

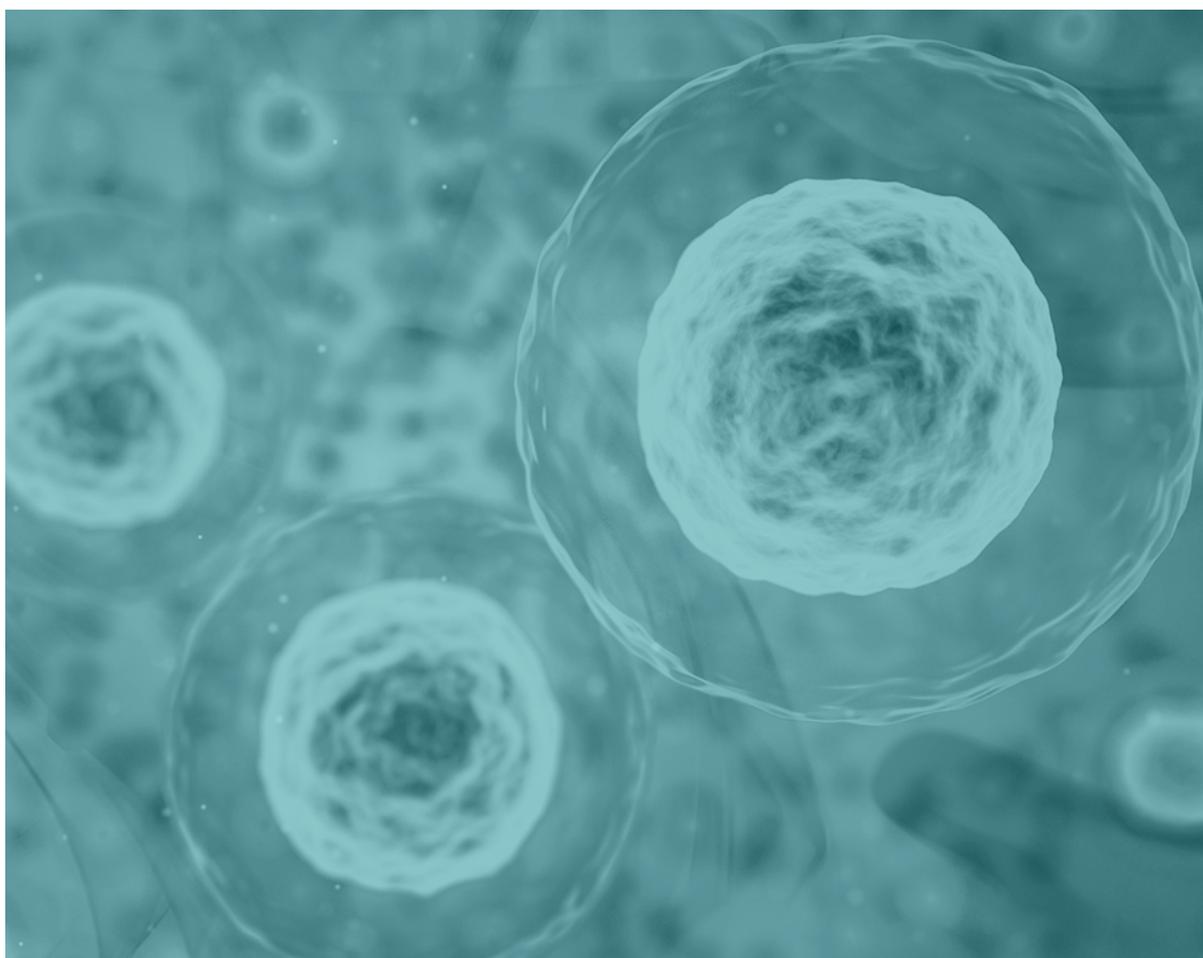
Origem da vida

Formação continuada de professores
Biologia - Ensino Médio

CURSO DE
ATUALIZAÇÃO PARA
PROFESSORES
DE CIÊNCIAS
E BIOLOGIA

*Diretoria de
Extensão da
Fundação Cecierj*

Daniel Fábio Salvador
Beatriz Saddy Martins
Carolina Nascimento Spiegel
Filipe Cavalcanti da Silva Porto
Paula Magalhães Souza Deccache
Paulo Roberto de Amoretty
Regiane Trigueiro Vicente
Roberta Flávia Ribeiro Rolando Vasconcellos





Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Origem da Vida

Formação continuada de professores

Biologia - Ensino Médio

CURSO DE
ATUALIZAÇÃO PARA
PROFESSORES
DE CIÊNCIAS
E BIOLOGIA

*Diretoria de
Extensão da
Fundação Cecierj*

*Daniel Fábio Salvador
Beatriz Saddy Martins
Carolina Nascimento Spiegel
Filipe Cavalcanti da Silva Porto
Paula Magalhães Souza Deccache
Paulo Roberto de Amoretty
Regiane Trigueiro Vicente
Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos*

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador

Luiz Fernando de Souza Pezão

Vice-Governador

Francisco Oswaldo Neves Dornelles

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento Social

Gabriell Carvalho Neves Franco dos Santos

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente

Carlos Eduardo Bielschowsky

PRODUÇÃO DO MATERIAL

Elaboração de conteúdo

Daniel Fábio Salvador
Beatriz Saddy Martins
Carolina Nascimento Spiegel
Filipe Cavalcanti da Silva Porto
Paula Magalhães Souza Deccache
Paulo Roberto de Amoretty
Regiane Trigueiro Vicente
Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos

Direção de Design Instrucional

Cristine Costa Barreto

Editores(organizadores)

Daniel Fábio Salvador
Roberta Flavia Ribeiro Rolando Vasconcellos

Desenvolvimento Instrucional

Aline Beatriz Alves
Daniel Fábio Salvador

Revisão de português

Alexandre Rodrigues Alves

Diretoria de Material Impresso

Marianna Bernstein

Ilustração

Equipe Cederj

Capa

Renan Alves

Programação Visual

Núbia Roma

Produção Gráfica

Fábio Rapello Alencar
Ulisses Schnaider

Copyright © 2018, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

O69

Origem da vida. Formação continuada de professores Biologia - Ensino Médio / Daniel Fábio

Salvador...[et al]. – Rio de Janeiro, 2018. (Curso de atualização para professores de ciências e biologia)

ISBN: 978-85-458-0130-6

1. Origem da vida. 2. Método científico. 3. Origem do universo. 4. Origem da terra. I. Martins, Beatriz Saddy. II. Spiege, Carolina Nascimento. III. Porto, Filipe Cavalcanti da Silva. IV. Deccache, Paula Magalhães Souza. V. Amoretty, Paulo Roberto de. VI. Vicente, Regiane Trigueiro. VII. Ribeiro, Roberta Flavia. VIII. Vasconcellos, Rolando. 1. Título.

CDD:575.0162

Sumário

Introdução	7
Unidade 1	
Texto base - O Método Científico e outras visões.....	9
Roteiro de ação 1	13
Unidade 2	
Texto base - Origem do universo e da terra.....	25
Roteiro de ação 2 -	29
Roteiro de ação 3 -	35
Unidade 3	
Texto base - Definição de vida e a história do pensamento sobre a origem da vida	39
Roteiro de ação 4 -	45
Roteiro de ação 5 -	53
Unidade 4	
Texto base - Na trilha das descobertas da Ciência sobre a origem da vida	65
Roteiro de ação 6 -	83
Unidade 5	
Texto base - Conhecendo a história da Teoria Celular	95
Roteiro de ação 7 -	103
Unidade 6	
Texto base - Evolução da célula eucariótica	111
Roteiro de ação 8 -	127
Unidade 7	
Amarrando as ideias Origens: uma questão sempre atual	137

Introdução

ALGUMAS PALAVRAS ANTES DE COMEÇAR

Mais uma vez o currículo da Educação Básica nos apresenta um grande desafio pedagógico – abordar o tema Origem da Vida no início de Ensino Médio. Nesse curso seremos convidados a transpor as barreiras da Biologia para abordar assuntos que são tratados por outros campos do saber, como a origem do cosmo e da Terra. Essa tarefa exigirá que nós, professores, sejamos multidisciplinares. Vamos abordar temas específicos da Cosmologia, da Física e da Química. Precisaremos ser também interdisciplinares para tratar da origem da vida, cuja compreensão só é possível a partir da integração de conteúdos da Física, da Química e da Biologia.

Então, a partir daí, é importante que tenhamos algumas questões em mente. Uma delas é: como tratar da evolução química para a origem da vida com alunos cujo conhecimento em Química ainda é rudimentar?

Além disso, seremos impelidos a mostrar por que os relatos da ciência sobre as origens possuem especificidades que os tornam relevantes para a construção das teorias aceitas hoje e como compará-los aos relatos míticos e religiosos. Como fazer isso sem incorrer em erros conceituais, sem ofender crenças religiosas e, ao mesmo tempo, apresentar a ciência como uma das mais fascinantes aventuras intelectuais que a humanidade já criou? É um desafio e tanto!

Nossa primeira preocupação teórica aqui será apresentar aos estudantes as diferenças entre a busca do conhecimento científico e os relatos míticos e religiosos. Entendemos que essa separação é uma ferramenta intelectual de suma importância. Dessa forma, os alunos poderão compreender melhor os avanços da ciência, que cada vez mais fazem parte do seu dia a dia, bem como criticar a ciência de má qualidade. Poderão, também, avaliar mais conscientemente o quanto de ciência e religião serão necessários para a construção de sua visão de mundo particular.

Os avanços teóricos e experimentais relacionados à temática da origem da vida são ótimos conteúdos para explorar a trajetória histórica da ciência. Um caminho cheio de percalços, cujo ensino permite mostrar para os estudantes a dimensão humana de cientistas em busca de um conhecimento eternamente em construção. Tentamos deixar claro, também, que muitos pontos ainda não têm

respostas satisfatórias, o que é uma característica de áreas que lidam com fenômenos que ocorreram em um passado muito antigo.

Talvez o principal desafio pedagógico que encontraremos neste curso seja o de ensinar conteúdos que exigem dos alunos conceitos químicos e físicos com os quais eles não se encontram ainda familiarizados. Por isso, muitos autores de livros didáticos e algumas escolas deslocam esse assunto para o final da primeira série do Ensino Médio ou para o início da segunda. Nesse sentido, optamos por minimizar ao máximo a abordagem química em nossos roteiros de ação. Também tendo isso em mente, nossa aproximação com esses assuntos tentou fugir de textos carregados de conceitos.

Em vez disso, introduzimos filmes que, além de explicar de forma simplificada a origem do universo e da Terra, colocam o tema em uma perspectiva histórica. Esses filmes também poderão ser uma fonte de aprofundamento para você. E uma parte deles pode ser usada com os alunos. Você verá que elaboramos roteiros de ação compostos de atividades práticas com o objetivo de superar alguns conceitos abstratos, como a expansão do universo e as diferentes escalas de tempo que abrangem a origem do universo e da vida. Por outro lado, enfatizamos a discussão que envolve a definição de vida, que nos conduzirá à questão da centralidade da Evolução dentro da Biologia.

Acreditamos, porém, que a formação em Ciências Biológicas é, antes de tudo, uma formação científica. Ela dá ferramentas intelectuais para que possamos avançar em estudos para além de suas fronteiras. Ela permite dialogar com profissionais de outras áreas e fazer as pontes entre diferentes campos do saber. Claro, isso exige aprofundamento em questões que às vezes não nos são familiares. É exatamente isso que buscaremos em nossos textos-base. Você verá que fomos às fontes de conteúdos escritas por astrônomos e físicos que possuem uma característica em comum conosco: a vontade de tornar o conhecimento científico palatável ao grande público.

Alguns de nossos roteiros de ação foram construídos com o auxílio de professores dessas áreas. Portanto, não se intimide. O caminho aberto será uma trilha familiar. Ao longo desse percurso seremos mais uma vez agentes do processo de ensino-aprendizagem. Então planeje bem o seu tempo para estudo e colaboração com seus colegas e venha descobrir conosco novas abordagens e formas de aprender e ensinar sobre esse tema fascinante: A origem da Vida.

Unidade 1

O MÉTODO CIENTÍFICO E OUTRAS VISÕES

O problema das origens aflige a humanidade desde tempos imemoriais. Quase todo grupo humano possui alguma explicação para as origens do cosmo, da natureza, da vida e do homem. Para Edgar Morin, a origem de tais “entidades naturais” representa as “grandes interrogações humanas” que têm se tornado cada vez mais distantes do ensino em função da progressiva hiperespecialização do conhecimento.



Morin desenvolve a ideia citada anteriormente em seu livro *A cabeça bem-feita*, escrito com um olhar especial para professores. Nesse livro, ele discute como a hiperespecialização do conhecimento levou a um ensino progressivamente fragmentado e sugere formas de contornar esse problema. Morin propõe que os professores discutam com seus alunos os princípios organizadores do conhecimento, de forma a dar sentido ao volume cada vez maior de informações de cada campo do saber. Como todas as entidades naturais possuem um passado, nós acreditamos que a Evolução seja um dos princípios organizadores do conhecimento biológico.

As Ciências Naturais também oferecem uma explicação para as origens do universo (cosmo), da Terra, da vida e do homem. Cabe a nós, professores de Ciências Biológicas, difundir as possibilidades e limites dessa visão científica. Uma estratégia para mostrar as peculiaridades da visão científica sobre as origens é compará-las a outras visões sobre essas questões.

Nesse sentido, vejamos a definição de mito da Enciclopédia Britânica:

Mito é uma narrativa simbólica, normalmente de origem desconhecida e, pelo menos, parcialmente tradicional que ostensivamente relata eventos reais e que é principalmente associada a crenças religiosas. Mitos são narrações específicas sobre deuses ou seres sobre-humanos envolvidos em eventos extraordinários ou circunstâncias em um tempo não específico, mas que é percebido à parte da experiência humana comum.

Como acontece com todo simbolismo religioso, não há a intenção de justificar as narrativas míticas ou de torná-las plausíveis. Todo mito reveste-se de autoridade de um relato real, não impor-

tando o quanto os eventos narrados estejam em desacordo com as leis naturais ou com a experiência comum.

Você pode encontrar a definição original em Inglês em: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/400920/myth>

É fácil perceber que a explicação para a origem da espécie humana a partir de Adão e Eva é um mito. Os relatos sobre as origens da Terra e de nossa espécie, por parte de qualquer tribo ameríndia, também são. Aqui, portanto, cabe a pergunta: será que os relatos das Ciências Naturais elaborados pela civilização ocidental sobre as origens podem ser classificados como mito?

Refletindo

Quais as diferenças entre a natureza das explicações religiosas, míticas e científicas? Procure refletir e discutir sua posição com alguns colegas. Use argumentos referentes à definição de mito e à natureza do conhecimento científico.

É bem provável que nossos alunos tenham dificuldades de discriminar os conhecimentos produzidos pela ciência daqueles adquiridos pela religião ou pela mitologia. Quando apresentamos a visão científica da origem da vida, por exemplo, é comum ouvirmos de certos alunos: “Professor, o Sr. está pregando o ateísmo?”. Essas confusões são ótimos momentos para esclarecer o papel da ciência e da religião. Vamos nos valer da metáfora atribuída ao cardeal Barônio (1538-1607) por Galileu Galilei, em sua carta escrita em 1615 à grã-duquesa mãe de Toscana, Cristina de Lorena: “A intenção do Espírito Santo é ensinar-vos como se vai para o céu e não como vai o céu”.

Segundo o professor Carlos Arthur Ribeiro do Nascimento, da Unicamp, a intenção de Galileu com essa citação e com a carta era deixar claro que o conflito entre a natureza e as Escrituras é apenas aparente. Ambos, para Galileu, são obras de Deus e, portanto, não podem conter erros. Os erros são cometidos pelos que interpretam as Escrituras e a natureza. As Escrituras seriam um texto moral e religioso escrito na linguagem corrente de determinado contexto cultural; portanto, não faria sentido tomá-la como um discurso científico e técnico. Em resumo, concordando com Galileu e o cardeal Barônio, ciências de um lado, mitos e religião de outro, são estratégias diferentes para adquirir conhecimentos diferentes.

No entanto, nas salas de aula do século XXI, esse debate por vezes avança: “O Sr. acha que a ciência pode ou vai explicar tudo? Isso nunca vai acontecer...”. Concordamos com a afirmação do nosso aluno fictício em gênero, número e grau. De fato, a ciência jamais se propôs a explicar tudo. A ciência lida com modelos explicativos que tentam dar conta das evidências até então conhecidas. Sempre que novas evidências incompatíveis com um determinado modelo são descobertas, tenta-se elaborar um novo modelo.

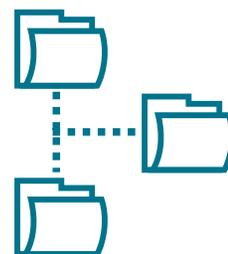
É claro que isso não é tão simples assim, pois a ciência é uma atividade humana e, portanto, sujeita a erros. Em algumas situações, as observações não são coerentes com um determinado modelo. Nesses casos, usa-se o modelo parcialmente falho enquanto ele for o que melhor explica as evidências disponíveis. Você verá mais à frente que a história da origem do universo é um exemplo dessa situação. Em outros casos, podem coexistir vários modelos para explicar os mesmos fenômenos e uma experiência e/ou observação que discrimine esses modelos podem levar anos para aparecer. Esse é o caso, como veremos adiante, das proposições sobre a origem da vida: durante os séculos XVI e XIX, a geração espontânea e a biogênese conviveram lado a lado até a experiência de Pasteur. Por isso o conhecimento científico é um terreno onde há disputas entre diferentes visões, o que não quer dizer que qualquer explicação seja válida.

Uma coisa é certa: em 100% dos casos, um novo modelo científico levanta novas questões a serem resolvidas. Portanto, a falta de uma explicação completa está na raiz do conhecimento científico. Repetimos: essa prática de adquirir conhecimento é completamente diferente daquela usada pela religião ou pela mitologia.

Roteiro de Ação 1

A garrafa azul

Este roteiro propõe uma experiência que estimula as habilidades de observação, formulação e teste de hipóteses (método científico). É baseado na realização de uma atividade prática de fácil execução e baixo custo, comumente realizada em aulas de Ciências.



O choque, o embate, que por vezes ocorre com alunos religiosos tem origem, a nosso ver, na dificuldade de separar essas duas formas de adquirir conhecimento. E por que isso acontece? Historicamente, apesar das visões conciliadoras de Galileu e Barônio, as grandes religiões atribuíram aos seus relatos de origem uma autoridade sobre o mundo real. O avanço de uma visão mais racional do mundo natural, desde o período denominado (por alguns historiadores) Revoluções Científicas, questionou a posição religiosa. As pragas, as epidemias, os fenômenos climáticos passaram a ser explicados por eventos de natureza material.

De certa forma, modelos científicos substituíram progressivamente os modelos sobrenaturais para explicar o mundo material. Essa constatação permite concluir que a ciência não tem nada a dizer sobre o mundo imaterial; por essa razão, não faz sentido estabelecer qual das abordagens seria a melhor: ciência, religião, mito ou senso comum. Cada uma delas tem um papel na organização do quadro conceitual das pessoas e dos grupos aos quais elas pertencem.



Em muitos casos, a defesa do ponto de vista científico dá margem à ideia de que os povos tecnológica e cientificamente mais desenvolvidos (que acabaram por dominar os outros) seriam superiores aos demais. Essa noção foi desfeita por Jared Diamond em seu excelente livro *Armas, Germes e Aço*, cuja leitura recomendamos. Diamond sugere que o advento de povos tecnologicamente mais desenvolvidos deve-se a acasos geográficos e não a nenhuma diferença intelectual entre os povos.

Acreditamos que dar ferramentas intelectuais para que os alunos possam discriminar ciência das religiões e mitos é uma tarefa imprescindível da escola. Nosso aluno poderá, de forma mais consciente, adotar o que e o quanto de ciência e/ou religião ele quer para compor seu quadro conceitual explicativo do mundo que o cerca.

Tendo “limpado o terreno”, podemos passar agora a tratar dos relatos que a ciência oferece a respeito da origem do universo e da Terra. Esse será o tema da próxima unidade.

Roteiro de Ação I

A garrafa azul

Duração prevista: 100 minutos

Área do conhecimento: Biologia

Assunto: Método científico

Objetivos: Estimular as habilidades de observação, formulação e teste de hipóteses (método científico).

Material necessário (por grupo):

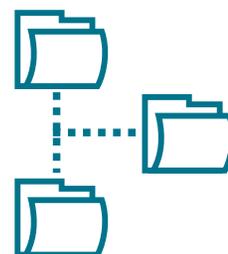
- 600 mL de água (cerca de 3 copos pequenos);
- 10 g (duas colheres e meia de café) de hidróxido de sódio (soda cáustica);
- 20 g (cinco colheres de café) de glicose (dextrose);
- 5 mL de azul de metileno a 1% (de 60 a 80 gotas);
- 2 garrafas PET incolores de 300 mL;
- 1 garrafa PET de 2 litros.

Organização da classe: quatro grupos de 7 a 10 alunos, cada.

Descritores associados:

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.



Este roteiro se baseia na realização de uma atividade experimental de fácil execução (não é preciso laboratório) e baixo custo. Os materiais podem ser adquiridos em drogarias (azul de metileno), mercados (soda cáustica) e lojas de suplementos alimentares (dextrose). É uma atividade comumente realizada em aulas de Ciências e que permite trabalhar aspectos relacionados ao método científico: observação, formulação e teste de hipóteses.

Você deverá preparar a solução previamente. Para tal, siga o procedimento:

- 1) Coloque os 600 mL de água na garrafa PET. Acrescente parte do hidróxido de sódio (reserve um pouco para possíveis ajustes de concentração). Atente para a pureza da soda cáustica. Quanto mais branca, maior o grau de pureza, o que potencializa a reação. Agite até dissolver completamente o hidróxido de sódio (a garrafa ficará aquecida em razão da liberação de calor, pois se trata de uma reação exotérmica).
- 2) Após esfriar, adicione parte da glicose (reserve um pouco para possíveis ajustes de concentração).
- 3) Adicione 60 a 80 gotas de azul de metileno a 1% (a concentração normalmente encontrada nas farmácias) e agite. Esta etapa deve ser feita pouco antes da realização da atividade, pois o efeito dura somente algumas horas.
- 4) A solução deverá apresentar aspecto incolor. Caso isso não ocorra, acrescente o hidróxido de sódio e a glicose restante até obter o efeito desejado (solução incolor).
- 5) Transfira a solução para duas garrafas (incolores). Uma deve ser totalmente preenchida e a outra, semipreenchida.
- 6) Tampe as garrafas e as rotule: A para a semipreenchida e B para a totalmente preenchida.

A garrafa azul

Albert Einstein, certa vez, comparou o trabalho de um cientista ao de um detetive:

Em quase todo romance policial, desde os admiráveis contos de Conan Doyle, chega um momento em que o investigador já colige todos os fatos de que necessita para solucionar pelo menos uma das etapas de seu problema. Esses fatos mostram-se estranhos e incoerentes, inteiramente sem relação entre si. Contudo, o grande detetive percebe não serem necessárias mais investigações no momento e que somente o raciocínio o levará a correlacionar os fatos coletados. Então ele toca o seu violino ou descansa na sua poltrona deliciando-se com seu cachimbo quando, de repente, ocorre-lhe a solução. Ele não somente tem uma explicação para os indícios de que dispunha, mas também sabe que outros acontecimentos devem ter ocorrido. Sabendo agora exatamente onde buscar o que deseja, poderá, se quiser, coletar mais dados para confirmação de sua teoria. O cientista, lendo o livro da natureza, se nos permitem repetir esse lugar comum, deve obter a solução por si, porque ele não pode, como fazem os leitores impacientes de outras histórias, ir logo ao final do livro. Em nosso caso, o leitor é também o investigador, procurando explicar, pelo menos em parte, as relações entre os acontecimentos em sua forma mais completa. Para obter uma solução, mesmo parcial, o cientista tem que coletar os fatos desordenados disponíveis e, por meio do seu pensamento criador, torná-los coerentes e inteligíveis (EINSTEIN, A.; INFELD, L. A evolução da Física. Trad. Giasone Rebuá. Rio de Janeiro: Zahar, 1962).

A comparação entre detetive e cientista se deve ao fato de que ambos buscam reunir evidências que expliquem os questionamentos feitos durante o processo de investigação de determinado fato ou fenômeno.

A curiosidade é uma característica inerente ao ser humano; pode ser considerada uma das motivadoras da investigação científica. Alguém já disse que fazer ciência é buscar compreender melhor o mundo no qual vivemos. Hoje em dia, os cientistas naturais, como os biólogos, fazem uso do método científico: um conjunto de passos empregados em uma investigação para a produção de novos conhecimentos.

O método científico pode ser resumido nas seguintes etapas:

1) Observação

É a percepção de um fato a partir dos nossos sentidos e de instrumentos que aumentam nossa capacidade de observação (por exemplo, lupa, microscópio). Esta etapa deve ser feita de forma bem cuidadosa; deve ser realizada por diferentes pessoas. Dessa forma, diminuimos a chance de interpretações pessoais dos fenômenos observados. Ou seja, buscamos aumentar o grau de objetividade das observações.

Repare que a observação nunca é livre. Nossas observações são guiadas, mesmo que inconscientemente, por conhecimentos prévios que temos do mundo.

2) Elaboração de um problema

É a formulação de perguntas. Tem importante papel na ciência, uma vez que um problema bem formulado pode levar a novos questionamentos e abrir caminho para outras pesquisas. A elaboração de um problema pode orientar novas observações. Ou seja, os passos 1 e 2 do método científico interagem e não seguem uma ordem rígida.

3) Proposição de hipóteses

São possíveis respostas para o problema elaborado na etapa anterior. Uma hipótese, para ser considerada científica, deve: explicar as observações realizadas anteriormente; conter previsões passíveis de teste.

Um teste de hipótese pode ser uma experiência ou uma nova observação que seja capaz de confirmar ou não a previsão proposta.

Na internet circula uma brincadeira interessante com a definição de hipótese elaborada por um autor desconhecido: "Hipótese é uma coisa que ainda não é, mas a gente faz de conta que já é só pra ver como seria, caso ela fosse".

4) Realização de experiências controladas

É uma das formas de testar hipóteses propostas anteriormente. Ou seja, dependendo do resultado de uma experiência controlada, as hipóteses são confirmadas ou não.

Para a realização de experiências controladas, são utilizados dois grupos: um experimental e um de controle. Eles são idênticos, exceto por uma única característica: a variável, cujo efeito se quer testar. Exemplo:

Hipótese: dois comprimidos de vitamina C por dia, durante uma semana, previnem contra gripes.

Grupo experimental: pessoas tomando dois comprimidos de vitamina C por dia durante uma semana.

Grupo controle: pessoas tomando dois comprimidos sem vitamina C (placebo) por dia durante uma semana.

Para os grupos terem como única diferença a ingestão de vitamina C, as pessoas devem apresentar condições semelhantes de vida (idade, hábitos, exposição ao vírus da gripe, moradia etc.).

5) Análise de resultados e conclusão

Os resultados devem ser cuidadosamente analisados, a fim de verificar se confirmam ou negam as hipóteses propostas. Se os resultados dos testes confirmarem as hipóteses, o problema foi solucionado. Caso contrário, elaboram-se novas hipóteses e novos testes.



Figura 1: Em resumo, as etapas que compõem o método científico

Que tal, então, trabalharmos esses conceitos na prática?

Atividade prática

Observe os dois recipientes (garrafas) contendo um líquido incolor. Um desses recipientes está preenchido até a metade (garrafa A), enquanto o outro está totalmente preenchido (garrafa B). Você está desafiado a dar uma explicação (elaborar uma hipótese) para o que se passa com a garrafa A em diferentes situações.

Investigação:

Com o frasco **A** bem tampado, agite-o vigorosamente. Em seguida, deixe-o em repouso por alguns segundos.

O que ocorreu?

Você deve estar se perguntando como isso aconteceu, certo? Para responder a essa pergunta, propomos algumas hipóteses e testaremos. Vamos a elas!

Hipótese 1: “Há alguma substância azul no fundo da garrafa ou na superfície do líquido que, pela agitação, se espalha colorindo todo o líquido”.

Observe a garrafa e responda.

Hipótese 2: “A cor azul é resultado de uma reação química entre a tampa da garrafa e o líquido”.

Como podemos testar essa hipótese?

Após agitar a garrafa A, houve mudança de cor?

Hipótese 3: “Há algo mais dentro da garrafa que reage com a solução, quando a agitamos”.

Como podemos testar essa hipótese?

Após testar essa hipótese, surge a cor azul?

Caso tenha surgido alguma coloração azul, mesmo que fraca, agite mais um pouco. A coloração azul surge novamente?

Retire um pouco da solução do frasco **B**. Tampe a garrafa novamente e agite-a. Jogue fora mais uma parte da solução, feche a tampa e agite-a novamente. Repita esse procedimento até que a solução fique próxima da metade da garrafa. O que vai acontecendo com a intensidade da cor da garrafa **B**?

