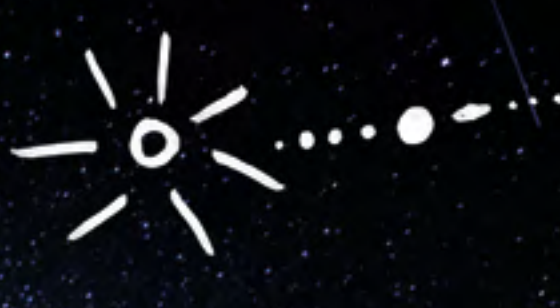


INSPIRA CIÊNCIA

PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

VOLUME 2

$$F = G \cdot \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

INSPIRA CIÊNCIA

PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

VOLUME 2

Patrocínio

Concepção e Realização



Museu do Amanhã



INSTITUTO DE
DESENVOLVIMENTO
E GESTÃO



BRITISH
COUNCIL

SECRETARIA ESPECIAL DA
CULTURA

MINISTÉRIO DA
CIDADANIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

SUMÁRIO

palavras iniciais

Professores, a nossa ponte para o Amanhã . 5

Carlos Henrique Oliveira - Diretor Executivo do Museu do Amanhã | IDG - Instituto de Desenvolvimento e Gestão
Martin Dowle - Diretor do British Council Brasil
IBM - Patrocinadora do Inspira Ciência

o programa

Fortalecendo o ecossistema da educação . 10

Alfredo Tolmasquim - Diretor de Desenvolvimento Científico do Museu do Amanhã
Luis Felipe Serrao - Gerente Sênior de Educação Básica do British Council Brasil
Davi Bonela - Analista Sênior de Desenvolvimento Científico do Museu do Amanhã

capítulo 1

Universo e Sistema Solar

O que sabemos sobre o Universo . 24

Alexandre Cherman - Fundação Planetário do Rio de Janeiro

Um Sistema Solar para chamar de seu . 28

Eduardo Penteado - União Astronômica Internacional

A química do Universo . 34

Aline Soares Magalhães, Geysa Baptista Serva, Luciano de Souza Batista, Marconny Gerhardt da Rocha, Paulo Alexandre Braga Affonso da Costa e Sílvia Rocha da Costa

capítulo 2

Terra e Biosfera

Terra: da origem ao Antropoceno . 40

Hermínio Ismael - UERJ

A origem da vida . 44

Alexander W. A. Kellner - UFRJ

A diversidade dos seres vivos e a previsibilidade em biologia . 49

Claudia A. M. Russo - UFRJ

A Terra na palma das mãos . 54

Nathalia Winkelmann Roitberg e Diogenes de Almeida Campos, Museu de Ciências da Terra

Investigando a evolução . 58

Carlos Alexandre Carvalho dos Santos, Daisy Braz Velludo, Érica Gaspar Yaakoub, Joice Esteves e Lucas da Silva Torres

capítulo 3

Humanidade e cultura

Volta ao lar? Breve história da relação ser humano-natureza . 70

Fabio Rubio Scarano - UFRJ

Um mergulho na história da Baía de Guanabara . 74

Rodolfo Paranhos e Carolina Belo - UFRJ

Faça você mesmo o seu microscópio . 80

Filipe Oliveira - Conector Ciência

Descobrimdo o azul do verde e amarelo . 86

Alessandra Cristina Netto, Ana Claudia Pinto, Carla Candido, Giselle Deveza de Andrade, Ian dos Santos Nogueira, Lúcia Sanches e Nadjara de Medeiros Corrêa

capítulo 4

Repensando o ensino e a aprendizagem

Aprendizagem profunda . 96

Maria do Carmo Xavier - British Council Brasil

Ensino por investigação e aprendizagem colaborativa em aulas de ciências . 100

Claudia Vargas Vilar - Colégio Pedro II

Faça ciência como uma garota . 106

Ana Carolina da Hora - Computação da Hora

IDG | Museu do Amanhã; British Council.

Inspira Ciência: Programa de formação de professores da Educação Básica. Vol. 2. Rio de Janeiro: IDG | Museu do Amanhã, 2020. 112 p. : il.

ISBN: 978-85-93393-14-3

1. Ensino de ciências. 2. Educação científica. 3. Formação de professores. I. IDG | Museu do Amanhã. II. British Council. III. IBM. IV. Título.

palavras iniciais

PROFESSORES, A NOSSA PONTE PARA O AMANHÃ

Das crianças que estão começando a vida escolar hoje, 65% terão profissões que ainda não existem. Este dado do Fórum Econômico Mundial provoca curiosidade e apreensão. Quais serão os empregos do futuro? Como preparar as crianças e os jovens para eles? As respostas são muitas. Mas não restam dúvidas de que todas incluem uma educação de qualidade.

Isso explica porque o Museu do Amanhã e o British Council realizam o Inspira Ciência, programa de formação de professores da Educação Básica que tem o patrocínio da IBM. São esses professores e essas professoras que acompanham os estudantes desde o início da vida escolar até o momento de fazer escolhas importantes, como as suas profissões. No Brasil, eles também são fundamentais na educação de jovens e de adultos que tiveram a oportunidade de voltar às salas de aula. E ainda são os responsáveis por despertar o gosto pelo conhecimento e por carreiras em ciência, tecnologia e inovação – áreas que continuarão crescendo nas próximas décadas, seguindo a Quarta Revolução Industrial.

A conclusão é que sobram motivos para investir na formação de professores da Educação Básica. Em três edições do Inspira Ciência, 180 participantes exploraram temas fundamentais em Cosmologia, Astronomia, Geologia, Paleontologia, Biologia e Antropologia. Eles também experimentaram novas abordagens e tecnologias educacionais para o ensino desses temas, conectando o Museu do Amanhã e as escolas no ensino de Ciências. Juntos, esses professores lecionam para 47 mil estudantes em cerca de 300 escolas do Rio de Janeiro, o que mostra o papel estratégico deles na formação das atuais e das futuras gerações. Por isso, o Museu do Amanhã e o IDG – Instituto de Desenvolvimento e Gestão têm orgulho da parceria com o British Council e a IBM para realizar o Inspira Ciência. Os professores são a nossa ponte para o Amanhã.

Carlos Henrique Oliveira

Diretor executivo do Museu do Amanhã
IDG – Instituto de Desenvolvimento e Gestão

Com as drásticas mudanças que estão ocorrendo em nosso clima, e com os recursos naturais cada vez mais escassos, nunca foi tão urgente que nossos estudantes tivessem formação em ciências.

Compreender as transformações que acontecem em nosso planeta e ampliar a consciência sobre nossa capacidade de influenciar e mudar o curso de sua degradação - como indivíduos e como sociedade - é uma das tarefas mais importantes para a comunidade científica atual.

