superfície. Dadas essas condições, os microrganismos encontrados são considerados extremófilos. Curiosamente, a temperatura da água nesse lago é de  $-0,5$  °C. Para saber mais sobre o assunto, leia a reportagem indicada na seção **#FICA A DICA, Professor!**

Explique aos estudantes que a presença de água líquida nos lagos da Antártida é possível devido às altíssimas pressões. Comente que o ambiente encontrado neles é muito similar aos encontrados em outros planetas ou em satélites naturais, como na lua de Júpiter, Europa. As pesquisas sobre os microrganismos presentes nesses lagos podem contribuir para a compreensão sobre a origem da vida no planeta Terra, assim como para o estudo das condições necessárias para que haja a presença de vida em outros planetas.

Ao final da seção, há uma descrição sobre o MOXIE, instrumento desenvolvido pela NASA que faz parte de pesquisas com o objetivo de gerar moléculas como o oxigênio a partir de gases presentes na atmosfera de outros planetas. Comente que essas pesquisas são possíveis apenas pela descoberta de novas tecnologias, sendo possível abordar o tema contemporâneo transversal Ciência e Tecnologia.

### #FICA A DICA, Professor!

- Para saber mais sobre a descoberta de água líquida em Marte, sugerimos a leitura da reportagem: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-44946892> (acesso em: 11 set. 2020).
- Para saber mais sobre a exploração da Antártida, leia a reportagem: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/16/ciencia/1547660474\\_994225.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/01/16/ciencia/1547660474_994225.html) (acesso em: 11 set. 2020).

## Planejamento

Considerando os conteúdos apresentados nos temas, sugere-se a seguinte distribuição de aulas a ser considerada no planejamento desta Unidade pelos docentes da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

- Tema 1 (Ideias evolucionistas): 6 aulas;
- Tema 2 (Teoria sintética da evolução): 7 aulas;
- Tema 3 (Especiação): 3 aulas;
- Tema 4 (Breve história da evolução da vida na Terra): 4 aulas;
- Tema 5 (Aspectos da evolução humana): 6 aulas.

É importante destacar que essa distribuição foi feita considerando que este Volume seja trabalhado ao longo de um semestre. Caso a dinâmica do trabalho com o Volume seja outra, é possível alterá-la.

## A BNCC nesta Unidade

**Competências gerais da BNCC:** 1, 2, 7, 9 e 10

**Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

**Competências específicas:** 2 e 3

**Habilidades:** EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT207, EM13CNT208, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT305

Esta Unidade propicia o estudo de aspectos relacionados à evolução da vida na Terra. Nesse sentido, apresenta-se brevemente um histórico do pensamento evolutivo, destacando as proposições de Lamarck, de Darwin e de Wallace, para, então, abordar a teoria sintética da evolução, atualmente aceita entre a comunidade científica. Também se aborda o surgimento de novas espécies. A partir desses assuntos, é traçada a história da vida em nosso planeta, enfatizando alguns dos principais eventos evolutivos ocorridos ao longo do tempo geológico. A Unidade é finalizada com a discussão da história evolutiva dos seres humanos, perpassando sua origem e sua dispersão entre os continentes do planeta até o estabelecimento de sociedades. Esses aspectos evolutivos possibilitam a fundamentação de que os seres humanos pertencem à mesma espécie, e, apesar das diferenças físicas, são similares, em termos genéticos. Essa fundamentação é feita de modo a problematizar atitudes discriminatórias e segregacionistas, incentivando os estudantes a defender ideais éticos e responsáveis.

Nesse sentido, ao proporcionar o estudo e a análise da dinâmica da vida, de modo que os estudantes sejam capazes de compreender a evolução dos seres vivos, além de permitir que fundamentem e defendam decisões éticas, essa Unidade possibilita a abordagem da **competência específica 2**. Além disso, em alguns momentos da Unidade é solicitado que os estudantes investiguem situações-problema e avaliem aplicações dos conhecimentos científicos, utilizando procedimentos científicos e linguagem científica. Desta forma, a Unidade também permite o desenvolvimento da **competência específica 3**. Para tanto, a Unidade foi estruturada em cinco temas, explicitados a seguir.

O **Tema 1** apresenta algumas evidências da evolução, como os fósseis, a homologia e os estudos genéticos. Em relação aos fósseis, apresenta-se como são formados, de modo geral. Na sequência, são abordadas algumas das ideias evolucionistas propostas na comunidade científica, sobretudo, as ideias de Lamarck e as ideias de Darwin e de Wallace. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Neste tema, os estudantes irão analisar e discutir modelos teóricos explicativos sobre a evolução biológica, auxiliando na mobilização da habilidade **EM13CNT201**. Além disso, os estudantes irão desenvolver a **competência geral 1**, valorizando conhecimentos historicamente construídos para a explicação de fenômenos da realidade.

Na abertura do tema, são apresentadas fotografias de diferentes espécies de aves, solicitando que os estudantes elaborem explicações sobre seus hábitos alimentares, baseando-se no formato de seus bicos. Nesse sentido, ao exercerem a abordagem e a linguagem próprias da Ciência, relacionadas à análise e à reflexão, é possível desenvolver a **competência geral 2**.

Em uma das atividades ao longo do tema, é solicitado que os estudantes utilizem as premissas da seleção natural para explicar o tamanho populacional de elefantes. Assim, é possível aprimorar o pensamento científico, desenvolvendo a **competência geral 2**. Também é pedido que realizem previsões e estimativas a respeito da evolução dos seres vivos, mobilizando a habilidade **EM13CNT301** para construir e justificar conclusões sob uma perspectiva científica.

Na atividade **2** da seção **Atividades** deste tema, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT303**, pois será necessário que os estudantes interpretem um texto de divulgação científica a respeito de temáticas das Ciências da Natureza, no caso, o desenvolvimento de resistência a agrotóxicos por pragas agrícolas. Também se mobiliza a habilidade **EM13CNT201**, uma vez que há a oportunidade de realizar uma análise sobre as explicações a respeito da evolução da vida e relacioná-las ao exposto no texto.

Já na atividade **5**, é possível desenvolver a **competência geral 7** ao solicitar aos estudantes que construam argumentos a respeito da importância da preservação da natureza, desenvolvendo sua consciência ambiental.

O **Tema 2** aborda os processos evolutivos que compreendem a teoria evolutiva aceita atualmente na comunidade científica: a teoria sintética da evolução. Entre eles, menciona-se a mutação, a recombinação gênica, o fluxo gênico, a deriva genética e a seleção natural. Para tanto, trabalham-se conceitos iniciais da Genética, como gene. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Os assuntos deste tema trazem a incorporação da base teórica de genética e biologia molecular aos conceitos evolucionistas criados a partir do século XIX. Desta forma, o tema continua a abordagem da habilidade **EM13CNT201**, ao tratar da explicação sobre a evolução biológica atualmente aceita na comunidade científica. Essa habilidade também é desenvolvida na atividade **3** da seção **Atividades**.

Na abertura do tema, apresenta-se a dificuldade em se desenvolver vacinas para vírus que apresentam mutações, citando como exemplos o SARS-CoV-2. Nesse sentido, é pedido aos estudantes que apontem o motivo dessa dificuldade, incentivando-os a elaborar explicações para tal fato. Assim, incentiva-se o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes, pois irão investigar causas e elaborar conclusões, desenvolvendo a **competência geral 2**.

Na atividade **2** da seção **Atividades** deste tema, é possível que os estudantes desenvolvam as **competências gerais 7 e 10**, ao serem solicitados a construir argumentos que promovam a consciência socioambiental com relação aos impactos provocados pela sobrepesca e a agir com responsabilidade com base em princípios sustentáveis. Já na atividade **4**, solicita-se aos



estudantes que confeccionem panfletos informativos a respeito da importância da realização de exames periódicos por mulheres. Essa é uma forma de mobilizar a **competência geral 10**, uma vez que irão agir pessoal e coletivamente com responsabilidade, baseando-se em princípios solidários.

O **Tema 3** trabalha o surgimento das espécies, destacando dois processos distintos para a especiação: alopátrica e simpátrica. Ao considerar o conceito biológico de espécie, faz-se necessário destacar mecanismos de isolamento reprodutivo que permitem concluir que duas populações distintas pertencem a espécies diferentes. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Na abertura do tema, há um texto que informa a descoberta de uma nova espécie de dinossauro no território brasileiro. O texto possibilita aos estudantes mobilizar a habilidade **EM13CNT303**, já que irão realizar a leitura e a interpretação de textos de divulgação científica sobre temáticas das Ciências da Natureza. A respeito do texto, é feito um questionamento aos estudantes, solicitando que elaborem uma explicação para o surgimento de novas espécies. Para tanto, eles devem utilizar a abordagem própria da Ciência, incluindo a investigação, a imaginação e a criatividade, desenvolvendo, portanto, a **competência geral 2**.

Na atividade **1** da seção **Atividades** deste tema, também é possível desenvolver a **competência geral 2**, pois, a partir das informações descritas sobre a distribuição de duas espécies de esquilos no Grand Canyon, os estudantes deverão apontar como teria se dado a origem destas. Portanto, irão investigar causas para elaborar conclusões.

O **Tema 4** apresenta uma breve história da evolução da vida na Terra, iniciando a narrativa desde o seu surgimento. Nesta história, destacam-se alguns dos principais eventos evolutivos no planeta, como o surgimento de alguns grupos de seres vivos e as extinções em massa, de modo que seja possível perceber que a vida existente nem sempre foi a mesma. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Os assuntos presentes neste tema permitem a mobilização da habilidade **EM13CNT202**, já que os estudantes poderão analisar as diversas manifestações da vida, em seus diferentes níveis de organização, ao longo do tempo geológico.

Na atividade **3** da seção **Atividades** do tema, é solicitado aos estudantes que proponham ações que podem ser adotadas pela sociedade de modo a evitar prejuízos ainda maiores à biodiversidade do planeta, considerando os apontamentos feitos sobre o assunto. Nesse sentido, pode-se desenvolver a **competência geral 10**, pois é incentivada a ação responsável com base em princípios sustentáveis.

O **Tema 5** aborda aspectos relacionados à evolução dos seres humanos. Inicialmente, destaca-se o parentesco evolutivo mais próximo de seres humanos aos bonobos e chimpanzés, comparativamente a outros primatas. Também são apresentados alguns hominíneos já extintos, destacando aqueles que coexistiram com nossa espécie. Por fim, discorre-se a respeito do surgimento e da dispersão de nossa espécie pelo planeta, formando diferentes sociedades, cujo modo de vida foi alterado até os dias de hoje. Sugere-se que este tema seja trabalhado prioritariamente pelo(a) **docente de Biologia**.

Ao serem trabalhadas a origem, a dispersão e as diferentes formas de ocupação do planeta pela espécie humana, considerando os princípios da evolução biológica, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT208**. Além disso, ao permitir que os estudantes investiguem o uso indevido dos conhecimentos científicos na tentativa de se justificar processos discriminatórios, mobiliza-se a habilidade **EM13CNT305**. Essa habilidade pode ser acionada também na leitura do texto de abertura deste tema.

Ademais, ao fornecer subsídios para que os estudantes ajam pessoal e coletivamente com responsabilidade, autonomia e determinação, baseados em princípios democráticos, éticos e inclusivos, possibilita-se o desenvolvimento da **competência geral 10**.

Nas atividades **1, 3 e 4** da seção **Atividades** do tema, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT208**, sobre a aplicação de princípios da evolução biológica, para analisar a história humana, considerando sua origem evolutiva e sua dispersão pelo planeta. Já na atividade **2**, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT305**, ao permitir que os estudantes investiguem o mau uso dos conhecimentos científicos para justificar, de modo indevido, a segregação e a discriminação. Além disso, desenvolve-se a **competência geral 7**, ao se solicitar aos estudantes que elaborem argumentos para a defesa de pontos de vista e posicionamentos que promovam os direitos humanos.

Nas **Atividades extras** da Unidade, o estudante poderá revisitar os conteúdos estudados ao longo dos temas. Na atividade **1**, os estudantes podem mobilizar a habilidade **EM13CNT201**, uma vez que irão analisar diferentes modelos explicativos para a evolução dos seres vivos. Já na atividade **2**, é possível desenvolver parte da **competência geral 2** ao se trabalhar o pensamento científico dos estudantes, incentivando-os a realizar previsões a respeito da evolução das plantas mencionadas.

Na atividade **3**, é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT208**, ao requerer que os estudantes apliquem os princípios da evolução biológica para analisar alguns aspectos da evolução humana.

Por fim, na atividade **4** é possível mobilizar a habilidade **EM13CNT303**, pois será necessário que os estudantes interpretem texto de divulgação científica para a resolução da atividade. Além disso, ao se solicitar que discutam sobre a cooperação, uma das habilidades socioemocionais necessárias ao convívio em sociedade, é possível realizar um trabalho que desenvolva a **competência geral 9**.

Na seção **Integrando com... Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, apresentam-se correntes de pensamento que se utilizaram de distorções dos conhecimentos científicos para defender a discriminação e a segregação entre os seres humanos. Esta seção permite a mobilização da habilidade **EM13CNT305**.

O trabalho com essa seção tem como objetivo levar o estudante a agir socialmente com responsabilidade, baseando-se em princípios éticos e inclusivos, desenvolvendo, portanto, a **competência geral 10**.

Ao identificar e analisar questões infundadas que se utilizam de maneira deturpada de conceitos científicos para justificar o racismo, os estudantes podem discutir possíveis vulnerabilidades decorrentes disso e desenvolver ações que inibam sua expansão e que promovam a saúde e o bem-estar de maneira generalizada. Nesse sentido, o trabalho com esta seção pode mobilizar a habilidade **EM13CNT207**.

Além disso, na atividade **2** desta seção, é solicitado aos estudantes que pesquisem sobre os direitos humanos, que devem ser igualmente aplicados a toda e qualquer pessoa, sem distinção. Com base nos resultados da pesquisa, é pedido, na atividade **3**, que os estudantes criem uma apresentação que valorize a diversidade humana e a igualdade de direitos entre os seres humanos. Essa atividade, além mobilizar a habilidade **EM13CNT302**, relacionada à comunicação de resultados de pesquisa a públicos variados, representa uma forma de promoção dos direitos humanos e de valorização dos indivíduos, reconhecendo-os, simultaneamente, quanto à sua singularidade e à sua igualdade. Nesse sentido, também desenvolve a **competência geral 9**.

## Tema 1 • Ideias evolucionistas

Este tema trata dos conteúdos listados a seguir: evidências da evolução, história do pensamento evolutivo, as ideias de Lamarck e as ideias de Darwin e Wallace. Com o objetivo de analisar os conhecimentos prévios dos estudantes antes de iniciar o tema, podem ser feitas algumas perguntas de diagnóstico. Alguns exemplos de questões para averiguar a aprendizagem sobre níveis organizacionais dos seres vivos são:

- “As espécies podem mudar suas características ao longo do tempo?”. Provavelmente os estudantes dirão que sim, os seres vivos podem mudar com a passagem do tempo. Se essa resposta não for um consenso ou se a maioria achar que não é possível haver mudanças, dê o exemplo, se possível fornecendo imagens, das espécies de milho selvagem e do milho cultivado nos dias de hoje. Explique aos estudantes que mesmo espécies domésticas e usadas na agricultura podem ser modificadas por meio de cruzamentos predeterminados, com o objetivo de melhorar frutos, obter animais maiores ou com alguma característica desejável.
- “Como diferentes características biológicas surgem em uma dada espécie?”. Alguns estudantes podem achar que as características aparecem para cumprir alguma finalidade. Essa forma de pensar é atribuída ao pensamento teleológico ou finalista. Ressalte aos estudantes que, segundo a teoria da evolução, não há um objetivo para que um determinado órgão ou estrutura se desenvolva, nem tampouco há um planejamento prévio. Ao contrário, mencione que as novas características dos seres vivos ocorrem por meio de mutações aleatórias na sequência de DNA, causando a variabilidade genética. No meio ambiente, os organismos mais adaptados às variações ambientais tendem a apresentar maior probabilidade de sobrevivência e deixam maior número de descendentes.

Na abertura deste tema, há quatro imagens de aves e cada uma das espécies apresenta uma morfologia específica de bico. Pergunte aos estudantes se o bico das aves poderia conferir alguma vantagem adaptativa ao meio ambiente. É possível que identifiquem que os bicos das aves podem determinar o tipo de alimento que poderá ser ingerido por esses animais. Caso não haja respostas adequadas, pergunte se um tucano poderia sugar o néctar de pequenas flores. Provavelmente os estudantes irão identificar que o bico dos tucanos não se encaixaria nas flores pequenas. Apenas pássaros com o bico afilado, como os beija-flores, podem se alimentar do néctar armazenado no fundo da base das flores.

Comente com a turma que a espécie *Amazilia versicolor* é comum nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil e que os beija-flores se alimentam principalmente de néctar de flores. Pergunte se essa espécie poderia predar um animal; é possível que os estudantes digam que não, pois seu bico não possibilitaria que rasgasse a carne dos animais por ser afilado.

O gavião-do-rabo-branco, *Geranoaetus albicaudatus*, é uma espécie comum em quase todo o território brasileiro, sendo mais frequente na região Sudeste. A dieta desta espécie é baseada em animais de pequeno porte, como lagartos, mamíferos e anfíbios. O seu bico é serrilhado e possibilita a predação de animais menores.

Por outro lado, o coleirinho, *Sporophila caerulea*, também é uma espécie distribuída por todo o território brasileiro e mais frequente na região Sudeste. Porém, o seu bico é mais curto e muito forte e essa ave se alimenta de grãos e quirera. Um dos alimentos mais frequentes do coleirinho é o arroz.

Finalmente, a talha-mar é encontrada em quase todo o território brasileiro. Essa espécie se alimenta de peixes e crustáceos presentes na água. A *Rynchops niger* insere a parte inferior do bico na água e pesca o seu alimento.

Ressalte aos estudantes que o bico das aves não possui dentes e é composto pelas narinas, mandíbula superior e mandíbula inferior. Assim, o tipo de bico limita a alimentação das aves, que podem ser herbívoras, carnívoras ou onívoras. As aves carnívoras apresentam, em geral, o bico serrilhado em formato de gancho, podendo cortar a carne de animais variados. Os urubus têm bicos muito mais longos em formato de gancho e se alimentam de animais em decomposição.