Verifique se a garrafa **A** (semipreenchida) está bem fechada e repita o ciclo repouso/agitação/repouso (incolor/azul/incolor). Os resultados se alteraram?

Destampe a garrafa **A** e permita a entrada de ar, fazendo pequenas agitações.

Tampe-a e agite novamente. A coloração azul reaparece?

O que podemos concluir? O ar tem alguma participação na reação química que forma a coloração azul?

Se o ar e o líquido estão juntos na garrafa A, por que é necessário agitá-la para produzir a cor azul?

Será que na interface entre o ar e o líquido já ocorre a formação da coloração azul, mesmo sem agitação? Faça uma observação cuidadosa da superfície do líquido e responda.

Comentários para o professor

Investigação:

Com o frasco **A** bem tampado, agite-o vigorosamente. Em seguida, deixe-o em repouso por alguns segundos.

O que ocorre?

Resposta: O líquido inicialmente incolor fica azul depois da agitação e volta a ser incolor mediante repouso.

Que tipo de “mágica” está acontecendo?

Para responder a essa pergunta, propomos algumas hipóteses e as testaremos. Vamos a elas!

Hipótese 1: “Há alguma substância azul no fundo da garrafa ou na superfície do líquido que, pela agitação, se espalha colorindo todo o líquido”. Observe a garrafa e responda.

Resposta: Em algumas situações, uma finíssima camada azul pode ser notada na superfície do líquido, mas, em geral, não parece existir nenhuma substância azul na garrafa.

Hipótese 2: “A cor azul é resultado de uma reação química entre a tampa da garrafa e o líquido”.

Como podemos testá-la?

Resposta: Inverta a garrafa A de modo que o líquido entre em contato com a tampa, sem agitá-lo.

Houve mudança de cor?

Resposta: Não.

Hipótese 3: “Há algo mais dentro da garrafa que reage com a solução quando a agitamos”.

Como podemos testá-la?

Resposta: Agitando a garrafa B (totalmente preenchida).

Surge a coloração azul?

Resposta: Não.

Obs.: Talvez possa surgir a cor azul mais “fraca”. Isso dependerá da existência de espaço entre a tampa e o líquido.

Caso tenha surgido alguma coloração azul, mesmo que fraca, agite mais um pouco. A coloração azul surge novamente?

Resposta: Não.

Retire um pouco da solução do frasco **B**. Tampe a garrafa novamente e agite-a. Jogue fora mais uma parte da solução, feche a tampa e agite-a novamente. Repita esse procedimento até que a solução fique próxima da metade da garrafa. O que vai acontecendo com a intensidade da cor?

Resposta: Fica mais intensa. Aparece cada vez mais a cor azul.

Verifique se a garrafa **A** (semipreenchida) está bem fechada e repita o ciclo repouso/agitação/repouso (incolor/azul/incolor). Os resultados se alteraram? Resposta: A coloração azul fica cada vez mais fraca se o frasco for agitado muitas vezes.

Destampe a garrafa **A** e permita a entrada de ar, fazendo pequenas agitações. Tampe-a e agite-a novamente. A coloração azul reaparece?

Resposta: Sim.

O que podemos concluir? O ar tem alguma participação na reação química que forma a coloração azul?

Resposta: Acreditamos que os alunos não deverão ter dificuldades em perceber que o ar tem participação na reação química que forma a coloração azul.

Se o ar e o líquido estão juntos na garrafa **A**, por que é necessário agitá-la para produzir a cor azul?

Resposta: Os alunos deverão perceber que a agitação aumenta o contato e a dissolução do ar no líquido e permite que a reação química ocorra em toda a massa de líquido.

Será que na interface entre o ar e o líquido já ocorre a formação da coloração azul, mesmo sem agitação? Faça uma observação cuidadosa da superfície do líquido e responda.

Resposta: Sim. Existe uma fina (finíssima) camada azul na superfície do líquido.

Professor, esta atividade pode ser desenvolvida em outro formato, no qual os alunos não recebem as hipóteses. Nesse caso, eles são desafiados a propor as hipóteses e os experimentos para testá-las. Essa é a forma que acreditamos ser a mais interessante para se trabalhar, porém é provável que demande um pouco mais de tempo; por isso, você pode solicitar que sejam formuladas apenas duas ou três hipóteses que expliquem o fenômeno observado.

Hipótese 1:

Experimento realizado:

Resultado:

Análise do resultado:

Hipótese 2:

Experimento realizado:

Resultado:

Análise do resultado:

Investigação:

Com o frasco **A** bem tampado, agite-o vigorosamente. Em seguida, deixe-o em repouso por alguns segundos. O que ocorre?

O líquido inicialmente incolor fica azul depois da agitação e volta a ser incolor mediante repouso.

Seguem sugestões de hipóteses, de como testá-las e os resultados esperados.

Hipótese 1:

“Há alguma substância azul no fundo da garrafa ou na superfície do líquido que pela agitação se espalha colorindo todo o líquido?”

Experimento:

Simples observação.

Resultado:

Em algumas situações, uma finíssima camada azul pode ser notada na superfície do líquido, mas em geral não parece existir nenhuma substância azul na garrafa.

Hipótese 2:

A cor azul é resultado de uma reação química entre a tampa da garrafa e o líquido.

Experimento:

Inverter a garrafa A, de modo que o líquido entre em contato com a tampa sem agitá-lo.

Resultado:

Não há mudança de cor.

A partir desse ponto, você pode sugerir uma discussão coletiva com as hipóteses levantadas e testadas. Também podem ser propostos experimentos (como os citados no outro formato da atividade) e a turma, então, discuti-los.

Interpretação dos resultados

A finíssima camada azul que, às vezes, pode ser notada na superfície do líquido da garrafa A antes de qualquer agitação não pode ser responsável pela fortíssima coloração azul que aparece em toda a solução após ela ter sido agitada.

Como não aparece a cor azul quando o líquido simplesmente toca a tampa sem ser agitado, não se pode atribuir o aparecimento da cor ao contato do líquido com a tampa.

Como não ocorreu a formação da substância azul na garrafa que não continha ar (B), podemos concluir que o ar tem participação no processo químico que resulta na formação da substância azul.

Essa interpretação é reforçada pela observação de que, na garrafa B, passou-se a obter a cor azul depois que se retirou dela parte da solução e se permitiu a entrada de maior quantidade de ar.

A hipótese de que o ar, ou um de seus componentes, toma parte na reação é comprovada também por outro fato: a garrafa A (que contém líquido e ar), com a tampa bem fechada, deixou de se colorir depois de várias agitações. Podemos concluir que isto aconteceu porque o componente do ar que participa da reação química foi totalmente consumido.

Portanto, é bastante grande a soma das evidências de que uma das substâncias químicas presentes no ar é responsável pela formação da substância azul. A agitação aumenta o contato e a dissolução do ar no líquido permite que a reação química ocorra em toda a massa de líquido.

É esse componente do ar atmosférico que também se “dissolve” na água dos lagos, rios e mares. É o oxigênio desse ar dissolvido que os peixes respiram pelas brânquias. A água recentemente fervida — por ter perdido os gases que estavam dissolvidos — tem gosto diferente da água não fervida. É suficiente agitar essa água fervida – com uma colher, por exemplo – para que seu “sabor” seja restabelecido.

Comentários para o professor

Os experimentos realizados permitem concluir apenas que o ar, ou um de seus componentes, reage (pela agitação) com algum dos ingredientes do líquido, formando a substância azul.

A proposta da atividade não é investigar os detalhes das reações que tornam o líquido azul e, posteriormente, incolor, mas exercitar a argumentação com nossos alunos. Como sabemos, eles são curiosos e nos “encherão” de perguntas. Então segue um resumo do que acontece.

No experimento, a glicose, em meio básico, reduz o azul de metileno para leucometileno (leuco-base), que é incolor. Quando agitamos a garrafa, o oxigênio presente no ar se dissolve no líquido e oxida o leucometileno até azul de metileno. Enquanto houver oxigênio na garrafa, a solução voltará a se tornar azul a cada ciclo de agitação.

Unidade 2

ORIGEM DO UNIVERSO E DA TERRA

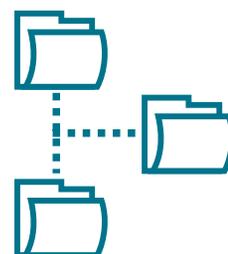
A história de como a ciência concebe a origem do universo e a estrutura do sistema solar serve como excelente exemplo do progressivo desenlace entre ciência e religião que discutimos até aqui. No entanto, as evidências que levam à Teoria do Big Bang são, a nosso ver, muito complexas para serem ensinadas em aulas do Ensino Médio. Sugerimos que esse conteúdo, mais ligado à Física do que à Biologia, seja visto como uma oportunidade de conhecer a história da ciência.

Nesse sentido, sugerimos que você use alguns trechos do filme *O universo além do Big Bang*, do The History Channel. Apesar do vídeo possuir direitos autorais, ele pode ser encontrado na sua totalidade ou em partes em uma busca rápida pela internet (Youtube). Se puder, busque uma parceria com o professor de Física. Ele pode assistir ao filme na sua aula ou o contrário. Acreditamos que o melhor seja ver o filme e comentar com os alunos. Sugerimos especialmente as partes que mostram em ordem cronológica os avanços científicos. Cada avanço corresponde a um novo modelo explicativo, que, por sua vez também apresenta falhas.

Roteiro de Ação 2

Universo em expansão

Elaboramos aqui um roteiro de ação mais curto, em que propomos uma simulação do universo em expansão que é discutido em umas das partes do filme *O universo além do Big Bang*. Chame seus alunos para uma seção de pipoca e boa diversão em sala de aula!



A origem da Terra ocorreu simultaneamente à origem do sistema solar, após a explosão de uma supernova. Presumimos que isso tenha ocorrido por volta de 4,6 bilhões de anos atrás. Essa data se baseia na idade das rochas da Terra, calculada por datação radioativa. As rochas da Lua têm a mesma idade.



Radioatividade é uma propriedade de certos isótopos de liberar partículas de seu núcleo a uma velocidade constante, típica de cada isótopo radioativo. Dessa forma, uma determinada quantidade de isótopos radioativos libera radiação a uma velocidade constante e transforma-se em outro elemento químico (processo chamado de decaimento radioativo). Os cientistas chamam de meia-vida o tempo necessário para que metade de uma determinada quantidade de material radioativo sofra decaimento.

Por exemplo, o carbono 14 (^{14}C), ao liberar radioatividade, transforma-se em nitrogênio 14 (^{14}N) e a meia-vida do ^{14}C é de 5.730 anos. Assim, se encontrarmos uma razão $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$ igual a 1 é sinal de que o material datado tem aproximadamente 5.730 anos. Se houver mais ^{14}C e menos ^{14}N (razão maior do que 1), o material tem menos do que 5.730 anos; haver mais ^{14}N do que ^{14}C (razão menor do que 1) sugere um material com mais de 5.730 anos.

Você pode saber mais sobre nos seguintes artigos:

Sobre a datação por decaimento radioativo (link: <http://periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIO-NLINE/article/view/122/373>)

Geocronologia: o tempo registrado nas rochas (link: <http://www.igc.usp.br/index.php?id=304>)

A determinação da idade das rochas (link: https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v1/pdf-v1/p006-035_carneiro.pdf)

Explicar esse assunto para o aluno recém-entrado no Ensino Médio, que não possui conhecimento mínimo sobre modelo atômico, pode ser bem complicado. Por isso sugerimos que você faça uso de algum recurso multimídia sobre o tema. Existem alguns vídeos entre 8 a 10 minutos no YouTube com a explicação sobre a datação por Carbono 14. Segue os links de alguns desses vídeos. Vale a pena conferir!

<https://www.youtube.com/watch?v=UEAVXW-ZH-M>

<https://www.youtube.com/watch?v=OnKaXwHalm0>

A datação das rochas permitiu, como já dissemos, que chegássemos ao número de 4,6 bilhões de anos para a idade da Terra. Por sua vez, a datação de fósseis, que segue o mesmo princípio da datação de rochas (afinal, um fóssil é uma rocha), sugere, dentre outras coisas, que:

- a vida na Terra tenha aproximadamente 3,5 bilhões de anos;
- a pluricelularidade surgiu há mais ou menos 600 milhões de anos;
- os grandes dinossauros dominaram a Terra há 300 milhões de anos;
- os fósseis dos primeiros ancestrais bípedes humanos teriam 7 milhões de anos;
- a espécie humana possui 200.000 anos.

Essas escalas de tempo representam uma tremenda abstração, especialmente para os alunos do Ensino Básico. Sugerimos que você passe para eles um filme que reduz os 15 bilhões de história do universo a um ano. Esse tipo de artifício foi elaborado pela primeira vez, até onde sabemos, por Carl Sagan na série *Cosmos*, lançada na TV norte-americana no ano de 1980. Você pode achar o vídeo de partes dessa série em uma busca pelo youtube. No vídeo o próprio Sagan, já falecido, comenta alguns eventos da trajetória do *Big Bang* ao aparecimento da espécie humana. Você pode combinar o vídeo com o roteiro de ação “calendário cósmico em uma reta”. Ambos cabem perfeitamente em um tempo de aula.

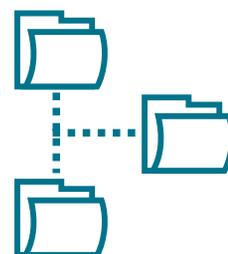


Carl Sagan (1934-1996) foi um astrônomo norte-americano que se popularizou pela sua dedicação à divulgação científica. Publicou livros famosos, como *Os dragões do Éden*, e escreveu e narrou a série televisiva *Cosmos*.

Roteiro de Ação 3

Calendário cósmico em uma reta

Neste roteiro, o aluno é levado a construir seu próprio calendário cósmico, marcando os principais eventos dos 15 bilhões de história do universo, da Terra e da vida em um segmento de reta de 30 centímetros de comprimento. As dificuldades que se originam daí podem ajudá-lo a perceber as diferenças de escala de tempo que envolvem a história do universo, da Terra e da espécie humana.



Roteiro de Ação 2

Universo em expansão

Duração prevista: 50 minutos, se for combinado com a projeção da parte 5 do filme *O universo além do Big Bang*, do The History Channel.

Área do conhecimento: Biologia

Assunto: origem do universo

Objetivos: simular o universo em expansão

Material necessário:

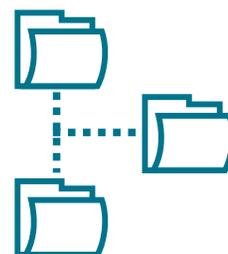
- Balões de gás vazios (considerando eventuais erros, sugerimos três para cada dois alunos);
- roteiro impresso;
- caneta esferográfica;
- régua.

Organização da classe: em duplas.

Descritores associados:

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas Ciências Físicas, Químicas ou Biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.



Este roteiro de ação tem por objetivo simular a expansão do universo, uma das facetas da Teoria do *Big Bang*. Nele, são usados materiais simples e de baixo custo. Sugerimos que seja aplicado após a projeção do filme *O universo além do Big Bang*, do The History Channel. Você pode escolher projetar somente a parte desse documentário que trabalha com a explicação sobre a teoria da expansão do Universo. O documentário na sua íntegra ou em partes poder ser normalmente achado em alguns canais sobre ciências do Youtube.

O universo em expansão

Como você viu, a explicação científica atual para a origem do universo é conhecida como Teoria do *Big Bang*. O universo atual (poderia ter havido outros antes desse) teria se formado há 15 bilhões de anos a partir da explosão (silenciosa, pois não havia ar para propagar o som) de uma minúscula partícula extremamente pesada e densa. A partir daí a matéria, as galáxias e os sistemas planetários estariam em expansão.

Existe uma evidência para supormos que essa expansão de fato esteja acontecendo. Em 1929, o astrônomo americano Edwin Hubble verificou que as galáxias mais distantes da nossa Via Láctea estariam se distanciando a uma velocidade maior do que as galáxias mais próximas. E qual a relação entre isso e a expansão do universo? É o que veremos a seguir.

Atividade prática

Pegue um dos balões de gás e marque nele, com a caneta esferográfica, quatro pontos alinhados, segundo o eixo de maior comprimento do balão. Cada ponto deve estar separado do outro por mais ou menos um centímetro (observe a Figura 1). Meça com uma régua as distâncias entre pontos e anote-as em uma folha de papel.

Comentários para o professor

Fique atento e teste essa experiência antes de realizá-la com os alunos, pois, dependendo do tipo de balão de gás, os pontos devem ser marcados mais perto ou mais distantes do bico para obter o efeito desejado: a expansão dos pontos mais distantes do primeiro a uma velocidade maior do que a dos mais próximos.

Considere o ponto mais próximo ao bico do balão como a Terra e os demais como galáxias. Sopre o balão de gás até inflá-lo um pouco e pare. Meça novamente as distâncias entre os pontos e anote-as na mesma folha.

Considere o ponto mais próximo ao bico do balão como a Terra e os demais como galáxias. Sopre o balão de gás até inflá-lo um pouco e pare. Meça novamente as distâncias entre os pontos e anote-as na mesma folha.



Figura 1: Balão de gás com as marcações. A mais próxima do bico deve ser considerada a Terra e as mais afastadas, as galáxias.

Agora responda:

1. O que aconteceu com as distâncias entre os pontos?

É provável que os alunos verifiquem que os pontos mais distantes da Terra (o primeiro ponto) ficaram a uma distância maior. Para que isso aconteça, é muito importante que os pontos sejam marcados da maneira indicada e que essa marcação seja adaptada ao tipo de balão de gás que for usado na sua aula.

{ RESPOSTA COMENTADA }

Sobre mais uma vez o balão de gás e pare. Meça novamente as distâncias entre os pontos e anote-os.

2. O que aconteceu com as distâncias entre os pontos?

As distâncias entre os pontos devem aumentar e as galáxias mais distantes devem continuar mais longe da Terra do que as galáxias mais próximas.

{ RESPOSTA COMENTADA }

3. As galáxias mais distantes da Terra estão se distanciando dela na mesma velocidade das galáxias mais próximas?

Se os alunos entenderam corretamente as questões anteriores, eles vão perceber que as galáxias mais distantes devem estar se afastando da Terra a uma velocidade maior do que as galáxias mais próximas. A única explicação para as galáxias mais distantes se afastarem a velocidades maiores é a expansão do universo. Se o universo fosse estático, como acreditava Einstein à época, as distâncias entre as galáxias e a Terra seriam sempre as mesmas. Mas o que se verificou experimentalmente, pela observação das luzes emitidas pelas galáxias, é que as velocidades de afastamento da Terra são diretamente proporcionais à distância da Terra.

{ RESPOSTA COMENTADA }

4. Explique como esse sistema, formado pelo balão de gás e os pontos marcados, simula o universo em expansão. Qual dos elementos usados refere-se ao universo?

Esperamos que aqui o aluno faça a correspondência correta entre a simulação e a Teoria do Big Bang. O balão de gás representa o universo. Com o passar do tempo, o universo expande, ou seja, o balão de gás infla. Ao longo desse processo, as galáxias mais próximas da Terra afastam-se dela a uma velocidade menor do que aquelas que já estariam a uma distância maior.

Nossa experiência mostra que os alunos tentam relacionar o estouro do balão à explosão inicial do Big Bang. Isso não faz sentido por dois motivos: primeiro, o objetivo é simular a expansão do universo e não sua explosão inicial; segundo, a explosão inicial surge de uma partícula extremamente pequena e densa; portanto, inflar o balão não simula esse evento.

{ RESPOSTA COMENTADA }

Roteiro de Ação 3

Calendário cósmico em uma reta

Duração prevista: 50 minutos, se for combinado com a projeção do filme *O calendário cósmico*, de Carl Sagan.

Área do conhecimento: Biologia

Assunto: Tempo profundo e evolução

Objetivos: Identificar as diferentes escalas de tempo para diferentes eventos evolutivos

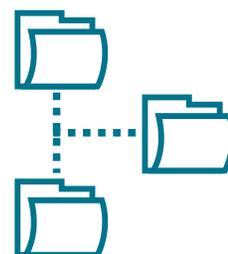
Material necessário:

- Filme *O calendário cósmico*, de Carl Sagan;
- Roteiro impresso;
- Régua.

Organização da classe: em duplas.

Descritores associados:

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação, usadas nas Ciências Físicas, Químicas ou Biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



Este roteiro de ação tem por objetivo permitir que os alunos comparem eventos evolutivos em escalas de tempo muito distintas.

Ao final, eles também devem perceber:

- Que a vida sobre a Terra foi exclusivamente representada na maior parte do seu tempo por organismos unicelulares;
- Que o surgimento de animais e dos seres humanos é um evento recente;
- Que as maiores invenções da história da humanidade aconteceram há pouquíssimo tempo, quando comparadas aos principais eventos registrados na evolução geológica e biológica.

Sugerimos que essa atividade seja realizada após a projeção do trecho da série Cosmos chamando "O calendário cósmico", de Carl Sagan, que tem cinco minutos de duração. O link para esse vídeo pode ser localizado em uma busca no Youtube.

Calendário cósmico em uma reta

Nosso universo originou-se há muito tempo. Foram 15 bilhões de anos desde o Big Bang. O sistema solar (o qual inclui a Terra), por sua vez, tem 4,6 bilhões de anos e a forma mais antiga de vida, 3,8 bilhões de anos. Mas... E os animais? Quando apareceram os primeiros seres humanos? E a agricultura? Como comparar esses diferentes tempos? Fique ligado no filme e em seguida faça a atividade proposta. Seja criativo para resolver o desafio que ela apresenta.

Atividade prática

A Tabela 1 fornece as datas dos principais eventos biológicos, desde a criação do universo e do sistema solar até o aparecimento da espécie humana e algumas de suas principais realizações.

Tabela 1. Idade cronológica de alguns eventos cosmológicos e biológicos e da atividade humana.

EVENTO	DATA (em anos antes do presente)
Big Bang	15 bilhões
Sistema Solar	4,6 bilhões
Terra	4,6 bilhões
Primeiras formas de vida	3,8 bilhões
O2 livre na atmosfera	2,48 bilhões

Primeira célula eucariota	1,8 bilhão
Primeiros organismos multicelulares	750 milhões
Peixes	480 milhões
Plantas terrestres	420 milhões
Anfíbios	350 milhões
Répteis	320 milhões
Mamíferos	220 milhões
Aves	140 milhões
Primeiro ancestral bípede	7 milhões
<i>Australopithecus</i>	4 milhões
<i>Homo</i>	2 milhões
<i>Homo sapiens</i>	200 mil
Agricultura	10 mil
Escrita humana	6 mil
Telefone	152

Para se ter a dimensão relativa de cada evento, ao longo do tempo, diversos pesquisadores propõem diferentes tipos de calendários, onde procuram organizar essas datas de maneira a facilitar sua visualização. Vocês acabaram de ver um calendário desse tipo no filme. Crie, então, você também o seu calendário, seguindo estes passos e respondendo as perguntas.

1. Trace um segmento de reta de 30 cm em uma folha de papel. O Big Bang deve ocupar a extremidade mais à esquerda e o presente a outra extremidade. Dessa forma, 30 cm equivalem a 15 bilhões de anos.

2. Faça marcas nesse segmento relativas aos eventos listados na Tabela 1. Fique atento e seja rigoroso com a Matemática: a metade da sua reta significa que se passaram 7,5 bilhões de anos!

3. Se você encontrou alguma dificuldade na montagem do seu calendário, discuta-a com seu parceiro, buscando meios de contorná-la. A que conclusões vocês chegaram?

O segmento de reta com 30 centímetros é pequeno demais para representar eventos numa escala de 15 bilhões de anos que tenham acontecido tão recentemente, como o aparecimento da espécie humana. Os alunos que fizerem corretamente a correspondência entre distância e tempo não conseguirão marcar os pontos dos eventos mais recentes.

A solução para essa questão é traçar uma nova reta que represente os últimos milhões de anos. Duas novas retas são necessárias. Aproveite a dificuldade para mostrar essas diferentes escalas de tempo e para mostrar o quão antiga é a vida na Terra, a própria Terra e o universo em relação aos tempos que costumamos usar no nosso cotidiano.

{ RESPOSTA COMENTADA }

4. Observe os dados da Tabela 1 e responda: durante quanto tempo a vida na Terra foi representada exclusivamente por organismos unicelulares?

Essa questão tem por objetivo avaliar se aluno aprendeu a usar a tabela e mostrar a ele a importância da vida unicelular ao longo da evolução da vida na Terra. A resposta à pergunta é: A vida na Terra foi representada exclusivamente por unicelulares durante 3 bilhões e 50 milhões de anos (3,8 bilhões – 750 milhões).

{ RESPOSTA COMENTADA }

Unidade 3

DEFINIÇÃO DE VIDA E A HISTÓRIA DO PENSAMENTO SOBRE A ORIGEM DA VIDA

E o que a ciência tem a dizer sobre a origem da vida? A resposta a essa questão tem sua própria história, que nos serve para mostrar alguns dos meandros do avanço do pensamento científico.

Inicialmente, seria conveniente definir vida. Isso já foi considerado uma tarefa espinhosa por vários cientistas. Muitos a deixaram de lado e usaram um conceito de vida intuitivo, enquanto outros afirmaram que não seria possível definir vida. Porém nossos alunos têm acesso a uma definição de vida que se encontra nos livros didáticos. Normalmente, essa definição de baseia em uma lista de propriedades, tais como: metabolismo, irritabilidade, reprodução, evolução etc. Essa forma essencialista de definir vida traz pelo menos três tipos de problema:

1) Há inúmeros seres vivos que não apresentam uma ou mais dessas características. Por exemplo: o burro e a mula são animais (logo, são seres vivos), mas não se reproduzem, pois nascem estéreis (apesar de haver algumas poucas exceções, veja: http://www.vet.ufmg.br/imprensa/materia/176/Mula_fertil_e_caso_raro). Os vírus não possuem metabolismo próprio; por isso não seriam seres vivos, como alguns autores os consideram.

2) Existe uma quantidade razoável de sistemas não vivos que apresentariam algumas das propriedades de um ser vivo. Se uma rocha for submetida a choques térmicos (grandes diferenças de temperatura), ela racha em várias partes, o que poderia ser interpretado como irritabilidade. O delta de um rio pode avançar sobre o mar e se modificar, o que seria considerado desenvolvimento. As rochas sedimentares e os cristais podem crescer...

3) O terceiro problema é que uma definição de vida baseada numa lista se limita às formas de vida na Terra. Qualquer outra forma vivente que não possua essas propriedades não seria considerada vida. Isso poderia limitar a busca de vida fora da Terra. Nada impede que haja formas de vida que não dependam da água, que não sejam compostas por DNA ou formadas por células.

Em resumo, a vida não pode ser definida de forma essencialista, ou seja, a partir de uma lista de propriedades.

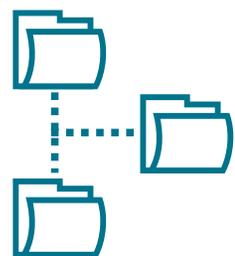
Por isso, precisamos de uma definição **universal** de vida. Em 2000, Claus Emmeche e Charbel El-Hani publicaram o artigo “Definindo vida” (capítulo 2 do livro *O que é Vida?*), que trata dessa questão. Você pode tentar baixar e ler o texto original em <http://www.nbi.dk/~emmeche/coPubl/99.DefVida.CE.EH.html>.

Os autores sugerem que para esse tipo de conceito seja usada uma ontodefinição. **Ontodefinição** é uma definição baseada na ideia central da ciência (paradigma) à qual o conceito está ligado. Segundo eles, a Biologia tem três paradigmas que podem ser usados para uma ontodefinição de vida: a Evolução Biológica, o metabolismo (ou autopoiese) e a biossemiótica. Nossa experiência mostra que é possível definir vida como um conhecimento escolar, se tomarmos a Evolução Biológica como paradigma da Biologia.

Roteiro de Ação 4

Definição universal de vida

Apresentamos neste roteiro um estudo dirigido que apresenta os problemas de uma definição essencialista de vida. Em seguida, a Evolução Biológica é apresentada como paradigma central da Biologia; dela é derivada uma ontodefinição de vida. Casos polêmicos, como os vírus, são discutidos sob esse novo ponto de vista.



Considerando a Evolução como paradigma central da Biologia, a vida seria definida como entidades replicantes que sofrem seleção e evolução. Dessa forma, vírus são seres vivos. Burros e mulas também, pois pertencem a uma linhagem de seres vivos que sofrem seleção e evolução.

Agora que temos uma definição de vida, podemos voltar ao problema de sua origem. Mesmo sem uma definição clara de vida, os grandes pensadores da humanidade desenvolveram teorias a esse respeito e, como você deve imaginar, durante muito tempo e até hoje as explicações religiosas se

misturam com as explicações científicas. Como já dissemos, a força divina está presente em diversos mitos de criação, desde o livro do Gênesis até os mitos de tribos indígenas, celtas, germânicas etc. No mundo europeu, essa visão coexistiu com uma teoria de natureza material que afirmava que os seres vivos teriam surgido pela transmutação da matéria bruta em matéria viva formadora de seres vivos.