O ritmo dos avanços tecnológicos também faz com que a educação científica seja cada vez mais urgente. A próxima geração de estudantes exigirá novas competências e novos conhecimentos, que lhes possibilitará aproveitar a Quarta Revolução Industrial.

A ruptura do mercado de trabalho tradicional será expressiva, pois o progresso digital e o avanço da inteligência artificial significarão a criação de novas oportunidades de emprego e o desaparecimento de muitas funções que hoje consideramos como certas.

Para preparar nossos jovens para enfrentar essas mudanças precisamos também capacitar os professores para que eles inspirem seus estudantes de maneira inovadora e cativante. Nosso desafio é trazer a emoção dos avanços da pesquisa científica e da tecnologia para a sala de aula, a fim de criar uma nova geração de cientistas, codificadores, matemáticos, biólogos, e tantos outros profissionais da ciência.

Precisamos igualmente incentivar mais meninas a estudar matérias científicas e ampliar o acesso às carreiras futuras em STEM (sigla em inglês para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

É necessário que esse incentivo também ocorra nas escolas, mas ele não se limita às salas de aula. Ele pode e deve promover a educação científica em museus e em diferentes espaços - tal como os professores vivenciaram durante o Inspira Ciência.

Portanto, a parceria entre o Conselho Britânico e o Museu do Amanhã, com o patrocínio da IBM, é uma forma excepcional de apoiar os professores nessa perspectiva e, sobretudo, para transformar a educação científica.

Martin Dowle

Diretor do British Council no Brasil





A rápida mudança que as novas tecnologias estão gerando no mercado e na economia exige a aceleração da forma como as pessoas aprendem e desenvolvem novas habilidades para que possam se adaptar ao novo cenário. Para isso também se faz necessário um trabalho junto aos atores da área de Educação para incorporar o desenvolvimento e o uso de novas tecnologias ao currículo e às novas metodologias de ensino.

Assim, a IBM apoia a iminente necessidade de desenvolver habilidades associadas ao impacto da transformação digital. Acreditamos que o sucesso da sociedade em sua transição para a era digital depende tanto da adoção de novas tecnologias quanto da capacidade de desenvolver uma cultura de aprendizado contínuo. A IBM atua junto a um ecossistema estendido, composto por empresas privadas, instituições de ensino, entidades públicas e organizações não governamentais, a fim de evitar a escassez de talentos e um impacto sobre nossos profissionais, sociedades e economias. Através de diversos programas desenvolvidos em conjunto, integramos conhecimento da IBM a iniciativas na Educação Básica e no Ensino Superior para capacitar este ecossistema. A IBM busca aumentar as competências de professores e alunos para colaborar com a redução da lacuna entre a educação tradicional e a do século 21 e com o desenvolvimento de jovens para o futuro do trabalho.

IBM

Patrocinadora do Inspira Ciência

o programa

FORTALECENDO O ECOSSISTEMA DA EDUCAÇÃO



No Brasil, a Educação Básica é uma equação com números grandes. Ao todo são 2,2 milhões de professores, 48,5 milhões de estudantes e 182 mil escolas. Ou seja, um quarto da população brasileira está matriculada na Educação Infantil, no Ensino Fundamental ou no Ensino Médio. Uma enorme responsabilidade para os professores, tanto pela quantidade de alunos quanto pelo impacto da qualidade do seu trabalho no desenvolvimento do país. Afinal, ao acompanharem desde crianças e adolescentes no começo da vida escolar até jovens e adultos que voltaram às salas de aula, eles estão construindo o nosso futuro.

Por isso é tão importante valorizar os professores, compreender suas demandas e investir na sua formação. Esta última continua a ser um desafio. Por exemplo, segundo o Indicador de Adequação Docente do INEP, apenas 60,1% dos professores de Ciências nos anos

iniciais do Ensino Fundamental têm bacharelado e licenciatura ou complementação pedagógica nessa área. Esse índice diminui para 58,0% nos anos finais. Ou seja: a maioria dos professores tem a formação esperada. Os demais têm formação superior em outra área ou sequer têm ensino superior.

Este desafio persiste no Ensino Médio. Ao todo, 42,6% dos professores de Física, 61,3% dos de Química e 79,3% de Biologia têm a formação esperada para a disciplina que lecionam. Os outros, não. Um fato preocupante, se for considerado que esse é o momento em que os estudantes desenvolvem conhecimentos, competências e habilidades que os ajudam a compreender o mundo em que vivem e a participar da definição dos seus rumos.

Além disso, em 2015, ano em que a Organização das Nações Unidas estabeleceu que o investimento nos professores será uma das metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável para os países alcançarem uma educação de qualidade até 2030, somente 35,1% dos nossos docentes tinham acesso à formação continuada.

O Museu do Amanhã e o British Council realizam o Inspira Ciência, programa de formação de professores



da Educação Básica que tem o patrocínio da IBM, para ajudar a mudar esta realidade. Orientado pelos eixos Universo e Sistema Solar, Terra e Biosfera, Humanidade e Cultura, o programa promove encontros entre os participantes e cientistas sobre temas fundamentais em Cosmologia, Astronomia, Geologia, Paleontologia, Biologia e Antropologia. Os professores também experimentam novas abordagens e tecnologias educacionais na companhia de profissionais de museus de ciências e especialistas em divulgação científica.

Combinando teoria e prática, o Inspira Ciência oferece aos professores um espaço de troca de experiências e de expertises. Algo ainda mais importante com a implementação da nova Base Nacional Comum Curricular. Durante todo o programa, os participantes são estimulados a produzir planos de aulas criativos e inovadores. Para isso, eles têm palestras com o curador geral do Museu do Amanhã, Luiz Alberto Oliveira, e também visitam a Exposição Principal acompanhados pelos educadores do Museu para refletirem sobre como aproximar os espaços de educação.



Nas três edições do Inspira Ciência realizadas em 2018 e 2019, o programa teve a participação de 180 professores, abrangendo mais de 47 mil estudantes e cerca de 300 escolas. Os 60 participantes de cada edição foram selecionados entre mais de 500 candidatos, uma relação de quase 10 interessados por vaga que prova que vontade de participar de programas de formação é o que não falta aos docentes. Para selecioná-los são utilizados como critérios a equidade de gênero, a distribuição geográfica das escolas e a representatividade de cor seguindo o perfil da população brasileira. O resultado é uma turma plural com um interesse singular em promover uma educação de qualidade.