## » A vida evolui

Diga aos estudantes que os fósseis não são como ossadas de animais que faleceram há alguns anos. Ao contrário, eles são registros mineralizados de animais que viveram há milhares ou milhões de anos. Cite que nem sempre é possível obter registros inteiros e contínuos de todas as espécies. Porém, a partir de fósseis parciais é possível obter uma ideia das principais estruturas do organismo desses animais e fazer projeções ilustrativas, em programas digitais específicos, de como seria o corpo deles.

A presença do fóssil em uma camada da rocha sedimentar não fornece uma forma precisa de datação. Isso porque podem existir processos de movimentos da rocha e soerguimentos do material, devido aos movimentos das placas tectônicas. Assim, a datação mais precisa deve ser feita por meio da determinação do percentual de carbono-14, por exemplo. Para saber mais sobre o assunto, acesse o *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!**.

Comente com a turma que a fossilização em resinas vegetais é um fenômeno ainda mais raro que a mineralização. Apenas alguns insetos de menor porte ou restos de animais e plantas são encontrados nesses materiais.

É importante ressaltar aos estudantes que as técnicas de biologia molecular são bastante utilizadas para compreender a história evolutiva e as relações de parentesco entre as espécies de seres vivos. A partir do sequenciamento do genoma humano, finalizado em 2003, houve muitos avanços nos estudos genéticos, sendo possível criar árvores filogenéticas fundamentadas em caracteres moleculares e morfológicos. Os genes são sequências de DNA que podem ser codificadas em produtos gênicos, ou seja, moléculas de RNA e/ou proteínas. A análise dos genes possibilita comparar espécies.

A evolução humana e a proximidade evolutiva com outros primatas serão aprofundadas no **Tema 5** desta Unidade. Por enquanto, o objetivo é apresentar a possibilidade de estudo entre as espécies por meio das sequências do DNA.

## » História do pensamento evolutivo

Ao trabalhar temas científicos antigos, é comum que os estudantes acreditem que as ideias são ultrapassadas ou que não devam ser valorizadas. É essencial enfatizar à turma que a Ciência é uma construção humana situada nas condições políticas, econômicas, sociais e culturais da época em que se desenvolve. Assim, é necessário reconhecer quais ideias eram predominantes e como elas dão suporte para construirmos novos conceitos científicos. Desta forma, ao valorizar conhecimentos historicamente construídos, é possível mobilizar a **competência geral 1**.

Caso queira saber mais sobre o pensamento evolutivo, sugere-se a leitura indicada na seção **#FICA A DICA, Professor!**.

Ressalte que, embora as ideias de Lamarck tenham sido parcialmente refutadas, esse cientista foi um dos primeiros a se contrapor à corrente do fixismo, que afirmava não ser possível haver uma mudança das características biológicas das espécies. Portanto, destaque sua importância como um dos primeiros pesquisadores evolucionistas.

Ao comentar as concepções de Lamarck, lembre os estudantes de que não se conheciam fatores hereditários, células reprodutivas nem embriologia. Além disso, não se conhecia a molécula de DNA ou como as sequências gênicas influenciam as características do organismo.

Ao tratar a lei do uso e desuso, forneça alguns exemplos práticos do cotidiano. Por exemplo, grande parte dos atletas apresenta músculos desenvolvidos porque os utilizam em suas profissões. Contudo, essa característica não é transmitida aos filhos. Isso porque o desenvolvimento muscular não altera a constituição genética do indivíduo. Se alterasse, ela poderia ser transmitida aos filhos, pois os gametas formados apresentariam parte dessa alteração.

Ao se contrapor às ideias do fixismo, Lamarck passa a propor a relação do meio ambiente com os seres vivos, admitindo que as espécies poderiam mudar ao longo dos anos. A crítica ao fixismo possibilitou a abertura do campo científico para outras pesquisas, contribuindo para a construção do conhecimento científico atual.

Ao comentar os estudos de Charles Darwin, mencione aos estudantes que a viagem do HMS Beagle proporcionou a Darwin uma enorme quantidade de dados de observação de campo. O pesquisador anotou em seu caderno de viagem a presença de espécies de animais e plantas, as características da paisagem, o clima e as condições ambientais, os fósseis encontrados, entre outros fatores. A partir do registro das informações e das observações, Darwin levantou hipóteses para explicar as razões da biodiversidade nos trópicos e por que algumas espécies eram diferentes entre si. A partir dos estudos desses cadernos de viagem e do levantamento da fauna e da flora, Darwin escreveu o seu livro **A Origem das Espécies**, publicado em 1859, anos depois.

Comente com os estudantes que, além de fazer extensas observações de campo, Darwin também tinha interesse na criação de animais domésticos. Já se sabia que os criadores de pombo poderiam induzir a geração de animais com características específicas a partir de acasalamentos entre linhagens de aves. Essa seleção artificial de caracteres contribuiu para que o cientista pensasse sobre como esse fenômeno ocorria na natureza.

Como apontado pelo naturalista John Gould, cada um dos espécimes de tentilhões coletados nas ilhas de Galápagos pertencia a espécies diferentes. Neste momento, lembre a importância do bico das aves para que se alimentem de forma adequada.

Informe aos estudantes que, para a proposição da teoria da seleção natural, Darwin foi influenciado por Thomas Malthus (1766-1834), um economista britânico que estudou o crescimento populacional. Os trabalhos de Malthus causaram enorme impacto na sociedade britânica ao demonstrar que o crescimento populacional ocorria de forma exponencial, enquanto o crescimento da produção de alimentos crescia de forma linear. Como consequência, poderia haver, em algum momento, uma situação de fome e disputa por alimentos. Malthus não considerou em seus cálculos processos tecnológicos na produção de recursos e alimentos, mas seus trabalhos geraram bastante impacto na época.

Darwin pensou que a competição por recursos poderia influenciar a sobrevivência das espécies, impactando o tamanho populacional e a probabilidade de deixar descendentes. Portanto, populações de indivíduos mais diversas poderiam ter maior chance de superar situações adversas.

## #FICA A DICA, Professor!

- Para obter mais informações a respeito da datação dos fósseis, sugerimos o acesso ao *link* a seguir. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Como-Sabemos-a-Idade-das-Rochas%3F-1070.html>. Acesso em: 11 set. 2020.
- Para saber mais sobre a teoria da evolução, correntes filosóficas de pensamento biológico e processos evolutivos, sugere-se a leitura do livro de MAYR, Ernst. **O que é a evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.

## Tema 2 • Teoria sintética da evolução

Neste tema, são tratados os seguintes tópicos: introdução à Genética, mutações, recombinação gênica, fluxo gênico, deriva genética e seleção natural. Se desejar, é possível realizar uma dinâmica com a turma inteira, realizando perguntas de diagnóstico sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, por exemplo:

- “Por que a escassez de alimentos e água limita o tamanho de uma população?”. É possível que os estudantes reconheçam que a ausência ou falta de disponibilidade de alimentos impeça o crescimento populacional de uma espécie, causado pela ausência de nutrientes, não havendo energia suficiente para os organismos. Explique para a turma que os fatores limitantes do crescimento populacional são chamados de fatores de seleção. Alguns exemplos são: escassez de alimentos, doenças, predadores, entre outros. Informe aos estudantes que a população é definida como um conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que vive em uma localidade.
- “O que acontece com uma população se houver uma doença infecciosa?”. É possível que os estudantes associem as doenças com os fatores de seleção biológica, ou seja, as doenças infecciosas podem diminuir o tamanho da população de uma espécie. Explique aos estudantes que, em populações com maior variabilidade genética, o risco de uma doença afetar toda a população é menor em relação às populações com menor diversidade genética. Isso ocorre porque parte dos indivíduos de uma população podem ser resistentes ao agente infeccioso.

Na abertura deste tema, é discutida a pandemia do novo coronavírus, o SARS-CoV-2, responsável por uma crise sanitária e econômica em diversas regiões do mundo. O texto destaca o papel da biotecnologia para reconhecer o genoma do vírus, bem como para realizar a busca por uma vacina eficaz. Além disso, os estudos genômicos possibilitam aos pesquisadores analisar as relações de parentesco entre as espécies.

### » Introdução à Genética

Na comunidade científica, há debates sobre a definição de ser vivo. A posição majoritária da comunidade científica é que a unidade fundamental da vida é a célula. Os vírus não apresentam células, ou metabolismo, e são dependentes de outros organismos para se reproduzir; portanto, neste material didático, os vírus não são apresentados como seres vivos. Contudo, os vírus apresentam material genético, podendo ser DNA ou RNA e podem evoluir e se reproduzir. Esse tema pode ser controverso para os estudantes; caso haja interesse da turma, podem ser solicitados trabalhos de pesquisa sobre o assunto.

Se desejar, explique à turma que o genótipo é caracterizado pelos genes presentes no material genético dos indivíduos. Por outro lado, o fenótipo é a expressão da característica biológica dos organismos e está relacionado à interação direta com o ambiente. Por exemplo, em exposição à radiação solar, a pele fica mais escura pela produção da melanina, embora as sequências do material genético não sejam necessariamente alteradas pela ação da luz solar. Para ilustrar essa situação, o Livro do estudante apresenta um exemplo de planta hipotética, de modo a facilitar a compreensão dos estudantes.

### » **Mutação**

As mutações, ao contrário das mudanças fenotípicas, alteram a sequência do DNA e podem ser passadas para as próximas gerações, caso estejam presentes nas células reprodutivas, isto é, nos gametas. Nesse sentido, seria possível transmitir as novas características aos descendentes.

### » **Recombinação gênica**

Nesse tema, a recombinação gênica é apresentada para que os estudantes percebam como a variabilidade genética pode ser amplificada em uma população. Portanto, a recombinação é apresentada brevemente.

Se desejar, comente que, durante o pareamento dos cromossomos homólogos, pode haver recombinação entre cromossomos maternos e paternos. Dessa forma, quando os cromossomos são separados na meiose, os gametas terão maior variabilidade genética. Isso possibilita aos descendentes maior variedade de genes, promovendo uma população mais diversa.

Explique aos estudantes que a permutação gênica, também chamada de *crossing-over*, representa a troca de material genético entre os cromossomos homólogos. Esse processo acontece na prófase da primeira divisão da meiose. Isso ocorre porque os cromossomos podem se entrelaçar, formando quiasmas, estruturas que se assemelham a um nó. Após a divisão dos cromossomos pelo fuso acromático, os fragmentos de DNA são passados para seus respectivos homólogos, havendo uma mistura de genes.

### » **Fluxo gênico**

Ao tratar o fluxo gênico, é importante mencionar que as populações de indivíduos de uma mesma espécie apresentam variações no material genético. Relembre com os estudantes o caso dos tentilhões de Darwin, dizendo que o isolamento reprodutivo por várias gerações pode contribuir para o processo de especiação. A especiação é apresentada no **Tema 3** desta Unidade.

A ilustração das populações de borboleta exemplifica um modo de estabelecimento de uma característica em um grupo de indivíduos. É importante que os estudantes levem em conta conceitos biogeográficos para compreender os efeitos populacionais do fluxo gênico. Isso porque os indivíduos não podem acasalar com todos os organismos de uma espécie, somente com aqueles que estejam em regiões acessíveis. Portanto, o isolamento reprodutivo é determinante para as características de uma população.

## » Deriva genética

A deriva genética é um fenômeno relevante, visto que populações pequenas e isoladas com baixa variabilidade genética são mais suscetíveis a doenças ou predação e podem estar ameaçadas de extinção devido à ação da seleção natural. É importante identificar espécies ameaçadas e buscar alternativas reprodutivas para impedir esse fenômeno.

Algumas populações presentes em zoológicos passam por este problema, sendo necessário haver uma rede de comunicação entre pesquisadores, buscando aumentar a variabilidade genética delas.

Na natureza, a construção de estradas e espaços urbanos pode isolar as espécies em pequenas manchas territoriais. Esse fenômeno isola as espécies e pode diminuir a quantidade de recursos disponíveis para a sobrevivência. Uma forma de superar esse problema é a construção de corredores ecológicos, possibilitando a troca de material genético entre indivíduos presentes em localidades diferentes.

## » Seleção natural

Explique aos estudantes que a seleção natural não ocorre aleatoriamente. Pelo contrário, é um resultado da maior capacidade de reprodução de indivíduos com características que constituem vantagens em determinados ambientes. Para evidenciar esses elementos do processo de seleção natural, explore com a turma o exemplo do estudo de Kettlewell sobre as mariposas.

## Tema 3 • Especiação

Neste tema, são analisadas a especiação alopátrica e a especiação simpátrica, além de mecanismos de isolamento reprodutivo. É possível realizar uma dinâmica com todos os estudantes, anotando no quadro as respostas dadas para as perguntas a seguir, que permitem levantar os conhecimentos prévios:

- “Quais critérios são utilizados pelos cientistas para a catalogação de novas espécies?”. Os estudantes poderão citar estudos fósseis, moleculares, genéticos, além das características observáveis dos seres vivos. Diga que todas essas características são levadas em consideração.
- “Considere que duas populações de uma mesma espécie sejam separadas geograficamente. É possível que, com o passar dos anos, elas se tornem espécies distintas?”. É esperado que os estudantes respondam que sim. Aproveite para questioná-los do porquê. É possível que digam que diferentes eventos e processos evolutivos atuarão sobre as populações, de modo que, com o passar do tempo, se diversifiquem a ponto de se tornarem diferentes espécies. Caso esta resposta não seja obtida, é possível anotar as explicações da turma no quadro para que verifiquem se estão corretas, após o estudo do tema.

Na abertura do tema, há um texto que relata a descoberta de uma nova espécie de dinossauro no território brasileiro. Peça que voluntários façam a leitura do texto em voz alta, incentivando a participação dos estudantes.

Conforme apresentado na **Unidade 3** deste Volume, aqui também é utilizado o conceito biológico de espécie.



### » Isolamento reprodutivo

É importante ressaltar aos estudantes que o isolamento reprodutivo é essencial para que haja o processo de especiação, ao se considerar o conceito biológico de espécie. O quadro apresentado organiza tipos de isolamento reprodutivo, associando as condições de sua ocorrência ao mecanismo de isolamento. Essa atividade é importante para trabalhar o Tema Contemporâneo Transversal Meio Ambiente.

Se desejar, comente com os estudantes que o isolamento gamético pode acontecer devido ao não reconhecimento dos espermatozoides pelo ovócito. Nos mamíferos, por exemplo, o espermatozoide apresenta substâncias na membrana plasmática que são reconhecidos pela zona pelúcida. Desta forma, se o espermatozoide não apresentar as substâncias necessárias, não será possível haver fecundação.

### » Especiação alopátrica

Ao abordar a especiação alopátrica, retome os processos evolutivos anteriormente estudados, tais como: mutação, recombinação gênica, fluxo gênico, deriva genética e seleção natural. Como as populações de uma mesma espécie estão isoladas por uma barreira geográfica, esses processos vão atuar de forma distinta, gerando particularidades e características próprias em cada grupo.

Destaque aos estudantes que essas barreiras não são necessariamente decorrentes de processos geológicos intensos, como montanhas ou vales. Uma barreira está relacionada à capacidade de deslocamento da espécie; por exemplo, um pequeno riacho pode ser uma barreira geográfica para formigas, mas não o ser para uma ave.

### » Especiação simpátrica

Explique aos estudantes que, ao contrário da especiação alopátrica, a especiação simpátrica ocorre sem que as novas espécies formadas estejam geograficamente isoladas. Explore com a turma a representação esquemática das etapas da especiação simpátrica e o exemplo hipotético de poliploidia apresentado.

## Tema 4 • Breve história da evolução da vida na Terra

Este tema proporciona o estudo de uma breve história da evolução da vida na Terra e as relações evolutivas entre seres vivos, expressas por meio de cladogramas. Para planejar as aulas e verificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o assunto, é possível fazer alguns dos seguintes questionamentos:

- “Quais são as características em comum entre todos os seres vivos?”. Os estudantes poderão identificar que os seres vivos são organizados em células, possuem um metabolismo próprio, são capazes de se reproduzir, entre outros fatores. Procure organizar as respostas no quadro, explicando as características citadas pelos estudantes.
- Em seguida, pergunte: “Que espécies de seres vivos conhecidas por vocês já foram extintas?”. É possível que a turma reconheça os dinossauros. Amplie a discussão, de modo que percebam que todos os ancestrais das espécies existentes atualmente foram extintos.

Na abertura do tema, há um texto sobre os celacantos, peixes que vivem em águas profundas, sendo considerados fósseis vivos, entre outras razões, pela baixa variabilidade genética da espécie. Ainda assim, os celacantos atuais não são idênticos aos antigos fósseis descobertos no passado. Pergunte aos estudantes se eles têm hipóteses para explicar essas mudanças além daquelas apresentadas no texto. Indique as respostas no quadro para que a turma possa avaliar atentamente essas possibilidades. A formulação de hipóteses permite o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT301**.

Para saber mais sobre os celacantos, veja o *link* disponibilizado na seção **#FICA A DICA, Professor!** .

Se preciso, retome como ocorre a formação de fósseis, apresentadas no **Tema 1** desta Unidade. A retomada pode ser importante para que os estudantes entendam como a vida se modificou ao longo do tempo geológico.

### » **História da vida na Terra**

Em virtude da limitação do número de páginas do livro e em respeito à idade escolar dos estudantes, não foram apresentadas todas as divisões do tempo geológico no planeta Terra. Essas são classificadas em éons, eras, períodos, épocas e idades. Caso queira saber mais sobre, sugerimos acessar o *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!** ao final deste tema. Em relação aos estromatólitos, sugerimos o *link* disponibilizado na mesma seção para maiores informações.

Ao tratar organismos pluricelulares, pode-se comentar com a turma que o registro fóssil indica a presença de seres muito próximos às algas vermelhas em rochas de aproximadamente 1,6 bilhões de anos, enquanto o registro de seres unicelulares remonta a 3,5 bilhões de anos. Isso possibilita aos estudantes compreender que a evolução ocorre em escalas de tempo muito grandes.

Além disso, comente que os registros fósseis dos primeiros animais são controversos. Em 2018, na Austrália, foram descobertos fragmentos de fósseis de Dickinsonia cuja matéria orgânica ainda estava preservada. Esse fóssil tem aproximadamente 558 milhões de anos e apresentava moléculas de colesterol preservadas. Como as plantas não sintetizam colesterol em seu metabolismo, esse passou a ser considerado o mais antigo fóssil animal encontrado.