Repare que podemos levantar pelo menos três questões relativas a essa proposta de Geração Espontânea: que tipo de matéria bruta é essa? Quais seres vivos podem surgir desse tipo de transmutação? Em que condições e durante quanto tempo esse tipo de transmutação poderia ocorrer?

Você verá que, ao longo da história, diferentes respostas foram dadas a essas questões.

Para os gregos, Aristóteles e seus antecessores, diversos seres vivos poderiam transmutar dos quatro elementos (água, terra, fogo e ar), bem como de material biológico em decomposição. Este último tipo de geração espontânea, chamada de heterogênese (*heterogenesis*, em inglês), influenciou cientistas até o século XIX e aparece com frequência nos livros didáticos. Um exemplo famoso é a fórmula do médico e químico belga Johannes Baptista Van Helmont (1579-1644), que dizia que ratos se transmutariam de uma mistura de roupas suadas e trigo mantida no escuro por 21 dias. Podemos imaginar, portanto, a falta de rigor científico dessas observações de Van Helmont.

A primeira experiência controlada de que temos notícia que contradiz a heterogênese é a do italiano Francisco Redi em 1668. Redi demonstrou que a carne em putrefação não originava vermes (larvas de moscas) se o pote onde ela fosse colocadas estivesse tampado. As observações de Redi são mais rigorosas que as de Van Helmont, pois lançam mão da comparação de resultados entre grupo controle e experimental (potes fechados e abertos, respectivamente), um avanço para as ciências experimentais. Mesmo assim, Redi continuou acreditando que a geração espontânea poderia explicar a origem de outros seres vivos em outras condições. De fato, não é possível negar a geração espontânea para todos os casos, simplesmente porque a ciência não é capaz de produzir provas negativas universais, visto que a experimentação e o levantamento de evidências sempre se constituem em casos particulares...

Para sorte da Geração Espontânea, na segunda metade do século XVII o holandês Antony van Leeuwenhoek estava aperfeiçoando os primeiros microscópios e observando, pela primeira vez na história da humanidade, organismos invisíveis a olho nu, como bactérias e protozoários. Apesar de Leeuwenhoek não defender a Geração Espontânea, na atmosfera intelectual da época a melhor explicação para a origem desses microrganismos era a sua transmutação do lodo, do material vegetal e de animais em decomposição. Em suma, a microscopia foi uma grande invenção a serviço de um modelo explicativo que hoje sabemos que é furado...

No final do século XVII, diversos trabalhos mostram que os insetos são originados dos seus ovos, deslocando o domínio explicativo da Geração Espontânea dos animais para os microrganismos recém-descobertos. A partir de então, vários cientistas da época montaram experiências controladas para testar se microrganismos poderiam se transmutar de caldos orgânicos (restos de animais e vegetais em decomposição). Essas experiências se baseavam na observação de potes abertos e fechados com caldos orgânicos previamente fervidos. Se a Geração Espontânea estivesse correta, microrganismos deveriam surgir nos dois potes. Se ela estivesse errada, os microrganismos só se desenvolveriam nos potes abertos. Ou seja, haveria contaminação com microrganismos que teriam vindo de fora. Os resultados foram controversos, provavelmente devido às técnicas rudimentares de esterilização e a bactérias resistentes.

A descoberta do gás oxigênio (O_2) por Joseph Priestley, no final do século XVIII, como componente fundamental à vida da maior parte dos seres vivos deu mais fôlego à Geração Espontânea. Seus partidários defendiam que o aquecimento prévio dos caldos orgânicos “estragava” o ar e não permitia a existência das condições necessárias à produção de vida a partir da matéria bruta.

Para resolver a questão, a Academia Francesa de Ciências estabeleceu um prêmio para quem fizesse uma experiência que refutasse ou confirmasse esse tipo particular de Geração Espontânea, um caso claro de heterogênese. Os oponentes a essa teoria teriam que mostrar que, mesmo com um fluxo de ar estéril (ou seja, sem aquecimento prévio) não haveria crescimento de microrganismos nos caldos orgânicos.

Em 1861, Louis Pasteur realizou a célebre experiência: ferveu um caldo orgânico por muito tempo dentro de vários recipientes cujos gargalos tinham o formato de um pescoço de cisne (Figura 1).

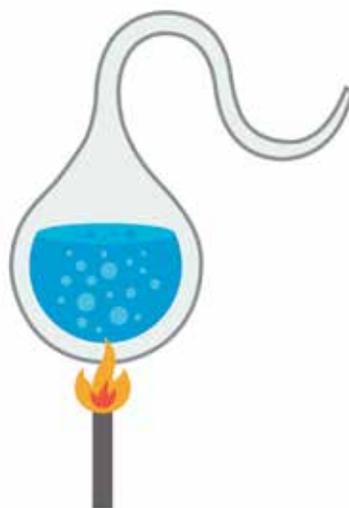


Figura 1: Recipiente usado por Pasteur em suas experiências para provar que organismos não surgem espontaneamente.

Em seguida, esse material foi resfriado e o ar de fora (não aquecido) pôde passar livremente para dentro do frasco. Resultado: em 10% dos recipientes, não houve crescimento de microrganismos no caldo. Sim, apenas em 10% dos recipientes! Mas Pasteur alegou que, para esterilizar corretamente todos os caldos, a temperatura deveria ser muito maior, o que na época era impossível. Pasteur não tinha panela de pressão nem autoclave.

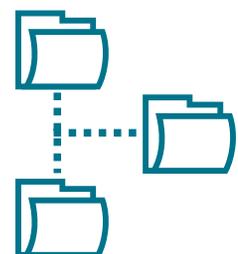
Apesar da enorme influência de Pasteur e da recente teoria celular, que já sugeria que as células são originadas apenas de outras células, a Geração Espontânea continuou sendo investigada em outros termos por cientistas ingleses e alemães, com destaque para Thomas Huxley e Ernst Haeckel, ambos evolucionistas. Observe que, para evolucionistas, a vida teria de ter um começo. Para esses pesquisadores, a vida poderia surgir de uma reorganização do protoplasma em organismos muito simples nas condições atuais do planeta. Essa era uma teoria semelhante à adotada por Lamarck na virada do século XVIII para o XIX. Huxley denominou esse processo de “abiogênese”. Durante a década de 1870, pesquisas no fundo do Oceano Atlântico foram engendradas para encontrar o *Bathybius haeckelii*, que seria um organismo muito simples decorrente desse tipo de geração espontânea. Mais tarde, percebeu-se que esse “organismo” era na realidade um artefato de técnicas de conservação da lama do oceano.

A despeito das desventuras de Huxley e Haeckel, mais tarde a ciência voltou a alimentar a ideia de que um determinado tipo de geração espontânea sempre esteve correta... como você já deve saber. Mas isso fica para a próxima unidade.

Roteiro de Ação 5

A história do pensamento sobre a origem da vida

Neste roteiro de ação, comparamos diferentes formas de explicação para a origem da vida. Simultaneamente, discutimos a importância de experiências e observações controladas para a construção do pensamento científico.



Roteiro de Ação 4

Definição universal de vida

Duração prevista: 50 minutos.

Área do conhecimento: Biologia.

Assunto: definição de vida.

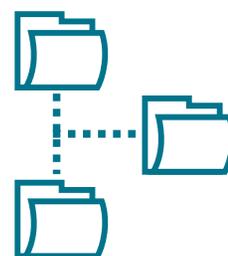
Objetivos: Discutir os problemas e a abrangência de uma definição essencialista de vida e os critérios para uma definição universal de vida.

Material necessário: Roteiro impresso

Organização da classe: Em duplas.

Descritores associados:

H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.



Este roteiro de ação foi elaborado na forma de estudo dirigido e tem por objetivo permitir que os alunos reflitam e discutam sobre o caráter essencialista das definições de vida normalmente disponíveis nos livros didáticos.

O roteiro apresenta aos alunos a Evolução Biológica como um dos temas centrais (paradigma) da Biologia e sugere que ela seja um critério para uma definição universal de vida. Ao final, essa definição é aplicada a casos limítrofes de vida, como os vírus.

Definição universal de vida

Parece óbvio começarmos um curso de Biologia discutindo e definindo o que é vida, não é mesmo? Todavia, tentar definir vida já atormentou muitos biólogos e alguns (bem famosos) abandonaram essa tarefa por falta de solução e continuaram suas pesquisas em Biologia.

Para que se preocupar com isso, então?

Para aprendermos a pensar e a superar problemas conceituais que outros foram incapazes de resolver. Não se menospreze.

Hoje em dia, encontramos algumas definições de vida. A maioria delas remete a uma lista de características. Entre as mais citadas temos:

1. Composição química: a composição dos seres vivos é diferente da matéria bruta. Além da abundância de água, encontramos muitas moléculas orgânicas (formadas por cadeias do átomo de carbono), como proteínas, carboidratos, ácidos nucleicos e lipídeos.
2. Estrutura celular: todos os seres vivos são formados por células.
3. Reprodução: todos os seres vivos se reproduzem.
4. Metabolismo: a vida depende de uma série de reações químicas conhecidas como metabolismo.
5. Crescimento: todos os organismos têm uma fase de crescimento. Nos unicelulares, há aumento do tamanho da célula; entre os pluricelulares, novas células são formadas.
6. Evolução: as populações de seres vivos se transformam ao longo do tempo.
7. Irritabilidade: os seres vivos reagem aos estímulos externos, como umidade e temperatura.

Chamaremos esse tipo de definição de “definição essencialista da vida”. E o que há de errado com essa lista? Vejamos, após você responder às próximas questões.

1. Pense em dois casos diferentes:

- a) No seu tio que não teve filhos;
- b) No burro e na mula, que são animais estéreis.

Tanto o seu tio quanto o burro e a mula são seres vivos ou não? Eles obedecem à definição essencialista de ser vivo?

2. Os vírus não são formados por células, mas são seres vivos?

3. Experimente, com auxílio do seu professor, colocar um cristal de rocha em diferentes temperaturas bem rapidamente. Ele racha. Podemos dizer que essa é uma reação do cristal à variação brusca de temperatura? O cristal, portanto, está vivo?

Se você tiver oportunidade, pode fazer essa experiência em sala. Basta ter água bem quente e gelada e um cristal de quartzo. Deixe o cristal por alguns minutos em uma tigela com água gelada. Em seguida, retire a água gelada e derrame sobre ele a água quente. O cristal sofre várias fraturas.



4. Em determinadas condições, alguns cristais podem crescer em tamanho (pergunte ao seu professor de Química). O cristal está vivo?

5. A foz de um rio pode aumentar de tamanho e se modificar com o passar do tempo. A foz do rio é um ser vivo?

Espera-se aqui que os alunos se deparem com os problemas de uma definição essencialista de vida.

Os híbridos estéreis poderiam ser classificados como seres vivos porque satisfazem a algumas características de seres vivos, mas não se reproduzem. Já os vírus se reproduzem, mas não têm estrutura

celular. Da mesma forma, os cristais e a foz dos rios possuem algumas das características de ser vivo, mas não outras...

Portanto, se relaxarmos a definição essencialista de vida para incluir híbridos estéreis e vírus como seres vivos, teremos que aceitar cristais e foz dos rios como seres vivos também.

RESPOSTA COMENTADA

Essas questões trazem dois tipos de problemas para a definição essencialista de vida:

A. sistemas vivos que não apresentam uma ou mais das propriedades da lista que caracteriza os seres vivos.

B. entidades que sabemos que não são vivas, mas apresentam uma ou mais dessas propriedades.

6. Classifique os problemas apresentados nas questões de 1 a 5 em um dos dois tipos apresentados acima.

Problemas do tipo A: _____

Problemas do tipo B: _____

Essa questão tem por objetivo “organizar a cabeça” do aluno e verificar se ele está acompanhando a discussão. Os híbridos estéreis e os vírus são problemas do tipo A. Os cristais e a foz dos rios são problemas do tipo B.

RESPOSTA COMENTADA

Temos ainda um terceiro tipo de problema: quem garante que, se existir vida fora da Terra, ela terá as mesmas propriedades da vida na Terra? Será que ela obrigatoriamente dependerá de água? Será que deverá ser formada por células? Deverá conter DNA?

Como definir vida, então?

Há autores que defendem que, para esse tipo de conceito, seja usada uma ontodefinição. *Ontodefinição* é uma definição baseada na ideia central da ciência à qual o conceito está ligado. No caso

da Biologia, uma das ideias centrais (ou o *paradigma*) que unifica todos os campos da Biologia é a Evolução Biológica. E por que a Evolução Biológica é um paradigma da Biologia?

Vamos desenvolver esse assunto ao longo de todo o curso, mas podemos adiantá-lo um pouco agora. Só podemos compreender como são os seres vivos atuais se levarmos em conta o seu passado. As populações de seres vivos se transformaram ao longo do tempo, e o que eles são hoje é fruto de um processo de mudanças – lento em casos como o surgimento dos mamíferos atuais e rápido em outros, como o aparecimento de bactérias resistentes a antibióticos. O principal mecanismo que leva as populações a se modificar ao longo do tempo é a seleção natural, descrita em termos científicos pela primeira vez por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace em 1859.

Resumidamente, a seleção natural ocorre em uma população se forem satisfeitas duas condições:

- Diferenças hereditárias entre os indivíduos (como em uma ninhada de cachorros).
- Condições do ambiente que tornam mais prováveis a sobrevivência e a reprodução de determinados indivíduos portadores de certas características hereditárias e não de outras. Tais condições do ambiente são conhecidas como pressão seletiva.

O resultado desse processo, ao longo de muitas gerações, é uma frequência cada vez maior, nos ambientes onde habitam, de indivíduos portadores das características que favorecem sua reprodução e sua sobrevivência.

A partir dessa nova visão da Biologia, pôde-se integrar e dar sentido a inúmeras descobertas oriundas de diferentes áreas da Biologia, tais como a Fisiologia, a Anatomia e a classificação dos seres vivos. Por isso, podemos dizer, sem medo de errar, que a Evolução Biológica é um dos paradigmas da Biologia.

E como fica nossa nova definição de vida? Baseados em uma ontodefinição, podemos definir vida, portanto, como “toda entidade replicante que sofre seleção natural e evolução”.

Para você visualizá-la melhor, que tal aplicar essa nova definição ao invés da lista de características anteriormente utilizadas? (dica: aplique as condições necessárias para a ocorrência de seleção natural nas questões a seguir).

7. A foz do rio e os cristais podem ser considerados seres vivos por essa nova definição? Justifique.

Esperamos que os alunos não tenham dificuldade em perceber que não há seleção natural atuando sobre a replicação de cristais e a foz dos rios.

{ RESPOSTA COMENTADA }

8. E quanto ao seu tio, aos burros e às mulas? Justifique.

Talvez aqui o aluno precise de sua ajuda. Apesar de híbridos estéreis não se reproduzirem, eles pertencem a uma linhagem (população) de organismos replicantes. A seleção natural atua sobre eles fortemente, dificultando sua reprodução.

{ RESPOSTA COMENTADA }

9. E os vírus? Leia essa reportagem, retirada da revista Veja, e justifique a sua resposta.

Passadas três semanas do anúncio de que a gripe suína poderia se transformar numa pandemia mortal, o pânico que correu o mundo enfim se dissipou. O vírus influenza H1N1, deflagrador da doença, revelou-se bem menos letal do que se previa. Transmitido inicialmente dos porcos para os humanos, ele se espalhou rapidamente por 34 países, contaminou 7.520 pessoas e fez 65 vítimas fatais. No Brasil, no fim da semana passada, havia oito casos confirmados de pacientes com gripe suína, nenhum deles em estado grave. A gripe comum, todo ano, mata 250.000 no planeta. O arrefecimento da doença não significa que se deva baixar a guarda contra ela. Há tempos que os cientistas preveem o surgimento de um vírus devastador, capaz de causar uma grande matança em escala global. É possível que ele venha a ser uma variante do H1N1 ou um vírus totalmente desconhecido. Até hoje a ciência não conseguiu desvendar por completo o comportamento dos vírus, principalmente porque eles têm uma notável capacidade de se modificar ao se replicar.

Calcula-se que haja trilhões de vírus na natureza, dos quais apenas 30.000 já foram identificados pelos cientistas. Destes, pelo menos 800 provocam doenças em seres humanos.

O vírus influenza, que provoca a gripe, dura apenas alguns dias no ambiente; portanto, sua transmissão depende de hospedeiros em condições de se locomover entre pessoas saudáveis. Dessa maneira, a tendência é a sobrevivência das cepas menos agressivas – mas ninguém pode contar com isso. "Não há garantia de que, no futuro, as cepas mais suaves de influenza sejam as mais aptas a sobreviver", diz o virologista Ricardo Galler, da Fundação Oswaldo Cruz".

Gabriela Carelli e Eduardo Lopes; Revista Veja.

Você pode ajudar seu aluno, estimulando-o a procurar no texto evidências de replicação viral e da ação da seleção natural sobre eles.

A replicação dos vírus e as variações hereditárias estão explícitas na frase "Até hoje a ciência não conseguiu desvendar por completo o comportamento dos vírus, principalmente porque eles têm uma notável capacidade de se modificar ao se replicar." A frase "O vírus influenza, que provoca a gripe, dura apenas alguns dias no ambiente; portanto, sua transmissão depende de hospedeiros em condições de se locomover entre pessoas saudáveis. Dessa maneira, a tendência é a sobrevivência das cepas menos agressivas" sugere que pressões seletivas do ambiente favorecem a evolução dos vírus influenza menos agressivos.

{ RESPOSTA COMENTADA }

10. E a vida fora da Terra? Qual a importância de buscarmos água líquida em Marte para avaliar se há vida no planeta vermelho? Justifique.



Depois de fazer o estudo dirigido, o aluno mais atento pode achar que a busca por água líquida não é a melhor estratégia para avaliarmos se há vida em Marte. Na realidade, se acharmos água líquida em Marte, as chances de encontrarmos vida semelhante à da Terra são grandes. Porém, se nos basearmos em uma definição universal de vida, outras formas de vida são possíveis.



{ RESPOSTA COMENTADA }

Roteiro de Ação 5

A história das ideias sobre a origem da vida

Duração prevista: 100 minutos

Área do conhecimento: Biologia.

Assunto: Origem da vida.

Objetivos: Discutir com os alunos a história das explicações sobre a origem da vida. Diferenciar hipóteses científicas de relatos míticos e religiosos.

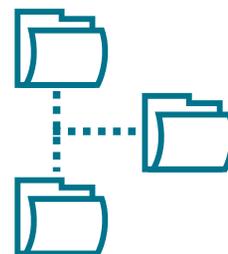
Material necessário: Roteiro impresso.

Organização da classe: Em duplas.

Descritores associados:

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.



Este roteiro de ação foi elaborado na forma de estudo dirigido e tem por objetivo apresentar aos alunos as diferentes ideias das quais a humanidade lançou mão, ao longo da história, para explicar a origem da vida.

Nesse contexto, são inicialmente contrapostas as explicações de base divina com as de base material. Em seguida, são debatidas as noções de geração espontânea e biogênese.

A história das ideias sobre a origem da vida

A origem da vida é um tema que mobiliza as pessoas. Desde os tempos antigos, esse assunto já ocupava a cabeça dos principais pensadores. Ao olharmos para diferentes povos, verificamos que cada um deles tem uma história diferente para contar sobre a origem da vida ou da espécie humana.

No Brasil, por exemplo, somos muito influenciados pelo Antigo Testamento, um conjunto de livros no qual se baseiam três das principais correntes religiosas do mundo: o Cristianismo, o Judaísmo e o Islamismo. Uma das versões do Gênesis (um dos livros do Antigo Testamento) afirma que somente um Deus criou o céu e a Terra, as ervas e árvores frutíferas, bem como os animais, répteis, feras e os seres humanos: primeiro Adão e depois Eva. O Gênesis afirma também que Deus ordenou a multiplicação de todos os seres vivos sobre a Terra. No entanto, muitos outros povos acreditam na participação de mais de um Deus na criação da Terra e das espécies, como os astecas (que povoaram o atual México) e os antigos gregos.

Hoje em dia, esses relatos são chamados genericamente de mitos. Todas as religiões se baseiam em relatos míticos e agregam rituais comunitários que celebram esses mitos. Mas o que é exatamente um mito? Vejamos uma definição retirada da *Enciclopédia Britânica*:

Mito é uma narrativa simbólica, normalmente de origem desconhecida e pelo menos parcialmente tradicional, que ostensivamente relata eventos reais e que é principalmente associada a crenças religiosas. Mitos são narrações específicas sobre deuses ou seres sobre-humanos envolvidos em eventos extraordinários ou circunstâncias em um tempo não específico, mas que é percebido à parte da experiência humana comum. (...) Como acontece com todo simbolismo religioso, não há intenção de justificar as narrativas míticas ou de torná-las plausíveis. Todo mito se reveste de autoridade, de um relato real, não importa quanto os eventos narrados estejam em desacordo com as leis naturais ou com a experiência comum.

1. A origem da espécie humana a partir de Adão e Eva pode ser considerada um mito? Responda de acordo com a definição da Enciclopédia Britânica.

Pela nossa experiência, quando o aluno se vê diante de uma definição desse tipo, ele normalmente se intimida perante o uso da linguagem formal. Achamos que é uma boa oportunidade para usar o dicionário em aula e praticar a busca pelo significado das palavras.

Espera-se, então, que o aluno consiga relacionar a narrativa sobre Adão e Eva com a de um mito, especialmente com a parte da definição que diz que “Mitos são narrações específicas sobre deuses ou seres sobre-humanos envolvidos em eventos extraordinários ou circunstâncias em um tempo não específico, mas que é percebido à parte da experiência humana comum. (...). Como acontece com todo simbolismo religioso, não há intenção de justificar as narrativas míticas ou de torná-las plausíveis”.



{ RESPOSTA COMENTADA }

A ideia de que seria possível explicar a origem da Terra e das espécies sem a necessidade de invocar um ou mais deuses é bem antiga. Veja este trecho de Heráclito de Éfeso, um filósofo grego que nasceu em 590 a.C.: “O mundo não foi criado nem por algum deus nem por algum homem, mas sempre existiu e sempre será um fogo eternamente vivo, acendendo conforme uma lei e apagando conforme outra lei”.

Essa tentativa racional de explicar a origem da vida levou à elaboração de algumas hipóteses. Aristóteles, nascido na Grécia em 384 a.C., dedicou muito de sua vida a descrições sobre os seres vivos. Ele dizia que, além da reprodução, outros processos espontâneos podem gerar animais. Para ele, insetos poderiam se transmutar de terra e vegetais em decomposição, amebas da lama, ostras e as amêijoas (um tipo de mexilhão) poderiam surgir do lodo. Tais ideias, conhecidas hoje como “hipótese da geração espontânea para a origem da vida”, conviveram com os relatos divinos para origem da vida durante muito tempo. Por exemplo, Van Helmont (1580-1644), médico belga, afirmava que camundongos poderiam surgir a partir de roupa suja e trigo. Mas isso começou a mudar principalmente a partir do século XVII.

Vamos aqui discutir essa história. Ela vai mostrar como a própria prática científica foi se modificando. Ao final deste estudo dirigido, você deverá ser capaz de avaliar se existe diferença entre relatos míticos e religiosos e o conhecimento científico. Fique atento!

No século XVII, um cientista italiano chamado Francesco Redi realizou uma experiência publicada em 1668 (Figura 1). Redi colocou uma porção de carne dentro de potes destampados, enquanto outra porção ficou dentro de recipientes fechados com tecido de malha fina. Apenas na primeira apareceram vermes.



Figura 1: Esquema da experiência de Redi. À direita, há dois potes com carnes destampados, enquanto à esquerda estão os potes com os mesmos tipos de carne tampados. Após determinado tempo de exposição ao ambiente, Redi observou o que aconteceu em ambos os potes e em seguida comparou os resultados. Repare que apenas nos potes da direita houve surgimento de larvas de moscas (vermes).

2. A experiência de Redi confirma a hipótese da geração espontânea? Justifique sua resposta.

Os alunos costumam ter facilidade em responder a essa questão. Eles percebem que as experiências de Redi negam a hipótese da geração espontânea. Se ela estivesse correta, as larvas deveriam aparecer em ambos os potes.

{ RESPOSTA COMENTADA }

3. Compare a forma como Redi chegou às suas conclusões e a forma como Van Helmont e Aristóteles descreveram a geração espontânea. Que diferenças você pode perceber?

Aqui os alunos podem apresentar alguma dificuldade em perceber que Redi realiza uma experiência controlada, capaz de testar a hipótese da geração espontânea, contra outra que diz que as larvas se originam de ovos depositados por moscas que vêm de fora do pote. Você pode pedir para eles lembrarem a experiência feita no roteiro de ação da garrafa azul, em que também havia uma experiência controlada.

É importante ressaltar que as descrições de Van Helmont e Aristóteles são apenas observações que não se basearam em testes.

{ RESPOSTA COMENTADA }

No entanto, mesmo depois de suas experiências, Redi continuava acreditando que havia geração espontânea para outros insetos e vermes em outras condições.

4. Por que Redi continuava acreditando na geração espontânea?

A princípio, acreditamos que seja fácil para os alunos perceberem que Redi não havia testado a geração espontânea para todos os insetos em todas as situações, algo impossível de fazer. Outra razão que pode ser mencionada é que, à época de Redi, muitos defendiam a geração espontânea, uma hipótese muito antiga. Não seria fácil para ele, mesmo sendo um cientista, contrapor-se ao pensamento dominante de sua época.

{ RESPOSTA COMENTADA }

Paralelamente aos trabalhos de Redi, ocorria o desenvolvimento dos primeiros microscópios. Um de seus pioneiros, o holandês Anthony van Leewenhoek (1632-1723), construiu microscópios muito simples e eficientes. Ele passou a observar, com o auxílio desses instrumentos, os seus "animálculos" (que seriam os atuais microrganismos).

Segundo ele, inúmeros animálculos podiam ser observados a partir do lodo do fundo de lagos e de restos vegetais das feiras, desde que esses fossem deixados em repouso por longos períodos de tempo em contato com o ar.

Muitos cientistas da época usaram essas observações para dizer que esse seria um caso de geração espontânea. Os microrganismos observados nos microscópios estariam se transmutando da matéria bruta em decomposição (lodo, material vegetal).

5. Qual seria a sua explicação para as observações de Leewenhoek?



Essa questão tem resposta livre, mas espera-se que os alunos neguem a geração espontânea e proponham uma hipótese alternativa. A resposta mais frequente em nossa experiência é a de que os “esporos” desses microrganismos vieram do ambiente externo (do ar) e colonizaram o material orgânico. Você pode completar essa resposta com a ideia de que alguns microrganismos já estavam lá em pequenas quantidades e multiplicaram-se na presença de alimento.

{ RESPOSTA COMENTADA }

Com as experiências de Redi e as observações de Leewenhoek, a geração espontânea passou a explicar a transmutação de microrganismos melhor do que explicava a transmutação de organismos maiores.

6. Você seria capaz de elaborar uma experiência controlada, nos moldes da que Redi fez, de forma a dar suporte ou negar esse caso de geração espontânea? Dica: muitos desses microrganismos são sensíveis ao calor, ou seja, morrem quando são submetidos a temperaturas elevadas.

Essa é uma questão mais difícil e talvez exija a sua participação direta, como docente, pois para o tipo de experiência que se espera que o aluno elabore será necessário o entendimento das partes subsequentes deste estudo dirigido.

Simplificadamente, o aluno deve propor que dois potes contendo caldos orgânicos sejam esterilizados pela fervura. Um deles é tampado e outro fica aberto. Se a geração espontânea fosse possível, microrganismos apareceriam nos dois potes. Se o aparecimento de microrganismos depende da multiplicação de células preexistentes, então só surgiriam microrganismos no pote aberto.

{ RESPOSTA COMENTADA }

Ao longo do século XVIII, muitos cientistas realizaram esse tipo de experiência, que se tornaria famosa nos 150 anos seguintes. Louis Joblot foi o primeiro (em 1718), depois vieram John Needham (por volta de 1750) e Spallanzani (em 1765), entre outros. Eles tinham a intenção de testar se microrganismos poderiam se originar da transmutação da matéria bruta, como era defendido por alguns na época. Os resultados, no entanto, mostraram-se inconclusivos: ora apareciam micróbios em ambos os recipientes (fechados e abertos), como na experiência de Needham; ora só nos recipientes abertos, como nas experiências de Louis Joblot e Spallanzani.

7. Proponha hipóteses que expliquem por que os resultados não permitiam conclusões seguras.

Esta também é uma questão difícil. Em nossa experiência, alguns alunos conseguem perceber que certos procedimentos de esterilização podem não ter sido bem executados, especialmente no século XVIII. Para ajudar, você pode comentar que até hoje existe infecção hospitalar, mesmo nos melhores hospitais, devido à falta de cuidados, erros ou mesmo dificuldades técnicas com a esterilização de materiais hospitalares, ou seja, bactérias podem resistir às melhores técnicas de esterilização.