Este livro reúne as contribuições dos diferentes participantes do Inspira Ciência, estejam em escolas, museus ou universidades. Apresenta o que sabemos sobre o Universo, a cronologia da Terra, a origem da vida e a evolução, além da relação entre os humanos e a natureza ao longo da História. O livro também mostra como construir um modelo em escala do Sistema Solar, uma *sandbox*, que é uma caixa de areia conectada a sensores eletrônicos que geram um visual arrebatador para o ensino de geociências, além de um microscópio de baixo custo. A publicação ainda aborda estratégias para o ensino por meio da investigação, formas de engajar as meninas com a ciência e traz exemplos de planos de aulas produzidos no Inspira Ciência. Os demais planos e conteúdos do programa podem ser acessados em inspiraciencia.org.br.

Tudo isso é para mostrar como escolas, museus e universidades podem – e devem – caminhar juntos para fortalecer a educação brasileira. A começar pela Educação Básica, que é a base do futuro que queremos construir para o país. Então, boa leitura e mãos à obra.



Alfredo Tolmasquim

Diretor de Desenvolvimento Científico | Museu do Amanhã

Luis Felipe Serrao

Gerente Sênior de Educação Básica | British Council Brasil

Davi Bonela

Analista Sênior de Desenvolvimento Científico
Museu do Amanhã



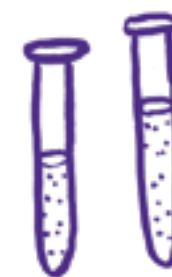
“Foram sábados inesquecíveis, motivadores e inspiradores. Todas as atividades foram de relevância enorme para minha atualização como docente.”

Nadjara Corrêa
Participante da segunda edição



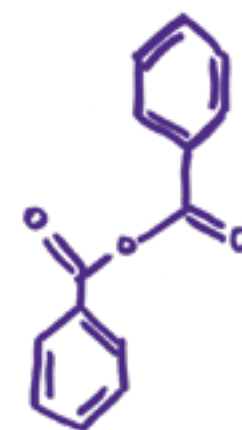
“O Inspira Ciência me trouxe um frescor, uma renovação. Pude refletir o quanto minha profissão é importante, e que educar é o caminho para um futuro de esperança.”

Elaine de Andrade de Almeida
Participante da terceira edição



“O curso foi surpreendente! Amei cada minuto, desde a recepção no Museu aos profissionais que palestraram. Apreendi muito!”

Jaqueline Azambuja Barbosa Martins
Participante da terceira edição





“Eu já fiz a atividade prática sobre a rotação e a translação dos planetas no Sistema Solar e as estações do ano que aprendi no programa para as minhas turmas e elas adoraram.”

Flávia Becker
Participante da primeira edição



“O que mais gostei foi da oportunidade de ouvir palestrantes de ponta, aplicar a BNCC em atividades estimulantes e da possibilidade de fazer qualquer coisa diferente do que eu já havia feito!”

Ana Paula Santos da Conceição
Participante da segunda edição



“Inspira Ciência ampliou a minha visão e ajudou a pensar novas dinâmicas para trabalhar os conteúdos de ciências em sala de aula.”

Edilene Almeida da Silva
Participante da primeira edição





“Curso maravilhoso e completo. Sempre ficará a vontade de mais aulas como as que tivemos. Profissionais extremamente capacitados e de notório saber, ambiente muito bom para o aprendizado.”

Sergio Alexandre Fragozo Pereira
Participante da terceira edição



“Eu fiquei maravilhada com as palestras! Todo sábado eu voltava para casa entusiasmada, querendo estudar mais sobre o assunto abordado.”

Monica Ribeiro Gonçalves
Participante da primeira edição



“O Inspira Ciência fez com que eu recuperasse o meu entusiasmo pelas práticas pedagógicas inovadoras. Um verdadeiro despertar do meu potencial enquanto professora.”

Silvia Rocha da Costa
Participante da segunda edição



“O que eu mais gostei no programa? A diversidade dos assuntos, a entrega dos palestrantes, o cuidado com cada detalhe, em cada aspecto abordado. A vontade de cada um de nós, professores, em aprender, em trocar experiências, de compartilhar, de igual para igual... Todos contribuindo, doando e recebendo.”

Helios Jorge Pinto
Participante da primeira edição



capítulo 1

UNIVERSO E SISTEMA SOLAR

A Terra é apenas um dos oito planetas no Sistema Solar. O Sol é apenas uma entre bilhões de estrelas na Via Láctea. A nossa galáxia é apenas uma entre bilhões no Universo. Universo que continua em expansão, movido por uma energia e preenchido por uma matéria que ainda não conhecemos por completo. Diante dessa vastidão, nós, humanos, parecemos pequenos. E a verdade é que somos. O que nos torna menos efêmeros é o fato de sondarmos o Universo a partir da nossa morada no Cosmos.



artigo

O QUE SABEMOS
SOBRE O UNIVERSO

POR ALEXANDRE CHERMAN

Astrônomo, Fundação Planetário do Rio de Janeiro

O que é o Universo?

O Universo é tudo o que existe. E isso é muita coisa. Na verdade, é muito mais do que podemos sequer imaginar. E ainda assim, nós, seres humanos, tentamos desvendar os seus segredos. Fascinante, não?

A ciência que estuda o Universo é a Cosmologia. A palavra “Cosmos” é um sinônimo para Universo. Na verdade, “Cosmos” é o nome original do Universo. Um termo grego que, literalmente, quer dizer “beleza”, “simetria”, “organização”. Sobrevive ainda nos dias de hoje na palavra “cosmético”, por exemplo. (Sim, até isso está ligado ao Universo!)

Apesar de Cosmos ser mais antigo, o termo mais popular é Universo. E, curiosamente, surgiu de um erro conceitual. Antes de Copérnico, antes do modelo heliocêntrico, acreditava-se que a Terra estava imóvel no centro do Cosmos, e que tudo girava ao redor do nosso planeta. E como tudo dava uma volta completa em 24h, tudo girava “como uma coisa só”. A partir desse conceito, surgiu a expressão em latim *unus verterem*, “o que gira como uma coisa só”. E essa expressão foi sendo corrompida até resultar em uma nova palavra, Universo.

Mas o Universo não é “aquilo que gira como uma coisa só”. O Universo não é a beleza ordenada e simétrica. O Universo é tudo o que existe. Nem mais, nem menos.

Como se estuda o Universo?

Durante muito tempo, os estudos do Universo eram permeados pela filosofia e pela teologia. Cosmogonias eram criadas explicando o surgimento das coisas, seu passado, seu presente e seu futuro. Mas não podemos considerar essas explicações como científicas.

O primeiro passo concreto para o surgimento da Cosmologia foi dado por Isaac Newton, quando declarou sua Lei da Gravitação Universal. Sem entrar em detalhes físicos e matemáticos, a importância dessa lei é simples: ela nos diz que uma mesma força atua na Terra, na Lua, no Sol e em todos os cantos do Universo. Essa força é a gravidade.