Ao abordar a conquista do meio terrestre pelos animais, procure perguntar aos estudantes quais seriam as adaptações necessárias à vida nesse ambiente. Comente que muitos invertebrados já habitavam o ambiente terrestre, mas os tetrápodes o conquistaram milhares de anos depois. Comente fatores como a excreção, os tipos de ovos, a presença de membros e de órgãos respiratórios, entre outras adaptações. Se desejar, é possível solicitar trabalhos de pesquisa em grupo para que os estudantes façam curadoria própria de material bibliográfico.

É muito provável que a maioria dos estudantes se interesse pela evolução da espécie humana. Nesse sentido, procure citar para a turma que sua origem no planeta Terra ainda é controversa. Até o ano de 2017, acreditava-se que a espécie humana tinha se originado há cerca de 100 mil anos. Porém, em 2017 foi encontrado o que parece ser um crânio de *Homo sapiens* com aproximadamente 315 mil anos



## Tema 5 • Aspectos da evolução humana

Neste tema, são estudados os seguintes tópicos: algumas características da ordem primata, uma breve história evolutiva da espécie humana e aspectos da sociedade humana. Para trabalhar este tema de forma mais completa, é desejável que os estudantes compreendam as principais ideias evolucionistas, estudadas nos tópicos anteriores desta Unidade. Com o objetivo de planejar as aulas e verificar o conhecimento prévio dos estudantes, é possível fazer algumas questões de diagnóstico, como as seguintes:

- “A seleção natural age sobre a espécie humana?”. É possível que alguns estudantes digam que não. Contudo, diga que todos os seres vivos estão sujeitos aos processos evolutivos, como a seleção natural. Nesse sentido, retome os processos estudados no **Tema 2** desta Unidade: mutação, recombinação gênica, fluxo gênico, deriva genética e seleção natural.
- “Pode-se afirmar que a evolução da espécie humana significa uma melhoria nas características dos seres humanos?”. Atente-se para os estudantes que responderem que sim, pois é muito importante destacar que não há propósito na evolução biológica. As características são selecionadas de acordo com as condições ambientais. As características consideradas vantajosas permitirão aos indivíduos que as portam terem maior probabilidade de sobreviver e de se reproduzir, possivelmente, transmitindo-as aos descendentes. Contudo, frente a alterações nas condições do ambiente, elas podem passar a ser desvantajosas, sendo pouco selecionadas entre as próximas gerações. Utilize essa discussão para enfatizar que não há superioridade racial ou genética, abordando parcialmente a habilidade **EM13CNT305**. Enfatize que é preciso valorizar as diferentes características da população humana, respeitando a história das etnias, seus valores e o multiculturalismo.

Na abertura do tema, há uma imagem com diferentes fenótipos de pessoas. O texto aponta a questão racial do ponto de vista biológico e as bases genéticas que tornam o conceito de raça infundamentado. Enfatize aos estudantes que as raças são reconhecidas como construções humanas que geram e justificam enormes desigualdades sociais, não sendo sustentadas do ponto de vista biológico.

Procure enfatizar aos estudantes que os processos de colonização e exploração da força de trabalho foram acompanhados pela defesa, por parte de alguns cientistas do final do século XIX e começo do século XX, de ideias eugenistas. Explique para a turma que a eugenia consiste no conceito de raça pura e supremacia racial, iniciada pelos estudos de Francis Galton, ao final do século XIX. Esclareça que as ideias de eugenia não apresentam fundamentação científica, sendo que essas concepções são crenças e não teorias científicas válidas. A compreensão do uso oportunista de concepções científicas equivocadas na justificativa de processos de segregação racial e supressão de direitos é fundamental para promover discussões e estimular o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT305**. Se for possível, sugere-se a realização de uma atividade de sobre o assunto na seção **Ampliando**.

### » A ordem primata

Ao retratar a ordem dos primatas, diga que o polegar opositor é uma característica importante para o manuseio de objetos, a captura de alimentos e a realização de uma série de movimentos complexos, como agarrar, escalar, manipular, entre outros.

É possível que parte dos estudantes tenha a percepção espontânea de que os seres humanos vieram dos macacos. Explique para a turma que essa concepção é errônea. Na verdade, os

seres humanos e os demais primatas compartilham o mesmo ancestral, já extinto, que se modificou e se diversificou em diferentes linhagens, originando os primatas atuais.

Um estudo revelou que os genomas do chimpanzé e dos humanos, se comparados diretamente, possuem 99% de similaridade, mas que a parte efetiva codificadora de proteínas é similar a 96%. Outro estudo comparou o genoma dos bonobos com o dos seres humanos, e identificou 98,7% de similaridade. Estes estudos estão disponíveis na seção **#FICA A DICA, Professor!**

### » **História evolutiva do ser humano**

Ao tratar a história evolutiva dos seres humanos, faça a leitura do gráfico que representa a linha do tempo de alguns hominíneos em conjunto com os estudantes. Pergunte o que eles compreendem dele antes de ler o texto. Em seguida, explique para a turma que o gráfico aponta o surgimento e a extinção de cada uma das espécies desse grupo na escala de tempo geológica.

Ao serem mencionados seres humanos, tratamos exclusivamente da espécie *Homo sapiens*, embora outras espécies do gênero *Homo* possam ser consideradas seres humanos. No caso, a espécie *Homo sapiens* seriam os seres humanos modernos. Esse tipo de distinção faz-se necessária para fins didáticos. Se desejar mais informações sobre o assunto, é possível ler o texto indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!**

Comente com os estudantes que o primeiro fóssil encontrado da espécie *A. afarensis* tem cerca de 3,2 milhões de anos. O esqueleto estava 40% completo e era de uma fêmea, que recebeu o nome de Lucy.

Os indícios sobre a postura bípede parcial foram obtidos por meio da interpretação da posição do forame magno em *S. tchadensis* e *O. tugenensis*. Sobre o assunto, leia o texto sugerido na seção **#FICA A DICA, Professor!**

### » **Sociedade humana**

Ao introduzir os estudos sobre a sociedade humana, pode-se fazer um trabalho em conjunto com o(a) docente de Geografia e o(a) docente de História, da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, com o objetivo de identificar outras características das sociedades humanas, reforçando aspectos culturais, geográficos e históricos. Isso possibilita uma compreensão mais ampla da sociedade humana.

Inicialmente, procure construir um conceito coletivo de cultura com os estudantes. Informe a turma que o conceito pode ser trabalhado por meio de definições lexicais ou pelo estudo do trabalho de campo com povos tradicionais, averiguando ritos, processos e maneiras de socialização entre os indivíduos. Destaque aos estudantes que não há uma cultura superior ou inferior à outra; ao contrário, todos os povos têm o direito de existência e manutenção de suas tradições.

Enfatize que a intolerância fere a dignidade das pessoas. Com relação ao assunto, destaque que a dignidade da pessoa humana é um direito assegurado pela Constituição Federal Brasileira de 1988.

## #FICA A DICA, Professor!

- Se desejar conhecer o estudo que fez uma análise da similaridade genética entre chimpanzés e seres humanos, acesse o *link* a seguir. Disponível em: <https://www.genome.gov/15515096/2005-release-new-genome-comparison-finds-chimps-humans-very-similar-at-dna-level#:~:text=The%20DNA%20sequence%20that%20can,sequences%20in%20chimps%20and%20humans>. Acesso em: 18 set. 2020.
- Se desejar conhecer o estudo que fez uma análise da similaridade genética entre bonobos e seres humanos, acesse o *link* a seguir. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature11128>. Acesso em: 15 set. 2020.
- Se desejar saber mais sobre outras espécies do gênero *Homo*, acesse o texto indicado no *link* a seguir. Disponível em: <https://www.nhm.ac.uk/discover/the-origin-of-our-species.html>. Acesso em: 11 set. 2020.
- Para maiores informações sobre a postura bípede parcial de *S. tchadensis* e de *O. tugenensis*, pode-se consultar a referência a seguir. Disponível em: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/overview-of-hominin-evolution-89010983/>. Acesso em: 11 set. 2020.
- A Constituição Federal Brasileira pode ser obtida por meio do *link* a seguir. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 11 set. 2020.

## Ampliando

Essa atividade visa a análise de situações da vida cotidiana, estilos de vida e valores, voltada à problematização de formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação. Peça aos estudantes que formem grupos, realizem uma pesquisa sobre essas situações e confeccionem cartazes e/ou apresentações digitais sobre o assunto, de modo a problematizá-las e reiterar o respeito e a valorização da diversidade humana. Os cartazes ou apresentações devem ser disponibilizados à comunidade escolar como um todo.

Essa atividade permite que os estudantes ajam com responsabilidade, baseando-se em princípios democráticos e inclusivos, conforme apontado pela **competência geral 10**, que pode, portanto, ser mobilizada.

## Integrando com... Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Nesta seção, é proposta uma integração com a área das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas ao apresentar a igualdade dos seres humanos com relação à sua origem evolutiva e aos aspectos genéticos, problematizando e desnaturalizando formas de discriminação e racismo.

Além disso, ao se destacar a inexistência de fundamentos científicos para a segregação, a discriminação e o racismo – que são construções sociais que devem ser problematizadas e desconstruídas –, é possível se trabalhar a educação das relações étnico-raciais existentes na sociedade, um Tema Contemporâneo Transversal. Também, em uma das atividades, ao se solicitar que os estudantes pesquisem sobre os direitos humanos, conhecendo-os e compreendendo que são igualmente aplicados a toda e qualquer pessoa, sem distinção, é possível se trabalhar a educação em direitos humanos, outro Tema Contemporâneo Transversal.

Se julgar pertinente, peça a um estudante voluntário que faça a leitura em voz alta do texto. Em seguida, solicite aos estudantes que apresentem apontamentos sobre a leitura, por exemplo, o que pensaram, se discordam ou concordam, e peça que forneçam argumentos para fundamentar suas opiniões.

Explique aos estudantes que o racismo científico, na verdade, não faz parte das Ciências da Natureza. Um dos primos de Charles Darwin, Francis Galton, estudou matemática, meteorologia e antropometria e publicou um livro em 1883, *Inquiries into Human Faculty and Its Development*, em que apresentava o conceito de eugenia. Nesse livro, Galton defende que a espécie humana poderia ser aperfeiçoada por meio da seleção genética. O que motivou as conclusões de Galton foi o estudo sobre as famílias britânicas do final do século XIX. Galton acreditava que as faculdades mentais, como o quociente de inteligência, apresentavam um padrão hereditário.

Os estudos de Galton levaram muitos cientistas a defender a supremacia racial e o conceito de raça pura, justificando a discriminação de uma grande parcela da população sob pretextos pseudocientíficos. Ao estudar as famílias mais ricas do Reino Unido, Galton ignorou a influência do meio sobre a condição econômica, tais como a escolarização das pessoas, acesso aos livros e à informação, bem como as condições mínimas de sobrevivência, por exemplo, acesso a alimentos, saneamento básico, entre outros fatores que prejudicam as interações sociais e o desenvolvimento socioeconômico. As teorias da eugenia serviram para justificar processos de colonização de regiões africanas, asiáticas e americanas e a discriminação de pessoas negras, indígenas e asiáticas.

Enfatize que o conceito de eugenia também fundamentou o holocausto, o assassinato de uma enorme quantidade de judeus durante a Segunda Guerra Mundial. Se possível, realize um trabalho de pesquisa em conjunto com a disciplina de História. Além disso, é possível aprofundar os estudos sobre a História do Brasil, explorando as origens do racismo brasileiro e o uso indevido das Ciências da Natureza para justificar a discriminação racial.

Para saber mais sobre eugenia, acesse o *link* indicado na seção **#FICA A DICA, Professor!** ao final desta seção.

Aproveite para conversar com os estudantes sobre um dos estudos que contribuíram para refutar a eugenia, a pesquisa sobre Genética de Populações. O geneticista Theodosius Dobzhansky (1900-1975) demonstrou que populações de moscas cujo material genético era mais homogêneo apresentavam maior suscetibilidade a doenças e malformações, diminuindo a probabilidade de sobrevivência de uma possível raça pura, se esta existisse. Além dos estudos genéticos, o antropólogo Franz Boas (1858-1942) demonstrou que os resultados de testes de Quociente de Inteligência (Q.I.) que costumavam ser aplicados no passado não representavam uma relação causal entre raça e inteligência, mas sim com o grau de escolarização e com a familiaridade com a linguagem utilizada nos testes, por exemplo.

A eugenia já foi diversas vezes refutada e não é considerada uma teoria válida para as Ciências da Natureza. Destaque aos estudantes a importância de valorizar as múltiplas características biológicas da espécie humana.

### #FICA A DICA, Professor!

- Se desejar mais informações sobre eugenia, sugerimos a leitura do artigo a seguir. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-31662008000200004](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662008000200004). Acesso em: 11 set. 2020.

## Unidade 1 • Origem, formação e observação do Universo

1. Resposta pessoal. Faça uma dinâmica com os estudantes para escreverem no caderno seu endereço no Universo, iniciando pelo seu número de casa, seguido de sua rua, de seu bairro, de sua cidade, de seu estado, de seu país, do planeta em que vivemos, do sistema e da galáxia.
2. Resposta pessoal. O objetivo desta atividade é proporcionar uma reflexão sobre a importância dos equipamentos espaciais para a ampliação do conhecimento do ser humano sobre o Universo e sua aplicação. Não se espera que os estudantes saibam a fundo o funcionamento desses equipamentos, mas sua função básica, como a de captar e analisar imagens.
3. Resposta pessoal. O objetivo deste questionamento é verificar a curiosidade e o apreço dos estudantes sobre o assunto.

### Tema 1: Formação e estrutura do Universo

1. Resposta pessoal. É possível que os estudantes respondam estrelas, “nuvens” espaciais, entre outros. A imagem 1 é de uma nebulosa (cabeça de cavalo); a imagem 2 mostra um aglomerado de galáxias (Abell 2151 ou Hércules; a imagem 3 apresenta um buraco negro (M87 – a única imagem até hoje obtida de um buraco negro).
2. Resposta pessoal. Cluster de galáxias – 500 000 000 anos-luz de distância da Terra; buraco negro – 53 490 000 anos-luz da Terra. Nebulosa – 1 500 anos-luz de distância da Terra.
3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes citem estrelas, planetas, luas, cometas, galáxias, entre outros.
4. A nebulosa cabeça de cavalo, pois ela se encontra a aproximadamente 150 000 anos-luz da Terra.
5. Resposta pessoal. O objetivo desta atividade é que os estudantes conheçam modelos explicativos sobre a origem e a evolução do Universo. Por exemplo, eles podem pesquisar pelo modelo estático, que considera que o Universo teve e continuará tendo o mesmo aspecto com o passar do tempo; pelo modelo expansivo, que considera que o Universo esteja em expansão; entre outros. Sugira-os que utilizem o *link* a seguir como fonte de busca <https://www.iag.usp.br/siae98/universo/ouniverso.htm>. Acesso em: 17 set. 2020. Oriente-os para conversarem sobre as explicações pesquisadas, comparando-as.

### Atividades

- a) Via Láctea é uma galáxia formada por bilhões de estrelas, onde se situa o Sistema Solar. Via Láctea significa “caminho de leite” devido ao aspecto esbranquiçado formado por suas estrelas, e possível de ser observada da Terra.
- b) O principal motivo está relacionado à poluição luminosa (luzes, placas, semáforos) que impedem a

visualização da escuridão natural do céu, e dificultam identificar o contraste da luz emitida pelas estrelas.

- c) Resposta pessoal. Incentive os estudantes a procurar locais onde seja possível observar o céu com menor interferência da luminosidade. Se considerar oportuno, leve-os para uma observação noturna ou convide um grupo de astronomia para realizar observações na escola, ou em local mais apropriado. Se em sua região tiver algum observatório astronômico, verifique a possibilidade de agendar uma visita com os estudantes.
2. O Sistema Solar é formado por uma estrela, o Sol, oito planetas, em ordem de distanciamento do Sol (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno), cinco planetas anões (Plutão, Ceres, Éris, Makemake e Haumea), mais de 200 luas, dois cinturões de asteroides, um maior entre Marte e Júpiter, e outro menor, após a órbita de Netuno, cometas e meteoroides.
3. O *Big Bang* foi a grande explosão de uma singularidade que ocorreu há 13,8 bilhões de anos, causando a expansão de um ponto no qual a temperatura e a densidade eram infinitamente altas e que liberou toda a matéria e energia que existe no Universo.
4. a)



NOCTUA SOFTWARE LIMITED

b) Os astros tiverem, e ainda têm, influência nas manifestações artísticas, crenças, costumes e na mitologia. A observação dos astros auxilia a fazer previsões sobre a chegada dos melhores momentos de plantio e colheita, na orientação espacial, entre outros.

c) Constelação é um agrupamento de estrelas visíveis no céu, as quais os astrônomos da antiguidade imaginaram formar figuras de pessoas, animais ou objetos.

d) As Três Marias (Mintaka, Alnilan e Alnitaka) e Betelgeuse pertencem à constelação de Órion. Sírius é uma estrela pertencente à constelação de Cão Maior e Prócyon pertence à constelação de Cão Menor.

e) O objetivo desta atividade é que o estudante possa ter acesso a um simulador astronômico, despertando nele o interesse pela observação do céu. Verifique a possibilidade de realizar esta atividade no laboratório de computação da escola. Também é possível baixar o aplicativo de mesmo nome no celular, e realizar a dinâmica em sala.



A seguir, um passo a passo de como manipular o simulador. Acesse o *link* disponibilizado no livro do estudante. A página desse simulador pode ser traduzida para a Língua Portuguesa; para isso, verifique as configurações do navegador que será utilizado para habilitar a tradução. Em boa parte dos navegadores, aparece um ícone relacionado à tradução da página no canto direito da barra de endereços. Clique neste ícone e selecione “Português”. Aguarde alguns instantes até que as informações sejam atualizadas para a Língua Portuguesa. Então, conceda acesso à sua localização, solicitada pelo simulador, clicando em “permitir”. Aguarde um momento, até que sua localização seja atualizada, indicada no canto inferior esquerdo por “Perto de (nome de sua cidade) [unknown]”. Para fazer as pesquisas das constelações, digite o nome delas em “Procurar [search]”, situada na porção central superior da tela. Um exemplo é digitar “Orion”. Após digitar, irá aparecer uma lista de opções abaixo. Verifique qual delas está adequada ao que deseja pesquisar e a selecione; no caso, a opção seria “Orion – Constelação [Orion constellation]”. Aguarde o simulador encontrar a constelação. Dependendo da hora do dia, é possível que a constelação de Órion não apareça acima da linha do horizonte. Para que isso aconteça, simule outros horários, normalmente horários noturnos, até que Órion esteja acima da linha do horizonte. Para simular a passagem do tempo, clique no quadro no canto inferior direito, onde aparece a data e a hora da simulação. Informações sobre a constelação pesquisada aparecerão na tela juntamente à uma caixa de informações a seu respeito no canto superior esquerdo. Na porção central inferior da tela, ao clicar no ícone “Constelações [constellations]”, todas as constelações próximas irão aparecer na tela, com seus respectivos nomes. Ao clicar em “Arte das Constelações [constellations art]”, as figuras mitológicas e/ou criaturas místicas que as representam irão aparecer na tela. Ao clicar em “Atmosfera [atmosphere]”, a atmosfera irá se fazer presente na tela. Um *zoom* pode ser dado clicando em “+”, situado abaixo da caixa de informações da constelação. Caso queira desaproximar, clique em “-”, situado abaixo da caixa de informações da constelação.