{ RESPOSTA COMENTADA }

A descoberta do gás oxigênio (O₂) por Joseph Priestley, no final do século XVIII, como componente fundamental à vida da maior parte dos seres vivos, deu fôlego à geração espontânea. Seus partidários defendiam que o aquecimento prévio dos caldos orgânicos “estragava” o ar e não permitia a existência das condições necessárias à produção de vida a partir da matéria bruta.

Para resolver a questão, a Academia Francesa de Ciências estabeleceu um prêmio para quem fizesse uma experiência que rejeitasse ou confirmasse a geração espontânea sem “estragar” o ar. Para negar a geração espontânea de microrganismos a partir de matéria orgânica em decomposição, era preciso mostrar que, mesmo com um fluxo de ar estéril, *sem aquecimento prévio*, não haveria o crescimento de microrganismos nos caldos orgânicos.

Com isso em mente, em 1861, Louis Pasteur propôs a seguinte experiência: ferveu um caldo orgânico por muito tempo dentro de vários recipientes cujos gargalos tinham formato curvo e ficaram conhecidos como “gargalos pescoço de cisne” (veja a Figura 2).

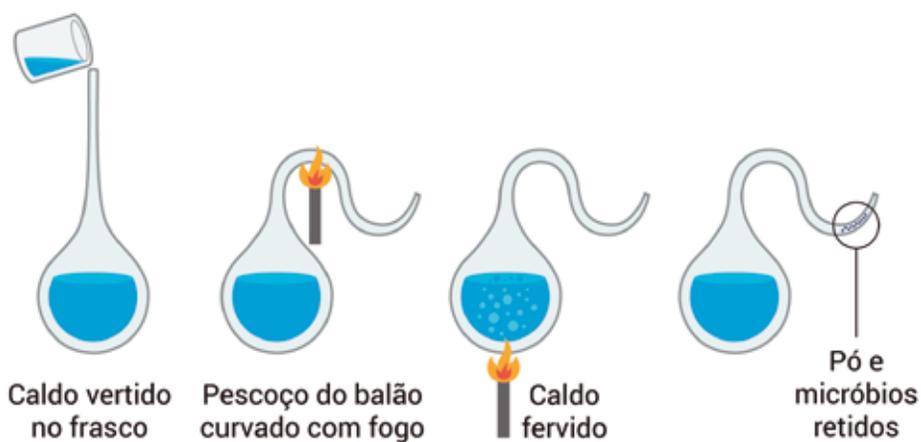


Figura 2: Pasteur adicionou caldo orgânico a um frasco de vidro com o gargalo alongado. Em seguida, aqueceu o gargalo do frasco com fogo, curvando-o e dando a forma de “pescoço de cisne”. Em seguida, prosseguiu com a fervura do caldo, até esterilizá-lo. Observe que o caldo mantinha contato com o ar de fora.

Depois, esse material foi resfriado e o ar de fora (não aquecido) pôde passar livremente para dentro do frasco. Resultado: em 10% dos frascos usados por Pasteur *não* houve crescimento de microrganismos. Em 90% dos frascos houve crescimento.

8. Esse resultado reforça ou nega a geração espontânea? Pasteur concluiu que não havia geração espontânea. Você concorda com ele?

O esperado é que o aluno responda que os resultados reforçam a geração espontânea e que não concorda com Pasteur. Se a resposta do aluno for essa, é importante interrogar: por que, então, não apareceram microrganismos em todos os frascos? Depois esclareça: Pasteur alegou que a esterilização ainda era precária naquela época, como de fato era.

No entanto, o argumento mais importante é que não existia uma teoria que explicasse como poderia haver a transmutação da matéria em decomposição em células complexas como a dos microrganismos atuais. Por isso, a geração espontânea foi rejeitada com essa experiência e Pasteur ganhou o prêmio. É importante lembrar que nessa época, graças ao uso dos microscópios nos laboratórios de Citologia, os estudos sobre as células estavam avançando muito rápido.

{ RESPOSTA COMENTADA }

Até esse momento, final do século XIX, a ciência havia acumulado resultados que sugeriam que a geração espontânea, baseada na transmutação de seres vivos a partir da decomposição da matéria bruta, era uma teoria superada. Isso estava de acordo com outras observações da época, como as do médico Rudolf Virchow (1821-1902), que identificou células em divisão dando origem a outras duas.

9. Volte ao texto e observe que, em dois momentos da história, uma descoberta importante para a ciência foi usada para sustentar uma hipótese que se mostrou mais tarde superada. Que descobertas foram essas? Como elas ajudaram a sustentar a geração espontânea?

Acreditamos que os alunos não deverão ter dificuldades em perceber que as descobertas do microscópio e do gás oxigênio serviram de argumento para sustentar a geração espontânea. Você pode usar esses exemplos e mostrar que os caminhos da ciência não são lineares. Ou seja, a história do conhecimento científico não é meramente acumulativa, determinada pela sequência linear de uma descoberta seguida de outra.

{ RESPOSTA COMENTADA }

10. Compare como o relato científico sobre a origem da vida foi construído até o momento com as descrições bíblicas do início deste estudo dirigido. Você vê alguma diferença? Complete a tabela a seguir para ajudar a organizar seu pensamento. A hipótese da origem da vida pela geração espontânea é uma hipótese científica?

Argumentação	Hipóteses científicas	Descrições míticas/religiosas
Baseada em evidências materiais		
Baseada na fé		
Unitária, total (não há falhas)		
Testável		
Levanta novos problemas		

O objetivo aqui é organizar a cabeça do aluno quanto às diferenças entre hipóteses científicas e relatos míticos e religiosos. Apesar de rejeitada, a geração espontânea de seres vivos a partir da transmutação da matéria bruta é uma hipótese científica testável. Também convém realçar que aceitar, pela argumentação, hipóteses científicas não implica perder a fé em crenças religiosas.

Argumentação	Hipóteses científicas	Descrições míticas/religiosas
Baseada em evidências materiais	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
Baseada na fé	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
Unitária, total (não há falhas)	<i>Não</i>	<i>Sim</i>

Testável	<i>Sim</i>	<i>Não</i>
Levanta novos problemas	<i>Sim</i>	<i>Não</i>



{ RESPOSTA COMENTADA }

Com o crescente desprestígio da hipótese da geração espontânea no final do século XIX, uma nova pergunta surgiu: como apareceram as primeiras formas de vida? Veremos nas próximas aulas que outras hipóteses foram elaboradas para responder a essa pergunta.

Unidade 4

NA TRILHA DAS DESCOBERTAS DA CIÊNCIA SOBRE A ORIGEM DA VIDA

No mapa do currículo mínimo, é hora de discutir a origem da vida sob o olhar da Ciência. Esse debate usa conceitos da Química, da Biologia e da Geologia para fundamentar certas hipóteses. Convidamos vocês a explorar conosco a trilha aberta pelos cientistas que se interessaram em investigar esse tema. Durante o texto teremos algumas paradas para reflexão, então fiquem atentos a essas perguntas chave, que serão nossa bússola por essa jornada nas descobertas da Ciência sobre a origem da vida. Prontos para começar?

Quando Louis Pasteur, em 1861, elaborou o experimento para tentar solucionar o debate “geração espontânea *versus* biogênese”, ele ajudou a encerrar um período de questionamentos sobre a origem da vida e a inaugurar outro. Apesar de os resultados a favor da biogênese terem sido encontrados em apenas 10% dos frascos, seu trabalho tinha o rigor científico necessário para que as conclusões fossem aceitas pela comunidade científica. Os resultados dos experimentos de Pasteur indicavam que, também para os organismos microscópicos, só há surgimento de um novo indivíduo a partir de outro preexistente.

Primeira parada:

A partir do experimento de Pasteur com os frascos “pescoço de cisne”, a discussão sobre a origem da vida ressurgiu com outra pergunta: se todo organismo se forma a partir de outro, como apareceu a primeira forma de vida?



Essa pergunta tem várias respostas; diferentes hipóteses elaboradas ao longo do século XX e do início do século XXI que traçam um panorama das ideias sobre a origem da vida foram enunciadas por diversos cientistas.

Vamos conhecer algumas delas, descobrindo se ainda são, ou não, consideradas prováveis respostas para a origem da vida.

Entre o fim do século XIX e o início do século XX, cerca de 50 anos depois da experiência de Pasteur, o químico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927), Prêmio Nobel de Química em 1930, defendeu a hipótese de que a vida na Terra teve origem a partir de esporos de seres vivos provenientes de outros locais do cosmos. Era uma tentativa de explicar como surgiu o primeiro organismo. No entanto, a Panspermia, como é chamada essa hipótese, não responde integralmente à pergunta sobre o surgimento da vida; apenas transfere a sua origem para um ponto qualquer do espaço. Tal hipótese não é hoje mais considerada, embora alguns autores afirmem que ela voltou a ganhar força com a descoberta de moléculas orgânicas em meteoritos. Porém não devemos confundir os fatos. A Panspermia, como enunciada por Arrhenius em 1908, não tem, até o momento, evidências que a sustentem.

Como estamos vendo, há divergências nas ideias sobre a origem da vida. Tratando-se da Panspermia, há autores que não fazem distinção entre a hipótese da chegada de esporos ou microrganismos vindos do espaço e o fato de que moléculas orgânicas chegaram à superfície do planeta por meio de meteoritos.

No entanto, outros autores fazem distinção entre as duas ideias mencionadas, considerando a Panspermia como foi enunciada por Arrhenius: a hipótese que defende a chegada de organismos já formados ao nosso planeta. Assim, esses autores não citam as descobertas sobre a presença de moléculas orgânicas em meteoritos como provas a favor da Panspermia.



Se você quiser mais informações sobre esse tema, sugerimos as seguintes leituras:

- Livro *Ab initio: origem da vida e evolução*, de Franklin David Rumjanek, publicado pela editora Vieira & Lent.
- Texto "E se a vida pegou carona num meteoro?", de Andrea Kauffmann-Zeh, publicado pela revista *Galileu*. Disponível em <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT640735-1725,00.html>.

Segunda parada:

Descartada a hipótese sobre seres vivos terem vindo do espaço, voltamos à questão: como surgiu o primeiro ser vivo?



Na década de 1920, Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980), bioquímico russo, e John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964), biólogo escocês, reconhecendo que a conclusão obtida com o experimento de Pasteur era válida apenas para as condições atuais do nosso planeta, sugeriram de forma independente uma descrição para as condições da Terra no momento anterior ao surgimento do primeiro ser vivo.

Eles não apoiavam a Panspermia e pensavam que a Terra primitiva apresentava as condições necessárias para a formação das moléculas que constituem os seres vivos. Oparin, expondo essa ideia, escreveu:

Quando se estabeleceu pela primeira vez a presença de hidrocarbonetos nos **aerolitos**, ainda dominava a falsa convicção de que as substâncias orgânicas (e, portanto, também os hidrocarbonetos) só se podiam formar em condições naturais com a ajuda de organismos vivos. Eis por que muitos cientistas formularam então a hipótese de que os hidrocarbonetos eram formações secundárias, resultantes da decomposição de organismos vivos que teriam, em certa época, existido nos corpos siderais. Todavia, a seguir, minuciosas pesquisas desautorizaram inteiramente essa hipótese e sabemos hoje em dia que, assim como os hidrocarbonetos das atmosferas estelares, os hidrocarbonetos meteóricos formaram-se por via inorgânica, isto é, independentemente da vida. (...) E se isso é justo para tantos corpos celestes, por que a Terra haveria de constituir uma exceção? (OPARIN, A. A Origem da Vida. Rio de Janeiro: Editorial Vitória, 1956).

Aerolitos: São os meteoritos compostos por rochas. Ainda existem os sideritos, compostos basicamente de ferro e níquel e os siderolitos, compostos de rocha, ferro e níquel.

{ VERBETE }

Indo além da ideia de uma origem terrestre para a vida, Oparin descreveu de que forma os primeiros compostos com carbono e hidrogênio teriam sido formados na Terra primitiva. Ele defendeu a hipótese de que essas pequenas moléculas orgânicas iniciais poderiam ter dado origem a moléculas orgânicas mais complexas. Depois, teriam surgido microgotas que ele chamou de **coacervatos**. Essas poderiam ser, segundo Oparin, as estruturas precursoras dos primeiros seres vivos.

Na época em que a Terra se formou já havia, em sua superfície e em sua atmosfera úmida, assim como nas águas do oceano primitivo, hidrocarbonetos e seus derivados oxigenados e nitrogenados.

A princípio, as moléculas desses compostos eram constituídas de pequeno número de átomos de carbono, hidrogênio e de nitrogênio. A seguir, nas águas do oceano primitivo, essas moléculas reagiram pouco a pouco entre si para formar partículas de diversas substâncias cada vez mais volumosas e de estrutura mais complexa (OPARIN, A. A Origem da Vida. Rio de Janeiro: Editorial Vitória, 1956).

Coacervatos: Nome derivado do latim coacervare, que significa formar grupos. São microgotas compostas de macromoléculas (polissacarídeos) que não se dissolvem na água, mantendo-se isoladas do meio. Oparin fez experimentos e conseguiu formar esses coacervatos em laboratório.

Eram estruturas que trocavam substâncias com o meio externo, havendo possibilidade de ocorrerem algumas reações químicas em seu interior.

{ VERBETE }

Oparin e Haldane acreditavam que um cenário químico teria sido fundamental para o surgimento das primeiras moléculas orgânicas e, depois, para as estruturas precursoras das células. Portanto, reconheciam que o primeiro ser vivo teria surgido de matéria não viva.

Terceira parada:

Podemos, então, igualar Oparin e Haldane aos vitalistas que defendiam a geração espontânea no século XVII, como Van Helmont?



Apesar de uma aparente semelhança entre as ideias de Oparin e Haldane e a teoria da geração espontânea, esses dois cientistas não defendiam uma volta às crenças do século XVII. Eles afirmavam que moléculas orgânicas simples apareceram por causa de reações químicas entre os gases da atmosfera da Terra primitiva. A partir dessas moléculas e por um período de tempo bem longo, teria se formado o primeiro ser vivo, muito simples. Esse conjunto de passos ficou conhecido como “Hipótese da evolução química para a origem da vida”. A ideia defendida pelos vitalistas descrevia a formação de seres vivos a partir da matéria sem vida, em um processo relativamente rápido. Por exemplo, segundo Van Helmont, ratos apareciam a partir da mistura de roupas suadas e grãos de trigo mantidos no escuro por 21 dias.



A biografia de um cientista pode nos ajudar a conhecer a época e as condições em que ele viveu. Há a oportunidade de aumentarmos a nossa compreensão sobre a sua trajetória profissional, descobrindo com que outros cientistas ele conviveu, por exemplo. Dessa forma, a visão do cientista como personagem fantástico, quase sobrenatural na sua capacidade de investigar, pode ser substituída pela de um ser humano que produziu certo tipo de conhecimento por causa das suas características pessoais, mas também pelo ambiente intelectual de sua época.

O professor pode eleger um ou mais cientistas relacionados ao tema em estudo e contar algo sobre a biografia deles para os estudantes. De acordo com a nossa experiência, a maioria dos alunos gosta de ouvir histórias e se interessa por outros aspectos da vida dos cientistas. Portanto, despertar o interesse para o tema em estudo por meio da biografia de um cientista pode ser uma boa estratégia.

O site <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/>, hospedado no portal da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), oferece uma extensa lista de biografias, como:

- Biografia de Oparin, disponível em <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/AleklvOp.html>.
- Biografia de Haldane, disponível em <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/JohnBurd.html>.

Também indicamos o livro *Os 100 maiores cientistas da História*, de John Simmons, publicado pela Difel.

Uma parte da hipótese de Oparin e Haldane foi testada em 1953, quase vinte anos depois de enunciada. Harold Clayton Urey (1893-1981), físico, Prêmio Nobel de Química em 1934, aceitava as ideias desses dois cientistas. Urey afirmava que a atmosfera da Terra primitiva seria rica em hidrogênio (H_2), amônia (NH_3), metano (CH_4) e vapor d'água (H_2O), ou seja, uma atmosfera muito redutora (rica em hidrogênio e pobre em oxigênio). Ele explicava que, a partir desses compostos inorgânicos, seria possível sintetizar moléculas orgânicas se uma fonte de energia estivesse presente. Em 1953, Stanley Lloyd Miller (1930-2007), estudante de doutorado sob a orientação de Urey, se dispôs a testar essa hipótese. Ele idealizou e montou um sistema fechado, feito de vidro, com uma atmosfera composta de vapor d'água e os gases metano, amônia e hidrogênio. Os gases eram continuamente aquecidos e submetidos a descargas elétricas. O experimento mostrou resultados em uma semana: a água, no início transparente, tornou-se alaranjada. A análise do líquido revelou a presença de uma **mistura racêmica** (formas levógiras e dextrógiras) de vários aminoácidos.

Mistura racêmica: Mistura, em partes iguais, de duas moléculas que possuem o mesmo tipo e a mesma quantidade de átomos, mas uma é a imagem no espelho da outra. Uma dessas moléculas, ao ser analisada com luz polarizada, desvia os raios de luz para a esquerda, sendo chamada de forma levógira. A outra molécula desvia os raios de luz polarizada para a direita e é denominada forma dextrógira.

{ VERBETE }

Quarta parada:

Então Oparin e Haldane estavam certos? A vida poderia ter surgido na Terra primitiva porque o ambiente era constituído de tal forma que propiciava a formação de moléculas constituintes dos seres vivos?



O resultado da experiência foi, a princípio, realmente muito animador e passou a ser um argumento muito forte a favor da hipótese da evolução química para a origem da vida. Essa situação perdurou bastante tempo. Porém descobriu-se que a atmosfera da Terra primitiva não era tão redutora como se pensava. Exames de cristais de rochas muito antigos, preservados por bilhões de anos, revelaram a presença de compostos com oxigênio. Essas moléculas não existiriam se a atmosfera fosse fortemente redutora. Essa evidência indica que o hidrogênio existente no início da formação do planeta deve ter escapado porque não estava submetido a uma força de gravidade suficiente para mantê-lo na atmosfera terrestre. A verificação de que, na mistura proposta por Urey e Miller, se faltar H_2 ou se ela for neutra ou levemente oxidante, não se formam compostos orgânicos e os aminoácidos não são sintetizados também contribuiu para enfraquecer as conclusões feitas com base nos resultados obtidos.

Assim, o experimento de Miller-Urey, que sustentou durante décadas a hipótese de Oparin-Haldane, não é atualmente aceito como boa simulação para o surgimento da vida segundo a hipótese da evolução química. Precisamos estar atentos a esse fato, porque alguns livros didáticos, no capítulo sobre a origem da vida, pouco mostram sobre as hipóteses mais recentes para explicar a formação das moléculas orgânicas e a origem dos primeiros seres vivos. Apenas a hipótese de Oparin-Haldane e a experiência de Miller-Urey aparecem com grande destaque. Elas são, de fato, eventos históricos importantes na pesquisa sobre a origem da vida. No entanto, o próprio Miller repetiu várias vezes seu experimento, com a mesma metodologia e alterando certas condições, obtendo assim outros resultados. Essa parte da história não é contada e isso pode levar os alunos a concluir que as ideias de Oparin, Haldane, Miller e Urey sobre a origem da vida ainda são aceitas como foram concebidas: sem modificações.

A experiência de Miller-Urey é um acontecimento muito importante na trilha da investigação sobre a evolução química da vida. Ela mostrou ser viável o surgimento de compostos orgânicos a partir de uma *sopa primordial*, composta de moléculas simples e inorgânicas. E, embora tenha sido desconsiderada num certo momento, fatos posteriores trouxeram novamente à tona a discussão sobre seus produtos.

O primeiro desses fatos foi o resultado dos exames de amostras dos líquidos obtidos com o experimento original e com variações desse experimento, em que Miller criou situações que simulavam um ambiente vulcânico. Essas análises foram realizadas após a sua morte, em 2007, portanto, 51 anos após o experimento original.

Miller havia guardado várias amostras dos produtos obtidos. Jeffrey Bada, seu ex-aluno e colaborador, ao herdar todo o material existente no laboratório de Miller, resolveu reexaminar as amostras com técnicas recentes para detecção de aminoácidos. O resultado mostrou 14 tipos de aminoácidos

presentes nas amostras, contra os cinco tipos encontrados nas análises feitas em 1956. Para os produtos do experimento que simulava o ambiente vulcânico, nunca publicado, foram encontrados 22 aminoácidos!

O segundo fato refere-se à repetição do experimento realizado por Miller em 1983, com a mistura correta para a atmosfera primitiva. Naquela data, Miller obteve uma amostra de apenas cinco aminoácidos. Jeffrey Bada e sua equipe repetiram o experimento e analisaram os produtos. Eles descobriram que as reações químicas produziam nitritos, substâncias capazes de destruir os aminoácidos assim que eles se formam. Adicionaram, então, substâncias para impedir essa ocorrência, porque sabiam que na Terra primitiva havia ferro e carbonato, minerais capazes de neutralizar os nitritos. Eles conseguiram o mesmo tipo de líquido que Miller havia observado em 1983, claro como água e não escuro como o produto do experimento original. No entanto, as análises mostraram que havia uma grande quantidade de aminoácidos no líquido. O trabalho foi considerado importante, mostrando quais poderiam ser as reais condições da Terra primitiva. Um cientista, analisando o trabalho, fez uma ressalva: ainda que eventos semelhantes aos simulados tenham ocorrido, não havia condições para a geração de quantidades significativas de moléculas orgânicas.

Como podemos perceber, as idas e vindas são constantes na investigação sobre a origem da vida. Não é incomum o abandono de certas hipóteses e a posterior revisão delas. A modificação das ideias originais, levando em conta novas descobertas e a reformulação dos testes das hipóteses, é um movimento característico da investigação científica. Conhecer esses fatos nos aproxima da forma como realmente acontecem as descobertas científicas.



Se você quiser conhecer um pouco mais sobre esses acontecimentos, recomendamos a leitura dos seguintes textos:

- *Origin-Of-Life Chemistry Revisited - Reanalysis of famous spark-discharge experiments reveals a richer collection of amino acids were formed*, de Stephen K. Ritter. Disponível em http://pubs.acs.org/cen/email/html/cen_86_i42_8642notw4.html.

- *Primordial Soup's On: Scientists Repeat Evolution's Most Famous Experiment - Their results could change the way we imagine life arose on early Earth*, de Douglas Fox. Disponível em <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=primordial-soup-ureymiller-evolution-experiment-repeated>.

A hipótese da evolução química ainda orienta muitas linhas de investigação sobre a origem da vida. Porém as ideias de Oparin e Haldane sobre como teria se processado essa evolução não são mais reconhecidas como prováveis. No entanto, a importância desses dois cientistas para o avanço desse debate é inquestionável. Suas ideias consideraram o passar do tempo e mostraram que os fenômenos provocadores do surgimento da vida, e a própria vida, modificaram o meio terrestre e fizeram desaparecer as condições em que a vida surgiu. Isso pode parecer algo sem importância, mas devemos nos lembrar de que essas hipóteses foram concebidas na década de 1920, quando, por exemplo, ainda não se sabia que o DNA, isolado em 1869, era o material genético das células.

Leitura recomendada

A narrativa sobre diversos cientistas que contribuíram para as investigações sobre a origem da vida e a afirmativa sobre a importância de Oparin e Haldane são apresentadas e detalhadas no livro *Por que as galinhas cruzam as estradas?*, de Luiz Antonio Botelho Andrade e Edson Pereira da Silva, publicado pela Editora Vieira & Lent. Recomendamos a sua leitura.

Hoje sabemos que, provavelmente, a atmosfera da Terra não era tão redutora quanto se pensava; dessa forma, não teria havido a formação de aminoácidos em abundância mesmo com a presença das moléculas necessárias para essa síntese.

Quinta parada:

Se os aminoácidos não foram produzidos com a facilidade e a quantidade que se pensava, como eles apareceram na Terra?



Os astrônomos Fred Hoyle e Chandra Wickramasinghe, da College University (EUA), no final da década de 1970, elaboraram uma hipótese para o surgimento da vida na Terra. A ideia era baseada na presença de aminoácidos em meteoritos, na composição química dos cometas e nas, então recentes, descobertas sobre o espaço.

Os meteoritos conhecidos com condritos carbonáceos têm especial importância nessa hipótese. Eles possuem em sua composição grande quantidade de carbono, sob a forma de aminoácidos, e de outros compostos orgânicos. Considera-se que os condritos carbonáceos sejam os mais antigos conjuntos de material sólido do Sistema Solar e acredita-se que muitos meteoritos sejam restos de cometas. Assim, para os dois astrônomos, tanto os cometas quanto os meteoritos teriam sido importantes agentes de transporte de moléculas orgânicas para nosso planeta.

E quanto aos aminoácidos presentes nos meteoritos? De onde eles teriam vindo? Os astrônomos explicavam que o espaço poderia ser um local onde muitos compostos são formados. A galáxia onde se localiza nosso Sistema Solar é composta por um enorme número de estrelas, gases e nebulosas, formadas por poeira cósmica. A análise de várias regiões do céu havia revelado, naquela época, a presença de compostos inorgânicos e orgânicos (como o formaldeído e o ácido cianídrico). Os cientistas sabiam que o gás e as partículas presentes nas nebulosas se concentravam em certas regiões, ocorrendo aumento de pressão e temperatura. Dessa forma, as moléculas se chocavam frequentemente, se desmembravam e se rearranjavam, surgindo outras moléculas, como as substâncias orgânicas. Por isso, Hoyle e Wickramasinghe acreditavam que os meteoritos poderiam levar matéria orgânica a vários pontos da galáxia.

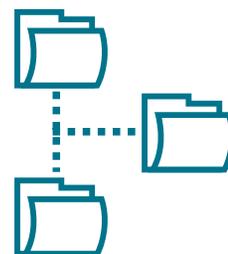
Algumas pesquisas realizadas em 2002 demonstraram que é possível obter compostos orgânicos se as condições encontradas na poeira interestelar forem simuladas. Atualmente, já é do conhecimento dos cientistas que essa poeira interestelar possui uma série de compostos orgânicos. Até mesmo a maior parte da água do nosso planeta parece ter vindo do espaço. Essa é uma ideia enunciada por Armand Delsemme, astrofísico americano, que pensa terem vindo do espaço todas as moléculas formadoras dos seres vivos, até mesmo a água.

Entretanto, esses fatos e hipóteses não resolveram definitivamente a questão. Ainda hoje perdura a discussão: os aminoácidos e outras moléculas que dão origem aos seres vivos formaram-se na Terra? Vieram do espaço em cometas, meteoritos ou em formações bem menores, caindo como uma chuva fina e perene?

Roteiro de Ação 6

Uma viagem pelo tempo

Organizados em grupos, os alunos são convidados a formar uma equipe de ilustradores e redatores para criar uma história em quadrinhos sobre a origem da vida. O estudo das hipóteses científicas é realizado por diferentes meios: leitura de texto, documentário para a televisão, software didático e debate. Ao final do trabalho, o estudante terá adquirido uma visão esclarecida sobre o tipo de ambiente em que a vida surgiu.



O Documentário *A Origem do Planeta Terra*, do canal National Geographic, relata a origem do nosso planeta e de toda vida que nele existe, incorporando algumas das mais recentes ideias sobre esse tema. É um ótimo material para nós, professores, assistirmos e usarmos em nossas aulas.

No caminho para conhecermos algumas hipóteses sobre a origem das primeiras moléculas orgânicas, vamos seguir a trilha da evolução química, a ideia de aumento de complexidade das moléculas até o surgimento das primeiras formas de vida. Nessa rota, nosso objetivo é conhecer as hipóteses que tentam definir qual macromolécula surgiu primeiro, dando condições para o aparecimento da vida. Essa macromolécula deveria ter a capacidade de se autoduplicar, permitindo o aparecimento de novos sistemas semelhantes. Nesse contexto, a pergunta a ser feita é:

Sexta parada:

Qual foi a primeira macromolécula a surgir?



Uma das respostas mais antigas foi formulada por Oparin, na década de 1920. Em uma época na qual ainda não se reconhecia a molécula de DNA como material genético, esse cientista propôs que sistemas organizados de reações enzimáticas envoltos por uma membrana teriam sido os precursores dos primeiros seres vivos. Esses sistemas foram denominados coacervatos.

Uma das críticas a essa hipótese é o fato de que as enzimas não são moléculas que se autoduplicam. Assim, como os coacervatos teriam dado origem a outros, representando as estruturas precursoras da vida? Portanto, a ideia dos coacervatos foi desconsiderada. Mas a evolução química da vida, ideia proposta por Oparin, continuou a ser usada por muitos cientistas e ainda é considerada nos estudos sobre a origem da vida.

Sétima parada:

Se não são os sistemas enzimáticos dos coacervatos os modelos das primeiras macromoléculas, teriam sido os proteínoides esses primeiros elementos?