[Antes de Newton, valia o conceito aristotélico de dois domínios distintos. O mundo sublunar, onde estamos nós, onde as coisas quebram e dão errado e param de funcionar; e o mundo supralunar, celestial, onde tudo é perfeito, imutável e eterno. Dentro da visão aristotélica, não havia como inferir algo sobre o domínio celeste com base em experimentos terrestres.]

A gravidade, segundo Newton, permeia todo o Universo e se espalha, agindo à distância. Há outra força que age à distância: a eletromagnética. Mas a força eletromagnética atua em dois sentidos: ela puxa ou empurra, dependendo das polaridades e das cargas elétricas envolvidas. Assim, em larga escala, os “pu-

xões” e os “empurrões” se cancelam e podemos desprezar a força eletromagnética como algo relevante ao Universo como um todo.

A gravidade, não! Ela sempre puxa, sempre atua em um mesmo sentido. Por mais fraca que seja [e, acreditem, ela é muito mais fraca que a força eletromagnética] ela é acumulativa e reina soberana no Universo como um todo. O segredo para estudar o Universo, então, é estudar a gravidade.

Newton vs. Einstein

O passo dado por Newton foi gigantesco, livrando-nos todos do domínio aristotélico. Conceitualmente, é a pedra fundamental da Cosmologia, ao deixar claro que as leis físicas são iguais em todos os lugares do Universo. Isso é a base do Princípio Cosmológico, que pode ter várias redações, mas se resume a: “não há lugar privilegiado no Universo” ou “as leis que valem cá, valem lá”. (Normalmente, o Princípio Cosmológico é enunciado assim: “o Universo é homogêneo e isotrópico”).

Mas em termos práticos, a descoberta de Newton não ajudou muito no estudo do Universo. Isso porque a Gravitação Universal, conforme enunciada por ele, explica a força da gravidade atuando entre dois corpos. “Proporcional às massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância”. Ou seja, os fatores relevantes para entendermos (e quantificarmos) a gravidade são: massa 1, massa 2 e a distância entre elas. Quando introduzimos um terceiro corpo, o problema perde a solução analítica. (Não por acaso, uma tentativa de resolver o “problema de três corpos” resultou na Teoria do Caos!)

A gravidade newtoniana funciona bem para dois corpos. Mas o Universo tem um pouco mais do que isso... Assim, foi necessário esperar até 1915 para que um novo modelo de gravidade nos permitisse estudar o Universo como um todo. O responsável: Albert Einstein.

A Relatividade Geral

Em 1905, conhecido na história da Física como o “ano milagroso”, Einstein produziu três trabalhos se-

minais. Ele estudou o movimento browniano [sua tese de doutorado], explicou o efeito fotoelétrico [o que lhe valeria o Prêmio Nobel de Física de 1921] e criou uma nova teoria dinâmica, que hoje chamamos de Teoria da Relatividade Especial.

Relatividade. Einstein, por sinal, não gostava desse nome. Justamente porque sua teoria dizia que havia algo imutável no Universo: a velocidade da luz! (Sim... não podemos resumir a Relatividade com a frase de efeito “tudo é relativo”; a Relatividade justamente diz que há uma constante universal, a velocidade da luz, e por isso espaço e tempo precisam ser relativos). Einstein preferia o nome “Teoria da Invariância da Velocidade da Luz”. Mas nem sempre conseguimos o que queremos... E o nome que entrou para a história foi Teoria da Relatividade.

A Relatividade Especial [e daí o adjetivo “especial”] funciona para sistemas inerciais [desprovidos de forças e acelerações]. E isso é simplesmente uma idealização do mundo, algo inatingível e inalcançável! Por exemplo: nós, na Terra, estamos sempre sujeitos à força da gravidade. Não podemos desprezá-la!

Einstein levou 10 anos [10 longos anos!] para incorporar as forças e acelerações à sua teoria original. Finalmente, em 1915, estava pronta a Teoria da Relatividade Geral. E ele ficou particularmente contente, pois construiu um arcabouço físico e matemático que explicava a força da gravidade em termos novos, nunca antes sonhados por Newton.

A gravidade, segundo Einstein, não é uma força que atua à distância, entre dois (ou mais) corpos. A gravidade de Einstein é uma deformação no espaço (e no tempo também!), causada pela matéria. Newton nos dizia que a Terra gira ao redor do Sol porque há uma atração entre ambos, uma força que os conecta, e essa força é a gravidade. Einstein diz que a presença do Sol deforma o espaço à sua volta e a Terra, coitada, ao se mover por esse espaço deformado, fica confinada a uma elipse.

Há uma espécie de simbiose entre espaço e matéria. Nas palavras do físico John Wheeler, “o espaço diz à matéria como se mover, e a matéria diz ao espaço como se curvar”.

A Cosmologia Moderna

Einstein entendeu logo que sua Relatividade Geral, por trazer uma nova interpretação da força da gravidade, era uma poderosa ferramenta cosmológica. Tratou de aplicá-la ao Universo como um todo, preocupando-se não mais com os corpos ponto a ponto (como deveria ser feito na gravitação newtoniana), mas sim com a distribuição média da matéria no Universo: a densidade. E assim foi possível obter resultados teóricos sobre a curvatura geral do Universo.

Em nosso contexto cosmológico, a “curvatura geral do Universo” é uma informação crucial. Alta densidade (muita matéria) implica em uma curvatura positiva; o Universo se fecha sobre ele mesmo e está fadado a colapsar no futuro. Pouca densidade nos dá uma curvatura negativa; o Universo é aberto, infinito e eterno.

[Einstein não gostava de nenhuma das duas possibilidades e apostou todas as fichas em um Universo sem curvatura. Isso implicava em uma densidade ideal, uma quantidade exata de matéria... seria como ganhar na loteria... sem jogar! O tamanho da improbabilidade não o deteve e ele seguiu com o modelo de um Universo Estático, infinito, perfeito e sem curvatura. Anos depois, admitiu que havia cometido um grande erro.]

Outros cientistas entenderam logo que um Universo deixado somente sob o efeito da gravidade acabaria colapsando sobre si mesmo (a única variação aqui seria o tempo em que isso ocorreria; mas sempre ocorreria!). A não ser que, por alguma razão, o Universo estivesse se expandindo! E isso era facilmente demonstrável pelas equações de Einstein.

Um Universo em expansão seria estável, pois apesar do puxão gravitacional querer manter tudo perto, o afastamento dos corpos devido à expansão contrabalançava essa tendência. Mas Einstein, o criador da Relatividade Geral, se opunha a essa ideia. E, por isso mesmo, ela não era bem-vista entre a maior parte dos acadêmicos. Só uma prova concreta da expansão do Universo poderia mudar esse cenário.