## Tema 2: Ciclo estelar e formação dos elementos químicos

1. Espera-se que os estudantes identifiquem a redução do percentual de hidrogênio, o aumento do percentual de hélio e o surgimento de outros elementos químicos no segundo gráfico em relação ao primeiro e elaborem uma hipótese de que, conforme o Universo foi se expandindo e esfriando, houve a síntese de hélio e de outros elementos químicos a partir do hidrogênio.
2. 4,6 bilhões de anos.
3. Morte de estrelas não massivas ou explosões de estrelas massivas.

### Atividades

1. a) Ciclo de vida de estrelas não massivas.  
b) Carbono e nitrogênio.

c) No início do ciclo de vida de uma estrela de massa próxima à do Sol, (representado pela letra A), ocorre a transformação do hidrogênio ( $^1\text{H}$ ) de seu núcleo em hélio ( $^2\text{H}$ ), e em outros elementos em menor quantidade, como o carbono ( $^{12}\text{C}$ ), e o nitrogênio ( $^{14}\text{N}$ ) por meio de fusão nuclear. Quando o hidrogênio está terminando, a estrela inicia sua fase final. Considerando o Sol como exemplo, nesse estágio, seu núcleo irá colapsar, aumentar sua temperatura e queimar o hidrogênio das camadas externas. Nessas condições, o Sol irá se expandir e se tornar mais luminoso, mas mais frio, se tornando uma gigante vermelha (representado pela letra B). Ao final da fase de gigante vermelha, o Sol perderá muita massa para o Universo, e suas camadas externas irão se espalhar pelo espaço, formando uma nebulosa planetária (letra C). Após milhares de anos dessa fase, o Sol se transformará em uma pequena e quente estrela anã branca (D), aproximadamente do tamanho da Terra. Sem a produção de energia, gradativamente esta anã branca esfriará e se transformará em uma anã negra.

### 2.

a) Os elementos essenciais do corpo humano são: oxigênio (O), carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), sódio (Na), Cloro (Cl) e Magnésio (Mg). Os elementos-traço do corpo humano são: Boro (B), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Flúor (F), Iodo (I), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Selênio (Se), Silício (Si), Estanho (Sn), Vanádio (V) e Zinco (Zn).

A resposta presente nesta atividade foi obtida a partir de REECE, J. B., *et al.* **Biologia de Campbell**. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 29. É possível que haja divergência entre as fontes consultadas com relação aos elementos essenciais e os elementos-traço.

b) Um mesmo elemento químico pode ter sido formado por processos diferentes ao longo da formação do Universo e do ciclo de vida de uma estrela. Entre os principais processos, estão: a fusão no *Big Bang*, que originou o hidrogênio; a fissão da radiação cósmica, que origina o boro; a explosão de estrelas massivas, que originam o oxigênio, o carbono, o nitrogênio, o cálcio, o fósforo, o potássio, o enxofre, o sódio, o cloro, o magnésio, o cromo, o cobalto, o cobre, o flúor, o ferro, o manganês, o selênio, o silício, o vanádio e o zinco; a explosão de anãs-brancas, que originam o cálcio, o fósforo, o potássio, o enxofre, o cloro, o cromo, o cobalto, o cobre, o ferro, o manganês, o silício, o vanádio e o zinco; a fusão em estrelas de nêutrons, que originam o iodo, o molibdênio e o estanho; e, a morte de estrelas não massivas, que originam o carbono, o nitrogênio, o iodo, o molibdênio e o estanho.

c) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes concordem com a afirmação feita, visto que grande parte dos elementos químicos que constituem o corpo humano foram formados a partir de eventos do ciclo de vida de uma estrela – com exceção do hidrogênio (formado na fusão do *Big Bang*) e do boro (formado a partir da fissão da radiação cósmica). Caso os estudantes discordem, verifique suas justificativas.

3. Considerando a quantidade existente no Universo e a longevidade dos tipos de estrelas, existe uma maior probabilidade de se encontrar indícios de vida em planetas que orbitam as estrelas com massa próxima a do Sol, (do tipo K), já que estão presentes em grande quantidade no Universo e são estrelas de grande longevidade, com vida estimada entre 28 e 80 bilhões de anos. Contudo, é preciso considerar outras características, como a distância do planeta em relação à estrela. Portanto, não bastaria apenas orbitar estrelas do tipo K.
4. a) Porque o elemento químico hélio tem menor densidade que os elementos químicos dos demais gases que compõem o ar atmosférico. Devido à menor densidade desse elemento, balões inflados com gás hélio irão flutuar.  
b) Logo após o *Big Bang*, o Universo era formado por energia eletromagnética (fótons), elétrons, prótons e nêutrons. Conforme o Universo esfriava e expandia, prótons se chocavam com elétrons e nêutrons e formavam átomos de hidrogênio. Por meio de fusão nuclear, um processo em que dois núcleos se combinam para formar um único núcleo mais pesado, átomos de hidrogênio formaram átomos de hélio.
5. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que não, visto que o processo de formação de elementos químicos naturais ocorreu ao longo do ciclo de vida de estrelas que existiram há bilhões ou milhões de anos.

### Tema 3: Observando o Universo: reflexão da luz

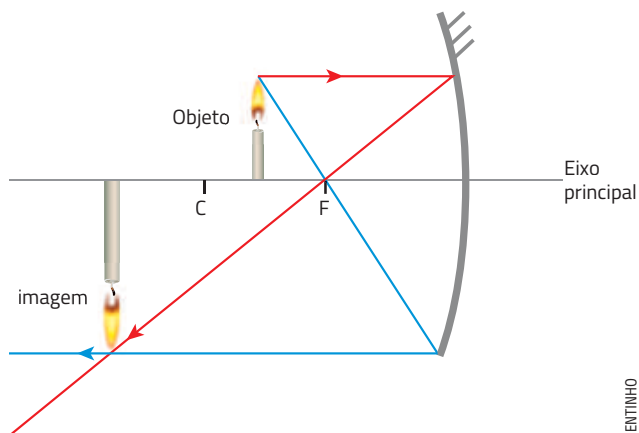
1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes indiquem que a observação na pré-história era feita a olho nu. Já no século XV, teve início a utilização de instrumentos ópticos e hoje a observação é feita com lunetas e telescópios terrestres e espaciais. Entretanto, muitas vezes, a tecnologia substitui a observação em campo.
2. Resposta pessoal. Oriente a entrevista e as pesquisas. Aproveite a oportunidade para trabalhar a cultura indígena, solicitando explicações dadas por diferentes tribos para os fenômenos astronômicos. Desenvolva uma conversa que promova o respeito pela cultura e, ao mesmo tempo, a importância da Ciência.
3. O ângulo central deve ser  $\alpha = \frac{360^\circ}{7} \Rightarrow \alpha \cong 51,5^\circ$ .
4. Ao girar, o disco fica todo branco.
5. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes digam que o disco só fica branco se a velocidade de rotação tiver uma determinada rapidez mínima. Nas pesquisas, será interessante se surgir algo relacionado à frequência.

### Atividades

1. Os estudantes podem citar como exemplos o revestimento de elevadores, de cômodos pequenos e de salões de restaurantes. A justificativa está no fato de a imagem se

localizar atrás do espelho de maneira simétrica em relação a ele. Assim, se a pessoa está a um metro da parede, a distância entre ela e sua imagem será de dois metros, por isso temos a sensação de ampliação dos espaços.

2. Os espelhos convexos também são utilizados nas proximidades de elevadores operados por ascensoristas para que possam ampliar seu campo visual, podendo fechar a porta com segurança ao sair de determinado andar. Outro exemplo é o espelho retrovisor colocado dentro do ônibus, próximo ao motorista, que tem como função ampliar a visão do motorista em relação aos passageiros, visando maior segurança na operação de abertura e fechamento das portas.
3. Sim, ele pode utilizar o espelho côncavo, posicionando-o de forma a ficar alinhado com a luz solar, direcionando os raios refletidos para o foco do espelho onde deve ser colocado o cubinho de metal.
4. O espelho utilizado pelos dentistas é côncavo e é capaz de formar uma imagem virtual, direita e ampliada. Nesse tipo de espelho, o objeto observado se situa entre o vértice e o foco, o que confere melhor nitidez ao visualizar os dentes.
- 5.



Representando em escala a situação proposta e efetuando as medidas, os valores encontrados são:  
Distância da imagem ao espelho: 30 cm.  
Altura da imagem: 6 cm, real e invertida.

### Tema 4: Observando o Universo: refração da luz

1. O telescópio espacial Hubble é um telescópio de reflexão. Ele é colocado no espaço para ficar fora das influências da atmosfera terrestre que afetam a luz recebida devido à refração e condições atmosféricas. O Hubble será substituído pelo telescópio espacial James Webb, que a princípio tinha seu lançamento previsto para o ano de 2021. O James Webb será capaz de observar formações de galáxias e até mesmo atmosferas de exoplanetas, ficando a 1,5 milhões de quilômetros da órbita da Terra.

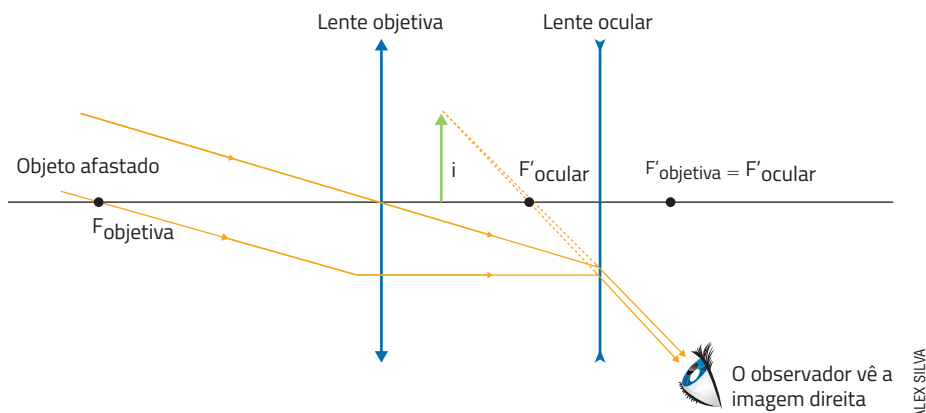
## Oficina científica

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes realizem o seguinte experimento: tapar o furo com massa de modelar; colocar água na garrafa; iluminar com a lanterna a face da garrafa oposta ao orifício; destapar o furo e deixar a água escorrer sobre a bacia.
2. Apesar de parecer que a luz faz curva, o que aconteceu na atividade foi que ela refletiu várias vezes nas interfaces entre a água e o ar, e acompanhou a curvatura do jato de água, mas a luz não faz curvas, ela se propaga em linha reta.
3. A fibra óptica se utiliza de uma propriedade chamada de refração total. Isso acontece quando um raio de luz se propaga em um meio com determinado índice de refração, e tenta atravessar para outro de menor refração. Nesse caso, parte da luz é refratada e parte é refletida. Quando se aumenta o ângulo de incidência, existirá um momento em que toda a luz será refletida. Isso é exatamente o que ocorreu com a luz na água; por isso, o título é pertinente.

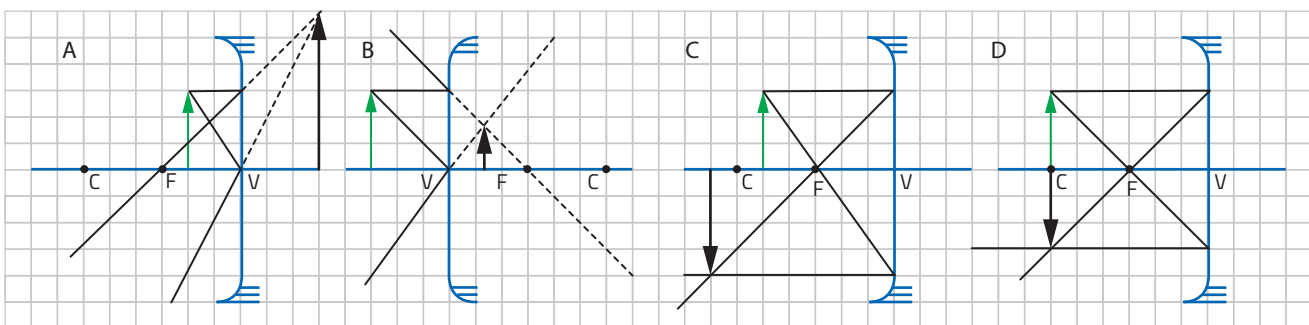
## Atividades

1. a) A luz branca é composta por todas as outras cores. Ao atravessar o prisma, cada uma das cores sofre um desvio, devido à refração. Esse desvio é diferente para cada uma delas porque têm índices de refração distintos.  
b) O índice de refração do prisma é maior para a cor violeta, pois é a que sofreu maior desvio; logo, é a que mais variou sua velocidade.
2. a) Ela se comporta como uma lente convergente, pois a imagem formada é invertida, real e menor do que o objeto. Somente lentes convergentes formam imagens com essas características.  
b) Por se tratar de uma lente convergente, ela permitiria a compensação da hipermetropia e da presbiopia.
3. a) A imagem formada é virtual, direita e ampliada em relação ao objeto.  
b) A imagem formada localiza-se a 30 cm da lente.  
c) A altura da imagem formada é 8 cm.

4.



5. a) A: Côncavo; B: Convexo; C: Côncavo; D: Côncavo.  
b)



- A: Imagem virtual, direita e maior que o objeto.  
B: Imagem virtual, direita e menor que o objeto.  
C: Imagem real, invertida e maior que o objeto.  
D: Imagem real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto.

c) A:  $l = 12 \text{ cm}$ ,  $D_i = 6 \text{ cm}$ .

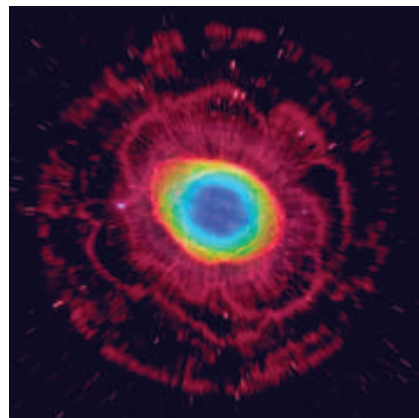
B:  $\approx 3 \text{ cm}$ ,  $D_i \approx 3 \text{ cm}$ .

C:  $l = 8 \text{ cm}$ ,  $D_i = 14 \text{ cm}$ .

D:  $l = 6 \text{ cm}$ ,  $D_i = 12 \text{ cm}$ .

## Atividades extras

1. a) A estrela do sistema Y. Durante o ciclo de vida de estrelas com massa até 8 vezes a do Sol, quando seu hidrogênio está terminando, a estrela inicia sua fase final, se colapsa, aumenta sua temperatura, se expande e se torna uma gigante vermelha. Ao final da fase de gigante vermelha, estrelas desse tipo perdem muita massa para o Universo, e suas camadas externas se espalham pelo espaço formando uma nebulosa planetária.
- b) O planeta do sistema planetário Y, pois sua estrela apresenta características de uma estrela do tipo K, que tem maior tempo de vida, além de ser mais comum no Universo, o que aumenta a probabilidade da existência de eventos que possam propiciar o desenvolvimento da vida.
- c) O hidrogênio, o hélio e o lítio, pois eles podem ter sido formados logo após o Big Bang.



NASA IMAGES/SHUTTERSTOCK.COM

» Nebulosa do Anel.

2. a) As bolinhas amarela e azul, pois, analisando o espectro de visão dos cães, estas são as cores que mais se destacam.
- b) Miopia: lente divergente.  
Hipermetropia: lente convergente.  
Astigmatismo: lente cilíndrica.

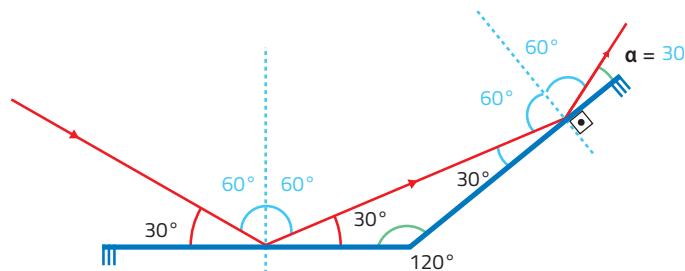
3. 8 min = 480 s

Como a velocidade da luz é constante, então:

$$v_{\text{luz}} = \frac{D_{S-T}}{t_{S-T}} = \frac{D_{T-L}}{t_{T-L}} = \frac{D_{S-T}}{480} = \frac{D_{T-L}}{1,28} \rightarrow \frac{D_{S-T}}{D_{T-L}} = \frac{480}{1,28} = 375$$

Dessa forma, a distância da Terra ao Sol é 375 vezes maior que a distância da Terra à Lua.

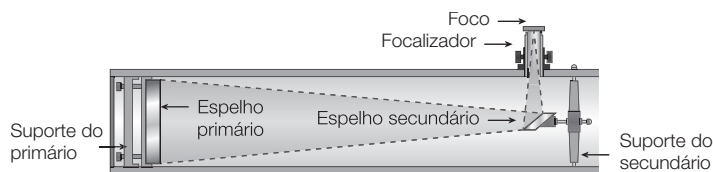
4. Utilizando-se das leis da reflexão, temos:



ALEX SILVA

O raio emergirá do sistema formando um ângulo  $\alpha = 30^\circ$  com a superfície espelhada.