Em 1958, Sidney Walter Fox (1912-1998) e Kaoru Harada (1927-2010) aqueceram aminoácidos em uma superfície seca durante três horas e, em seguida, adicionaram água levemente salgada (situação semelhante ao ambiente vulcânico da Terra primitiva). A água evaporou e eles obtiveram um sólido com aspecto de plástico. Ao ser moído e misturado à água, solubilizou-se. Na mistura, fo-

ram encontrados cerca de 50 aminoácidos combinados por ligações peptídicas. Eles chamaram esse produto de proteinoide e demonstraram que os proteinoides podiam formar vesículas (microsféricas) que eram capazes de aumentar de tamanho e se fragmentar em glóbulos menores. Essas vesículas são compartimentos microscópicos estáveis e permeáveis a solutos pequenos, sendo delimitadas por membranas proteicas. Formam-se espontaneamente quando os proteinoides são dissolvidos em água quente e depois resfriados.

Fox defendia a ideia de que os proteinoides teriam sido as primeiras macromoléculas. No entanto, apesar de haver indícios de que a formação de proteinoides não se dá ao acaso, essas moléculas não são capazes de se autoduplicar, e essa hipótese é atualmente desconsiderada.

Oitava parada:

Então, por não terem sistemas enzimáticos ou capacidade de autoduplicação, os proteinoides não são bons modelos para as primeiras macromoléculas. Qual, então, seria essa molécula? É lógico pensar no DNA?



Em 1951, John Desmond Bernal (1901-1971) afirmou que a vida teria começado com um composto (polímero) que apresentasse duas características: capacidade de estocar informação genética e autoduplicação. Seguindo esse raciocínio, o DNA poderia ser essa primeira molécula?

Não, o DNA não é uma boa escolha como molécula primordial!

São necessárias diversas proteínas (enzimas) para sua duplicação. Além disso, tal molécula é resistente à hidrólise e dificilmente se decompõe. Assim, não haveria reaproveitamento dos nucleotídeos se houvesse a formação de um DNA inadequado ou afuncional.

Bem... Não sendo o DNA um bom candidato, a primeira macromolécula deve ter sido algum outro tipo de material genético.

Nona parada:

Se o DNA não tem as características necessárias, a primeira macromolécula seria parecida com o RNA?



Na década de 1970, a descoberta de que algumas sequências de RNA podiam se comportar como enzimas ajudou a sustentar essa ideia. Thomas Robert Cech (nascido em 1947) e Sidney Altman (nascido em 1939) são os dois cientistas americanos que estudaram esse tipo de comportamento, encontrado em algumas sequências do RNA de certas bactérias. Tal estudo ajudou a aumentar significativamente nosso conhecimento sobre essas moléculas. Esses cientistas foram, por isso, premiados com o Nobel de Química, em 1989. Thomas Cech batizou essas sequências de RNA com atividade catalítica de ribozimas.

Os estudos com moléculas de RNA revelaram, por exemplo, que elas são capazes de catalisar sua própria autoduplicação. Foram os cientistas Jennifer Doudna e Jack William Szostak (Nobel de Medicina em 2009) que observaram esse comportamento de moléculas de RNA. Dessa forma, a escolha da molécula de RNA como modelo do polímero primordial ganhou força no meio científico, já que o RNA era capaz de se autoduplicar e tinha atividade catalítica.

Em 1978, Sidney Altman e seu grupo publicaram uma descoberta muito importante: certa bactéria, a *Escherichia coli*, possui uma enzima composta de RNA e proteína. Essa molécula foi considerada uma “enzima fóssil” porque tem capacidade catalítica e capacidade de autoduplicação, exatamente as duas características que deveriam existir no polímero primordial, como acreditavam os cientistas.

Outro fato serviu para dar força à hipótese do RNA como modelo de molécula primordial: os cientistas conseguiram obter em laboratório, em condições semelhantes às da Terra primitiva, todos os componentes da molécula de RNA.

Era lógico pensar que, com as características descobertas, o RNA ou uma molécula parecida teria sido aquela primeira macromolécula a surgir. As descobertas pareceram tão convincentes ao cientista Walter Gilbert (nascido em 1932, Prêmio Nobel de Química em 1980) que, em 1986, ele apoiou a hipótese do “Mundo dos RNAs”, uma época em que, na Terra primitiva, nos ambientes aquáticos, de-

veriam existir diversas moléculas de RNA apresentando diferentes sequências. Essas moléculas eram capazes de:

- autoduplicarem-se,
- transformarem-se por eliminação ou acréscimo de sequências e, assim, promover o surgimento de grande variedade de moléculas.

No final dos anos 1980, o “Mundo dos RNAs” receberia uma crítica dos cientistas Robert Shapiro e Gerald E. Joyce. Perguntavam-se esses cientistas: seria possível, nas condições da Terra primitiva, que o RNA fosse sintetizado a uma velocidade maior do que a de sua decomposição por radiação ultravioleta, por hidrólise ou por reações com outras moléculas do ambiente? A resposta encontrada foi negativa. Assim, a acumulação de RNA não seria possível e a hipótese de um mundo de RNA enfraqueceu.

Neste momento, os cientistas que pensam ter sido a primeira macromolécula uma estrutura autorreplicante e com capacidade de transmitir informações continuam suas investigações. Eles tentam descobrir moléculas com funções idênticas ao RNA, mas com estrutura diferente e mais simples, que seriam os análogos de RNA. Ainda que uma molécula com características de “análogo do RNA” seja encontrada, faltaria explicar como se deu a passagem do “análogo de RNA” para o RNA.

Décima parada:

Permanece a ideia de que a primeira macromolécula seria semelhante a um ácido nucleico?



Sim, mas ela coexiste com algumas descobertas que enfraquecem essa hipótese e sustentam a ideia de as proteínas serem as primeiras macromoléculas. Atualmente, os tioésteres são citados como as prováveis moléculas precursoras das proteínas que deram origem à vida. Tal observação se fundamenta em variadas pesquisas.

Os grupos tioésteres são caracterizados por serem derivados do grupo éster, em que o oxigênio unido por meio de uma ligação simples ao carbono é substituído por um átomo de enxofre (ligação tioéster: S-C=O). Os tioésteres são muito importantes na Bioquímica. Um exemplo bem conhecido de molécula com ligação tioéster é a molécula de acetilcoenzima A (acetil-CoA), substância fundamental no metabolismo energético da grande maioria dos seres vivos.

Christian De Duve (nascido em 1917), bioquímico belga, Prêmio Nobel de Medicina em 1974, argumenta que os tioésteres podem ter sido os precursores das proteínas porque, entre muitas outras razões, o grupo tiol deriva-se do ácido sulfídrico (H₂S), gás pútrido que impregnou o ambiente físico-químico do começo da vida. De Duve afirma que essas moléculas poderiam ter se formado espontaneamente, a partir dos ácidos livres e dos tióis, em um meio aquoso quente e ácido. Alguns trabalhos mostram certos microrganismos termoacidófilos (arqueas), de origem muito antiga, vivendo próximos a jatos hidrotérmicos marinhos. A possibilidade de vida nesses locais, provavelmente tão hostis quanto os da Terra primitiva, dá sustentação a essa hipótese dos tioésteres como precursores das primeiras proteínas, já que é possível a sua formação nesse tipo de ambiente.

Portanto, ainda não temos resposta quando a pergunta é sobre qual tipo de macromolécula surgiu primeiro e deu origem à vida.

Quase no fim da trilha... Aonde chegamos?

Existem novas ideias que mudam a abordagem da questão, preocupando-se em definir como seriam os primeiros sistemas considerados vivos, quais características eles deveriam apresentar.

Dessa maneira, não há preocupação em buscar a primeira macromolécula.

Sob esse ponto de vista, uma das hipóteses atuais sustenta que os primeiros sistemas vivos teriam sido conjuntos de moléculas que interagiam, autorreplicavam-se e estavam envolvidos por uma membrana. Essa ideia foi construída baseando-se no conceito de autopoiese (autocriação), elaborado pelos biólogos chilenos Humberto Maturana Romesín (nascido em 1928) e Francisco Javier Varela García (1946-2001) na década de 1970.

O conceito de vida baseado na autopoiese é usado por vários grupos de pesquisa. Os cientistas empregam seus conhecimentos de Bioquímica e tecnologias como a síntese de lipossomas (vesículas de lipídios, usadas em cosméticos, por exemplo) para tentar produzir estruturas que sejam modelos dos primeiros sistemas vivos. Assim, o que eles têm intenção de criar é algo que apresente metabolismo e reprodução, com passagem de informação de uma geração para outra. Esse objetivo mostra que esses cientistas admitem a possibilidade de a vida ter surgido na forma de uma protocélula. Essa estrutura seria muito simples, mas já possuiria uma fronteira e teria sido capaz de se alimentar, se reproduzir e evoluir.



Há, de fato, inúmeras hipóteses e diversos experimentos em andamento sobre os primeiros sistemas vivos. Já que não cabe aqui uma descrição dessas iniciativas, sugerimos algumas leituras que podem ser o ponto de partida para você se aventurar nessa trilha.

Para saber quem descobriu os lipossomas e quais são as aplicações práticas dessas estruturas, recomendamos o texto *Lipossomas e as suas aplicações na atualidade*, de Célia Antunes, professora do Departamento de Química da Universidade de Évora (Portugal), disponível em: <http://quimicaparatodosuevora.blogspot.com.br/2011/01/lipossomas-e-as-suas-aplicacoes-na.html>.

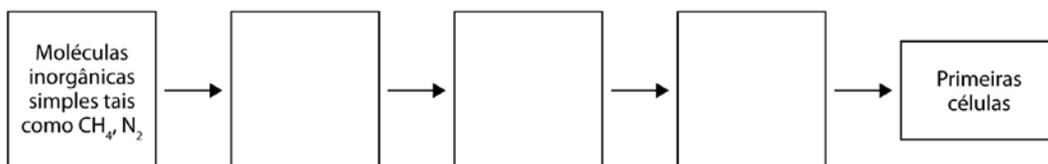
Para conhecer mais sobre as iniciativas na criação de modelos das primeiras estruturas vivas, sugerimos:

- o livro *Por que as galinhas cruzam as estradas?*, de Luiz Antonio Botelho Andrade e Edson Pereira da Silva, publicado pela Vieira & Lent.
- o livro *Ab initio: origem a vida e evolução*, de Franklin David Rumjanek, publicado pela Vieira & Lent.

Atividade

Vamos lembrar?

No esquema abaixo, representamos a hipótese da evolução química para origem da vida por passos que começam com moléculas inorgânicas e, em níveis cada vez maiores de complexidade, chegam até a formação das primeiras células.



Procure no texto que estruturas devem ser preenchidas nos quadros acima de forma a descrever as prováveis etapas da evolução química.



Parada Final:

Nosso passeio por essa trilha por ora terminou.



Você deve ter percebido que são poucas as evidências que levam ao passo final da evolução química, a formação das primeiras células. De qualquer forma, os cientistas não param de investigar. A próxima unidade nos levará ao estudo da natureza celular de todos os seres vivos. Esperamos que você continue conosco nessa jornada!

Roteiro de Ação 6

Uma viagem pelo tempo

Duração prevista: 100 minutos

Área de conhecimento: Biologia

Assunto: Origem da Vida

Objetivos: Compreender algumas das explicações científicas para o surgimento dos primeiros seres vivos

Pré-requisitos: Conhecimentos básicos sobre o Sistema Solar, a composição atual da atmosfera e a utilização de material para desenho, pintura, corte e colagem. Tais conhecimentos são trabalhados no período inicial do Ensino Fundamental II.

Material necessário:

Em sala - Roteiro para os alunos, projetor (*data show*) e um computador para projeção do filme e do *software*. Ambos podem ser gravados e expostos sem haver necessidade de o computador estar conectado à Internet.

Extraclasse - Papel branco e material para desenho, colagem ou pintura para cada grupo de alunos.

Organização da classe: grupos de quatro a seis alunos.

Descritores associados:

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas Ciências Físicas, Químicas ou Biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

Esta atividade sobre origem da vida foi idealizada para ser executada em grupo. Sugerimos grupos de quatro alunos, mas você saberá como dividir melhor sua turma. Há casos em que grupos maiores, de até seis alunos, trabalham muito bem. Em outras situações, são mais indicados os grupos menores, com até quatro alunos.

O trabalho está dividido em cinco partes:

1. Os alunos, reunidos em equipes, leem o texto, discutem suas ideias e registram suas dúvidas.
2. Depois, assistem a certa parte do documentário Construindo o planeta Terra.
3. Em seguida, ampliam e aprofundam seus conhecimentos por meio do programa “Origem da Vida” do Projeto Embrião.
4. Realizam debates para esclarecer as dúvidas sobre os conceitos trabalhados.
5. Os alunos criam cenas para as descrições encontradas no texto, vistas no filme e discutidas no programa.

Dessa maneira, os alunos são convidados a se organizar como equipe de redatores e ilustradores de uma revista de divulgação científica. O objetivo é criar e ilustrar uma história em quadrinhos que mostre as concepções científicas para o ambiente em que a vida surgiu.

Sugerimos que a primeira aula (50 minutos) seja composta pelas três primeiras partes da atividade. Na segunda aula poderá ser realizado o debate e as orientações para a parte 5, que poderá ser realizada extraclasse e entregue ao professor como atividade de avaliação.

O documentário *Construindo o planeta Terra*, do canal National Geographic, relata a origem do nosso planeta e de toda vida que existe nele, incorporando algumas ideias recentes sobre esse tema. Recomendamos, para essa atividade, que os alunos assistam aos primeiros dezesseis minutos do filme. Nessa parte, eles verão a descrição do surgimento da Terra, da Lua e do bombardeio de meteoros que teria trazido água e aminoácidos ao nosso planeta. Além disso, conhecerão algumas ideias sobre como era o ambiente onde surgiram os primeiros seres vivos. O *link* para esse documentário pode ser achado em uma busca pelo nome do documentário no Youtube.

O programa “Origem da vida”, produzido pelo Projeto Embrião da Unicamp, expõe diversas informações de maneira compreensível e atraente.

O programa está disponível em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=29556> ou em <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/15081/Origem.html?sequence=52>.



Acesse os links abaixo para saber mais sobre as terminologias utilizadas neste roteiro:

• Tempo profundo:

https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v12_2/PDF12_2/Td-122-157-2.pdf

• Meteoroides, meteoros e meteoritos: http://www.planetariodorio.com.br/index.php?option=com_k2&view=item&id=312:meteor%C3%B3id es-meteoros-e-meteoritos.

• Universo: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Universo>.

• Termos geológicos: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo.php>.

• Sistema Terra-Lua: <http://www.cdcc.usp.br/cda/aprendendo-basico/sistema-solar/terra.html>.

• Mitos sobre a lua cheia: http://www.projetoockham.org/boatos_luacheia_1.html.

• A Terra já teve duas luas?: http://www.planetariodorio.com.br/index.php?option=com_k2&view=item&id=1841:a-terraj%C3%A1-teve-duas-luas?&Itemid=290#

• Sugestões para o ensino de termos químicos: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc21/v21a06.pdf>.

Uma viagem pelo tempo

Vocês conhecem alguma revista de divulgação científica?

Elas estão em todas as bancas de jornal e fazem grande sucesso, mostrando descobertas científicas de uma forma fácil de entender. Os ilustradores e redatores da equipe de criação dessas revistas são muito importantes. Eles são responsáveis por mostrar os fatos por meio de textos, esquemas e desenhos, facilitando o entendimento dos leitores.

Nesta atividade, os grupos trabalharão como uma dessas equipes: estudarão um determinado assunto e discutirão as ideias para esclarecer as dúvidas. Em seguida, virá o planejamento e a criação de uma história em quadrinhos científica!

O assunto será a origem da vida. Esse tema é bastante atual, envolve vários campos da Ciência e já é pesquisado há muito tempo. Isso significa que não faltará assunto para vocês!

Então, vamos começar? Para criar uma história em quadrinhos sobre a origem da vida para uma revista de divulgação científica, como vocês fariam? Quais ideias vocês deveriam representar?

Para responder a essas perguntas, vocês devem começar pelo estudo do assunto. Preparados?

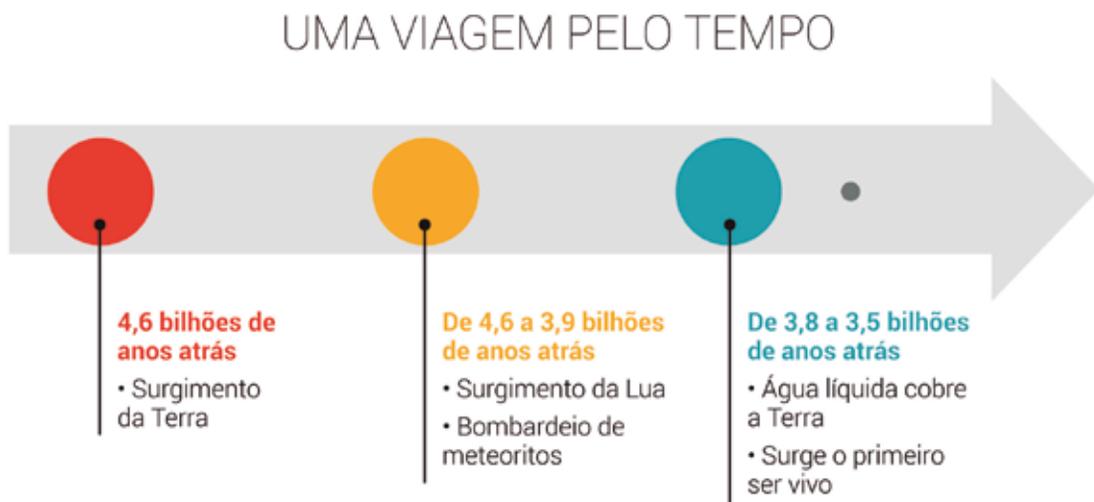
Introdução

As hipóteses dos cientistas para o surgimento da vida são ideias baseadas em sinais. E eles estão presentes na composição química das rochas, dos fósseis, dos seres vivos atuais e até dos meteoritos! Devido a essa grande diversidade de informações, são muitas as ciências que ajudam a explicar como teria acontecido o surgimento do nosso planeta e das primeiras formas de vida: a Biologia e a Química, é claro, mas também a Física, a Geologia, a Astronomia e a Cosmologia.

Neste momento, vamos conhecer algumas das ideias dos cientistas sobre a origem da vida. E faremos isso lendo um texto, vendo um trecho de um filme sobre o nosso planeta, explorando uma linha do tempo, esclarecendo as dúvidas em um debate e, por fim, criando a história em quadrinhos.

Parte 1. Leitura do texto

Esse texto é o resumo de algumas ideias sobre o surgimento da Terra e das primeiras formas de vida. Muito tempo passou-se desde esses acontecimentos. Estamos falando de um tempo tão antigo que os pesquisadores chamam de tempo profundo... Vocês vão precisar da imaginação e de muita atenção para essa leitura. Preparados?



4,6 bilhões de anos atrás...

O cenário inicial da nossa história é a Terra de 4,6 bilhões de anos. Na superfície do nosso planeta existia um oceano de lava. Sua atmosfera era composta de gás carbônico (CO_2), nitrogênio gasoso (N_2) e vapor de água (H_2O). E a temperatura ficava em torno de 12.000°C!

Ainda não existia vida na Terra (ou, pelo menos, não encontramos nenhum indício disso até hoje).

De 4,6 a 3,9 bilhões de anos atrás...

Depois do surgimento da Terra, no decorrer de setecentos milhões de anos, aconteceram fenômenos que definiram algumas das características atuais do nosso planeta.

Foi nesse período que surgiu a Lua, resultado do choque da Terra com outro planeta. No início, a Lua ficava a 22.000 km de distância. Atualmente, a Lua está muito mais afastada da Terra: a 400.000 km de distância. Portanto, naquele tempo, vista da Terra, a Lua parecia ser muito maior.

Um intenso bombardeio de meteoritos, que durou cerca de 20 milhões de anos, também ocorreu nesse período. Esses corpos celestes, muito provavelmente, trouxeram sal e muita água para o nosso planeta.

A Terra girava muito rapidamente (em movimento de rotação, o qual define a duração do dia); um dia durava seis horas!

De 3,8 a 3,5 bilhões de anos atrás...

A aparência do planeta havia mudado bastante. A temperatura diminuiu e a água trazida pelos meteoritos estava líquida, cobrindo a Terra.

Os ventos eram muito rápidos e as tempestades aconteciam com frequência. A Lua e o Sol, quando ficavam alinhados, provocavam marés que deixavam a água muito agitada. As marés eram – e continuam sendo – mais fortes na lua cheia e na lua nova. Nesses períodos, a Lua e o Sol estão dispostos em linha reta e a força gravitacional dos dois soma-se e influencia o movimento das grandes massas de água dos oceanos.

Mas o tempo passou. A Terra começou a girar mais devagar e a Lua se afastou. A força das marés e as tempestades diminuíram.

O bombardeio de meteoritos continuava. Houve uma nova fase em que eles chegaram à Terra em grande quantidade. Os meteoritos mergulhavam no oceano ou atingiam as rochas já existentes fora da água. Dessa maneira, muitos átomos de carbono e moléculas de aminoácidos, componentes dos meteoritos, chegaram ao nosso planeta e se misturaram com a água e com as rochas.

No fundo do oceano, já se encontravam chaminés submarinas. Eram estruturas compridas e soltavam um material quente pelas suas aberturas. Mas esse material não era fumaça. Pelas aberturas saía água quente com muitos minerais dissolvidos! O fenômeno acontecia porque na crosta terrestre do fundo dos oceanos existiam rachaduras que deixavam a água do oceano entrar. Sendo a região logo abaixo da crosta muito quente, a água se aquecia. Depois, a água saía pelas aberturas das

chaminés. Nesse momento, a água estava quente e misturada com minerais da crosta. Até hoje nós encontramos essas chaminés nas partes mais profundas dos oceanos.

Nas regiões próximas das chaminés, o ambiente era aquecido, rico em minerais e moléculas orgânicas, como os aminoácidos. Além disso, havia muita água, elemento essencial para os seres vivos. Teria sido esse o cenário do surgimento da primeira forma de vida?

Há uma hipótese que defende essa ideia. Um dos fatos que sustentam tal hipótese foi descoberto por alguns cientistas, que pesquisam as chaminés submarinas atuais. Ao redor dessas fontes marinhas de água quente, os cientistas encontraram alguns organismos que só existem lá.

As erupções vulcânicas, há aproximadamente 3,8 bilhões de anos, eram frequentes. Por causa delas, surgiram inúmeras ilhas no oceano que cobria a Terra. Nessas ilhas também se encontrava um ambiente aquecido, minerais e aminoácidos dissolvidos na argila existente. Além de água, é claro. Então... Seria esse o local do aparecimento do primeiro ser vivo?

Essa é a hipótese de outro grupo de cientistas, que descobriu que a argila é um bom local para a fixação e a mistura de moléculas pequenas, como os aminoácidos, levando ao surgimento de moléculas maiores, como as proteínas, que fazem parte da composição dos seres vivos.

E como teria sido o primeiro ser vivo? Muitos pesquisadores imaginam-no parecido com certo tipo de bactéria atual: unicelular, capaz de produzir o seu próprio alimento e independente do oxigênio para viver. Além disso, esse organismo teria capacidade de se reproduzir e evoluir.

A nossa viagem pelo tempo profundo termina aqui. Mas vocês continuarão a investigar esse assunto. Vamos para a próxima etapa.



Quer saber mais?

A seguir esclarecemos o significado de algumas palavras que aparecerão com frequência no estudo que faremos. Se vocês tiverem outras dúvidas, pesquisem e compartilhem as descobertas com a turma.

- **Lava** – Material derretido expelido por vulcões.
- **Meteorito** – Objetos formados por rochas ou por metais ou ainda por misturas desses dois materiais. Têm origem extraterrestre. Atenção: meteoro não é sinônimo de meteorito.
- **Átomo** – Um átomo é o conjunto de vários tipos de partículas infinitamente pequenas. Três dessas partículas são mais conhecidas: os prótons, os nêutrons e os elétrons. Embora os átomos não tenham o mesmo tamanho, todos eles são muito, muito pequenos. Imagine que, se as pessoas tivessem o tamanho dos átomos, uma fila de 100 milhões de pessoas teria 1 cm de comprimento!
- **Molécula** – É um conjunto de dois ou mais átomos. Eles podem ser iguais ou diferentes. Por exemplo, uma molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio – é a famosa fórmula química H_2O . Já o gás carbônico tem cada uma de suas moléculas formada por um átomo de carbono e dois átomos de oxigênio: CO_2 é a fórmula. O nitrogênio gasoso, existente em grande quantidade na atmosfera atual, tem moléculas formadas por dois átomos de nitrogênio cada uma. Assim, N_2 é a fórmula. O tamanho das moléculas é bem variável. As três moléculas já citadas são bons exemplos de moléculas pequenas, formadas por poucos átomos. Existem também moléculas muito grandes.
- **Proteínas** – São substâncias formadas pela união de moléculas chamadas de aminoácidos. Na natureza, encontramos 20 tipos diferentes de aminoácidos. Eles formam centenas de tipos diferentes de proteínas. Como isso é possível? Esse fato é fácil de entender se você imaginar que os aminoácidos são como as letras de um alfabeto e as proteínas são como as palavras. Da mesma forma que com um conjunto de pouco mais de 20 letras formamos um número enorme de palavras, com 20 aminoácidos podem ser formadas centenas de proteínas diferentes!
- **Moléculas orgânicas** – São aquelas formadas por vários átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Também podem conter outros átomos, como o nitrogênio e o enxofre. Elas podem ter vários tamanhos. Algumas são relativamente pequenas, como a molécula do açúcar presente no mel, com 24 átomos. Outras são grandes, como a hemoglobina (proteína vermelha do sangue), com mais de 8 mil átomos.

Comentários para o professor

Reunidos em equipes, os alunos registrarão suas dúvidas sobre a origem da vida depois da leitura do roteiro. Caso a atividade seja realizada em sala de aula, apoie a interpretação dos textos pelos alunos como moderador, sem dar as respostas, porém orientando-os na pesquisa, discussão colaborativa e anotação das dúvidas que não forem sanadas para posterior pesquisa na biblioteca, internet, livros etc.

Parte 2. Filme

O filme *Construindo o planeta Terra* foi produzido pelo canal de TV National Geographic (Nat-Geo). É um filme de 1 hora e 34 minutos de duração e mostra toda a história do nosso planeta, desde sua formação até os tempos atuais.

Para este trabalho, o trecho importante concentra-se nos primeiros dezesseis minutos. Assis- tam a esse trecho do filme com bastante atenção. Reparem que o texto anterior descreve alguns dos acontecimentos mostrados. Não se esqueçam de anotar as dúvidas.

Comentários para o professor

Esclareça aos alunos o porquê da apresentação apenas dos primeiros dezesseis minutos do filme. É im- portante não exceder muito esse tempo. Isso poderia comprometer o restante da atividade, pois desvia- ria a atenção para outros assuntos explorados no filme. Os alunos verificarão que muitas descrições do texto estão representadas no filme. Aproveite para chamar a atenção da turma para a forma como os ani- madores imaginaram os acontecimentos. Por exemplo, para mostrar as erupções ocorrendo no meio do oceano já formado, os animadores apresentam uma visão como se estivéssemos em um barco na água.

Parte 3. Explorando a linha do tempo Origem da Vida

Acesse a animação disponível em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=29556> ou [http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/15081/Origem.html?sequ- ence=52](http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/15081/Origem.html?sequence=52)

Essa linha do tempo é uma representação de algumas das ideias científicas sobre a origem da vida. Vocês conhecerão alguns cientistas que escreveram livros e fizeram experiências muito im-

portantes para o progresso das descobertas sobre a origem do primeiro ser vivo. Preparem-se para o debate e para a criação dos quadrinhos. Não deixem de anotar as informações mais interessantes apresentadas nesse material e principalmente as suas dúvidas!

Parte 4. Debate

Neste momento, vocês devem fazer perguntas para esclarecer as dúvidas, prestar atenção às dúvidas dos colegas e ajudá-los, mostrar quais são as suas conclusões para a turma. A participação neste momento é importantíssima! Expor ideias ajuda a descobrir dúvidas e a aprender mais.

Como não ocorreu a formação da substância azul na garrafa que não continha ar (B), podemos concluir que o ar tem participação no processo químico que resulta na formação da substância azul.

Essa interpretação é reforçada pela observação de que, na garrafa B, passou-se a obter a cor azul depois que se retirou dela parte da solução e se permitiu a entrada de maior quantidade de ar.

A hipótese de que o ar, ou um de seus componentes, toma parte na reação é comprovada também por outro fato: a garrafa A (que contém líquido e ar), com a tampa bem fechada, deixou de se colorir depois de várias agitações. Podemos concluir que isto aconteceu porque o componente do ar que participa da reação química foi totalmente consumido.

Portanto, é bastante grande a soma das evidências de que uma das substâncias químicas presentes no ar é responsável pela formação da substância azul. A agitação aumenta o contato e a dissolução do ar no líquido permite que a reação química ocorra em toda a massa de líquido.

É esse componente do ar atmosférico que também se “dissolve” na água dos lagos, rios e mares. É o oxigênio desse ar dissolvido que os peixes respiram pelas brânquias. A água recentemente fervida — por ter perdido os gases que estavam dissolvidos — tem gosto diferente da água não fervida. É suficiente agitar essa água fervida – com uma colher, por exemplo – para que seu “sabor” seja restabelecido.