O Big Bang

Em 1929, o astrônomo americano Edwin Hubble, fazendo cuidadosas observações de várias galáxias, finalmente mediu a expansão do Universo. Com os dados empíricos, Einstein se retratou e o modelo de um Universo em expansão se consolidou.

Isso trouxe à tona um raciocínio lógico e óbvio: se o Universo está em expansão, ele é maior hoje do que era ontem. E era maior ontem do que era anteontem... Retroagindo no tempo, chegamos em uma possibilidade única e curiosa: o Universo jovem (muito, muito jovem), era extremamente pequeno. E como tudo o que há nele hoje já existia naquela época, a densidade era absurdamente grande. Temperatura e pressão, altíssimas. O Universo jovem era muito diferente do que é hoje.

Mas por algum motivo, esse Universo jovem começou a se expandir. Sua densidade foi baixando e ele foi ficando como é hoje. Essa narrativa para a história do Universo foi apresentada por George Gamow em 1946. Esse modelo foi batizado, de forma jocosa e injusta, de *Big Bang* (“grande bum”, em tradução literal).

O modelo do *Big Bang* previa ainda uma radiação residual, hoje conhecida como Radiação Cósmica de Fundo. Essa radiação foi encontrada em 1965, corroborando toda a construção teórica sobre a evolução do Universo.

Em resumo: tudo o que existe hoje estava concentrado em uma região extremamente pequena, com altas densidade, temperatura e pressão. Por alguma razão que não sabemos, essa região começou a se expandir há cerca de 14 bilhões de anos. Essa expansão permitiu a formação dos átomos e das moléculas, e deixou como pegada uma radiação residual. Essa expansão acontece até hoje e pode ser medida através das observações de galáxias.

O futuro do Universo

Não sabemos se o *Big Bang* é a origem do Universo, mas sabemos que ele é o começo da expansão. Há detalhes importantíssimos que ainda fogem à nossa compreensão, mas temos um bom entendimento dos processos gerais que trouxeram o Universo ao seu estado atual. Entendemos razoavelmente bem o passado do Universo. Mas e seu futuro?

A pergunta básica é: o Universo vai se expandir para sempre? Ou ele vai parar de crescer e começar a se contrair? Voltando ao assunto “gravidade”, quanta massa exis-

te no Universo? Muita massa nos dá uma gravidade forte (e uma curvatura positiva, já sabemos), que provocará, no futuro, o colapso do Universo. Esse cenário foi batizado como Big Crunch. É a morte do Universo, que desaba sobre si mesmo. Do outro lado do espectro de possibilidades, pouca massa nos dá uma gravidade fraca (e uma curvatura negativa), que não consegue parar a expansão do Universo. O Universo cresce para sempre, cada vez maior e maior. Todos os seus componentes estarão a distâncias infinitas entre si, perdendo a comunicação e a possibilidade de interação. Os ciclos astrofísicos serão trilhados por completo e todas as estrelas deixarão de brilhar. É a morte termodinâmica do Universo, um cenário conhecido como Big Chill.

Mas como saber qual dos dois cenários é o mais provável? Não conseguiremos jamais contabilizar toda a matéria do Universo. Além de ser muita coisa, há um componente de matéria que não é visível, aptamente denominado de matéria escura. E a matéria escura é a maior parte de matéria do Universo. Então não só não temos tempo, capacidade observacional e computacional para contabilizar tudo o que podemos ver, mas também sabemos de antemão que a maior parte da matéria que gera gravidade (e, portanto, influencia o futuro do Universo) só pode ser sentida (gravitacionalmente), mas não observada.

Descartado o plano de contar quanta matéria existe no Universo, surgiu uma nova ideia: medir as mudanças na velocidade de recessão dos corpos distantes. Quanto mais longe um objeto, mais no passado o estaríamos vendo. Assim, o plano era fazer observações em “camadas”. Os objetos mais distantes (mais no passado) teriam uma determinada velocidade de recessão (a expansão do Universo tinha uma determinada velocidade naquela época); os objetos mais próximos teriam necessariamente uma velocidade de recessão menor (afinal, sabemos que a gravidade está freando a expansão; só não sabemos se o freio é forte ou se é fraco). Com os dados das taxas de expansão nas diferentes camadas (diferentes épocas do Universo), saberíamos enfim se o freio gravitacional é forte (o que nos levaria ao *Big Crunch*) ou fraco (*Big Chill*).

Para surpresa geral, os resultados obtidos no final do século 20 mostraram que o Universo se expande de forma cada vez mais rápida! [E ninguém sabe por quê.]

O que (não) sabemos sobre o Universo

Sabemos que o Universo já foi muito, muito menor do que ele é hoje. Sabemos que ele está em expansão. Sabemos que essa expansão começou há cerca de 14 bilhões de anos. E batizamos o início dessa expansão de *Big Bang*.

Mas não sabemos detalhes sobre os processos internos que deram origem a tudo o que existe. E talvez nunca saibamos, uma vez que há um limite lógico para o que podemos descobrir usando as leis da Física. Afinal, as leis da Física podem explicar o surgimento das próprias leis da Física? Provavelmente não.

Sabemos do que parte do Universo é feito. Estrelas e nebulosas, organizadas em galáxias. Mas essa é a menor parte. A maior parte dos objetos do Universo não é vista. É a matéria escura. Não sabemos o que ela é, mas sabemos que ela atua gravitacionalmente.

Sabemos que o Universo está em expansão acelerada. Mas não sabemos por quê! Na falta de uma explicação, criou-se um nome para a “força” que provoca essa aceleração: energia escura. Mas o que é a energia escura? Ninguém sabe.

Conclusão: sabemos muito sobre o Universo. Mas há ainda muito a descobrir. E é isso que torna a Cosmologia uma ciência tão interessante!

experimento

UM SISTEMA SOLAR PARA CHAMAR DE SEU

POR EDUARDO PENTEADO

Astrofísico e coordenador de divulgação da União Astronômica Internacional no Brasil

A Astronomia fascina pessoas de todos os lugares e idades. Além de ensinar sobre os corpos celestes, por meio dela é possível aprender desde física e matemática, passando por engenharia, história e filosofia até discussões atuais, como as mudanças climáticas.