5. primária; cilíndrico; translúcido; absorção; opaco.
6. Espelho convexo. Imagem direita, virtual e menor que o objeto.
7. O fenômeno ocorre quando colocamos um bastão de vidro em um líquido que tem o mesmo índice de refração do vidro. Os raios de luz não sofrem desvio e, por isso, o olho não consegue perceber a presença do vidro no líquido. O experimento pode ser recriado usando-se glicerina líquida, um Becker e um bastão de vidro, entre outros objetos de vidro.
8. a) Falsa. A intensidade não pode ser regulada para cada cor, pelo menos no olho humano.
- b) Falsa. O espectro deveria ter frequência não visível pelo olho humano como infravermelho ou ultravioleta, por exemplo.
- c) Verdadeira.
- d) Falsa. A ocular de um microscópio é uma lente CONVERGENTE
- e) Falsa. Para uma lente funcionar como uma lupa, a imagem produzida deve ser direita, virtual e maior que o objeto.  
Alternativa c.
9. a) Io, Europa, Calisto e Ganimedes.
- b) O telescópio de Galileu era do tipo refrator, que utiliza uma lente como objetiva. O telescópio de Isaac Newton é do tipo refletor, que utiliza um espelho esférico ou parabólico no lugar da lente objetiva.
- c)



Representação de telescópio refletor.

EDITORIA DE ARTE

Representação de telescópio refrator.



d) O Sol é a estrela mais próxima da Terra. É uma estrela não massiva, que nasceu a partir de uma nebulosa. Na maior parte do tempo, ocorre, em seu interior, a transformação do hidrogênio em hélio. Em menores quantidades, também ocorre a formação de outros elementos, como o lítio, o berílio, o boro, o carbono, o nitrogênio e o oxigênio por meio de fusão nuclear. Quando o combustível de hidrogênio se extingue, o Sol entrará em sua fase final. Nesse estágio, seu núcleo não possuirá mais condições de suportar a massa das camadas externas e irá colapsar, aumentando sua temperatura e queimando o hidrogênio das camadas externas. Nessas condições, a estrela irá se expandir e se tornar 200 vezes maior e 2 000 vezes mais luminosa, embora mais fria, se tornando uma gigante vermelha. Ao final da fase de gigante vermelha, o Sol perderá muita massa para o Universo, e suas camadas externas irão se espalhar pelo espaço, formando uma nebulosa planetária. Após 100 000 anos dessa fase, o Sol se transformará em uma pequena e quente estrela anã branca, aproximadamente do tamanho da Terra. Com decrescente produção de energia, gradativamente essa anã branca esfriará e se transformará em uma anã negra. Aqui são citados os elementos desconsiderando a explosão de uma anã branca.

10. Para a correção da miopia são usadas lentes divergentes. Para a correção da hipermetropia são usadas lentes convergentes. Para a correção do astigmatismo são usadas lentes cilíndricas.  
Alternativa **a**.

$$11. n = \frac{c}{v}$$

$$1,3 = n = \frac{3,0 \cdot 10^8}{v}$$

$$v = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,3}$$

$$v \approx 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$n = c / v$$

$$1,3 = 3,0 \cdot 10^8 / v$$

$$v = 3,0 \cdot 10^8 / 1,3$$

$$v \approx 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Alternativa **b**.

## Integrando com... Matemática e suas Tecnologias

- 1 ano-luz —  $9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$   
 $4,37 \text{ anos-luz} \text{ — } x$   
 $x = 41,34 \cdot 10^{12} \text{ km} = 4,13 \cdot 10^{13} \text{ km}$   
  
 1 pc —  $3,26 \text{ anos-luz}$   
 $x \text{ — } 4,37 \text{ anos-luz}$   
 $x = 1,34 \text{ pc}$   
  
 1 pc —  $2,06 \cdot 10^5 \text{ UA}$   
 $1,34 \text{ — } x$   
 $x = 2,76 \cdot 10^5 \text{ UA}$

2. Como a velocidade da luz é constante no vácuo, podemos calcular o tempo necessário para ela percorrer a distância de 1 parsec por meio da equação da velocidade média:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Dessa forma, teremos a seguinte resolução:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow 3 \cdot 10^5 = \frac{3,9 \cdot 10^{13}}{\Delta t}$$

$$v = \frac{\Delta}{\Delta t} \Rightarrow 3 \cdot \frac{10^5 \text{ km}}{\text{s}} = \frac{3,9 \cdot 10^{13} \text{ km}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{3,9 \cdot 10^{13} \text{ km}}{3 \cdot 10^5} \Rightarrow \Delta t = 1,03 \cdot 10^8 \text{ s}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \times 3 600 \text{ s} \Rightarrow 1 \text{ dia} = 86 400 \text{ s} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$$

Então:

$$1 \text{ dia} \text{ ----- } 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$x \text{ dias} \text{ ----- } 1,03 \cdot 10^8 \text{ s}$$

$$x = \frac{1,03 \cdot 10^8}{8,64 \cdot 10^4} = 0,1192 \cdot 10^4 = 1 192 \text{ dias}$$

Portanto, a luz leva cerca de  $1,03 \cdot 10^8 \text{ s}$  (1 192 dias) para percorrer a distância de 1 parsec.

3. a) Tempo total de viagem: 75 876 anos (276 947 717) dias. Enfatize aos estudantes que parte da velocidade foi adquirida ao orbitar Júpiter e Saturno, planetas pelos quais a Voyager passou. Como 4,3 anos-luz são correspondentes a  $4 \times 10^{13} \text{ km}$ , pode-se dividir esse valor por 17 para saber quantos segundos serão necessários para chegar ao destino. Em seguida, pode-se dividir por 3 600 para saber quantas horas serão necessárias, depois pode-se dividir por 24 para saber o número de dias e, finalmente, por 365 dias para saber o número de anos.

b) Espera-se que os estudantes conversem que, com a tecnologia atual, é muito difícil que o ser humano chegue a outros sistemas planetários. Os equipamentos podem chegar a astros distantes, mas o retorno é impossível, de acordo com o conhecimento atual.

## Unidade 2 • Dinâmica e tecnologia

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes citem o acesso à navegação por meio do GPS, os sinais de celulares e de televisão e a previsão do tempo. Utilizando a imagem, os estudantes podem dizer que um dos benefícios é o de

identificar queimadas e desmatamentos na Amazônia. Existem satélites de comunicação que distribuem sinais de telefonia, internet e televisão; de navegação (GPS); meteorológicos, que auxiliam na previsão do tempo; militares, com função de monitoramento; astronômicos, para o estudo do Universo; de observação e monitoramento.

- Neste momento, não se espera que os estudantes respondam corretamente, mas deve-se verificar o conhecimento prévio deles sobre o assunto. Até metade do ano de 2020, o Brasil possuía nove satélites em órbita.
- Não se espera que os estudantes respondam cientificamente à questão no momento, mas que consigam fazer uma relação entre a gravidade e a velocidade.

### Tema 1: Órbitas dos planetas e leis de Kepler

- Cada ano terrestre corresponde a 4,15 anos mercurianos, aproximadamente. Assim, tomando como exemplo a idade de 15 anos terrestres, a idade do estudante seria de aproximadamente 62 anos mercurianos. Já em relação a Júpiter, 1 ano jupiteriano corresponde a 11,9 anos terrestres. Assim, a idade nesse planeta seria de 1,26 anos jupiterianos.
- As estrelas giram em torno da Terra fixa de tal forma que descrevem trajetórias circulares no céu.

#### Atividades

- Resposta pessoal. Provavelmente serão citadas as situações de eclipse solar, ciclo do dia e da noite, movimento retrógrado dos planetas, entre outros.
- O modelo copernicano propõe o movimento da Terra em torno do Sol, indicando que apenas a Lua gira em torno da Terra. Isso entrou em choque com as ideias da sociedade na época, que acreditava que o ser humano era o centro do Universo.
- O modelo de Ptolomeu propõe um universo em que a Lua, o Sol e todos os demais astros giram em torno da Terra em trajetórias circulares, sendo as estrelas fixas em esferas cristalinas que giram descrevendo um movimento circular uniforme. Já o modelo de Kepler indica um modelo heliocêntrico no qual os planetas giram em torno do Sol em trajetórias elípticas. Os movimentos não são uniformes de forma que no periélio o movimento é mais rápido e no afélio o movimento é mais lento. A semelhança reside no fato de a Lua girar em torno da Terra.

- Em relação a Mercúrio:

$$\frac{T_T^2}{R_T^3} = \frac{T_M^2}{R_M^3} \rightarrow \frac{T^2}{R^3} = \frac{T_M^2}{(0,4R)^3} \rightarrow T_M^2 = 0,4^3 \rightarrow T_M = 0,24 \text{ anos}$$

terrestres

Assim, enquanto a Terra dá uma volta em torno do Sol, Mercúrio completa 4,15 voltas.

Portanto, a idade será 62,28 anos mercurianos.

Em relação a Júpiter:

$$\frac{T_T^2}{R_T^3} = \frac{T_J^2}{R_J^3} \rightarrow \frac{T^2}{R^3} = \frac{T_J^2}{(5,2R)^3} \rightarrow T_J^2 = 5,2^3 \rightarrow$$

$$\rightarrow T_J = 11,87 \text{ anos terrestres}$$

Assim, enquanto Júpiter dá uma volta em torno do Sol, a Terra completa 11,87 voltas.

Portanto, a idade será 1,26 anos jupiterianos.

### Tema 2: Lei da Gravitação Universal

- A localização é privilegiada, pois, estando próxima à linha do Equador, utiliza a própria rotação da Terra para o lançamento, correspondendo a uma economia de até 30% em combustível.
- Entre os principais impactos estão os ambientais e os sociais, uma vez que a base interfere no ambiente na forma de sons, trepidação do solo e emissão de gases nos lançamentos. Por outro lado, também pode propiciar impactos financeiros e tecnológicos positivos, com a estimativa de atuar em um mercado que movimenta US\$ 5 bilhões anuais com o lançamento de satélites, além de apropriação de conhecimentos e tecnologias aeroespaciais para a ciência brasileira.
- Resposta pessoal. O objetivo da questão é despertar o interesse dos estudantes sobre o assunto e os motivar a desenvolver projetos de pesquisas.

#### Atividades

- Na verdade, somos atraídos, mas, como a massa dos edifícios são da ordem de centenas de toneladas, são ainda assim muito menores do que a massa da Terra e de valores de massa que fariam com que a força fosse perceptível para nós.
- Quando a distância diminui, a força aumenta. Pela lei do quadrado da distância, ao diminuir a distância três vezes, a intensidade da força aumenta 9 vezes ( $3^2$ ).
- Não, a intensidade do peso não sofrerá variação significativa, pois as distâncias citadas são desprezíveis em relação ao raio da Terra.
- Terra:

$$g_T = G \frac{M_T}{d_T^2} \Rightarrow g_T = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24}}{(3 \cdot 10^8)^2} \Rightarrow g_T \cong 0,00446 \text{ m/s}^2$$

$$d_T + d_L = 380 \text{ 000 km} \Rightarrow 300 \text{ 000} + d_L = 380 \text{ 000} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d_L = 80 \text{ 000 km} = 8 \cdot 10^7 \text{ m}$$

Lua:

$$g_L = G \frac{M_L}{d_T^2} \Rightarrow g_L = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{7,3 \cdot 10^{22}}{(8 \cdot 10^7)^2} \Rightarrow g_L \cong 0,000764 \text{ m/s}^2$$

Portanto, a diferença é de 0,003702  $\text{m/s}^2$ .

Direção: reta que une os centros da Terra e da Lua.

Sentido: da Lua para a Terra.

5. a)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 1674 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{24} \Rightarrow R = \frac{24 \cdot 1674}{2 \cdot 3,14} \Rightarrow R \cong 6\,397,5 \text{ km}$$

b) Há diferença entre o número pesquisado e o número calculado. Nos cálculos, usamos valores aproximados para o valor de  $\pi$  e para o valor do período de rotação terrestre, que é de 23h, 56 minutos e 4,9 segundos.

c) O sistema heliocêntrico com órbitas circulares, já naquela época, não era adequado para a previsão da localização exata da posição dos planetas, pois os instrumentos existentes já possuíam uma precisão tal que os erros entre a posição observada e a prevista pelo modelo defasavam de um ângulo perceptivelmente incômodo aos cientistas.

### Tema 3: Movimentos orbitais

- Dá-se o nome de lixo espacial a qualquer objeto que tenha sido lançado no espaço orbital da Terra e esteja em desuso. Também podem ser chamados de detritos espaciais.
- Não caem imediatamente na Terra por estarem a uma determinada velocidade que garante que se mantenham em órbita.
- Nos últimos anos, o lixo espacial tem gerado crescente preocupação devido ao risco de colisões entre esses detritos e satélites, que podem ser de transmissão de dados, previsão do tempo, entre outros, causando danos financeiros. Além disso, o choque entre detritos e equipamentos na órbita terrestre pode colocar em risco astronautas ou até atravessar a atmosfera terrestre, causando acidentes (apesar das chances serem muito pequenas). Outro problema é o excesso de poluição espacial, pois quanto maior a quantidade de detritos espaciais, mais difícil será enviar e manter satélites em funcionamento.

### Oficina científica

- Não, pois a resultante centrípeta tem intensidade igual ao peso do corpo que está pendurado. Logo, nas duas situações, teremos o mesmo valor.
- Respostas esperadas:  
Massas  $m_1$  e  $m_2$  quaisquer (a resolução será feita de maneira literal para possibilitar qualquer resultado).  
Determinação da velocidade tangencial:  
A intensidade da força de tração na corda é igual ao peso da pedra 1 e é a resultante centrípeta. Então:  
 $T = F_{cp}$

$$M_1 \cdot g = \frac{M_2 \cdot v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{M_1 \cdot g \cdot R}{M_2}} \text{ (variando a medida de R, pode-se fazer as}$$

duas medições)

Determinação da velocidade angular:

Sabendo-se a velocidade tangencial, calcula-se a angular pela relação:

$$v = \omega \cdot R.$$

### Atividades

$$1. v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R \cdot h}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6,4 \cdot 10^6 + 40 \cdot 10^6}}$$

$$v = \sqrt{\frac{40,2 \cdot 10^{13}}{46,4 \cdot 10^6}} \rightarrow v = \sqrt{0,866 \cdot 10^7}$$

$$v = \sqrt{8,66 \cdot 10^6} \rightarrow v \cong 0,93 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

$$v \cong 930 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow v \cong 3\,348 \text{ km/h}$$

$$2. v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} \rightarrow v = \frac{2 \cdot \pi \cdot 6\,400}{24}$$

$$v = \frac{12\,800 \cdot 3,14}{24} \rightarrow v = \frac{40\,192}{24}$$

$$v = 1\,674,7 \text{ km/h}$$

- A afirmação está incorreta em relação à força gravitacional, pois ela continua atuando. Em relação à atmosfera terrestre, a afirmação está correta, pois nessa altitude seus efeitos são praticamente inexistentes.

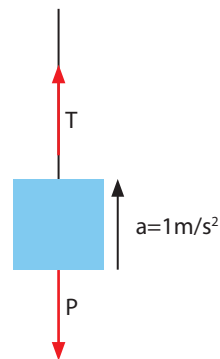
$$4. a) F_{at} = F_{cp}$$

$$\mu \cdot m \cdot g = \frac{m \cdot v^2}{R} \rightarrow 0,4 \cdot 1\,000 \cdot 10 = \frac{1\,000 \cdot v^2}{100}$$

$$v^2 = 400 \rightarrow v = 20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h}$$

b) Não, a velocidade máxima não depende da massa do corpo. Assim, seu valor máximo para um automóvel de 2 000 kg é o mesmo, ou seja, 72 km/h.

- a) Aplicando-se a 2ª lei de Newton no sistema, temos:



EDITORIA DE ARTE

$$F_R = T - P$$

$$m \cdot a = T - m \cdot g$$

$$40 \cdot 1 = T - 40 \cdot 8,3$$

$$40 = T - 332$$

$$T = 372 \text{ N}$$

b) Se a taxa de decaimento da estação for verdadeira, a ISS decairá, de 2020 a 2030,  $100 \times 365 \times 10 = 365\,000 \text{ m} = 365 \text{ km}$ . Esse valor é maior que a órbita atual.

### Atividades extras

- a) O LHC é um equipamento que utiliza um campo magnético para confinar o feixe de partículas em uma trajetória circular e um campo elétrico para acelerar

partículas carregadas próximo à velocidade da luz, para que elas bombardeiem núcleos atômicos estáveis. Sua importância é proporcional o aprofundamento do conhecimento sobre átomos.

b) Adotando-se:

$$v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s (velocidade da luz)}$$

$$2\pi R = 26,7 \text{ km} = 26\,700 \text{ m (circunferência)}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow T = \frac{26\,000}{3 \cdot 10^8} = 8,9 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

$$c) \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = \frac{2,3}{8,9 \cdot 10^{-5}} \rightarrow \omega = 6,7 \cdot 10^4 \text{ rad/s}$$

2. a) Durante a Guerra Fria, os Estados Unidos tinham como intenção combater o crescimento e a influência soviética e garantir sua presença no continente europeu para manter sua economia aquecida. O enfrentamento entre esses dois países durante a Guerra Fria ocorreu em diversos âmbitos, como o diplomático, onde cada nação defendia seus interesses, o econômico, com a disputa de mercados mundiais, o militar, para mostrar maior força, e no âmbito científico e tecnológico. A corrida espacial foi resultado principalmente dos âmbitos militar, científico e tecnológico, em que os países investiram fortemente na pesquisa, o que resultou em um avanço tecnológico. Dominar o espaço era fundamental para questões estratégicas, pois permitiria monitorar o inimigo e realizar ataques se necessário.

b) Desenvolvimento de tecnologia espacial, estratégias geopolíticas, defesa, entre outros. A atual preocupação com a militarização do espaço é ponto de importante debate, pois tanto China quanto Rússia testaram mísseis antissatélites. Diante desse cenário, os Estados Unidos criaram uma Força Espacial, um braço de suas Forças Armadas, com o objetivo de se dedicar à segurança e à pesquisa no espaço.

c) Os satélites de maior altitude estão a 1 200 km, daí temos:

$$a_c = g' = \frac{GM_T}{(R_T + h)^2} = \frac{6 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(6,3 \cdot 10^6 + 1,2 \cdot 10^6)^2} = 6,4 \text{ m/s}^2$$

3. a) Falsa. O ponto do nascer do Sol muda dia a dia no ciclo anual.  
 b) Verdadeira. Essa afirmação é embasada pela 3ª lei de Kepler.  
 c) Falsa. A 1ª lei de Kepler garante que é elíptica, podendo ter excentricidade nula (circunferência).  
 d) Falsa. Estrelas giram em torno do centro galáctico, fazendo parte da galáxia mãe.  
 Alternativa **b**.
4. a) Falsa. A 1ª lei de Kepler garante que as órbitas são elípticas, podendo ter excentricidade nula (circunferência).  
 b) Falsa. A razão constante ocorre entre o quadrado do período de translação e o cubo do raio médio orbital e vale para todos os astros que orbitam outro.

c) Falsa. A 3ª lei de Kepler fala apenas do raio médio orbital.

d) Verdadeira. A alternativa é embasada pela 2ª lei de Kepler.

e) Falsa. Não, ele é mais rápido no ponto mais próximo ao astro central e mais lento no ponto mais afastado da órbita.  
 Alternativa **d**.