Comentários para o professor

O debate é uma boa oportunidade para que os alunos exponham suas dúvidas e comentários sobre o que leram e assistiram. Preste atenção aos termos usados incorretamente, por exemplo. Depois, durante suas explicações, use-os corretamente, esclarecendo seu sentido.

Se os alunos quiserem saber mais sobre as características do primeiro ser vivo, é importante que você enfatize as funções que esse primeiro organismo, segundo muitos pesquisadores, apresentava: fronteira com o ambiente, capacidade de se alimentar, de se reproduzir, de transmitir informações para as gerações seguintes e evoluir.

É inadequado tentar responder detalhadamente a questões tais como: quais moléculas compunham o limite do organismo com o ambiente, qual era seu material genético, qual a sua forma de nutrição. Elas obrigam você a expor conceitos incompreensíveis para alunos no início do Ensino Médio, estudantes que ainda não tiveram aulas de Química nem de Citologia.

Parte 5. Ilustração do texto

Chegou o momento de trabalhar como ilustradores e redatores! Vocês certamente repararam nas animações usadas no filme. Coloridas, movimentadas e acompanhadas de música. Mas, como vocês fariam se, em vez de um filme, fosse uma história em quadrinhos para uma revista de divulgação científica?

Conversem, ouçam as ideias uns dos outros e planejem como fazer essa história.

Apresentem o planejamento ao professor, que marcará com vocês o dia da entrega.

Comentários para o professor

Use uma parte da segunda aula para que os alunos possam conversar em grupo, a fim de planejar a criação da história em quadrinhos.

Comente que, para realizar a tarefa de ilustrar um livro, por exemplo, o ilustrador precisa conhecer o texto. No caso dessa tarefa, o objetivo é criar uma história em quadrinhos com as ideias científicas sobre a origem da vida. E, por isso, o conhecimento sobre o assunto é indispensável e não daria para chegar à parte 5 desta atividade sem passar pelas quatro primeiras partes.

Pensamos que você pode sugerir técnicas de ilustração (desenho a grafite, lápis de cor, bastão de cera, pintura, colagem etc.) e apresentação (folhas encadernadas, cartaz etc.). No entanto, é interessante deixar os alunos decidirem de que forma querem apresentar o trabalho. É importante pedir um registro desse planejamento.

Não se esqueça de negociar coletivamente o prazo para entrega do trabalho. Quando os adolescentes podem opinar sobre esses prazos, eles tendem a ser mais responsáveis e pontuais.

Unidade 5

CONHECENDO A HISTÓRIA DA TEORIA CELULAR

INTRODUÇÃO

Quando pedimos aos alunos para imaginar como seriam os primeiros seres vivos, muitas vezes, obtemos respostas parecidas com a seguinte:

– Os primeiros seres vivos eram muito pequenos, feitos de uma célula.

É claro que essa resposta só aparece quando o aluno já tem algum conhecimento sobre célula. Mas quando essa ideia é construída? Como os estudantes adquirem suas primeiras noções sobre as células? Os primeiros conceitos são apresentados ainda no Ensino Fundamental II, por meio do estudo dos seres unicelulares. Nesse momento, a capacidade de abstração dos estudantes ainda é pequena, se comparada à que terão no Ensino Médio. Assim, a maioria de nossos alunos chega à 1ª série com ideias incompletas sobre célula. Esse fato deve ser levado em consideração quando a proposta é iniciar o estudo da Biologia discutindo a temática da origem da vida.

Sendo assim, será necessário dar oportunidade aos alunos de conhecer os conceitos básicos e indispensáveis sobre células, a fim de progredir no estudo sobre a origem da vida. Para que nós possamos executar essa tarefa de maneira eficiente, é importante rever como ocorreram as descobertas que ajudaram os cientistas a estabelecer que:

1. todos os organismos são compostos por células;
2. todas as células originam-se a partir de células preexistentes;
3. as células são as unidades fundamentais da vida;
4. a célula é a sede do metabolismo dos seres vivos. Não há nada nos organismos além de células ou de produtos da atividade celular.

As quatro premissas citadas compõem a **Teoria Celular**, um dos princípios organizadores da Biologia.

A história da teoria celular

Vamos, então, conhecer como ela foi construída. Esta leitura vai mostrar que a Teoria Celular é, historicamente falando, uma teoria da célula eucariótica.

O termo célula foi inicialmente cunhado por Robert Hooke em 1663, com base em observações da estrutura da cortiça, mas a Teoria Celular só foi claramente explicitada 176 anos depois, por Theodor Schwann e Mathias Schleiden. Por que demorou tanto tempo?

Segundo a professora Maria Elice Prestes, em seu livro *Teoria Celular: de Hooke a Schwann*, Robert Hooke não fez nenhuma contribuição ao papel da célula na fisiologia dos vegetais. Vale lembrar que Hooke observou apenas os espaços vazios entre as paredes celulósicas de células mortas. Portanto, o legado de Hooke nesse campo ficou restrito ao termo célula, aos detalhes dos desenhos e aos avanços da técnica da microscopia.

Nos anos que se seguiram à publicação da obra de Hooke *Micrographia* (1665), ocorreu a identificação de espaços microscópicos em vários tecidos vegetais por diversos autores, como Malpighi, Grew e Leeuwenhoek. Esses espaços ganharam nomes diferentes do termo célula – como utrículos e sáculos. Não havia ainda uma caracterização comum dessas estruturas. Hoje sabemos que algumas descrições não eram de células, mas sim de outras estruturas ou artefatos de técnica.



Para saber mais sobre a vida Robert Hooke e sua obra *Micrographia*, sugerimos o artigo “Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos”, publicado na revista *Filosofia e História da Biologia*. O artigo está disponível no link abaixo:

<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-06-1/FHB-6-1-07-Roberto-Martins.pdf>

Nesse período, entre os séculos XVII e XVIII, a observação de espaços microscópicos nos tecidos animais era mais difícil, devido à ausência de parede celular (a membrana plasmática só foi efetivamente visualizada com a criação do microscópio eletrônico, nos anos 1930) e ao menor tamanho de suas células. Leeuwenhoek descreveu *glóbulos* no sangue, em 1673. Esse termo disseminou-se para vários tecidos animais. Mesmo assim, a generalização desses espaços microscópicos entre animais e plantas estava longe de acontecer, pois, para os observadores da época, não havia nenhuma **homologia** entre glóbulos e células vegetais. Muito pelo contrário: nos anos 1820, verificou-se que alguns dos glóbulos descritos anteriormente eram na realidade estruturas dentro de células, como gotas lipídicas e o próprio núcleo celular ou um artefato de técnica devido à **aberração cromática** só corrigida com a invenção das lentes acromáticas em 1821.

Estruturas são homólogas quando apresentam a mesma origem embriológica ou têm origem na mesma posição relativa do corpo. Em geral, a presença de **homologias** em organismos diferentes é indicativa de uma ancestralidade comum.

{ VERBETE }

A **aberração cromática** ocorre porque os diferentes comprimentos de onda que compõem a luz branca têm pontos focais diferentes no olho. As lentes acromáticas corrigem esse problema, associando lentes com densidades distintas, de forma a aproximar os focos dos diferentes comprimentos de onda.

{ VERBETE }

Faltava, portanto, identificar o que havia de semelhante entre as células dos vegetais e os glóbulos dos animais; isso só veio a ocorrer nas primeiras décadas do século XIX. A mais importante dessas estruturas é o núcleo celular. Apesar de aparecer em desenhos desde o século XVIII, o núcleo só é reconhecido como estrutura importante para as células vegetais em 1833 pela publicação de Robert Brown. Mais tarde, em 1836, o núcleo seria identificado em todas as células animais.

O grande salto dado por Theodor Schwann foi perceber a importância do núcleo para a origem de novas células. O aprimoramento da microscopia no século XIX reconhecia, naquele momento, uma enorme diversidade de células, dentre as de animais e as de vegetais. Qual seria, então, a relação entre essas estruturas tão distintas?

Schwann descreveu o desenvolvimento e a especialização celular a partir da observação de embriões animais e reconheceu o papel do núcleo nesse processo. Sua descrição da origem de novas células foi influenciada pelas observações anteriores de Schleiden, da multiplicação de células vegetais. Apesar de falha, ela foi fundamental para reconhecer a homologia entre as diversas células.

A formação de novas células proposta por Schleiden estava baseada em um processo de dentro para fora da célula, em que novas camadas de material seriam depositadas a partir da formação de grânulos. Em suma, uma célula se formaria no interior de outra célula, e não pela divisão celular, como mais tarde veio a se observar.

O estudo dos embriões levou Schwann a mais uma proposição. Ao verificar que a célula ovo isolada pode originar um novo embrião, ele identifica a individualidade da célula para a geração e manutenção da vida, completando e facilitando a aceitação de uma Teoria Celular.



Marcello Malpighi (1628-1694) – Médico e biólogo italiano que, ao desenvolver métodos experimentais para estudar os seres vivos, fundou a ciência da anatomia microscópica. Saiba mais em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/360486/Marcello-Malpighi>>

Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) – Comerciante de tecidos e microscopista holandês. Observou organismos usando microscópios que ele mesmo construiu. Saiba mais em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/334699/Antonie-vanLeeuwenhoek>>

Nehemiah Grew (1641-1712) – Botânico, médico e microscopista inglês. É considerado, junto com Malpighi, um dos precursores dos estudos de Anatomia Vegetal. Saiba mais em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/245906/Nehemiah-Grew>>

Robert Brown (1773-1858) – Botânico escocês. Reconheceu o núcleo como uma estrutura característica das células vegetais. Saiba mais em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/81618/Robert-Brown>>

Mathias Jacob Schleiden (1804-1881) – Botânico alemão. Formulou, junto com Schwann, a Teoria Celular. Saiba mais em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/527571/Mathias-JacobSchleiden>>

Theodor Schwann (1810-1882) – Fisiologista alemão. Fundou a moderna Histologia ao definir a célula como a unidade básica dos tecidos animais. Saiba mais em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/528563/Theodor-Schwann>>

As pesquisas, nas décadas seguintes, corrigiram as descrições de Schwann e Schleiden para a origem de novas células e mostraram a importância do protoplasma para o metabolismo de células vegetais e animais. O protoplasma – substância viscosa que compõe a célula – já vinha sendo estudado desde a segunda metade do século XVIII. Recebeu vários nomes nesse período, mas sua generalização para animais e vegetais ocorreu apenas no mesmo ano da publicação da Teoria Celular, 1839, graças ao trabalho de **Jan Evangelista Purkinje**. Seu trabalho, entretanto, só foi reconhecido ao longo da década de 1850, quando o protoplasma foi identificado como a sede do metabolismo celular.

As células procarióticas, apesar de terem sido observadas por Leeuwenhoek, só foram incorporadas à Teoria Celular depois de 1839. Hoje sabemos que as células são a *unidade morfofisiológica*

de todos os seres vivos e novas células surgem de outras preexistentes por divisão celular. Os vírus, visualizados pela primeira vez com microscópios eletrônicos, embora não sejam formados por células, são parasitas intracelulares obrigatórios, permanecendo inertes fora delas. Sendo assim, a relação entre vida e célula continua a existir.



Jan Evangelista Purkinje (1787-1869) – Fisiologista tcheco. Suas investigações no campo da Fisiologia ajudaram a compreensão da composição das células. Saiba mais em:
<<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/484087/Jan-EvangelistaPurkinje>>

As células são muito diversas estrutural e funcionalmente. Porém, em sua enorme maioria, elas são microscópicas. Por que isso acontece? A resposta é dada pela Lei de Spencer ou Lei da Relação entre Volume e Superfície Celulares: uma célula, ao aumentar de tamanho e manter a mesma forma, aumenta seu volume ao cubo, enquanto sua superfície aumenta apenas ao quadrado. Isso causa um desequilíbrio, pois o volume interno da célula, que deve ser nutrido a partir do meio externo, não adquire os nutrientes em quantidades suficientes pela membrana. As exceções explicam a regra: o ovo da galinha é uma célula enorme, pois já adquiriu nutrientes durante sua formação. As amebas, que podem ser vistas a olho nu, têm uma membrana plasmática cheia de dobras, as quais aumentam a sua área de contato com o meio.

Explicar a maquinaria fundamental da vida não é tarefa fácil. Apesar disso, os primeiros estudiosos da célula perceberam que seu funcionamento era a chave para entender fenômenos mais complexos. Em 1858, o médico alemão Rudolf Virchow previa essa relação ao afirmar que “as doenças seriam consequências de problemas nas células”. Anos mais tarde, em 1925, o biólogo celular Edmund Beecher Wilson escreveu algo bastante próximo ao declarar que “a chave de cada problema biológico deve, em última análise, ser procurada na célula, porque cada organismo vivo é, ou foi alguma vez, uma célula”.

Atividade para reflexão

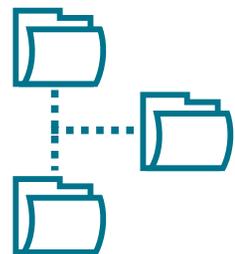
O que caracteriza todas as células? Descreva os aspectos estruturais (morfológicos) e funcionais comuns às células que conhecemos hoje.



Roteiro de Ação 7

Cara a cara com a célula

Neste roteiro de ação, os alunos terão a oportunidade de, por meio de um jogo, reconhecer a diversidade celular, bem como as características universais que permitem identificá-las como unidade morfofisiológica da vida.



Como abordar esse tema em uma aula prática?

Há microscópios ópticos em sua escola? Se sim, que tal observar com seus alunos as células de *Elodea* (planta de água doce, comum em lojas que vendem material para aquários), uma gota de água suja ou mesmo esfregaço da bochecha?

Veja algumas sugestões do site do Centro de Pesquisas em Genoma Humano e Células-Tronco para o uso dos microscópios em aulas práticas. Estão disponíveis em:

<<http://genoma.ib.usp.br/educacao-e-difusao/materiais-didaticos/protocolos-aulas-praticas>>

Caso sua escola não seja equipada com microscópios, não desanime; é possível construir um microscópio de baixo custo. Essa tarefa pode ser também motivadora mesmo que o colégio tenha microscópios. A experiência de construir um equipamento com capacidade de resolução equivalente à dos primeiros microscópios pode ser uma ferramenta valiosa para o professor chamar a atenção para aspectos da história da ciência.

Veja a descrição dessa prática no artigo “Construindo um microscópio de baixo custo que permite observações semelhantes às dos primeiros microscopistas”, publicado na revista *Genética na Escola*.

Para concluir...

Podemos imaginar o quanto a formulação da Teoria Celular deve ter sido importante para o ambiente intelectual do século XIX, que discutia a origem da vida. Afinal, se a célula passava a ser unidade morfofisiológica da vida e uma célula origina-se de outra célula, qual seria o espaço da geração espontânea? Por outro lado, um novo problema apresentava-se: como explicar a origem das primeiras células?

Roteiro de Ação 7

Cara a cara com a célula

Duração prevista: 100 minutos.

Área do conhecimento: Biologia

Assunto: Citologia

Objetivo: Reconhecer a diversidade celular e as características que permitem identificar a célula como unidade morfofisiológica da vida.

Material necessário (para cada duas equipes):

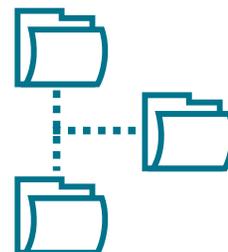
- Três baralhos (ver modelo).
- 28 suportes para as cartas do jogo (ver modelo) (opcional).
- Quatro tabelas (ver modelos).

Organização da classe: equipes de quatro ou cinco alunos organizadas duas a duas. Uma equipe joga contra a outra.

Descritores associados:

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



Introdução

Este roteiro de ação consiste em um divertido jogo semelhante ao conhecido Cara a Cara, produzido com materiais de fácil acesso e baixo custo. O objetivo do jogo é auxiliar o ensino-aprendizagem de conteúdos de Citologia, geralmente difíceis de serem compreendidos pelos alunos. Além disso, a atividade favorece a interação entre os estudantes, que durante toda a partida trocam informações entre si.

O roteiro foi adaptado do jogo Cara a Cara com a Célula – atividade integrante do Projeto Micro&Gene, da Universidade de São Paulo (USP). Seus autores são: Cibele C. Berto, F. C. Constant Pires e Maria Ligia C. Carvalhal. Você pode consultar a atividade original em http://www.genoma.ib.usp.br/sites/default/files/jogos/cara_a_cara_manual_do_professor.pdf

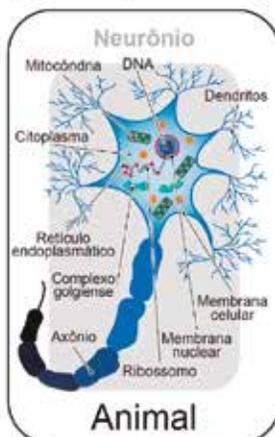
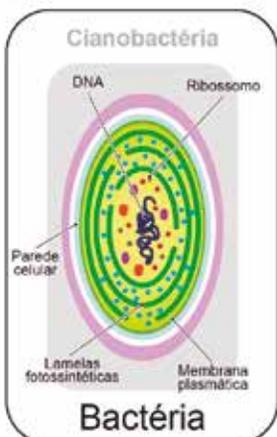
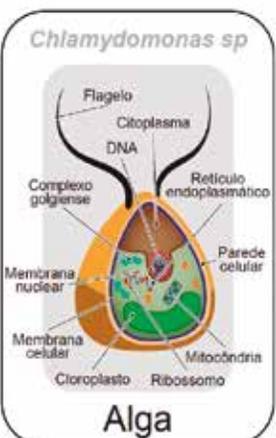
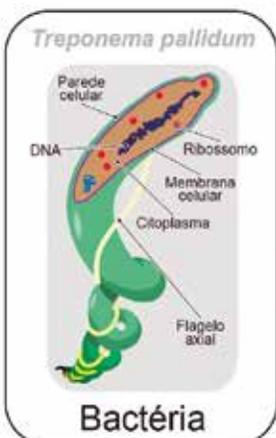
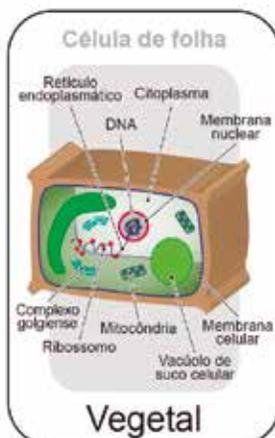
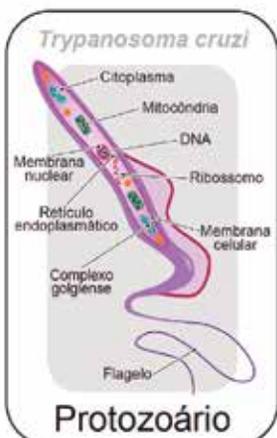
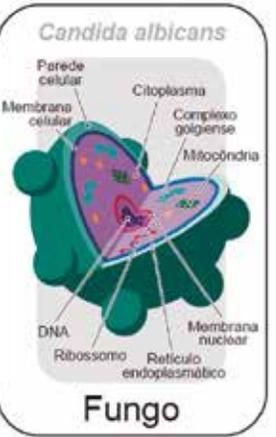
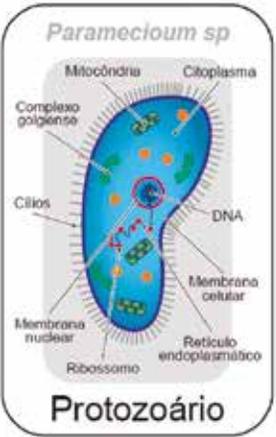
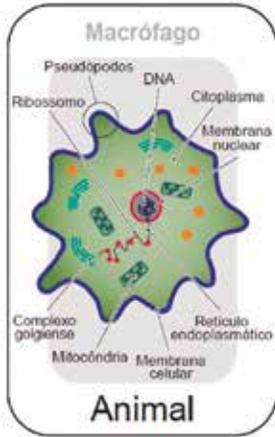
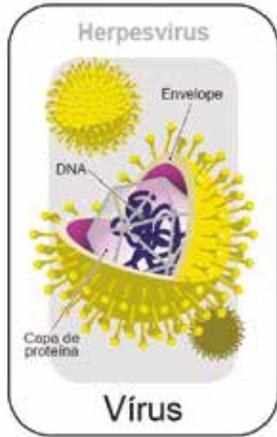
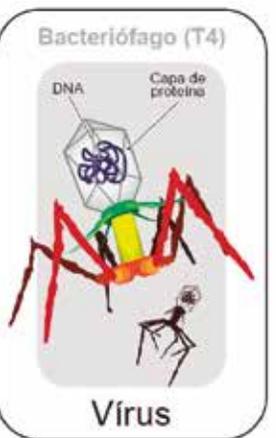
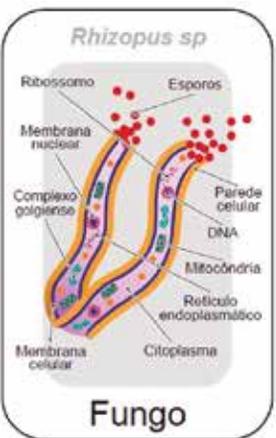
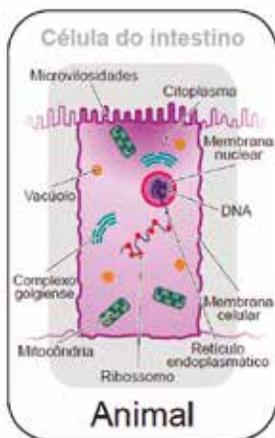
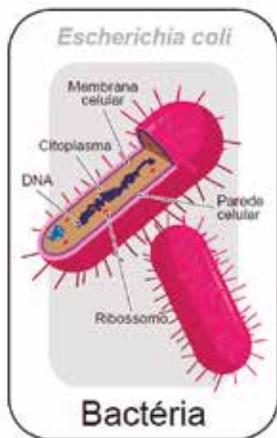
Optamos por manter, no jogo, a classificação de Whittaker, na qual os seres vivos são divididos em cinco reinos (Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia), com base em características morfológicas e fisiológicas, principalmente pelo fato de os livros didáticos essencialmente utilizarem essa forma de classificação. Nele, também retratamos os vírus.

Instruções para o jogo

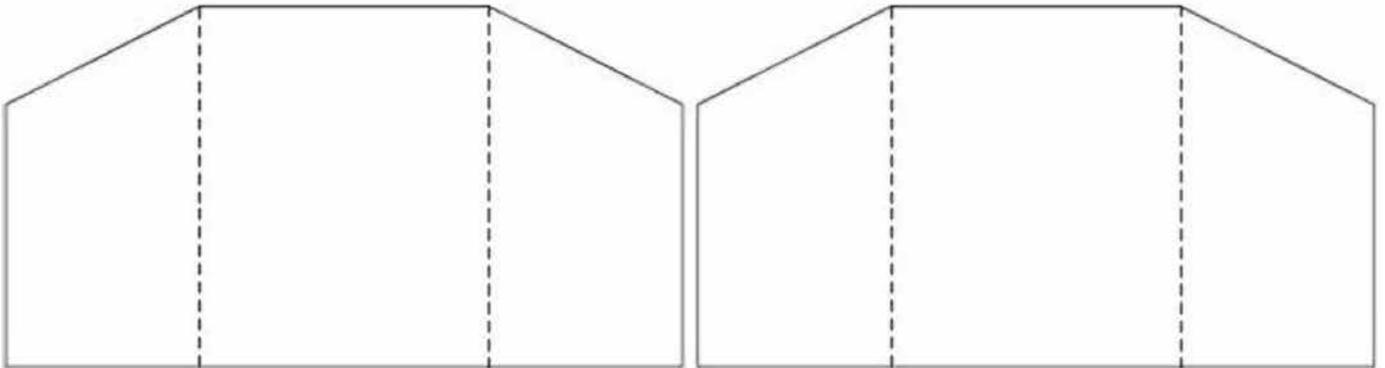
1) Três baralhos iguais a serem impressos. Dois deles serão montados sobre suportes.

Cada baralho é composto por 14 cartas com ilustrações de células de diferentes seres, com algumas características destacadas (veja o modelo a seguir). As cartas do jogo de dois baralhos podem ser mantidas “de pé” por suportes confeccionados com um material mais rígido; cartolina e papelão são boas opções. A função do suporte é impedir a visualização das cartas pela equipe adversária. É possível improvisar suportes ou anteparos com livros e cadernos.

A impressão não colorida dessas cartas não atrapalha o desenvolvimento da atividade.



SUPORTES DAS CARTAS



A seguir estão tabelas com algumas características de células/seres apresentados no jogo, mas nada impede que você acrescente outras, de acordo com aquilo que trabalhou durante as aulas com os seus alunos.

Tabela 1. Características celulares

Estrutura	O que é?
Membrana celular ou plasmática	Estrutura que envolve as células e separa o meio intracelular do meio extracelular.
Membrana nuclear ou carioteca	Estrutura que envolve o núcleo.
Parede celular	Externa à membrana plasmática. A parede celular é composta por diferentes substâncias, dependendo do organismo.
Envelope	Estrutura externa à capa de proteína. O envelope é constituído por proteína, lipídeos e açúcar derivados principalmente da membrana das células.
DNA	Material genético. Armazena a informação genética.
Citoplasma	É delimitado pela membrana plasmática e composto por material gelatinoso. Nele estão mergulhadas as moléculas necessárias ao funcionamento da célula.
Ribossomo	Organela associada à produção de proteínas.
Mitocôndria	Organela responsável pela produção de energia.
Retículo endoplasmático	Organela responsável pela produção de proteínas e lipídeos.
Complexo golgiense	Organela encarregada de receber substâncias produzidas pelo retículo endoplasmático, transformá-las e encaminhá-las aos seus destinos corretos.
Cloroplasto	Organela responsável pela fotossíntese.
Microvilosidades	São dobras da membrana plasmática, semelhantes a dedos de luvas, que aumentam a superfície celular, oferecendo maior contato entre as células e o meio.

Cílios	Presentes em grande número, são estruturas curtas e finas semelhantes a pelos. Importante para a locomoção celular.
Flagelo	Estrutura longa semelhante a um chicote. Importante para a locomoção celular.
Pseudópodes	Projeções celulares com função de capturar partículas do meio e locomoção celular.
Esporo	Unidade de reprodução de alguns seres vivos.
Membrana ondulatória	Estrutura que liga o flagelo ao corpo celular de alguns organismos. Auxilia na locomoção.

Tabela 2. Características dos seres vivos

Tipo de célula	Algumas informações
<i>Escherichia coli</i>	Bactéria que habita o intestino de alguns animais, como o homem. Sua presença no meio indica aspectos relativos à qualidade da água e de alimentos. Em grande quantidade, a <i>E. coli</i> também pode provocar doenças.
Célula do intestino	Também chamada de enterócito, é um tipo de célula da camada superficial do intestino delgado e do intestino grosso.
<i>Rhizopus sp.</i>	Fungo conhecido como bolor de pães e frutos.
Bacteriófago T-4	Vírus. Parasito intracelular obrigatório, ou seja, só sobrevive no interior de células vivas. O bacteriófago T-4, por exemplo, parasita a bactéria <i>Escherichia coli</i> .
Herpesvírus	Vírus. Parasito intracelular obrigatório. É o causador de um grupo de doenças conhecidas genericamente como herpes.
Macrófago	Célula do nosso sistema de defesa, que se movimenta e engloba elementos estranhos ao nosso corpo e restos de células.
<i>Paramecium sp.</i>	Protozoário de vida livre que vive em água doce.
<i>Candida albicans</i>	Fungo causador de uma doença, a candidíase.
<i>Trypanosoma cruzi</i>	Protozoário causador da doença de Chagas.
Célula da folha	Responsável pela realização da fotossíntese nas plantas.
<i>Treponema pallidum</i>	Bactéria causadora de uma doença sexualmente transmissível, a sífilis.
<i>Chlamydomonas sp.</i>	Alga unicelular.
Cianobactéria	Bactéria fotossintetizante. Uma das primeiras formas de vida a surgir no planeta era parecida com ela.
Neurônio	Célula do sistema nervoso responsável pela transmissão do impulso nervoso. Há bilhões de neurônios no sistema nervoso humano.

Sugerimos que, antes do início da atividade, você mostre aos seus alunos como utilizar as tabelas contendo as características de células/seres presentes no baralho. Acreditamos que, dessa forma, os alunos poderão aproveitar melhor as informações contidas nas cartas do jogo, havendo maior apreensão dos conteúdos abordados durante a partida.

É importante definir antecipadamente o tempo disponível para o jogo.

Cara a cara com a célula

A diversidade de seres vivos no planeta é enorme; isso corresponde a uma diversidade de tipos de células. Em um mesmo organismo multicelular encontramos muitas células diferentes. Jogando o Cara a Cara com a Célula você terá a oportunidade de conhecê-las melhor sem ver o tempo passar!