Neste experimento, professores e estudantes constroem um modelo em escala do Sistema Solar em que as diferenças de tamanhos e as distâncias entre os planetas e o Sol estejam representadas. Com isso, é revelado aos estudantes um sistema invisível aos nossos olhos, mas do qual fazemos parte. Usando a criatividade e materiais de baixo custo, essa atividade pode ser realizada com estudantes de todos os segmentos da Educação Básica. Uma abordagem que utilize mais cálculos matemáticos pode ser realizada com estudantes das séries finais do Ensino Médio, enquanto que uma abordagem mais lúdica pode ser

realizada nas séries iniciais do Ensino Fundamental. O tempo de duração irá variar em função da abordagem escolhida. Em média, a atividade dura entre 45 minutos e 1 hora e 30 minutos.

Conhecer melhor o Sistema Solar também é uma forma de os estudantes compreenderem a necessidade de preservar o nosso planeta, já que a Terra é o único local onde podemos viver até momento. Como já disse o famoso astrônomo Carl Sagan, a Terra é um pálido ponto azul, onde toda a história humana se desenrola. Migrar para outro planeta ainda é algo inviável, e assim poderá continuar sendo por algum tempo. Portanto, esta é uma excelente oportunidade para despertar nos estudantes a cidadania global, ou seja, uma constatação de que todos compartilhamos o mesmo planeta e que ele precisa ser preservado.

DO QUE VOCÊ VAI PRECISAR?

O material necessário para realizar a experiência pode variar, ficando a critério dos realizadores escolher o que querem utilizar para a construir o modelo de Sistema Solar.

A nossa sugestão é que o Sol seja representado por uma bola de basquete ou qualquer outra bola de tamanho parecido. A Terra pode ser representada por um grão de pimenta. Já os outros planetas podem ser representados com bolinhas feitas com folhas de jornal e papel alumínio. Outros materiais utilizados nesta atividade são cabeças de alfinete, grãos de gergelim, nozes, avelãs, amendoins, sementes de papoula. Além disso, canetas e réguas são usadas nos cálculos e nas distâncias.

- Bola
- Grão de pimenta
- Diferentes papéis
- Canetas e réguas para os cálculos e distâncias
- Outros materiais: alfinete, grãos de gergelim, nozes, avelãs, amendoins, sementes de papoula etc.

COMO FAZER?

1

Abrir as asas da imaginação

Comece a atividade com uma conversa informal sobre o Sistema Solar e seus componentes. Procure compreender previamente quais são os conhecimentos que os estudantes têm a respeito dos planetas, das luas e do Sol. Procure instigar a curiosidade da turma, lançando perguntas sobre as diferenças e semelhanças entre os planetas, seus tamanhos e distância do Sol, suas composições e a história de suas descobertas. Nesse momento, não se atente à exatidão das respostas, o importante é deixar os estudantes livres para refletir sobre as características do Sistema Solar, mesmo que, porventura, suas concepções possam ser equivocadas.

A atividade ainda pode ser enriquecida com o uso de imagens dos planetas e uma abordagem sobre suas composições e formação, caso haja tempo disponível para isso. Além disso, imagens e vídeos sobre as dimensões do Sistema Solar e as características dos corpos que o compõem podem ajudar a aprimorar os conhecimentos adquiridos. Para isso, você encontra algumas referências no final do experimento.

$$g = \frac{GM}{r^2}$$



2

Dialogar com a ciência

Caso disponha de um projetor, mostre imagens da Via Láctea, ressaltando que essas são concepções artísticas e que não temos imagens reais, uma vez que não podemos sair da nossa Galáxia para fotografá-la. Mostre que a Via Láctea é composta de estruturas chamadas braços espirais”, que o Sistema Solar está localizado num desses braços, na periferia da Galáxia, e que o Sol é apenas uma entre as bilhões de outras estrelas localizadas somente em nossa galáxia.

Voltando o foco para o Sistema Solar, mostre que este é composto por uma estrela central, o Sol, e muitos corpos girando ao seu redor. Os principais são os planetas, que no caso do Sistema Solar são oito. Planetas anões, asteroides e cometas são outros corpos que também giram em torno do Sol. Nessa atividade, vamos trabalhar com os oito planetas e Plutão, que é colocado na categoria de planeta anão.

Discuta com os estudantes a necessidade de se construir modelos para entender alguns conceitos. Por exemplo, cite maquetes de cidades e prédios, abordando que trabalhar com modelos é uma forma de compreender algumas características de um corpo maior. Entretanto, os modelos, por mais fiéis que sejam aos objetos reais, ainda são limitados, de forma que jamais poderão representar a realidade de uma maneira absoluta. Mesmo assim, em especial em casos como o nosso, no qual o objeto considerado é gigantesco e inacessível, os modelos se fazem necessário para que uma percepção das verdadeiras dimensões possam ser compreendidas.



3

Deixar os estudantes livres para experimentar – e errar

Essa atividade pode ser dividida em duas fases: a primeira, de experimentação, na qual os estudantes construirão seus modelos sem se basear em cálculos, meramente por intuição; e a segunda, na qual os estudantes calcularão as dimensões, usando dados aproximados que os guiarão na construção de um modelo mais preciso que represente o Sistema Solar real.

Vamos começar com a primeira fase. Distribua o material entre grupos de estudantes. Dê a cada grupo um grão de pimenta, folhas de jornal e papel alumínio. Diga que no modelo do Sistema Solar a ser construído, a Terra será representada por um grão de pimenta, com aproximadamente 2mm de diâmetro, e peça para que os estudantes, usando o material disponível, representem os outros corpos do Sistema Solar.

Deixe que os estudantes trabalhem livremente, cada grupo representando o seu próprio Sistema Solar. Encerrada essa primeira fase, procure identificar com os estudantes as diferenças e as semelhanças entre os modelos construídos por cada grupo. Veja, por exemplo, não apenas se os planetas construídos por cada grupo possuem tamanhos semelhantes, mas se são representados de forma maior ou menor que a Terra, ou que Júpiter. Além disso, verifique as distâncias envolvidas no modelo de cada grupo. O quão longe estão os planetas uns dos outros e do Sol?

Discuta um pouco com os estudantes sobre os modelos por eles criados. Procure estimular o debate, de forma que cada grupo discorra sobre o seu modelo e perceba as diferenças e semelhanças com os modelos dos colegas.

4

Professores entram em cena [e os cálculos também]

Agora vamos passar para a segunda fase, que envolve os cálculos das proporções. Caso sua turma ainda não tenha estudado a matemática necessária para os cálculos, use a tabela [1] a seguir e peça às turmas para construírem os modelos a partir dos dados dispostos. Mas se a turma já tiver as ferramentas matemáticas necessárias, crie lacunas na conversão de metros e milímetros para que eles façam os cálculos necessários para preencher as lacunas existentes.

Deixe os estudantes trabalharem livremente, apenas solucionando dúvidas pontuais. Assim, eles próprios poderão buscar soluções para as questões que possam ter. A partir das proporções calculadas, os estudantes devem construir novas representações dos planetas usando os materiais distribuídos no início da atividade.