5. A aceleração tangencial ( $a_t$ ) depende da variação do módulo da velocidade vetorial. Como o texto diz que este módulo é constante, logo  $a_t = 0$ .  
 Alternativa **a**.

$$6. \frac{T_T^2}{R_T^3} = \frac{T_J^2}{R_J^3} \rightarrow \frac{T_T^2}{(1,5 \cdot 10^{11})^3} = \frac{T_J^2}{(7,5 \cdot 10^{11})^3}$$

$$T_J^2 = \frac{(7,5 \cdot 10^{11})^3}{(1,5 \cdot 10^{11})^3} = \frac{(7,5)^3}{(1,5)^3}$$

$$T_J^2 = 5^3 \rightarrow T_J = 5\sqrt{5} \text{ anos}$$

Alternativa **b**.

7. O campo gravitacional nas proximidades da superfície da Terra é dado por:

$$g = \frac{GM_T}{d^2}$$

Para um planeta como descrito no enunciado, temos:

$$g' = \frac{G \cdot 4M_T}{(4d)^2} = \frac{G \cdot 4M_T}{16d^2} = \frac{G \cdot M_T}{4d^2} = \frac{g}{4}$$

$$\text{Se } g = 10 \text{ m/s}^2, \text{ então } g' = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Alternativa **a**.

8. A razão entre as forças pedidas é dada por:

$$\frac{F_{S-T}}{F_{S-N}} = \frac{\frac{M_S \cdot m_T}{d^2}}{\frac{M_S \cdot m_N}{d^2}} = \frac{m_T}{m_N} = \frac{6 \cdot 10^{24}}{1 \cdot 10^{26}} \approx 532$$

Alternativa **e**.

9. A aceleração sobre um satélite em órbita é igual à aceleração da gravidade no local, que é dada por:

$$a = g = \frac{GM_T}{(R_T + h)^2}$$

Podemos ver então que a aceleração em qualquer ponto não depende da massa do satélite. Logo:

$$a = g = 7 \text{ m/s}^2$$

Alternativa **b**.

10. A velocidade de escape é dada por:

$$v_E = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_T}{R}}, \text{ logo:}$$

$$R = \frac{2 \cdot G \cdot M}{v_E^2} = \frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(3 \cdot 10^8)^2}$$

$$R = \frac{80,04 \cdot 10^{13}}{9 \cdot 10^{16}} = 8,9 \cdot 10^{-3} = 9 \text{ mm}$$

Alternativa **b**.



## Falando de... Satélites artificiais

1. Resposta pessoal. O objetivo desta atividade é que os estudantes reconheçam a importância da tecnologia relacionada aos satélites. Espera-se que eles apontem que, sem satélites, não teriam em seu cotidiano internet, televisão, telefone celular, sistemas de navegação etc. Aproveite a oportunidade para questioná-los se sabem como se fazia para encontrar um endereço antes dos mapas digitais. Se achar interessante, é possível que eles façam entrevistas com pais, avós ou responsáveis mais velhos e tragam os resultados para um debate em sala de aula.
2. O Amazônia-1 é o primeiro satélite de monitoramento inteiramente desenvolvido pelo Brasil. Foi projetado para ficar a 752 km da superfície terrestre, em uma órbita polar, gerando imagens a cada cinco dias. Sua principal função é a observação da floresta amazônica (monitorar desmatamentos), da Mata Atlântica, do Pantanal, além da região costeira. Também tem como objetivo auxiliar os programas ambientais existentes, fornecendo dados sobre a agricultura de todo o território nacional. Além de realizar monitoramentos, é importante que o Brasil tenha satélites meteorológicos independentes, pois todos os dados sobre o clima e o tempo são, até então, obtidos de satélites estrangeiros.

### Unidade 3 • Origem da vida

1. Resposta pessoal. É possível que os estudantes respondam a presença de água líquida, nutrientes, temperatura, entre outros. Até onde se conhece, as condições fundamentais para a existência da vida em qualquer lugar do Universo são a presença de matéria orgânica, água e um fluxo constante de energia.
2. Resposta pessoal. Oriente o foco da conversa, pois o objetivo desta questão não é uma discussão sobre formas de vidas evoluídas, mas formas de vidas simples, como seres microscópicos.

### Tema 1: Condições para a existência de vida

1. Resposta pessoal. Verifique se o estudante diz que pode haver seres vivos em determinado local, mas não em outro. Todos os locais indicados possuem seres vivos extremófilos.
2. Resposta esperada: Todos eles apresentam água líquida. Explique aos estudantes que a parte líquida do lago Volstok se encontra abaixo de uma camada de gelo de mais de 3 000 metros de espessura. Comente que os lagos da Antártida vêm sendo estudados em maior frequência para se compreender formas de vida muito antigas, pois a alta salinidade e a baixa temperatura impedem a decomposição da matéria orgânica.
3. Hipertermófilos: vivem em ambientes com temperaturas acima de 80 °C (fotografia 1). Termófilos: vivem em

ambientes com temperaturas entre 60 °C e 80 °C (fotografia 1). Acidófilos: vivem em ambientes extremamente ácidos (fotografia 3). Alcalófilos: vivem em ambientes alcalinos, acima de pH 9. Psicrófilos: vivem em temperaturas baixas, de no máximo 15 °C (fotografia 2). Halófilos: vivem em ambientes com altas concentrações de sais (fotografia 4). Barófilos: vivem em ambientes de pressões elevadas.

4. No planeta Y, que se encontra na zona habitável deste sistema planetário. Ou seja, encontra-se em uma região cuja radiação emitida pela estrela Z permite que a temperatura de sua superfície seja suficiente para a existência de água no estado líquido e, por consequência, abrigar vida.

### Atividades

1. É uma região ao redor de uma estrela cuja radiação emitida permita temperaturas suficientes para que a água seja encontrada no estado líquido.
2. A distância de sua órbita em relação ao Sol, que permite a existência de temperaturas que garantam a presença de água líquida em sua superfície; e a composição da atmosfera, que possibilita a ocorrência do efeito estufa, que auxilia a manutenção da temperatura média do planeta.
3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes encontrem que parte dos cientistas afirma que o investimento financeiro em missões espaciais deveria ser revertido em pesquisas que busquem soluções diretas aos problemas que serão enfrentados pela população, decorrentes dos impactos provocados pelas atividades humanas e pelo esgotamento de recursos. Outra parte dos cientistas acredita que a exploração espacial é necessária para a sobrevivência da espécie humana, no futuro, além de considerar relevante atender à curiosidade exploratória dos seres humanos. Para o debate, os estudantes podem ser organizados em dois grupos: aqueles que são contrários, e aqueles que são favoráveis aos investimentos espaciais. A seguir, uma sugestão de *link* para pesquisa dos estudantes. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/aplicacoes-espaciais/beneficios-da-exploracao-espacial/>. Acesso em: 11 set. 2020. Caso queira saber mais sobre as estimativas da ONU a respeito da população mundial, acesse o *link* a seguir. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 11 set. 2020.
4. a) Os planetas Kepler-1649 b e Kepler-1649 c são superterras, isto é, planetas com massas entre a da Terra e de Netuno que podem ser formados por gases, rochas ou ambos. O planeta GJ 442 b é um planeta netuniano, ou seja, um planeta gelado, com mais de 17 vezes o tamanho da Terra, semelhantes a Urano e Netuno.  
b) No sistema planetário Kepler-1649, no qual o planeta Kepler-1946 c é encontrado em uma zona habitável. A zona habitável é uma região ao redor de uma estrela cuja radiação emitida permite temperaturas suficientes para que a água seja encontrada no estado líquido, condição importante à existência de vida.

c) Anãs-vermelhas são estrelas pequenas que possuem menos da metade da massa do Sol. É o tipo de estrela mais numerosa da Via Láctea. As anãs-vermelhas são as estrelas mais frias e mais escuras, com luminosidade entre 0,0001 e 0,1 vezes do Sol.

## Tema 2: Origem da vida na Terra

1. Resposta pessoal. Caso os estudantes não conheçam outros mitos e lendas, é possível solicitar que pesquisem e tragam os resultados encontrados para a próxima aula.
2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes proponham que os ratos eram atraídos pelo alimento, se aninhavam e se reproduziam em tempo relativamente curto.

### Atividades

1. a) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes digam que os mitos e as lendas fazem parte dos costumes, das crenças, da cultura de um povo. Já os conhecimentos científicos se baseiam em fatos, evidências, resultados de investigações científicas etc. Ambos são considerados formas distintas de conhecimento. Diga aos estudantes que as lendas podem ter variações ao longo do tempo e ao longo de regiões geográficas.  
b) Os seres vivos teriam se formado a partir do espírito de Pan Gu, após sua morte.  
c) A ideia de que os genes vieram primeiro se baseia em que a vida teria iniciado a partir de moléculas de material genético capazes de produzir cópias de si mesmas (autorreplicação). Essas moléculas poderiam ter sido o RNA (ácido ribonucleico) ou DNA (ácido desoxirribonucleico). De acordo com essa linha de pensamento, todo organismo vivo é capaz de se reproduzir, e a existência de sua espécie depende da transmissão das informações genéticas entre as gerações.  
A ideia de que primeiramente tenha surgido o metabolismo propõe que redes de reações metabólicas, relacionadas ao aproveitamento de energia, teriam originado a vida. Assim, antes de se reproduzir, um organismo vivo precisa ser autossustentável, isto é, capaz de se manter vivo. Isso é possível devido às reações do metabolismo.  
A ideia de que primeiro teriam surgido compartimentos sustenta que a vida teria surgido a partir da formação de pequenos compartimentos delimitados externamente por uma membrana, similares às formas primitivas de células. Assim, todas as células são delimitadas externamente por uma membrana celular, e, sem ela, as células morrem.  
d) Resposta pessoal. O objetivo é que os estudantes conheçam a cultura de outros povos ao redor do mundo e que exerçam sua criatividade ao elaborar uma peça de teatro ou uma reinterpretação da lenda pesquisada. Oriente os estudantes para a produção do curta-metragem ou para a elaboração da peça de teatro. Se possível, organize um evento na escola para que as produções possam ser apresentadas.

2. a) O surgimento de larvas de moscas em composteiras poderia ser explicado pela geração espontânea (abiogênese), que dizia que os seres vivos poderiam se originar da matéria não viva.  
b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes cite a possibilidade de postura de ovos de moscas sobre os resíduos orgânicos antes de serem colocados na composteira.  
c) O experimento de Redi contestou a ideia da geração espontânea, pois, ao colocar pedaços de carne em recipientes abertos e fechados, foi possível perceber que só surgiram larvas de mosca nos recipientes abertos, onde as moscas puderam ter contato com a carne. Isso comprovou que as larvas não poderiam ter surgido espontaneamente a partir da matéria não viva.  
d) Pasteur contribuiu para contestar a ideia da geração espontânea de microrganismos. Ele colocou um caldo à base de carne no interior de frascos de vidro e os submeteu à fervura por alguns minutos, de modo que os microrganismos ali presentes fossem eliminados. Alguns dos frascos permitiam o contato do caldo com microrganismos e poeira do ar (sem gargalo), enquanto outros (com gargalo) não. Com o passar dos dias, apenas o caldo dos frascos sem gargalo mudou de cor, ou seja, só houve multiplicação de microrganismos nesses frascos que permitiam o contato com esses organismos e poeira do ar, comprovando que a geração espontânea também não era verdadeira para microrganismos.  
e) Espera-se que os estudantes cite a biogênese, isto é, seres vivos somente se originam a partir de outros, por meio da reprodução.
3. Não existe um consenso na comunidade científica quanto à origem da pluricelularidade. Parte dos pesquisadores acreditam que ela tenha surgido a partir de células eucariotas que, após se dividirem, teriam sido mantidas unidas. De alguma maneira, essas células teriam passado a funcionar de forma cooperativa, de modo que não seriam mais capazes de viver independentemente.
4. a) Oparin e Haldane propunham que a atmosfera primitiva seria composta pelos gases metano ( $\text{CH}_4$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Como não havia gás oxigênio na atmosfera, também não existia camada de ozônio e, portanto, a Terra não tinha proteção contra a radiação ultravioleta emitida pelo Sol. Assim, a radiação solar e as descargas elétricas de tempestades, que eram muito frequentes, seriam fonte de energia para diversas reações químicas que poderiam ocorrer entre os componentes da atmosfera. No caso, tais reações teriam permitindo a formação das primeiras moléculas orgânicas. Essas moléculas teriam se acumulado inicialmente na água de poças à beira do mar e, por meio de interações químicas, teriam formado aglomerados que mantinham um ambiente interno diferente do externo. Esses aglomerados, denominados coacervados, eram capazes de absorver substâncias do ambiente. Assim, Oparin e Haldane propuseram que as primeiras células teriam se originado a partir dos coacervados.  
b) 1: frasco com água; 2: frasco com gases; 3: eletrodos que fornecem descargas elétricas; 4: condensador; 5: local

de coleta de líquido. Em seu experimento, Miller e Urey criaram um ambiente fechado que simularia as condições que teriam existido na Terra primitiva, segundo Oparin e Haldane. Um frasco com água era aquecido, liberando vapor de água ao frasco ao qual estava conectado, que continha os gases metano, amônia e hidrogênio. Descargas elétricas eram fornecidas ao sistema. Um condensador era utilizado para resfriar os gases, e o líquido condensado era coletado em outro frasco. Quando analisaram o líquido coletado, Miller e Urey identificaram a presença de moléculas orgânicas, que até então, acreditava-se serem produzidas apenas por células vivas.

c) Não. A formação de moléculas orgânicas reforçou a hipótese de Oparin e Haldane, no entanto, não foi um resultado suficiente para validar ou refutar essa hipótese, visto que, até agora, nenhum cientista foi capaz de produzir um ser vivo em laboratório partindo de moléculas simples. Além disso, evidências recentes sugerem que a composição da atmosfera primitiva seria, principalmente, de gás nitrogênio ( $N_2$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), diferentemente da hipótese proposta por Oparin e Haldane.

### Tema 3: Classificação dos seres vivos

1. Resposta pessoal. O muçum é um peixe, mas, devido ao formato de seu corpo, é possível que alguns estudantes o considerem uma serpente. Caso isso ocorra, explique que as serpentes são tetrápodes, diferentemente dos peixes. Isso significa que apresentam como características a presença de maior número de vértebras no pescoço, que possibilita a movimentação da cabeça para cima, para baixo e para os lados, e a ausência de brânquias na fase adulta, entre outras. Neste momento, não é esperado que os estudantes saibam essas características, mas que estabeleçam critérios para classificar o muçum.
2. Resposta pessoal. Os cientistas se baseiam em análises genéticas, moleculares, filogenéticas, morfológicas etc. Neste momento, não é esperado que os estudantes saibam a resposta correta, mas que pensem sobre o assunto.

### Atividades

1. A classificação dos seres vivos nos possibilita identificar espécies que possuem parentesco próximo. Juntamente com estudos moleculares, genéticos e de fósseis, também nos permite determinar suas relações evolutivas com outros grupos vivos e com aqueles que já foram extintos.
2. As afirmativas I e VI estão corretas. Correção das falsas:
  - II. No quadro, estão listadas espécies pertencentes a seis gêneros distintos.
  - III. Do levantamento feito, um maior número de espécies pertencente à família Anostomidae foi identificado.
  - IV. As espécies *Leporinus friderici* e *Leporinus striatus* são mais próximas entre si que as espécies *Salminus brasiliensis* e *Brycon hilarii*.

V. A espécie *Leporellus vittatus* pertence ao gênero *Leporellus*.

VII. Uma das espécies listadas pertence à ordem Beloniformes. As demais pertencem à ordem Characiformes.

3. a) Ao gênero *Lontra*.  
b) À espécie *Lontra longicaudis*.  
c) Reino Animalia, filo Chordata, classe Mammalia, ordem Carnivora, família Mustelidae.  
d) Resposta pessoal. O objetivo é que os estudantes conheçam diferentes animais, seus hábitos de vida e seu nome científico e criem uma maneira de classificá-los. Os critérios podem considerar características físicas dos animais (presença de pelos, de penas), locais onde vivem (ambientes terrestres, aquáticos), hábitos alimentares (herbívoros, carnívoros, onívoros), entre outros. É importante que utilizem mais de um critério para classificar os animais pesquisados. Se desejar, amplie a atividade e peça que pesquisem seres vivos pertencentes a diferentes reinos ou domínios.
4. a) Ararinha-azul, limpa-folha-do-nordeste, trepador-do-nordeste e caburé-de-pernambuco.  
b) *Cyanopsitta spixii* (ararinha-azul), *Philydor novaesi* (limpa-folha-do-nordeste), *Cichlocolaptes mazarbarnetti* (trepador-do-nordeste), *Glaucidium mooreorum* (caburé-de-pernambuco).  
c) Ao gênero *Glaucidium*.  
d) As extinções estão ligadas principalmente à alta taxa de desmatamento.
5. No sistema de classificação em cinco reinos, os seres vivos estariam organizados nos seguintes reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia. Atualmente, essa classificação está em desuso. Já de acordo com o sistema de classificação mais aceito atualmente, entre a comunidade científica, os seres vivos estão organizados em três domínios: Archaea, Bacteria e Eucarya.