Organização da classe: Vocês devem formar equipes de quatro ou cinco componentes e se organizar de duas em duas equipes; uma jogará contra a outra.

Cada equipe receberá:

- um baralho completo;
- 14 suportes para as cartas;
- duas tabelas: uma com estruturas que formam as células e outra com informações sobre os tipos de células presentes nas cartas do jogo.

Objetivo: Descobrir qual carta foi sorteada pela equipe adversária.

Para isso, é necessário que você reconheça as características celulares e as associe corretamente aos diferentes tipos de célula representados no baralho.

Como jogar?

1. As equipes devem posicionar-se frente a frente e diante do seu baralho com ilustrações de diferentes tipos de células, com suas respectivas cartas mantidas “de pé” pelos suportes.
2. Cada equipe retira do terceiro baralho (aquele sem as cartas montadas) a carta que deverá ser descoberta pela equipe adversária.
3. Para descobrir a carta sorteada, cada equipe faz, na sua vez, uma pergunta referente a ela. A equipe adversária deve respondê-la **apenas** com as palavras **sim** ou **não**. **Atenção:** Não é permitido perguntar diretamente pelo nome do grupo escrito na parte inferior da carta nem pelo nome da célula.

- Quando uma equipe achar que já sabe qual figura está nas mãos da adversária, pode, **na sua vez**, dar um palpite, falando o nome expresso na parte superior da carta. A equipe adversária confirma ou não o palpite. Se a resposta estiver correta, a equipe marca um ponto e a carta é retirada do baralho.
- O jogo continua com o sorteio de outra carta e a repetição dos procedimentos.



Lembre-se: antes de fazer alguma pergunta ou emitir algum palpite, consulte as tabelas e converse com os outros da equipe. Perguntas bem feitas facilitam a descoberta da carta que está na mão do adversário e podem garantir a vitória da equipe!!!

Fim do jogo

Vence o jogo a equipe que marcar mais pontos, ou seja, aquela que associar corretamente as características celulares às cartas do jogo.



Professor, professora: ao final do jogo, seria interessante que você conversasse com seus alunos sobre os temas abordados durante a atividade, a fim de revisar e ampliar conceitos relacionados às células. Aproveite para concluir a aula com as características universais das células, pois esse aspecto pode passar despercebido durante o jogo. Você pode perguntar aos alunos quais foram as perguntas que deixaram de ser feitas. Por exemplo: tem membrana plasmática?

Para finalizar recomendamos que você assista com sua turma ao vídeo *Células vivas*, da série Viagem à Célula (a partir dos 3'26"), produzido pelo Projeto Embrião, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O vídeo traz de forma bem didática informações relacionadas ao tamanho das células, à estrutura celular, ao conceito de células procarióticas e eucarióticas, à diversidade celular etc. Ele está disponível para baixar no Portal do Professor, do MEC (<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnica.html?id=32610>), ou no Youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=JEZE9ykJGpg>).

Unidade 6**EVOLUÇÃO DA CÉLULA EUCARIÓTICA****INTRODUÇÃO**

Nosso planeta provavelmente teve sua origem há 4,6 bilhões de anos. É provável que, nos primeiros 700 milhões de anos, nenhuma forma de vida semelhante à que conhecemos hoje tenha se desenvolvido, devido às altas temperaturas, que não permitiam a existência de água líquida.

O registro fóssil mais antigo de vida data de 3,5 bilhões de anos. Suas marcas sugerem que seriam bactérias semelhantes às cianobactérias atuais, um organismo fotossintetizante liberador de oxigênio. No entanto, dada a complexidade enzimática das cianobactérias, acredita-se que essa não deva ter sido a primeira forma de vida a aparecer sobre o planeta. A partir desses dados, postula-se que as primeiras formas de vida tenham surgido entre 3,8 e 3,5 bilhões anos (veja a Figura 1).

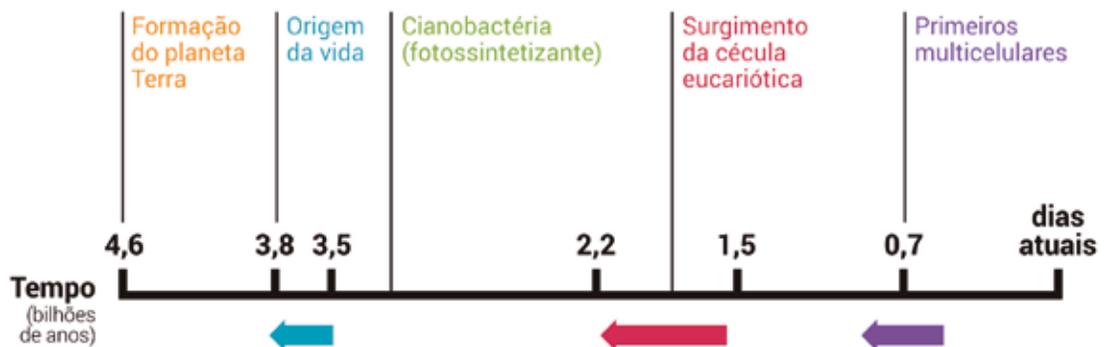


Figura 1: Linha do tempo.

Fonte: Modificado a partir do artigo Dyall et al. (2004). *Science*, v. 304, p. 253-257.

Que características teriam esses organismos? Difícil dizer. Se tomarmos por base uma definição universal de vida, como já falamos anteriormente, não precisamos esperar por uma célula, mas sim por uma estrutura replicante capaz de sofrer seleção. Podemos dizer com certeza que tal estrutura não dependia do gás oxigênio, pois este só se acumulou na atmosfera mais tarde. Poderia ser um heterotrófico se alimentando de moléculas orgânicas geradas espontaneamente na Terra ou vindas do

espaço? Sim, poderia. Poderia ser um autotrófico semelhante àqueles que se multiplicam em fendas abissais? Sim, poderia, mas infelizmente não temos dados mais concretos para escolher entre uma hipótese autotrófica ou heterotrófica.

Repare, na Figura 1, que na maior parte do tempo a Terra foi dominada por procariontes. Talvez o planeta fosse, hoje ainda, habitado exclusivamente por eles, se não tivesse havido um extraordinário desenvolvimento que deu origem às denominadas células eucarióticas (do grego: eu, "bom, perfeito"; e karyon, noz ou amêndoa, núcleo). Tais células apresentam um núcleo celular rodeado por uma carioteca (DNA compartimentado, separado do citoplasma) e várias organelas e sistemas de membranas internas. As consequências desse evento foram enormes. Basta dizer que a unidade morfofisiológica de todos os protozoários, fungos, animais e plantas consiste em células eucarióticas, muito mais complexas que as procarióticas.

Dessa forma, o estudo evolutivo da origem da célula eucariótica, além de nos fascinar, uma vez que estamos buscando nossas próprias origens, pode nos ajudar a entender melhor a complexidade da Biologia.

As ferramentas para o estudo: Biologia Molecular, registro fóssil e vivo

É importante frisar a dificuldade de reconstituir a sequência de eventos que levaram ao surgimento dos eucariotos. Esse fato ocorreu há bilhões de anos e quase não há registros fósseis sobre ele, além de não existirem formas intermediárias, ou seja, uma forma com características de transição entre procariotos e eucariotos. Coloque um procarioto ao lado de um eucarioto e imagine quantas transformações ocorreram! É estimado que pelo menos 5.000 genes novos surgiram na origem dos eucariotos; essa foi, portanto, a mais dramática "explosão genética" de que temos conhecimento na história.

A reconstrução da origem eucariota proposta por diversos cientistas é baseada em evidências indiretas feitas principalmente a partir de três tipos de registros: o registro vivo, o registro fóssil e o registro molecular.

O **registro vivo** se baseia no estudo de parentes vivos de protistas ancestrais, como as giárdias e os microsporídeos. Esses microrganismos são os exemplos mais próximos de "fósseis vivos" da célula eucariótica primitiva. Acredita-se que seriam os eucariotos mais antigos e que se bifurcaram do ramo principal da árvore filogenética há mais de dois bilhões de anos.

Pela análise do registro vivo utilizando as giárdias, cogitava-se que o ancestral da célula eucariótica era anaeróbico e não possuía nem mitocôndria nem cloroplasto. No entanto, em 2004, alguns estudos demonstraram que esses protozoários, apesar de anaeróbicos, apresentam a mitocôndria modificada para outras funções. Então, hoje, especula-se que a origem da célula eucariótica deve ter sido concomitante à origem da mitocôndria.



Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura do protozoário parasita *Giardia lamblia*, causador da giardíase, doença diarreica.

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Giardia_lamblia_SEM_8698_lores.jpg

O **registro fóssil** envolve pesquisas de microfósseis ancestrais de rochas sedimentares, na tentativa de reconstruir a sequência cronológica e evolutiva da vida na Terra. Esse registro envolve o estudo não apenas dos fósseis como também das rochas em que foram encontrados, seguido de datações. Vale ressaltar que muitos desses registros são questionáveis: alguns fósseis não estão bem preservados ou podem ser confundidos com artefatos ou mesmo com formações não biológicas. Além disso, há que se considerar que as datações também apresentam grau de imprecisão. Assim, colocamos em nossa linha do tempo a hipótese de que a vida tenha surgido há 3,8 bilhões de anos pela existência de estromatólitos de 3,5 bilhões de anos encontrados em rochas australianas (já indicativo da presença de organismos fotossintetizantes). No entanto, até a publicação de um estudo em 2009, questionava-se o fato de esse fóssil ser um estromatólito ou ter sido formado por atividade não biológica.



Figura 3. Estromatólitos do Lago Thetis, na Austrália

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Estromat%C3%B3lito>

Estromatólitos: do grego *strôma* = camada e *lithos* = rocha. São estruturas constituídas pela sobreposição de rochas sedimentares e biofilmes de microrganismos, especialmente colônias de cianobactérias. Esses microrganismos formam colônias laminares que secretam um muco onde são cimentados os sedimentos marinhos.

As cianobactérias migram constantemente para a parte externa da camada de rochas, onde se multiplicam, repetindo o processo. Nos estromatólitos, é possível distinguir um padrão de faixas claras (deposição de sedimentos) e escuras (colônias de cianobactérias fossilizadas).

Estromatólitos foram encontrados em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil. Para saber mais, assista aos vídeos:

https://www.youtube.com/watch?v=xpB_uk1A8RQ (*Origem da vida - estromatólitos*) ou <https://www.youtube.com/watch?v=d70KrTN0xv4> (*Estromatolitos y el origen de la vida* | María Eugenia Farías | TED talks – é possível ativar legendas em português).

Outro exemplo é em relação à data de origem da célula eucariótica. O exemplo de fóssil eucariótico da Figura 4, datado de 1,5 bilhão de anos (figura a seguir), ainda é questionado na comunidade acadêmica. Espécimes de fato bem preservados datam de 850 milhões de anos. Assim, uma atitude mais conservadora seria dizer, com base no registro fóssil, que a origem dos eucariotos ocorreu em algum momento no período de 850 milhões a 1,5 bilhão de anos.

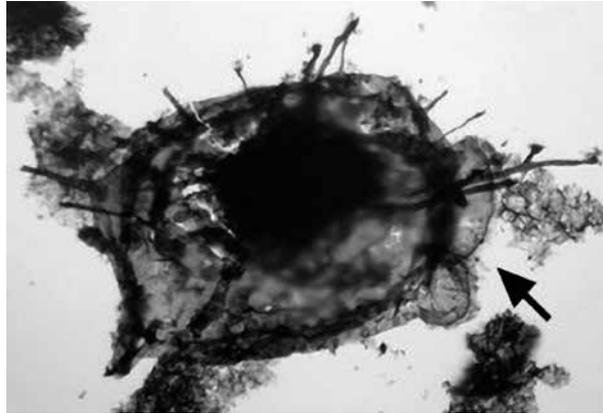


Figura 4. Exemplo de um microfóssil protista mostrando processos assimetricamente distribuídos e várias pro-
trusões (seta) em forma de bulbos, características de eucariotos relacionadas ao citoesqueleto presente nesses
organismos fósseis de aproximadamente 1,5 bilhão de anos.

Fonte: Javaux, E.; Koll, A. H.; Walter, M. R. (2001). Morphological and ecological complexity in early eukaryotic ecosystems.
Nature, v. 412, p. 66-69.

O registro molecular compara as sequências de proteínas, RNA dos ribossomos ou DNA de diferentes microrganismos para determinar as relações filogenéticas ou estimar o tempo em que determinados grupos de organismos divergiram entre si (relógio molecular).

Inicialmente, a unidade de medida das árvores moleculares é o número de mutações que as moléculas sofreram no curso da evolução. Com base no acúmulo de mutações e da taxa de mutação, calcula-se o tempo em que os seres se separaram. No entanto, algumas mudanças são eliminadas pela seleção natural e não deixam vestígios nas moléculas existentes. Além disso, a taxa de mutação pode variar de uma proteína para outra e ao longo do tempo da evolução. A grande dificuldade dessa técnica é, portanto, fazer a calibragem, ou seja, a conversão do número de discrepâncias das sequências em unidades de tempo.

A melhor maneira de resolver o problema é comparar as datações do registro molecular com o registro paleontológico, mas infelizmente nem sempre isso é possível. No entanto, essa técnica pode trazer informações valiosíssimas. Por exemplo: com base no sequenciamento comparado de moléculas de RNA ribossômico, Carl Woese (1928-2012), na década de 1970, jogou duas bombas no mundo científico:

***Mostrou que os procariotos eram tão diferentes entre si quanto das células eucariotas.
Portanto, era artificial a classificação que agrupava todas as bactérias no Reino Monera.***

Com isso, esse cientista colaborou para que fosse mudada radicalmente a classificação a que estávamos acostumados e propôs a criação de três domínios: Eukarya, Archaea e Bacteria. Veja, na Figura 5, a árvore filogenética representando essa classificação.

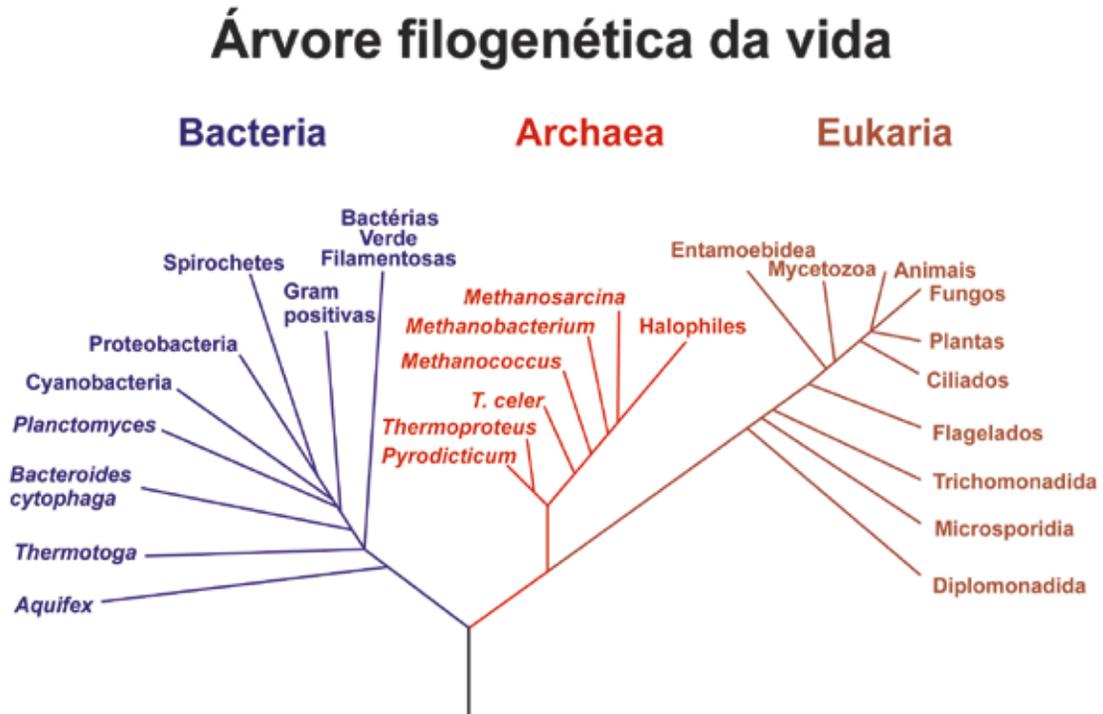


Figura 5. Árvore filogenética da vida mostrando os três domínios: Eukarya, Archaea e Bacteria.

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81rvore_filogen%C3%A9tica.

Acredita-se, por meio dos estudos de registro molecular, que a ramificação de Archaea e Bacteria tenha ocorrido muito cedo na evolução, entre 3,6 e 3,8 bilhões de anos.

A segunda bomba foi a de que as células eucarióticas não passam de quimeras, ou seja, de estruturas mistas, compostas por partes de origens diferentes, apresentando tanto genes relacionados à Archaea quanto a Bacteria.



Quimera

Termo original latino (chimaera) que designa um monstro fabuloso formado com partes de vários animais.



Figura 6: *Quimera de Arezzo*, bronze etrusco.
Fonte: [https://en.wikipedia.org/wiki/Chimera_\(mythology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Chimera_(mythology))



Carl Richard Woese nasceu em Nova Iorque em 1928 e é conhecido por ter sido um biólogo microbiologista (*revolucionário*). Ele se tornou famoso ao definir um novo domínio dentro dos seres vivos (Archaea), em 1977, pela análise filogenética do RNA ribossômico 16S, uma técnica em que ele também foi pioneiro. Esse trabalho permitiu identificar e classificar microrganismos pelas características intrínsecas de suas sequências biológicas, revolucionando os estudos de Microbiologia e evolução (origem da filogenia molecular) e tendo importantes consequências práticas em Microbiologia, Ecologia e mesmo em Medicina.

O nascimento das células complexas

A época do surgimento dos eucariotos ainda é incerta, conforme discutido. As especulações feitas a partir do “relógio molecular” em conjunto com os registros fósseis sugerem algo em torno de

2,2 a 1,5 bilhão de anos. Muitas questões, portanto, ainda devem ser respondidas; por exemplo: como isso ocorreu? Qual foi a sequência dos eventos que originaram os eucariotos?

Essas perguntas são difíceis de ser respondidas, uma vez que nenhum intermediário dessa momentânea transição sobreviveu ou deixou fósseis como pista. A teoria mais aceita propõe que os eucariotos evoluíram de um ancestral procarioto que teria se destacado do ramo Archaea e evoluído na linhagem eucarionte, depois da primeira bifurcação da árvore da vida entre Archaeas e Bactérias. Essa teoria tem entre um dos seus defensores o pesquisador belga Christian de Duve e pressupõe um primeiro estágio pré-endossimbiótico, marcado por transformações do procarioto em um fagócito primitivo (uma célula capaz de fagocitar outros elementos). Depois, teria havido um estágio pós-endossimbiótico, caracterizado pela simbiose entre o fagócito primitivo e uma bactéria aeróbia, dando origem à mitocôndria. Dessa forma, deveria existir um fagócito suficientemente grande, capaz de fagocitar a bactéria, corroborando a teoria de origem quimérica da célula eucariótica.



Christian de Duve, médico e pesquisador belga, nascido em 1917, teve papel importantíssimo no estudo da organização estrutural e funcional da célula, desvendando a função dos lisossomos e dos peroxissomos. Ganhou junto com dois pesquisadores, Albert Claude e George Palade, o Prêmio Nobel de Fisiologia/Medicina em 1974. Morreu em maio de 2013, por eutanásia.

É um defensor da teoria da evolução dos eucariotos a partir da formação de um fagócito derivado do domínio Archaea. Além de importante pesquisador, atuava como divulgador da ciência. Sugerimos aqui a leitura da primeira parte de seu livro *Poeira vital: a vida como imperativo cósmico*, da Editora Campus (1997), que aborda a origem da vida, das primeiras células, dos eucariotos, dos multicelulares, resgatando, de forma fascinante, 4 bilhões de anos de história.

Para isso acontecer, esse fagócito primitivo deveria ter adquirido várias propriedades associadas às células eucariotas, tais como:

- ser capaz de engolfar corpos volumosos, como bactérias;
- ser uma célula maior que suas presas;
- estar envolvida por uma membrana flexível capaz de incorporar objetos extracelulares, como os fagócitos modernos;
- ter uma rede de compartimentos internos conectada com a membrana externa e especializada em processar o material digerido;
- possuir um esqueleto interno (citoesqueleto) para garantir suporte estrutural e para flexionar a membrana externa e mover o conteúdo para dentro.

O desenvolvimento dessas estruturas celulares representaria a essência da transição procarioto-eucarioto. O maior problema, então, seria dar explicações plausíveis para uma construção progressiva dessas características de forma a ser assegurada pela seleção natural. Cada pequena mudança na célula deveria ter garantido sua chance de sobrevivência e reprodução (vantagem adaptativa), de forma que a nova característica se espalhasse na população.

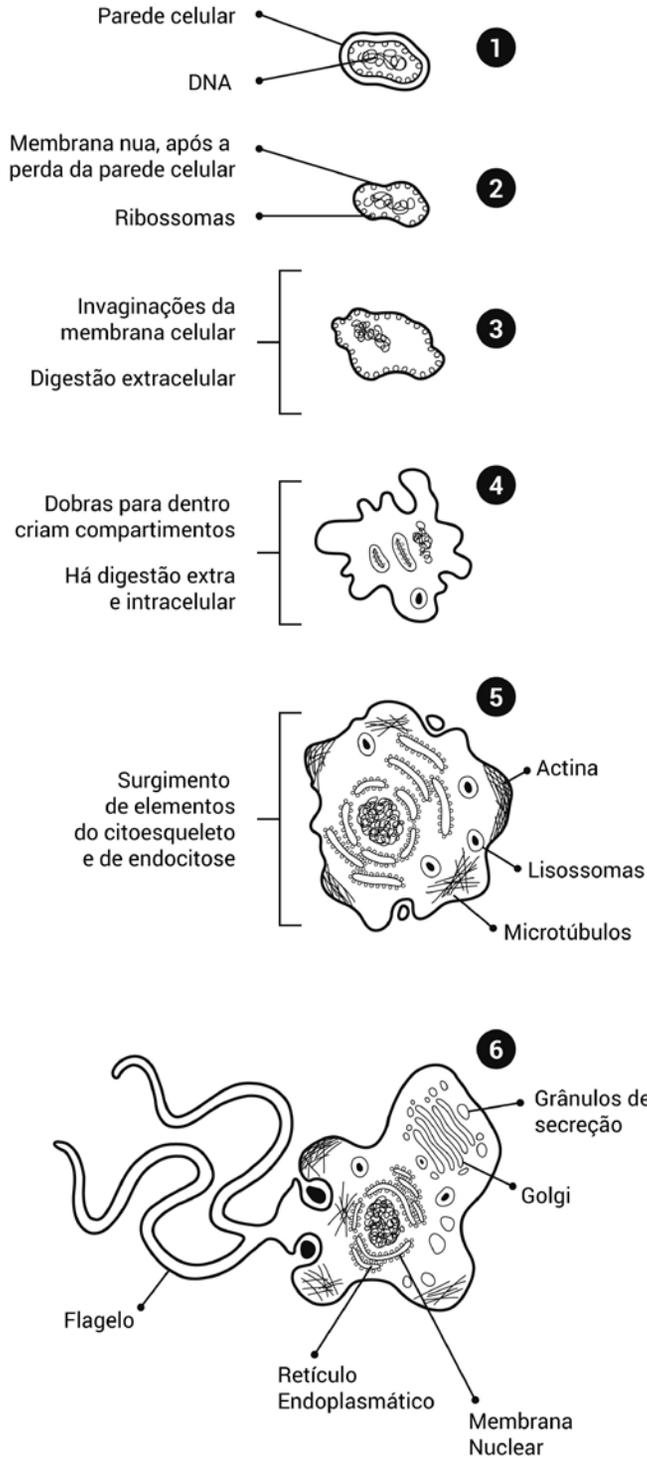
A formação do fagócito primitivo – o estágio pré-endossimbionte

O fenômeno decisivo para esse estágio foi a perda da capacidade de sintetizar a mureína, componente que confere rigidez à parede celular (ver Figura 7, passos 1-2), criando a possibilidade de a célula crescer, não indefinidamente, como você pode lembrar de quando comentamos a Lei de Spencer.

Outro fenômeno importante foi a aquisição de ésteres lipídios na membrana, aumentando sua fluidez e permitindo que a célula ampliasse, ainda mais, sua superfície pela formação de dobras e invaginações. As propriedades autosselantes das bicamadas lipídicas, ou seja, a capacidade de quando rompida se reestruturar em vesículas ou reconstituir a membrana, transformaram as invaginações mais profundas em vesículas intracelulares, capturando alimentos e enzimas digestivas. Assim, ao invés de extracelular, a digestão passou, também, a ser intracelular (Figura 7, passos 3-4). Outras vesículas igualmente formadas por invaginações podiam dar origem ao sistema de citomembranas, característico das células eucarióticas modernas. Um exemplo de sistema é aquele que conhecemos como retículo endoplasmático, o não granuloso e o granuloso, nos quais a produção de proteínas fica compartimentalizada.

Durante essas internalizações de membrana da célula procariótica ancestral, o cromossomo que estava ligado a essa membrana pode ter sido levado ao interior da célula e ficado encapsulado por uma dupla membrana, formando o núcleo. Simultaneamente à expansão celular e à formação de membranas intracelulares, desenvolveu-se um sistema de esqueleto interno, capaz de alterar a forma, movimentar, sustentar, realizar transporte interno e auxiliar na fagocitose e na divisão celular, entre outros processos.

A capacidade de captação de substâncias por meio da emissão de pseudópodos (fagocitose) e a internalização do conteúdo, convergindo para vesículas com enzimas hidrolíticas digestivas (os lisossomas), concluiriam o sistema de digestão intracelular. Estaria, assim, completa a transição procarioto-fagócito primitivo (Figura 7, passos 5-6).



FAGÓCITO PRIMITIVO

Figura 7. Esquema hipotético do processo de evolução das células eucarióticas a partir da incorporação sequencial de endossimbiontes.

Fonte: Modificado de: De Duve, C. The birth of complex cells. Sci Am., v. 274(4), p. 50-57, 1996.

Antes dessa evolução do nosso fagócito ancestral primitivo, outros procariontes também se diversificaram e novos grupos apareceram sobre a Terra: as bactérias fotossintetizantes produtoras de oxigênio, semelhantes às cianobactérias atuais, por exemplo. Essas bactérias de algum modo conseguiram certos elementos químicos sensíveis à luz, como as porfirinas e a clorofila, e puderam utilizar o enorme manancial da energia luminosa solar para formar energia química e construir açúcares. Iniciou-se a era das bactérias azul-verdes, fotossintéticas, que se multiplicaram rapidamente.

Ao contrário das bactérias que precisavam de alimentos externos, as azul-verdes produziam seu próprio alimento a partir da água, da luz e do gás carbônico. O produto dessa reação, no entanto, era poluente para os seres vivos da época: oxigênio. Na verdade, as espécies químicas reativas de oxigênio, também conhecidas como radicais livres, são altamente tóxicas, causando sérios danos às estruturas celulares. Basta lembrar das bactérias anaeróbicas restritas que vivem apenas em locais sem oxigênio. O massacre promovido pela liberação desse gás só não foi muito grande porque o aumento de sua concentração foi gradual, dando tempo para surgirem estratégias evolutivas. A concentração de oxigênio atmosférico se estabilizou em torno de 2,2 bilhões de anos (Figura 8).

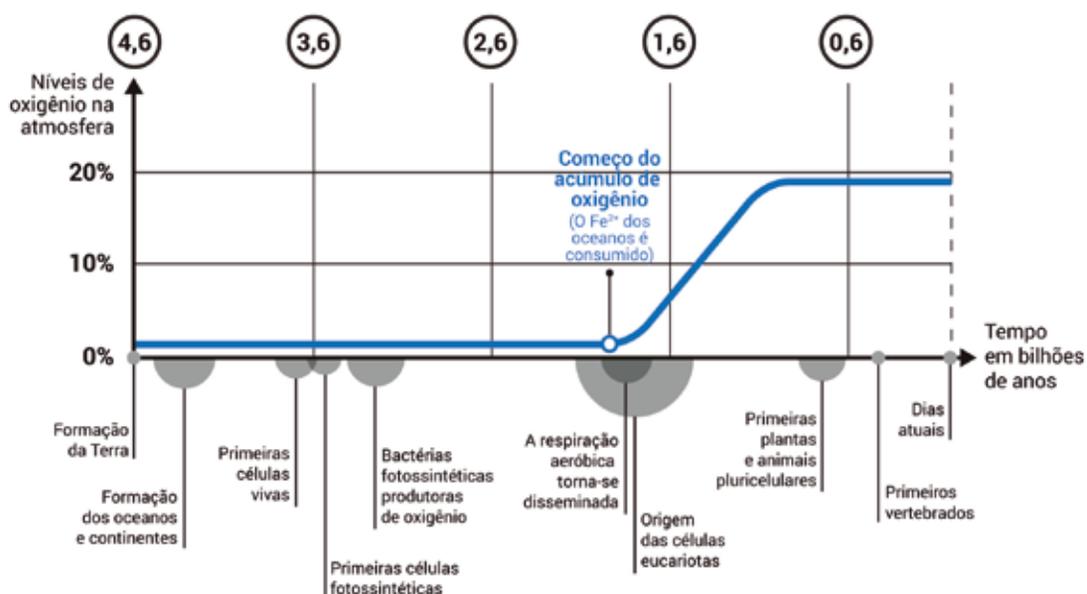


Figura 8. Mudanças dos níveis de oxigênio na atmosfera e surgimento dos seres vivos na Terra.