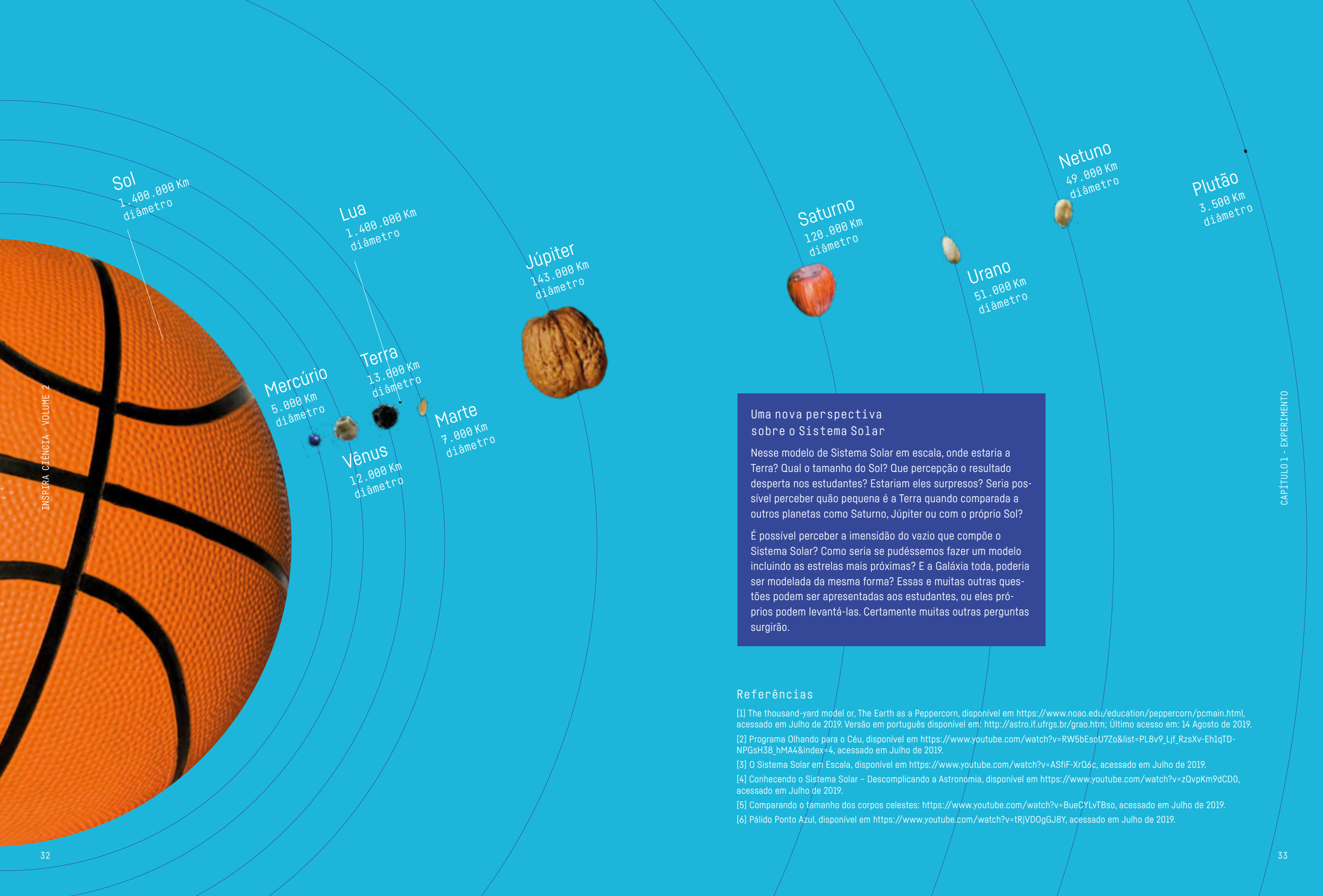
Após todos os grupos terminarem de construir seus modelos, peça para que cada um mostre os planetas representados e, novamente, compare os resultados apresentados por cada grupo. Haveria diferença entre um e outro? Seriam essas diferenças significativas? O modelo novo estaria de acordo com o modelo anterior, feito sem o auxílio dos dados da tabela?

Idealmente, a segunda fase deve ser realizada em um local bastante espaçoso, onde os estudantes possam colocar seus planetas dispostos como em um Sistema Solar, de forma que a percepção de distância possa ser mais bem percebida. Aqui é possível usar fita métrica para localizar um planeta em relação a outro, mas pode-se, também, estimar a distância de um metro por uma passada.

tabela [1]

Escala: 1mm = 6.000 km	Km	M	Mm	Representação
Diâmetro do Sol	1 400 000		230	Bola de basquete
Dist. Sol – Mercúrio	58 000 000	10		
Diâmetro Mercúrio	5 000		0,8	Cabeça de alfinete
Dist. Mercúrio – Vênus	50 000 000	8		
Diâmetro Vênus	12 000		2	Grão de pimenta
Dist. Vênus – Terra	41 000 000	7		
Diâmetro Terra	13 000		2	Grão de pimenta
Distância Terra – Marte	78 000 000	13		
Diâmetro Marte	7 000		1	Grão de gergelim
Distância Marte – Júpiter	550 000 000	92		
Diâmetro Júpiter	143 000		24	Noz
Dist. Júpiter – Saturno	649 000 000	108		
Diâmetro Saturno	120 000		20	Avelã
Dist. Saturno – Urano	1 443 000 000	240		
Diâmetro Urano	51 000		9	Amendoim
Dist. Urano – Netuno	1 627 000 000	271		
Diâmetro Netuno	49 000		8	Amendoim
Dist. Netuno – Plutão	1 404 000 000	234		
Diâmetro Plutão	2 300		0,4	Semente de papoula
Total das distâncias	5 900 000 000	983		
Distância da Terra à Lua	384 000		64	
Diâmetro da Lua	3 500		0,6	Semente de papoula
Distância da Nuvem de Oort	1 Ano-luz	1 600 Km		
Distância da estrela mais próxima	4, 22 Anos-luz	6 700 Km		





Uma nova perspectiva sobre o Sistema Solar

Nesse modelo de Sistema Solar em escala, onde estaria a Terra? Qual o tamanho do Sol? Que percepção o resultado desperta nos estudantes? Estariam eles surpresos? Seria possível perceber quão pequena é a Terra quando comparada a outros planetas como Saturno, Júpiter ou com o próprio Sol?