### Atividades extras

1. I. Verdadeira. As espécies listadas são animais, portanto, pertencem ao mesmo reino.  
II. Falsa. Há dois gêneros entre as espécies listadas: *Rhinella* e *Ceratophrys*.  
III. Falsa. Todas as espécies listadas possuem o mesmo nome popular, mas diferentes nomes científicos (trata-se de espécies diferentes).  
IV. Verdadeira. Cada uma das espécies possui seu próprio epíteto específico.  
V. Verdadeira. As espécies que pertencem ao mesmo gênero (*Rhinella*) são mais aparentadas entre si.
2. a) Segundo a classificação em cinco reinos, as arqueas e as bactérias pertencem ao mesmo reino, denominado Monera. Ou seja, esse reino agrupa seres procariontes e unicelulares. Segundo a classificação em três domínios,

as arqueas pertencem ao domínio Archaea (procariontes unicelulares cuja composição química da parede celular é muito distinta das bactérias, comumente encontrados em ambientes hostis) e as bactérias pertencem ao domínio Bacteria (procariontes unicelulares cuja composição química da parede celular apresenta peptidoglicanos, moléculas ausentes na parede celular de arqueas).

b) De acordo com a ideia de que o metabolismo veio primeiro, uma das explicações para a origem da vida, acredita-se que redes de reações metabólicas, relacionadas ao aproveitamento de energia, teriam originado a vida. Parte dos cientistas acredita que essas redes metabólicas teriam se formado em aberturas similares às fontes hidrotermais localizadas no fundo dos oceanos, locais onde são encontrados diversos microrganismos.

c) A distância da órbita da Terra em relação ao Sol, que permite a existência de temperaturas que garantam a presença de água líquida em sua superfície; a composição da atmosfera, que possibilita a ocorrência do efeito estufa e auxilia a manutenção da temperatura média do planeta.

d) Nas últimas décadas, foram criadas três linhas de pesquisa distintas que se dedicaram cada qual a estudar como a vida teria se originado em nosso planeta. Cada linha de pesquisa criou uma explicação: a ideia de que os genes vieram primeiro, que defende que a vida teria iniciado a partir de moléculas de material genético capazes de produzir cópias de si mesmas (autorrepliação); a ideia de que primeiramente tenha surgido o metabolismo, que defende que as redes de reações metabólicas, relacionadas ao aproveitamento de energia, teriam originado a vida; e a ideia de que primeiro teriam surgido os compartimentos, que defende que a vida teria surgido a partir da formação de pequenos compartimentos delimitados externamente por uma membrana, similares às formas primitivas de células. Existe uma tendência mais recente de estudos que parte de uma abordagem unificada, na tentativa de explicar que todos esses componentes teriam surgido primeiro.

3. a) O sistema planetário existente ao redor da estrela TRAPPIST-1 é formado por sete exoplanetas: TRAPPIST-1b, TRAPPIST-1c, TRAPPIST-1d, TRAPPIST-1e, TRAPPIST-1f, TRAPPIST-1g, TRAPPIST-1h. De acordo com a representação esquemática, três desses planetas, TRAPPIST-1c, TRAPPIST-1d e TRAPPIST-1e, estão localizados em uma zona habitável, ou seja, em uma região ao redor da estrela TRAPPIST-1, cuja radiação emitida permita temperaturas suficientes para que a água seja encontrada no estado líquido, condição necessária à existência de vida. Contudo, de acordo com informações do texto, apenas o planeta TRAPPIST-1e parece ter maior semelhança com a Terra e há indícios da existência de um oceano nesse planeta.

b) Os planetas terrestres possuem tamanho aproximado ao da Terra, são rochosos, e apresentam núcleo rico em ferro.

4. A presença de água líquida é uma das condições mais importantes para a existência da vida tal qual a conhecemos. Portanto, encontrá-la sob a superfície de Marte,

por exemplo, pode ser um indicativo da possibilidade de existir vida neste planeta.

5. O naturalista italiano Francesco Redi (1626-1697) realizou o seguinte experimento: colocou pedaços de carne crua no interior de recipientes de vidro, mantendo alguns cobertos com uma tela e outros abertos. Após alguns dias, percebeu que surgiram larvas sobre a carne que estava nos recipientes abertos, enquanto nada aparecera sobre a carne que estava nos recipientes cobertos com tela. Com esses resultados, Redi concluiu que as larvas de mosca observadas sobre a carne dos recipientes abertos eclodiram dos ovos colocados ali por moscas adultas, o que não ocorreu nos recipientes fechados por tela porque as moscas não conseguiam entrar. Com isso, Redi contribuiu para contestar a ideia da geração espontânea de seres macroscópicos.

O microbiologista e químico francês Louis Pasteur (1822-1895) realizou o seguinte experimento: colocou um caldo à base de carne no interior de frascos de vidro e os submeteu à fervura por alguns minutos, de modo que os microrganismos ali presentes fossem eliminados. Na sequência, com fogo, Pasteur modelou o gargalo dos frascos, tornando-os curvos e alongados como “pescoços de cisne”. Ele retirou o gargalo de alguns frascos e manteve outros intactos. Com o passar dos dias, ele observou que a cor do caldo dos frascos cujos gargalos haviam sido removidos tinha sido alterada, pois os microrganismos puderam entrar em contato com o caldo e se multiplicar. Com isso, Pasteur contribuiu para contestar a ideia da geração espontânea de seres microscópicos.

6. De acordo com essa hipótese, as mitocôndrias e os cloroplastos teriam sido formados a partir de células procariontes que teriam sido englobadas por outras células maiores e, por algum motivo, não teriam sido degradadas, estabelecendo, assim, uma relação benéfica com ela. Com o passar do tempo, as células englobadas teriam dado origem às mitocôndrias e aos cloroplastos. Entre as evidências que sustentam essa teoria, estão o fato de as mitocôndrias e os cloroplastos possuírem seu próprio material genético e ribossomos, estruturas que apresentam grande semelhança com o material genético e os ribossomos de algumas bactérias. Além disso, há também a presença de duas ou mais membranas, sendo a mais interna similar à membrana dos procariontes.

7. Alternativa c.

8. Alternativa c.

9. Alternativa a.

10. Alternativa d.

11. Alternativa a.

### Falando de... Viagem a Marte

1. O objetivo desta questão é que os estudantes identifiquem os benefícios que a exploração espacial já trouxe a

humanidade. Alguns exemplos: teflon; tecidos não inflamáveis; alimentos liofilizados; purificador de água; velcro; monitor cardíaco; sistema de comunicação por satélites (GPS, televisões, internet, monitoramento do tempo, de queimadas e desmatamentos); baterias; robôs; imagens diagnósticas em 3D; tecnologias sustentáveis, entre outras.

- Entre os problemas de saúde estão: aumento do risco de perda de tecido nervoso; anormalidades nos olhos; inchado da face devido à distribuição anormal de fluidos pelo corpo; perda de massa e força dos músculos esqueléticos; perda de densidade óssea; redução de batimentos cardíacos e número de hemácias; aumento do risco de cálculos renais devido à redução do volume de sangue que passa pelos rins; problemas imunológicos; redução de 10 a 30% da circunferência das pernas devido à redistribuição dos fluidos corporais na parte superior do corpo; congestionamento nasal e conseqüente perda de olfato e paladar. As tecnologias a serem apresentadas dependem dos problemas apontados.

## Unidade 4 • A evolução da vida

- Resposta pessoal. Não se espera que os estudantes compreendam neste momento que a evolução não está relacionada a melhorias de um ser vivo, mas sim que eles conversem sobre o assunto buscando soluções.
- Resposta pessoal. Neste momento, não se espera que os estudantes elaborem respostas concretas com base nas teorias de Darwin, mas que emitam sua opinião sobre os possíveis motivos do evento mencionado. Verifique se emitem ideias semelhantes ao uso e desuso de Lamarck. Nesse caso, explique que as serpentes não perderam seus membros: por meio de mecanismos genéticos, as serpentes ancestrais tiveram descendentes com diversidade genética, o que resultou em diferentes características observáveis sobre as quais a seleção natural atuou, aumentando a probabilidade de sobrevivência dos indivíduos que apresentaram características mais vantajosas às condições do ambiente em que viviam.

### Tema 1: Ideias evolucionistas

- Espera-se que as justificativas dos estudantes sejam feitas com base no formato do bico das aves. No caso, o bico do beija-flor-de-cabeça-azul é extenso e delgado, o que permite que alcance o néctar das flores; o bico do gavião-de-rabo-branco é afiado, o que permite com que rasgue a carne dos outros animais dos quais se alimenta; o bico do coleirinho é robusto, o que permite quebrar sementes e grãos; o bico do talha-mar é grande e comprido, o que permite a captura de peixes.
- Resposta pessoal. Não é esperado que os estudantes respondam que a explicação B está correta cientificamente, mas que pensem sobre o assunto. É possível que exista uma tendência a indicar a explicação A como correta. Aproveite para identificar os conhecimentos prévios da turma a respeito do assunto.

- Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que não observamos populações numerosas dessa espécie vivendo em certo ambiente porque os indivíduos competem por recursos (alimentos, abrigo, parceiros reprodutivos etc.), que são limitados.
- Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que é esperado que indivíduos com trombas maiores tenham maior probabilidade de sobreviver e de gerar descendentes, que herdarão essa característica. Assim, com o tempo, o número de indivíduos com essa característica aumentaria nessa população.

### Atividades

- Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes mencionem que os museus arquivam informações a respeito da história e da cultura de um local (devido aos artefatos históricos, por exemplo); possibilitam o desenvolvimento de pesquisas científicas; possibilitam o acesso a informações históricas, artísticas, científicas e culturais por parte da população etc.
  - Os fósseis são registros que indicam a presença de vida em tempos passados. Nesse sentido, seu estudo permite conhecer espécies já extintas e compreender como os diferentes grupos de seres vivos se modificaram com o passar do tempo.
- O texto informa a respeito do desenvolvimento de resistência aos agrotóxicos por pragas agrícolas, devido ao uso excessivo e errado dessas substâncias.
  - A explicação presente no texto utiliza as ideias evolutivas de Darwin e Wallace, pois discorre a respeito da seleção natural de pragas resistentes aos agrotóxicos. No caso, na população de percevejos existem indivíduos com diferentes características no que diz respeito à resistência a agrotóxicos. Ao serem utilizados agrotóxicos de modo indiscriminado, apenas os indivíduos resistentes irão sobreviver (o que pode ser entendido como uma característica vantajosa à sua sobrevivência). Então, irão se reproduzir, aumentando o número de indivíduos resistentes na população.
  - Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reconheçam que o controle biológico é exercido por predadores (ao se alimentarem de presas), por herbívoros (ao se alimentarem de plantas) e por parasitas (ao prejudicarem o organismo hospedeiro). Na agricultura, esses organismos podem ser utilizados no lugar dos agrotóxicos, pois irão combater as pragas agrícolas, sem oferecer riscos às plantações. É possível indicar como fonte de pesquisa aos estudantes o seguinte site: <https://www.embrapa.br/tema-controle-biologico>. Acesso em: 11 set. 2020.
- A: I, II, IV, VII.  
B: III, V e VI.
- Lamarck acreditava que cada espécie atual teria se originado por geração espontânea, de forma independente em relação a outra, e seguido seu próprio caminho evolutivo. Além disso, para ele, o tempo e as condições ambientais

seriam os principais fatores envolvidos na transformação progressiva dos seres vivos. O tempo estaria relacionado à complexidade dos seres vivos atuais (espécies mais simples seriam mais recentes, pois teriam se modificado menos). As condições ambientais imporiam mudanças nos seres vivos, que teriam que se adaptar a elas. Essas modificações seriam passadas às gerações seguintes, considerando o uso e o desuso e a herança das características adquiridas.

Para Darwin e Wallace, cada espécie teria surgido a partir de ancestrais que teriam se modificado ao longo do tempo. Para explicar como as espécies teriam se modificado ao longo do tempo, Darwin propôs a teoria da seleção natural, similarmente ao que foi proposto por Wallace. Essa teoria considera as seguintes premissas: os seres vivos possuem alto potencial reprodutivo; os recursos ambientais são limitados, fazendo com que os seres vivos estabeleçam uma competição por eles; as características dos indivíduos de uma mesma população são distintas, fazendo com que aquelas que apresentam características mais vantajosas tenham mais chances de sobreviver e de se reproduzir. Caso essas características sejam hereditárias, serão transmitidas às gerações seguintes.

5. a) O esquema representa a seleção de indivíduos com baixa sensibilidade à luz e o aumento do número de indivíduos com essa característica na população.
- b) Na situação 1, o ambiente em que os indivíduos viviam era sombreado, considerando que existiam muitos indivíduos com alta sensibilidade à luz. No caso, sua sobrevivência é possível em ambientes com baixa luminosidade, já que, quando expostos a ela, eles morrem. Na situação 3, o ambiente em que os indivíduos passaram a viver era iluminado, já que inexistem indivíduos com alta sensibilidade à luz.
- c) Uma floresta com grande densidade de árvores se assemelha à situação 1, que representa um ambiente sombreado. No caso, ela possibilita a coexistência de indivíduos com diferentes níveis de sensibilidade à luz. Após o desmatamento e o plantio de soja, a área se torna ensolarada, provocando a morte dos indivíduos com alta sensibilidade à luz. Assim, nas plantações, que se assemelham à situação 3, existirão apenas indivíduos com baixa sensibilidade à luz. Para a existência de indivíduos com diferentes características em uma população e para a preservação da biodiversidade, é importante que sejam mantidas as condições originais de ambientes naturais. Isto é, no caso, é importante que florestas sejam preservadas.

## Tema 2: Teoria sintética da evolução

1. Resposta pessoal. Neste momento, não é esperado que os estudantes saibam responder, mas que pensem sobre o assunto. É possível que alguns estudantes digam que o material genético é responsável por condicionar as características dos seres vivos; nesse caso, alterações no material genético podem resultar no condicionamento de novas características que, por sua vez, podem dificultar o combate a agentes causadores de doenças.

## Atividades

1. a) Os corredores ecológicos possibilitam a existência do fluxo gênico entre as populações dos fragmentos de floresta, um dos processos evolutivos da teoria sintética da evolução. O fluxo gênico consiste na troca de informações genéticas entre populações de uma mesma espécie, o que pode aumentar a variabilidade genética. O fluxo gênico ocorre por meio da reprodução sexuada entre indivíduos de populações diferentes de uma mesma espécie. Ele pode ser ocasionado pela migração, visto que, de modo geral, a chegada de indivíduos novos a uma população pode aumentar a variabilidade genética existente nela.
  - b) Resposta pessoal. O objetivo dessa atividade é que os estudantes conheçam os corredores ecológicos que ligam Unidades de Conservação no estado em que moram. Caso não existam, os estudantes podem pesquisar a respeito de corredores ecológicos de estados vizinhos ou localizados na região brasileira em que vivem. É importante que pesquisem porque o corredor ecológico foi instituído e sua importância para as Unidades de Conservação que ligam. Uma possível fonte de pesquisa para obter mais informações pode ser encontrada em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/corredores-ecologicos#via-estados>. Acesso em: 11 set. 2020.
2. a) A deriva genética compreende a redução aleatória da variabilidade genética de uma população. Ela não tem relação com as vantagens ou desvantagens apresentadas pelos indivíduos frente às condições ambientais. No caso da sobrepesca, diversos indivíduos são retirados do ambiente, independentemente das características que apresentem. A retirada de indivíduos de uma população reduz sua variabilidade genética. Isso pode ser um fator negativo para a sobrevivência da população, visto que podem não ser capazes de sobreviver frente a alterações nas condições ambientais.
  - b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que a adoção de estratégias de manejo da pesca é importante para garantir que os adultos da população sejam capazes de se reproduzir e gerar descendentes, mantendo, também, a variabilidade genética da população. Possíveis estratégias são: o estudo do comportamento das espécies que são pescadas, de modo a compreender seus períodos reprodutivos; a prática da pesca apenas após o período reprodutivo das espécies de peixes, garantindo que a população possua novos indivíduos; a limitação da quantidade de indivíduos pescados, possibilitando que sejam mantidos adultos suficientes na população; entre outras.
3. a) Geração espontânea, uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos.
  - b) Ancestralidade comum e seleção natural.
  - c) Seleção natural, mutação, fluxo gênico, deriva genética e recombinação gênica.
  - d) Para Lamarck, cada espécie atual teria se originado por **geração espontânea** de forma independente em relação a outra e seguido seu próprio caminho evolutivo. Lamarck

defendia que as condições ambientais imporiam mudanças nos seres vivos e, para explicá-las, ele se baseava no **uso e desuso** (que determinaria as características que se desenvolveriam ou se atrofiariam, com base no uso e no desuso pelo indivíduo, respectivamente) e na **herança dos caracteres adquiridos** (as características resultantes do uso e do desuso seriam transmitidas às próximas gerações).

Para Darwin e Wallace, cada espécie teria surgido a partir de ancestrais que teriam se modificado ao longo do tempo; ou seja, apresentam **ancestralidade comum**. Além disso, para explicar como as espécies teriam se modificado, Darwin propôs a teoria da **seleção natural**, similarmente ao que foi proposto por Wallace. Essa teoria considera que as características dos indivíduos de uma mesma população são distintas, fazendo com que aquelas que apresentam características mais vantajosas tenham mais chances de sobreviver e de se reproduzir. Caso essas características sejam hereditárias, seriam transmitidas às gerações seguintes. Contudo, Darwin e Wallace não explicaram a origem da diversidade dos indivíduos de uma mesma população.

A teoria sintética da evolução considera que a **mutação** seja a origem primária da diversidade genética de uma população. Outros fatores contribuem para seu aumento, como a **recombinação gênica** e o **fluxo gênico**. Contudo, a **deriva genética** contribui para sua redução, de modo aleatório. A diversidade genética resulta em diferentes características, sobre as quais a **seleção natural** atua, aumentando a probabilidade de sobrevivência dos indivíduos que apresentam características mais vantajosas às condições do ambiente em que vivem.

4. Caso queira saber mais sobre o estudo mencionado nesta atividade, acesse o *link* a seguir: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-da-saude/mutacoes-nao-hereditarias-sao-principal-cao-de-cancer-de-mama-em-jovens/>. Acesso em: 11 set. 2020.
- a) Os participantes do estudo eram mulheres, de 20 a 35 anos.
  - b) Mutações genéticas em células das mamas das mulheres. Essas mutações não são hereditárias, ou seja, não foram herdadas de seus pais.
  - c) Os genes são segmentos específicos do DNA que carregam informações que condicionam as características dos seres vivos. As mutações são modificações que ocorrem no material genético, isto é, alterações nas moléculas de DNA. Quando as mutações ocorrem em um gene, elas podem alterar as informações genéticas que eles carregam, e, por consequência, modificar as características que eles codificam.
  - d) Resposta pessoal. Os exames envolvem o toque físico na região das mamas, a ultrassonografia e a mamografia. Esses exames possibilitam o diagnóstico do câncer de mama, que pode ser confirmado mediante uma biópsia da área. O objetivo dos panfletos é informar a população a respeito da importância do cuidado com a saúde. Oriente a distribuição deles entre a comunidade escolar.