Fonte: Modificado a partir de: Alberts et al. (1994). *Biologia molecular da célula*.

Nesse período surgiram, por exemplo, enzimas protetoras que foram positivamente selecionadas, tais como a superóxido dismutase. Essa enzima é capaz de catalisar a reação da produção de peróxido de hidrogênio e oxigênio a partir do superóxido de oxigênio, sendo até hoje uma importante defesa antioxidante presente na maioria das células expostas ao oxigênio.

No entanto, a grande inovação evolutiva foi o aparecimento de outro tipo de bactéria, as consumidoras de oxigênio, bactérias violetas que utilizavam esse gás no processo que chamamos de respiração.

Estágio pós-endossimbionte

Segundo Lynn Margulis (1938–2011), o grande salto foi dado quando as bactérias, cada vez mais especializadas, reuniram-se dentro das mesmas paredes, provavelmente por causa de uma fagocitose realizada pelo fagócito primitivo (descrito anteriormente) ou por uma invasão bacteriana. O fato é que essa bactéria não foi digerida e os dois seres, vivendo juntos, conferiram vantagens um ao outro: a bactéria violeta tinha um ambiente estável, proteção e alimento fácil, e o eucarioto primitivo (o fagócito) passou a se beneficiar da respiração, um método muito mais eficiente de obter energia e de eliminar o efeito tóxico do oxigênio.

Os dois organismos sincronizaram sua reprodução e, com o tempo, a bactéria passou a necessitar do eucarioto para se reproduzir, tornando-se dependente, ou melhor, uma organela celular. Nesse processo ocorreu transferência de parte do material genético do antigo hospede para o núcleo do hospedeiro, e a manutenção apenas da parte de DNA necessária para codificar algumas proteínas do próprio simbionte, explicando assim a origem quimérica do DNA eucarioto.

A fagocitose/invasão de bactérias violetas no fagócito primitivo com subsequente endossimbiose levou à formação das células eucarióticas com mitocôndrias. Os cloroplastos também tiveram origem endossimbiótica, porém foi internalizada uma cianobactéria fotossintetizante.

Certamente esse segundo evento foi posterior à entrada da mitocôndria. Basta lembrar que todos os eucariotos apresentam mitocôndria, mas apenas dois reinos apresentam cloroplastos. A explicação para o surgimento dessa organela após a mitocôndria é mais parcimoniosa do que entender a perda do cloroplasto nos animais, fungos e protozoários. Outra forma de explicar tal fato ser mais recente é pensar na consequência para o fagócito primitivo em ter “engolido” um cloroplasto: ele teria dentro de si uma bomba-relógio produzindo oxigênio (lembre-se das espécies reativas de oxigênios extremamente tóxicas) sem ter um mecanismo eficiente para se livrar do oxigênio, como é a respiração celular (transforma oxigênio em água). Talvez até tenha ocorrido esse episódio na história, mas a célula foi eliminada pela seleção natural. O resultado da endossimbiose das cianobactérias, originando o cloroplasto, deu origem às plantas e a alguns protozoários (grupo polifilético; estão artificialmente inseridos no mesmo reino, mas isso ficará para outro capítulo). A Figura 9 retrata bem essa história evolutiva da célula eucariótica e da formação dos diferentes reinos.

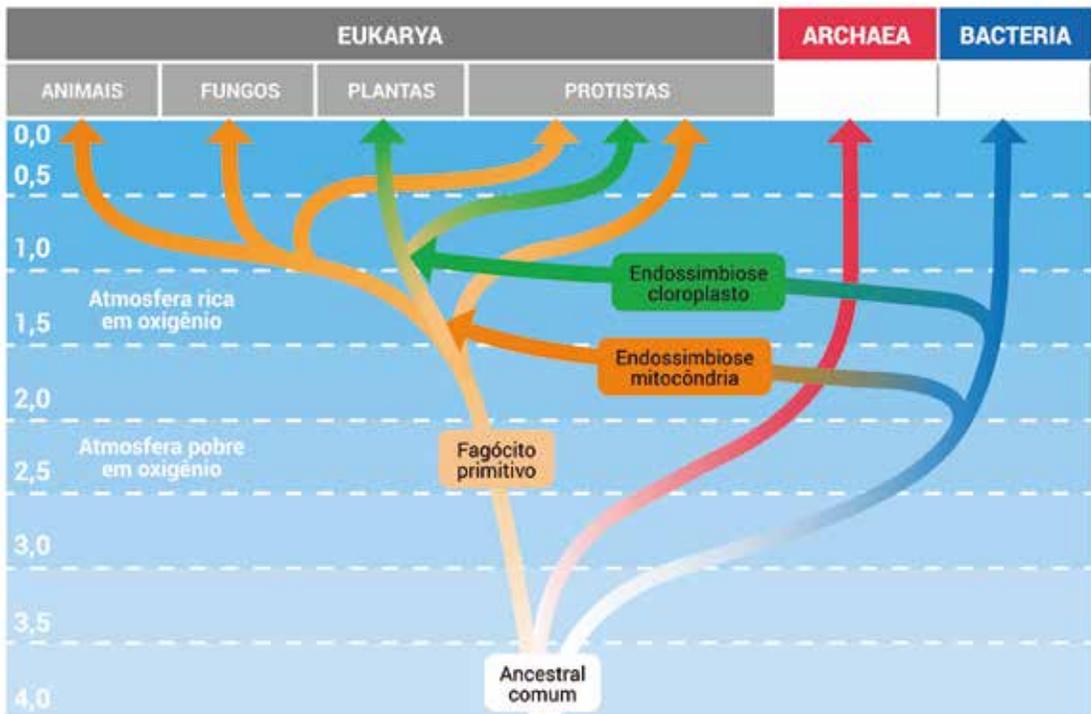


Figura 9. Árvore evolutiva contemplando os maiores eventos da história da vida.

Os biólogos há muito suspeitavam de que a mitocôndria e os plastídeos descendiam de bactérias e foram adotados pela célula hospedeira como endossimbiontes. Essa teoria foi reavivada em 1967 por Lynn Margulis. Várias evidências mostraram que as mitocôndrias e os cloroplastos tiveram sua origem em bactérias violetas e cianobactérias:

- possuem tamanho semelhante a bactérias;
- contêm DNA circular e são capazes de duplicá-lo e traduzi-lo em proteínas;
- possuem ribossomos típicos de procariotos;
- têm a síntese proteica afetada por determinados antibióticos que afetam a tradução de bactérias;
- dividem-se por fissão binária, como as bactérias;
- existem bactérias atuais que respiram como as mitocôndrias e realizam fotossíntese como os cloroplastos.



Lynn Margulis (1938-2011) foi uma bióloga norte-americana que mudou nosso entendimento sobre evolução da célula eucariótica. É conhecida pela teoria endossimbiótica da origem da mitocôndria e do cloroplasto que agora é largamente aceita. Para saber mais acesse: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Lynn_Margulis>

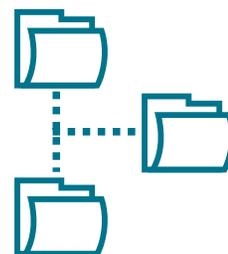
As ideias da teoria da evolução da célula eucariótica já haviam sido postuladas pelo botânico francês Andreas Schimper (1883), pelo botânico russo Konstantin Merezhkovsky (1905) e posteriormente pelo norte-americano Ivan Wallin (1920), sendo fortemente rejeitada pela comunidade científica. A aceitação da teoria da endossimbiose para origem das organelas continuou sendo difícil quando foi retomada por Lynn Margulis com estudos da presença de DNA nas organelas e semelhanças observadas pela microscopia eletrônica de transmissão. O manuscrito que a descrevia foi rejeitado em aproximadamente 15 revistas científicas antes de ser aceito em 1967, e sua hipótese foi confirmada onze anos depois.

A bióloga está também associada à hipótese de Gaia e teve importante papel como divulgadora da ciência, junto com seu filho, o jornalista científico Dorian Sagan (filho de Carl Sagan). Dentre seus livros, recomendamos *O planeta simbiótico: uma nova perspectiva da evolução* (2001), da Editora Rocco, no qual propõe a revolucionária tese de que a *simbiose*, isto é, a cooperação de diferentes organismos, vantajosa para ambos, seja uma importante força evolutiva, além da famosa competição, para a origem das espécies. De acordo com a pesquisadora, "a vida não tomou conta do globo competindo, mas formando alianças".

Roteiro de Ação

A origem da mitocôndria

Que tal levar um jogo para a sala de aula? Por meio de uma atividade lúdica, o aluno poderá descobrir a origem da mitocôndria e compreender que sua presença nas células eucarióticas de organismos dos diferentes reinos (animais, fungos e plantas) é explicada pelo compartilhamento de ancestrais comuns. Além disso, você poderá discutir que as relações simbióticas podem ser uma força extremamente importante no processo evolutivo das espécies.



A história da origem da mitocôndria está muito bem representada no ato I do vídeo A mitocôndria em 3 atos, produzido pelo grupo da Bioquímica Médica da UFRJ (link para o vídeo: <http://www.youtube.com/watch?v=ReH3ReD0T9M>).

Não deixe de ver. Pode ser um excelente recurso para ser usado também em sua sala de aula!

Roteiro de Ação 8

A origem da mitocôndria

Duração prevista: 100 minutos

Área de conhecimento: Biologia

Assunto: Evolução

Objetivos:

- compreender a teoria endossimbiótica sobre a origem da mitocôndria na célula eucariótica primitiva;
- compreender que a presença da mitocôndria nas células dos organismos de diversos reinos é explicada pelo compartilhamento de ancestrais comuns;
- mostrar que as relações simbióticas (de cooperação) são uma força extremamente importante no processo evolutivo das espécies;
- identificar a possibilidade de interferência dos seres vivos sobre o meio ambiente e vice-versa;
- exemplificar as interações constantes entre os seres vivos e o meio ambiente.

Pré-requisitos: conhecimento introdutório aos diferentes tipos celulares (procariontes e eucariontes) e aos organismos autotróficos e heterotróficos.

Material necessário:

- Pacote básico do jogo *Célula adentro*, disponível em: <http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br/download>, contendo:
- tabuleiro do jogo *Célula adentro* (1 tabuleiro por grupo);
- regras e glossário (1 por grupo);
- caderno do professor (1 por turma);
- 1 caderno de anotações para cada equipe (dupla/trio) (pode ser substituído por uma folha de caderno);

- 1 conjunto de cartões do Caso 2, “Hóspede do Barulho”, por grupo;
- 1 conjunto de cartões de solução ou azar por grupo;
- cartão de solução do caso (1 por turma);
- 4 peões e 1 dado por grupo;
- relógio com cronômetro.

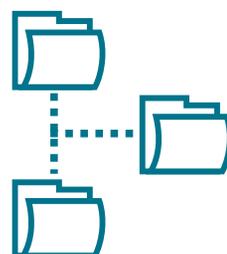
Organização da classe: grupos de quatro a doze alunos trabalhando em duplas ou trios.

Descritores associados:

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, tais como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.



Jogar em sala de aula é uma ótima oportunidade para ensinar de forma lúdica e estimular o trabalho em grupo, não é verdade? *Célula adentro* é um jogo de tabuleiro desenvolvido por professores da Universidade Federal Fluminense e pesquisadores da Fiocruz, no Rio de Janeiro. É um jogo investigativo que tem por objetivo convidar os alunos a serem mais ativos no processo de aprendizagem.

Este jogo foi formulado baseando-se na abordagem do aprendizado pela solução de problemas (*Problem Based Learning* – PBL). Neste tipo de estratégia, os estudantes devem colaborar para resolver situações-problema. A cooperação em sala de aula pode promover uma aprendizagem mais ativa, estimulando o pensamento crítico, desenvolvendo capacidades de interação, negociação de informações e resolução de problemas.

Para conhecer o jogo em todos os detalhes, você precisa acessar: <http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br/download>. Lá você encontra um pacote básico contendo as regras do jogo bem especificadas, o tabuleiro e os materiais necessários para a sua realização.

Você verá que o jogo *Célula adentro* é composto por cinco casos distintos. Cada um aborda um tema específico da Biologia Celular. Para nós, o caso que interessa neste momento é o Caso 2 – “Hóspede do Barulho”, que aborda a origem da mitocôndria nas células eucarióticas partindo da teoria endossimbiótica. Assim, esse caso permite explorar aspectos como: a presença da mitocôndria nas células dos organismos de diversos reinos, relações ecológicas (simbióticas; de cooperação) que podem ser uma força importante no processo evolutivo das espécies; interferência dos seres vivos sobre o meio ambiente e vice-versa.

Antes de realizar a atividade é importante ler as regras com bastante atenção. As regras estão disponíveis no pacote básico do jogo, que pode ser baixado em: <http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br/download>.

Normalmente, existe competição nos jogos. Este jogo, entretanto, propõe uma forma diferente de competição: contra o tempo, e não contra um adversário específico! De forma resumida, cada grupo de alunos será desafiado a resolver um caso, por meio da coleta, interpretação e discussão de pistas. Para isso, os grupos vão se dividir em equipes, que vão movimentar seus peões pelo tabuleiro e coletar cartas de pistas (no total existem dez pistas). Passados trinta minutos, a coleta das pistas estará encerrada e as equipes terão vinte minutos para discutir e chegar a uma solução. A ideia é que os alunos cheguem à conclusão de que a mitocôndria teve origem na simbiose da célula eucariota com uma bactéria.

Como são as regras do jogo:

- Grupos de quatro a doze alunos, divididos em duplas ou trios (equipes), recebem um tabuleiro. As equipes posicionam seus peões nos locais marcados como Início nos tabuleiros;
- Escolhe-se um jogador “banqueiro” para entregar e recolher as cartas de pistas e os cartões de sorte ou azar às equipes nos momentos adequados;
- O cartão do caso “Hóspede do Barulho” é lido em voz alta para todos os participantes;
- As equipes deverão movimentar seus peões ao longo do tabuleiro para obter as cartas de pistas que estarão nos compartimentos destacados no tabuleiro;
- Cada equipe joga o dado na sua vez e move seu peão por tantas casas quanto forem os pontos sorteados. Não precisa tirar o número exato do dado para poder parar e pegar uma carta de pista;
- A equipe deverá ler e fazer anotações daquela carta de pista e devolvê-la para o aluno banqueiro. É importante lembrar que a carta de pista não tem relação com o local em que foi retirada;
- No tabuleiro encontram-se diversas casas representadas por uma pequena lupa. Ao cair em uma dessas casas, a equipe deverá retirar um cartão de sorte ou de azar (com uma lupa no verso);
- As equipes não estão competindo entre si, mas contra o relógio. Vão ter trinta minutos para coletar o máximo de pistas possível;
- Ao final desse período, as equipes terão mais vinte minutos para relatar às outras o que encontraram em suas pistas e escrever juntas a solução do caso.

Note que nesse modo de jogar não há um jogador ou equipe vencedora. Ou todos ganham ou todos perdem. No entanto, o mais importante de tudo é que os alunos tenham se motivado e raciocinado. O aprendizado será garantido na discussão ao final da partida.

Para o sucesso do jogo, nós professores desempenhamos um papel fundamental antes, durante e após a partida. Como o tempo de aula é normalmente curto, é importante uma rápida separação dos grupos e uma explicação clara das regras do jogo. Sugerimos que a divisão dos grupos seja feita em aula anterior.



DESVENDANDO UM CASO

O corpo humano possui dentro de suas células evidências da evolução de todos os seres vivos. Isso só é possível porque todos os seres vivos compartilham um ancestral comum. Além disso, dentro das células também há evidências da evolução específica da célula eucariótica (célula com núcleo), como é o caso da mitocôndria. Lembra da mitocôndria, aquela organela capaz de gerar energia?

Hoje vocês serão convidados a resolver uma investigação científica: desvendar a origem e contar a história evolutiva dessa organela. Como? Através do jogo *Célula adentro*. É um jogo de tabuleiro estilo “detetive”, para desvendar os mistérios da célula. O objetivo do jogo é encontrar uma solução para a pergunta do Caso “Hóspede do Barulho”. Para ajudar vocês, no tabuleiro estão escondidas dez pistas. Cada pista só poderá ser fornecida à equipe que ingressar em cada um dos dez compartimentos da célula destacados no tabuleiro. Coletando e discutindo as pistas, as equipes deverão, juntas, elaborar a resposta mais completa baseada nas evidências contidas nas pistas.

A partir de agora, vamos começar uma corrida contra o tempo!

1. Material necessário para a realização do jogo:
 - 1 tabuleiro do jogo *Célula adentro*;
 - 1 ficha de anotações por dupla/trio;
 - 1 conjunto de pistas (atenção: não olhe as pistas antes do jogo começar. Cada pista terá seu momento apropriado de leitura);
 - 1 conjunto de *cartões de solução ou azar*;
 - peões (1 peão por dupla/trio);
 - 1 dado;
 - 1 cartão do caso “Hóspede do Barulho”;
 - regras do jogo/glossário.
2. Regras do Jogo:

Divisão dos grupos

Você já deve ter formado um grupo de quatro a doze pessoas, de acordo com a orientação do seu professor. Agora, para facilitar o trabalho, dentro do seu grupo, forme uma dupla, ou trio, que será a sua equipe até o fim do jogo. Vocês todos juntos vão tentar encontrar a solução do caso. O inimigo será o tempo!

Escolham um jogador “banqueiro”, para entregar às equipes e recolher, nos momentos adequados, as *cartas de pistas* e os *cartões de sorte ou azar*.

Iniciando

Um integrante do seu grupo irá ler o *cartão do caso* em voz alta, enquanto os outros prestam atenção. Cada dupla/trio do grupo deverá posicionar seu peão em um dos quatro locais marcados como *início* no tabuleiro. Todas as equipes lançam os dados uma única vez: aquela que obtiver o maior número de pontos começará o jogo. As demais equipes jogarão no sentido horário.

Movimentando-se no tabuleiro

As equipes deverão movimentar seus peões ao longo do tabuleiro para obter as pistas. Cada dupla/trio joga o dado na sua vez e move seu peão por tantas casas quanto forem os pontos sorteados. As trilhas de casas estão marcadas no tabuleiro. Chegando em um compartimento celular (casas coloridas destacadas: Matriz; Mitocôndria; Membrana; Golgi; Retículo; Núcleo; Lisossomo; Peroxissomo; Centríolo e Citoesqueleto), a equipe recebe uma *carta de pista*.

Se o número obtido no lançamento do dado ultrapassar o necessário para entrar no compartimento contendo as pistas, a equipe terá a opção de dispensar os números restantes e consultar sua *carta de pista*.

Uma vez que os alunos só poderão chegar à resposta para a pergunta do caso por meio da análise das pistas que receberão ao longo da caminhada pelo tabuleiro, antes de começar o jogo é importante salientar que eles precisam coletar e ler com atenção o maior número de pistas possível. Muitas vezes, eles ficam ansiosos para encontrar a solução do caso e acabam não pegando as pistas.



Pistas

Cada compartimento contém uma pista diferente, que deverá ser lida e discutida pela equipe (dupla/trio). As conclusões da discussão de cada equipe deverão ser registradas no *caderno de anotações*. Uma vez lida, a pista tem de ser devolvida para o aluno banqueiro. **Não é permitido aos jogadores consultar mais de uma pista ao mesmo tempo.** Para voltar a consultar uma determinada pista, a dupla/trio deverá se deslocar pelo tabuleiro novamente até o compartimento correspondente.

É importante lembrar que a carta de pista não tem relação ao local em que foi retirada.

Como você pode ver nas regras do jogo, os alunos recebem um caderno de anotações para registrar as pistas e depois poder tirar conclusões. Assim, além da leitura atenta das pistas, é preciso orientar os alunos para que escrevam no caderno de anotações apenas um resumo da pista. Eles não devem copiar a pista, pois isso comprometeria o dinamismo do jogo. Além disso, é importante frisar que ao apresentar uma proposta de solução para cada Caso, os alunos devem incluir explicitamente as evidências, a partir das pistas, que os levaram a formular aquela hipótese.



Casas de Sorte ou Azar

No tabuleiro encontram-se diversas casas representadas por uma pequena lupa. Ao cair em uma dessas casas, a equipe deverá retirar um *cartão de sorte ou azar* (com uma lupa no verso). Esses cartões podem, de algum modo, oferecer ajuda (avançar casas, consultar mais pistas, etc.) ou atrapalhar (perdendo jogadas, por exemplo). As instruções contidas no cartão devem ser obedecidas, e o mesmo deve ser devolvido ao fim da pilha de *cartões de sorte ou azar*. Caso se trate de um cartão dando direito a consultar o professor, o cartão poderá ser guardado pela equipe até o momento em que decidir usá-lo, quando então será devolvido à pilha de cartões.

É comum os alunos solicitarem sua ajuda para entender as pistas. Procure não responder imediatamente e estimular a discussão dentro do grupo. A menos que eles tenham uma carta de sorte “ajuda do professor”. A busca autônoma das respostas pelos alunos estimula a discussão nas equipes e, em geral, à medida que vão conseguindo outras pistas, suas dúvidas são esclarecidas.



Final do Jogo

Lembrem-se: as equipes não estão competindo entre si, mas contra o tempo. São dez cartas de pista e trinta minutos de jogo!

Ao final desse período, o aluno banqueiro deverá entregar ao professor as pistas, e as equipes terão mais vinte minutos para relatar às outras equipes o que encontraram em suas pistas. O grupo deverá, então, escrever junto a solução do caso no *caderno de anotações* (é necessária apenas uma solução por grupo).

A idéia do jogo é que os alunos tenham tempo para ler, interpretar, discutir e raciocinar para poder elaborar suas próprias conclusões. Os problemas de interpretação que eventualmente permanecerem até o fim da partida serão sanados no momento da discussão, após a partida.

O momento de escrever a solução também é de fundamental importância para que os alunos desenvolvam e pratiquem a interpretação, síntese e articulação de idéias. Mesmo que não cheguem à solução totalmente correta, a discussão em grupo é sempre uma boa oportunidade para organizar, consolidar e estruturar as idéias.



Após esse período de vinte minutos, o grupo deverá entregar a solução do grupo ao professor e ler a solução do caso contida no **caderno de soluções para o seu grupo**. Devem **ver e discutir com o professor se a resposta proposta estava correta, ou se teriam alguma evidência a acrescentar**. Se a resposta estiver correta, o grupo vence o jogo e a *solução* do caso poderá ser lida em voz alta para a turma.

Boa sorte!

É nesse momento que nós, professores, desempenhamos um papel fundamental: discutir as dúvidas dos alunos acerca dos conteúdos das pistas e levantar questões sobre a origem da mitocôndria como um evento único e que é mais uma prova da ancestralidade comum entre os seres vivos. É interessante também trabalhar o conceito de que a competição não é a única força evolutiva. Neste jogo, abordou-se a importância da simbiose na evolução dos seres eucariotos. Para isso, é importante coordenar a discussão, apresentando pista por pista, para garantir que as dúvidas, questionamentos e curiosidades em relação ao vocabulário, aos gráficos, experimentos e o papel de cada pista no caso (quais as pistas-chaves) sejam abordados.

Cabe a você também receber e avaliar as diferentes soluções apresentadas pelos alunos, assim como guiar uma rica discussão ao final do jogo. Em muitas soluções, mesmo corretas, pode aparecer uma visão evolutiva dirigida pela necessidade. Ex: *“Quando a mitocôndria ainda era uma bactéria, ocorreu um acúmulo de O_2 na atmosfera. Mas este se tornou tóxico, pois o O_2 gera radicais livres, que danificam as células e suas estruturas, com isso as células **precisariam de uma organela para a função respiratória, para que não viessem a morrer.**”* Veja que o aluno conseguiu perceber que a mitocôndria era uma bactéria, porém, estabeleceu um raciocínio evolutivo incorreto. O momento da discussão é uma excelente oportunidade de discutir esse problema com a turma.



Como sugestão, após a discussão você poderá passar o Ato I (*Origem da mitocôndria*) do vídeo *A mitocôndria em 3 atos*, produzido pelo grupo da Bioquímica Médica da UFRJ (link para o vídeo: <http://www.youtube.com/watch?v=ReH3ReD0T9M>) acesso em:10/07/2013.



Unidade 7**AMARRANDO AS IDEIAS****ORIGENS: UMA QUESTÃO SEMPRE ATUAL**

“Como o universo, a Terra e a vida surgiram?” Essas são questões que sempre estiveram presentes na história da humanidade. Não é à toa que muitas teorias foram elaboradas na tentativa de respondê-las. Apesar dos muitos erros cometidos, tais teorias foram importantes, pois suscitaram novos questionamentos, hipóteses, discussões e avanços sobre esse tema fundamental, capaz de permear diferentes campos das ciências, como a Biologia, a Física, a Química e a Cosmologia. Assim caminha a ciência: insegura e eternamente desconfiada, avança com seus tropeços e junta pedaços de diferentes áreas quando precisa.

A importância das origens, em especial da vida, e suas ramificações interdisciplinares é destacada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (p. 16):



Reconhecer tais elementos da Terra primitiva, relacionar fenômenos entre si e às características básicas de um sistema vivo são habilidades fundamentais à atual compreensão da vida. Os estudos dos processos que culminaram com o surgimento de sistemas vivos levam a indagações acerca dos diferentes níveis de organização, como tecidos, órgãos, aparelhos, organismos, populações, comunidades, ecossistemas, biosfera, resultantes das interações entre tais sistemas e entre eles e o meio.



Tal complexidade sintetiza a beleza da natureza, mas também um desafio pedagógico. Sabemos que, para muitos, a ideia de trabalhar as origens do universo, da Terra e da vida no 1º ano do Ensino Médio, sem que os alunos tenham estudado alguns conceitos básicos de Química e Física, pode parecer um tanto complicado. Buscamos durante este curso aprofundar os conteúdos e discutir estratégias de ensino que respeitassem as propostas curriculares. Nos roteiros de ação, tentamos restringir e simplificar o uso dos conteúdos químicos e físicos, de modo que o aluno compreenda com mais facilidade as linhas mais gerais das teorias envolvidas.

Esse tema também é controverso, pois seu entendimento está sujeito, mais do que outros, a interferências de visões de mundo e valores metafísicos que cada um carrega consigo. Uma prova disso são os muitos embates entre ciência e religião que observamos ao longo da história a respeito da origem da vida. Entre os alunos há aqueles que professam diferentes religiões e, por isso, temos que ser cautelosos na abordagem do tema, respeitando sua fé e seus valores. Contudo, não podemos nos furtar ao dever de fornecer-lhes ferramentas intelectuais para que possam discriminar a forma que a ciência tem de produzir conhecimento daquela que caracteriza as religiões e os mitos. Assim, poderão, de maneira mais consciente, adotar o quê e o quanto de ciência e/ou religião querem para compor seu quadro conceitual explicativo do mundo que os cerca.

Sugerimos que você valorize a História da Ciência relacionada ao tema, apresentando seus diferentes contextos, conflitos e contradições. Mostre aos alunos a importância da elaboração dos diferentes modelos formulados na tentativa de responder à pergunta inicial e o seu papel na geração do conhecimento científico.

Estratégias de avaliação

Gostaríamos de frisar algumas diretrizes gerais de avaliação. Entendemos que é fundamental diversificar as formas de avaliação. Isso permite valorizar os seus diferentes talentos: alguns escrevem melhor, outros têm mais facilidade de comunicação oral etc. Além disso, quando diversificamos a avaliação, podemos estimular o desenvolvimento de outras habilidades além da resposta escrita, que predomina em questões de prova. Isso não quer dizer que desvalorizamos a avaliação escrita. Achamos fundamental trabalhar com os alunos a habilidade da escrita, mas podemos oferecer outros momentos além da prova. Além disso, sugerimos que você reserve espaço na sua prova para algumas questões discursivas, pois consideramos importante que os alunos desenvolvam a habilidade de escrever sobre diferentes áreas do conhecimento.

Estudos dirigidos, jogos, história em quadrinhos e demais apresentações produzidas com base em atividades práticas também são ótimas oportunidades para avaliar o aprendizado de nossos alunos.

Indicamos neste curso vários vídeos disponíveis na internet e periódicos de divulgação científica que podem ser boas fontes de discussão de temas atuais. Debates e trabalhos escritos podem ser feitos com base neles.

A avaliação deve ser, sempre que possível, contínua, fazendo parte de todo processo como uma forma de diagnóstico do ensino-aprendizagem. Assim poderemos repensar criticamente nossos objetivos, nossas estratégias pedagógicas e até mesmo a qualidade das avaliações propostas.