## Tema 3: Especiação

1. Resposta pessoal. Neste momento, não é esperado que os estudantes elaborem uma explicação considerada cientificamente correta para o surgimento de novas espécies, mas que pensem sobre o assunto.

### Atividades

1. Especiação alopátrica. Ela ocorre quando uma população de uma espécie é separada fisicamente em duas ou mais populações, que se diversificam ao longo do tempo em decorrência de fatores evolutivos. Essa separação normalmente se dá por uma barreira geográfica, no caso, o canyon.
2. a) Isolamento gamético.  
b) Isolamento temporal.  
c) Inviabilidade do híbrido. O termo subespécie se refere a um subgrupo de uma espécie, com características comuns que ocupam regiões geográficas próximas, de modo geral. É preciso definir este conceito aos estudantes.  
d) Isolamento espacial.  
e) Infertilidade do híbrido.  
f) Isolamento mecânico.  
g) Isolamento comportamental.
3. a) O texto informa a descoberta de uma nova espécie de molusco, chamada *Macrocyprae mammoth*, que habita o fundo do mar na Ilha da Trindade.  
b) Especiação simpátrica. Ela ocorre quando novas espécies são formadas sem que ocorra isolamento geográfico. No caso, podem ocorrer modificações em alguns indivíduos de uma mesma população, que, com o passar do tempo, podem resultar em novas espécies.  
c) Porque sua distribuição é restrita à Ilha. Possivelmente, existem poucos indivíduos que formam a população. Portanto, essa espécie será protegida legalmente, evitando com que seja coletada ou retirada do ambiente sem autorização e seja, então, extinta.  
d) Resposta pessoal. O objetivo dessa atividade é que os estudantes conheçam as espécies de seres vivos encontradas no Estado em que moram, sobretudo, aquelas que são protegidas. Oriente as pesquisas, dizendo para buscar pelos hábitos de vida dessas espécies, como recursos alimentares, período reprodutivo e distribuição geográfica, além de buscar por sua classificação. Sugestões de fontes de busca que podem ser indicadas aos estudantes: [http://dados.gov.br/dataset/portaria\\_443](http://dados.gov.br/dataset/portaria_443), <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-de-especies/fauna-ameacada/fauna.html> e <https://www.icmbio.gov.br/portal/portaldabiodiversidade/50-menu-biodiversidade/6706-portarias-fauna-ameacada>. Acessos em: 11 set. 2020.

## Tema 4: Breve história da evolução da vida na Terra

1. Os pesquisadores identificaram que os celacantos atuais apresentam pulmões vestigiais que não desempenham a função respiratória, realizada pelas brânquias. Comparativamente, nos fósseis, perceberam que os pulmões eram bem desenvolvidos e funcionais, o que provavelmente contribuiu para a sobrevivência da espécie em águas com baixa quantidade de gás oxigênio dissolvido. Essas diferenças indicam que as espécies se modificam, ao longo do tempo; isto é, corroboram a evolução.
2. Arqueano (de 4 a 2,5 bilhões de anos atrás).

### Atividades

1. As afirmativas I, II e VI estão corretas. Correção das falsas:  
III. As espécies representadas pertencem a famílias diferentes: o leopardo pertence à família Felidae; o texugo-americano e a lontra-europeia pertencem à família Mustelidae; e, o coiote e o lobo-cinzento pertencem à família Canidae.  
IV. O coiote e o lobo-cinzento são mais aparentados entre si que o leopardo e o texugo-americano.  
V. O número 2 representa o ancestral comum mais recente entre o coiote e o lobo-cinzento.  
VII. Entre as espécies representadas, estão indicados quatro gêneros.
2. a) Inicialmente, o gás oxigênio produzido pela fotossíntese teria se dissolvido na água até atingir uma concentração alta, e então, teria começado a reagir com ferro (Fe) dissolvido. Isso teria levado à formação de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que começou a se acumular na forma de sedimentos.  
b) A “revolução do oxigênio” corresponde ao período em que o gás oxigênio começou a se acumular na atmosfera. O aumento de sua concentração atmosférica foi importante para a diversificação dos seres de metabolismo aeróbico.
3. a) Problemas ambientais ocasionados por atividades humanas, como a perda de habitat, a superexploração de recursos, a poluição, o uso de toxinas e as mudanças climáticas.  
b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes indiquem ações voltadas para a minimização dos impactos ambientais provocados por atividades humanas. Alguns exemplos são: estratégias de recuperação de áreas desmatadas; realização de um tratamento adequado de resíduos industriais antes de despejá-los no ambiente; redução da emissão de gases poluentes na atmosfera; entre outras.
4. a) Lagartixas, serpentes, iguanas, lagarto-monitor e lagarto-de-vidro-oriental.  
b) Lagarto-monitor e lagarto-de-vidro-oriental.

c) Não. O ancestral comum de serpentes e lagartos-de-vidro-orientais possuía membros. A ausência de membros evoluiu de forma independente nas serpentes e nessa espécie de lagartos.

## Tema 5: Aspectos da evolução humana

1. Que o conceito de raças humanas não possui bases científicas.
2. A primeira é que os seres humanos são muito aparentados: possuem a mesma coleção genética, com versões ligeiramente diferentes de alguns desses genes. A segunda é que todas as pessoas possuem origem africana.

### Atividades

1. a) A imagem representa que o ser humano teria evoluído a partir dos macacos.  
b) Não. O ser humano apresenta um ancestral comum com as demais espécies de primatas; no caso, compartilha um ancestral mais recente, na escala evolutiva, com chimpanzés e com bonobos. Esse ancestral se diversificou e deu origem a cada uma das espécies atuais. Portanto, não é correto representar a origem da espécie *Homo sapiens* a partir dos macacos, como foi feito na imagem.
2. a) O Texto **A** diz basicamente que, no passado, a craniologia (estudo das características métricas e morfológicas do crânio humano) foi um dos métodos utilizados para identificar diferentes “raças humanas” e, dessa forma, justificar ações dos europeus como o colonialismo e a escravidão.  
b) O Texto **B** diz basicamente que não se deve dividir a espécie humana em raças nem usar outros critérios para dividi-la. Cada ser humano é único em sua constituição genética, assim como em suas histórias de vida, sendo todos iguais e, ao mesmo tempo, diferentes.  
c) Sim. A craniologia foi utilizada como forma de identificar “raças humanas” e justificar indevidamente ações dos europeus como o colonialismo e a escravidão.  
d) Sim, pois, geneticamente, não há bases científicas que justifiquem a existência de raças humanas. Além disso, os conhecimentos científicos não sustentam qualquer afirmação que tentar identificar “raças humanas” ou usar outros critérios para dividir a espécie.
3. a) Na África, pois foi onde o fóssil mais antigo de *Homo sapiens* foi encontrado, até então.  
b) Os estudos apontam que a migração dos *Homo sapiens* teria se iniciado há cerca de 150 mil anos; contudo, a dispersão para fora da África teria se iniciado há cerca de 60 mil anos. Acredita-se que essa dispersão tenha sido impulsionada possivelmente pelo resfriamento do planeta. Os primeiros continentes ocupados teriam sido a Europa e a Ásia, seguidos pela Austrália. Conforme confeccionavam novas ferramentas e novos instrumentos, os humanos amplificavam a exploração do ambiente, com a obtenção de plantas e de animais diversos para a alimentação, o armazenamento de bens, a construção de abrigos adequados a diferentes climas etc. A ocupação



do Ártico teria ocorrido há cerca de 20 mil anos, quando o nível dos oceanos teria baixado devido às condições do planeta. Isso teria possibilitado a consequente ocupação das Américas, há aproximadamente 15 mil anos.

4. a) Acredita-se que a espécie *Homo sapiens* teria iniciado sua dispersão para fora da África há apenas 60 mil anos. Contudo, a descoberta de utensílios que indicavam a presença humana no continente americano, datados de 130 mil anos atrás, pode revelar que a ocupação desse continente teria ocorrido muito antes do que se pensa.
5. a) A postura bípede poderia representar uma necessidade de menor quantidade de alimentos, já que seu gasto energético é menor. Isso poderia ser uma vantagem em relação à postura não bípede em caso de escassez de alimentos.  
b) Sim. Em caso de escassez de alimentos, aqueles que necessitavam de menos alimentos devido ao gasto menor de energia podem ter apresentado uma maior probabilidade de sobrevivência em relação aos ancestrais não bípedes.

### Atividades extras

1. a) Mutação e seleção natural. As mutações são modificações que ocorrem no material genético, isto é, alterações nas moléculas de DNA. Quando as mutações ocorrem em um gene, elas podem alterar as informações genéticas que eles carregam, e, por consequência, modificar as características que eles codificam. Nesse sentido, as mutações configuram a origem primária da variabilidade genética entre os indivíduos de uma população, sobre a qual a seleção natural irá atuar, selecionando os conjuntos genéticos mais vantajosos a determinadas condições ambientais. No caso, as mutações nos genes oculares podem ter resultado na ausência de olhos dos peixes. Como a ausência de olhos representa uma economia de energia aos peixes que vivem em locais em que há baixa disponibilidade de alimentos, ela pode se configurar como uma vantagem a sua sobrevivência. Assim, esses peixes teriam maior probabilidade de sobreviver e de se reproduzir, transmitindo essas características genéticas a seus descendentes.  
b) Lamarck se baseava no uso e desuso e na herança dos caracteres adquiridos – explicações comuns entre os naturalistas da época. O uso e desuso determina que as características dos seres vivos tenderiam a ser desenvolvidas ou atrofiadas se fossem muito ou pouco utilizadas, respectivamente. A herança dos caracteres adquiridos, por sua vez, estipula que as características resultantes do uso e do desuso seriam transmitidas às próximas gerações. No caso, os olhos deixariam de ser utilizados pelos peixes encontrados em cavernas, fazendo com que fossem atrofiados. Assim, essa mudança seria transmitida às próximas gerações.
2. Para obter mais informações sobre a especiação das orquídeas do Rio de Janeiro e da Bahia, leia o texto presente no [link](https://revistapesquisa.fapesp.br/os-primeiros-passos-de-novas-especies/) a seguir. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/os-primeiros-passos-de-novas-especies/>.

Acesso em: 11 set. 2020

- a) O isolamento reprodutivo. No caso, a tentativa de reprodução induzida por botânicos não obteve sucesso.
  - b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes digam que o mecanismo de especiação dessas orquídeas é a alopátrica, pois há duas populações da mesma espécie separadas fisicamente. Devido à separação, as populações podem ter a influência de diferentes fatores evolutivos e se diversificar ao longo do tempo, tornando-se espécies distintas.
3. a) A maior parte dos primatas compartilha uma série de características, como hábitos arbóreos, cinco dígitos nos membros, garras modificadas em unhas, olhos voltados para a frente e sentido da visão desenvolvido, mãos e pés preênses (que possibilitam segurar e agarrar objetos), além do polegar em oposição aos demais dedos da mão.  
b) Bonobos e chimpanzés, pois compartilham um ancestral comum mais recente na escala evolutiva.  
c) Os seres humanos compartilham um ancestral comum, já extinto, com os primatas. Esse ancestral originou diferentes linhagens que se diversificaram ao longo do tempo, originando os primatas viventes atualmente. Os seres humanos se originaram de um ancestral hominídeo, já extinto.  
A resolução desta atividade pode ser feita por meio de pensamento computacional, uma vez que explora as habilidades que o envolve. Para compreender o cladograma da filogenia de primatas, faz-se necessária sua decomposição, isto é, a compreensão da história evolutiva de cada espécie ilustrada no cladograma. Então, para resolver a atividade, é necessário filtrar as informações mais relevantes que podem ser extraídas do cladograma, no caso, as relações evolutivas dos seres humanos com os demais primatas. O pensamento algoritmo também pode ser exercido, uma vez que se faz necessária a identificação de uma sequência de passos interpretativos do cladograma, os quais, portanto, podem ser adotados na forma de padrão para a resolução de outros problemas similares.  
d) A sofisticação dos comportamentos dos seres humanos (decorrente do grande volume cerebral), como a organização social em bandos, a expressão artística e o uso da linguagem e de ferramentas complexas, possibilitou que ocupassem rapidamente diferentes continentes e obtivessem sucesso em sua sobrevivência. Os estudos apontam que a migração dos *Homo sapiens* teria se iniciado há cerca de 150 mil anos; contudo, a dispersão para fora da África teria se iniciado há cerca de 60 mil anos. Acredita-se que essa dispersão tenha sido impulsionada pelo resfriamento do planeta. Os primeiros continentes ocupados teriam sido a Europa e a Ásia, seguidos da Austrália. Conforme confeccionavam novas ferramentas e novos instrumentos, os humanos amplificavam sua exploração do ambiente, com a obtenção de plantas e de animais diversos para a alimentação, o armazenamento de bens, a construção de abrigos adequados a diferentes tipos climáticos etc. A ocupação do Ártico teria ocorrido

há cerca de 20 mil anos, quando o nível dos oceanos teria baixado devido às condições do planeta. Isso teria possibilitado a conseguinte ocupação das Américas, há aproximadamente 15 mil anos.

4. a) Os fósseis. O estudo dos fósseis permite conhecermos espécies já extintas e como os diferentes grupos de seres vivos se modificaram com o passar do tempo. No caso, os fósseis encontrados permitiram que os conhecimentos a respeito da existência dos lagartos e das serpentes na América do Sul fossem aprofundados, já que ela teria ocorrido cerca de 20 milhões de anos antes do que se acreditava até a descoberta.
- b) Resposta pessoal. O objetivo dessa atividade é que os estudantes conheçam como os artigos científicos são redigidos. De modo geral, eles possuem a seguinte estrutura: título, resumo (resumo dos principais pontos do artigo), introdução (contextualização inicial, questões a serem respondidas e/ou objetivos a serem atingidos), referencial teórico (discussão teórica do assunto pesquisado), procedimentos metodológicos (materiais e métodos utilizados para a coleta e análise dos dados), apresentação e análise dos dados (principais resultados obtidos), considerações finais (conclusões) e referências (lista de referências mencionadas no artigo). Indique aos estudantes a seguinte fonte de pesquisa: <https://www.scielo.br/pdf/ress/v26n3/2237-9622-ress-26-03-00661.pdf>. Acesso em: 11 set. 2020.
- c) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que a colaboração é importante para o trabalho em grupo, de modo a amplificar os resultados obtidos na realização de uma tarefa, de modo geral.
5. a) Deriva genética. A deriva genética compreende a redução aleatória da variabilidade genética de uma população. Ela não tem relação com as vantagens ou desvantagens apresentadas pelos indivíduos frente às condições ambientais e pode ser provocada por fenômenos naturais e por atividades humanas.
- b) A redução da variabilidade genética de uma população pode ser um fator negativo para sua sobrevivência, visto que os indivíduos podem não ser capazes de sobreviver frente a alterações nas condições ambientais. Isso pode levar à extinção local da população no ambiente.
- c) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes indiquem que é importante estabelecer normas que determinem os períodos adequados para a caça e para a pesca, além de se limitar a quantidade de indivíduos coletados. Também é importante que seja realizada a fiscalização dessas atividades, de modo a garantir o cumprimento das normas estabelecidas. Isso permite que a população da espécie seja capaz de se reproduzir e se manter no ambiente.

6. Alternativa **b**.
7. Alternativa **d**.
8. Alternativa **c**.
9. Alternativa **a**.
10. Alternativa **b**.
11. Alternativa **d**.
12. Alternativa **b**.
13. Alternativa **c**.
14. Alternativa **a**.
15. Alternativa **b**.

## Integrando com... Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

1. Os seres humanos pertencem a uma única espécie, *Homo sapiens*, que se originou na África há cerca de 200 mil anos e se dispersou e ocupou todos os continentes ao longo do tempo, formando diversas sociedades com suas respectivas culturas. Isso significa que, apesar de sua diversidade, os seres humanos possuem origens comuns. Apesar de poder existir algumas características físicas que possam ser similares entre as pessoas nativas de cada continente, não há bases genéticas que sustentem raças humanas. Além disso, não existem fundamentos científicos que justifiquem o acesso desigual das pessoas à política, à economia ou a qualquer dimensão da vida em sociedade. O darwinismo social representa uma corrente de pensamento segregacionista que não possui fundamentos científicos.
2. Resposta pessoal. O objetivo dessa atividade é estimular o respeito à diversidade humana e aos direitos humanos entre os estudantes, de modo que eles reafirmem a equidade enquanto cidadãos. Os direitos humanos incluem direito à vida, à liberdade de expressão, à educação, entre outros, e podem ser acessados pelo *link*: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>. Acesso em: 11 set. 2020.
3. Resposta pessoal. O objetivo desta atividade é estimular o respeito à diversidade humana entre os estudantes, de modo que eles promovam o respeito para com os demais. A apresentação pode ser feita por meio de *slides*, vídeos ou textos que podem ser compartilhados no *site* da escola. Caso a escola não apresente a disponibilidade de utilizar mídias digitais, oriente a confecção de cartazes, utilizando revistas, jornais e outros materiais recicláveis.

MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA

# HI NO NACIONAL

Letra: Joaquim Osório Duque Estrada

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas  
De um povo heroico o brado retumbante,  
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,  
Brilhou no céu da Pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade  
Conseguimos conquistar com braço forte,  
Em teu seio, ó liberdade,  
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,  
Idolatrada,  
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido  
De amor e de esperança à terra desce,  
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,  
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,  
És belo, és forte, impávido colosso,  
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,  
Entre outras mil,  
És tu, Brasil,  
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,  
Pátria amada,  
Brasil!

Música: Francisco Manuel da Silva

Deitado eternamente em berço esplêndido,  
Ao som do mar e à luz do céu profundo,  
Fulguras, ó Brasil, florão da América,  
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra mais garrida  
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;  
"Nossos bosques têm mais vida",  
"Nossa vida" no teu seio "mais amores".

Ó Pátria amada,  
Idolatrada,  
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo  
O lábaro que ostentas estrelado,  
E diga o verde-louro desta flâmula  
- Paz no futuro e glória no passado.

Mas, se ergues da justiça a clava forte,  
Verás que um filho teu não foge à luta,  
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,  
Entre outras mil,  
És tu, Brasil,  
Ó Pátria amada!

Dos filhos deste solo és mãe gentil,  
Pátria amada,  
Brasil!

MATERIAL PARA DIVULGAÇÃO DA EDITORA FTD  
REPRODUÇÃO PROIBIDA

ISBN 978-65-5742-096-6



9 786557 420966