É possível perceber a imensidão do vazio que compõe o Sistema Solar? Como seria se pudéssemos fazer um modelo incluindo as estrelas mais próximas? E a Galáxia toda, poderia ser modelada da mesma forma? Essas e muitas outras questões podem ser apresentadas aos estudantes, ou eles próprios podem levantá-las. Certamente muitas outras perguntas surgirão.

Referências

- [1] The thousand-yard model or, The Earth as a Peppercorn, disponível em <https://www.noao.edu/education/peppercorn/pcmain.html>, acessado em Julho de 2019. Versão em português disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/grao.htm>; Último acesso em: 14 Agosto de 2019.
- [2] Programa Olhando para o Céu, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=RW5bEsoU7Zo&list=PL8v9_Ljf_RzsXv-Eh1qTD-NPGsH38_hMA4&index=4, acessado em Julho de 2019.
- [3] O Sistema Solar em Escala, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=ASfiF-XrQ6c>, acessado em Julho de 2019.
- [4] Conhecendo o Sistema Solar - Descomplicando a Astronomia, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=zQvpKm9dCDO>, acessado em Julho de 2019.
- [5] Comparando o tamanho dos corpos celestes: <https://www.youtube.com/watch?v=BueCYLvtBso>, acessado em Julho de 2019.
- [6] Pálido Ponto Azul, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=trjVDOgGJ8Y>, acessado em Julho de 2019.

plano de aula

A QUÍMICA DO UNIVERSO

ALINE SOARES MAGALHÃES

Colégio Marques Rodrigues – Sulacap, RJ
e Centro de Tecnologia Aplicada – Padre Miguel, RJ

GEYSA BAPTISTA SERVA

Escola Municipal Orlando Villas Boas – Centro, RJ
e Colégio Pensi Martins – Vila Isabel, RJ

LUCIANO DE SOUZA BATISTA

Colégio Jean Piaget – Jardim Catarina, São Gonçalo, RJ

MARCONNY GERHARDT DA ROCHA

Liceu Franco-Brasileiro – Largo do Machado, RJ

PAULO ALEXANDRE BRAGA AFFONSO DA COSTA

Escola Modelar Cambaúba – Colégio Paranaçuã
e Rede MV1 Galeão, Ilha do Governador, RJ

SILVIA ROCHA DA COSTA

Escola Municipal Professora Zuleika Nunes
de Alencar – Barra da Tijuca, RJ

PARTICIPANTES DO INSPIRA CIÊNCIA

O ensino de Astronomia busca oportunizar aos estudantes um maior conhecimento acerca do Universo e dos elementos que o compõem, dialogando de maneira interdisciplinar com Biologia, Física, Química, Geografia, História, Matemática e Artes. A pluralidade de disciplinas traz aos estudantes um entendimento mais profundo do mundo e da sociedade em que vivem. Aprendendo de forma contextualizada, o olhar deles se torna mais amplo e crítico.

Este plano de aula pretende estimular os estudantes a compreenderem o caráter único e não segmentado da Ciência, construindo o conhecimento por meio de atividades capazes de integrar o conteúdo aprendido à visão deles. Tendo como inspiração a ideia de uma máquina do tempo, o objetivo é que eles conheçam a evolução das

ideias que os humanos construíram sobre o Universo e a Terra ao longo dos séculos, compreendendo as concepções de cada momento histórico e também que o conhecimento científico não foi construído de um dia para o outro, mas a partir de muitas observações, erros, análises, resultados e conclusões.

As turmas finais do Ensino Fundamental II, mais especificamente as turmas de 9º ano, foram escolhidas para a realização desse plano de aula, pois julga-se que nesta série os estudantes já possuem algum conhecimento prévio sobre os temas abordados. Além disso, o currículo mínimo elaborado de acordo com a BNCC para essa etapa de ensino requer que os estudantes obtenham conhecimentos sobre Biologia, Física e Química.

Delimitação do conteúdo

- Origem e expansão do Universo
- Estrutura atômica e composição química do Universo
- Constituição do Sistema Solar e sistemas planetários
- Formação da Terra
- Diversidade dos elementos químicos constituintes da Terra

Objetivos

Promover o ensino de astronomia de maneira contínua, permeando temas como “Origem e expansão do Universo” e a “Formação da Terra”. Dessa forma, espera-se induzir debates sobre a temática proposta. Deseja-se ainda aproximar o tema da realidade do aluno, valorizando os conteúdos já apreendidos por ele e explorar sua capacidade de abstração.

Espera-se ainda desenvolver continuamente o pensamento crítico e científico do discente, conscientizando-o quanto à importância da promoção do ODS – 4 [“Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover a oportunidade de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos”] e o seu impacto na vida cotidiana.

Competências e habilidades

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular

Origem e expansão do Universo

[EF09CI03 e EF09CI17] Descrever a estrutura atômica e a composição química do Universo, a fim de compreenderem as mudanças realizadas e que ainda ocorrem nas estrelas, incluindo o Sol, e nos planetas.

[EF09CI15] Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol e do Sistema Solar com as necessidades de culturas distintas, incluindo a formação dos átomos, as ligações químicas e a formação dos sistemas planetários.

Formação da Terra

[EF09CI14] Avaliar a diversidade de elementos químicos existentes no planeta Terra, assim como a origem desses elementos, evidenciando que existem composições químicas distintas em planetas do nosso Sistema Solar.

Metodologia

ETAPA 1 – VISITA AO MUSEU DO AMANHÃ

Visita à Exposição Principal do Museu do Amanhã, com enfoque especial no Portal Cósmico e nos interativos Horizontes cósmicos que contemplam o tema central deste plano de aula. O conteúdo da Exposição Principal do museu vai motivar os estudantes a buscarem conhecimentos sobre a origem do Universo e a formação da Terra. Com a narrativa multimídia baseada em cinco temas essenciais que norteiam os estudos da origem, do presente e do futuro da humanidade, essa visita educativa vai ser complementada com posterior debate sobre as impressões dos estudantes e um questionário-teste sobre os conceitos do Cosmos.

ETAPA 2 – A EVOLUÇÃO DO UNIVERSO

Tempo de duração: 2h20

Exibição do vídeo “Poeira das estrelas”, do físico Marcelo Gleiser, disponível no Youtube, para uma apresentação do tema com duração de 50 minutos. Em seguida, o professor mediará uma atividade de problematização e sistematização do conteúdo aprendido por 90 minutos a partir de três perguntas norteadoras para debates em cada um dos grupos: “O que vi?”, “O que ouvi?” e “O que aprendi?”. Por fim, os estudantes produzirão um texto coletivo, com opiniões dos alunos, acerca do conhecimento estabelecido por meio dos principais temas do filme.



ETAPA 3 – A QUÍMICA DO UNIVERSO

Tempo de duração: 50 minutos

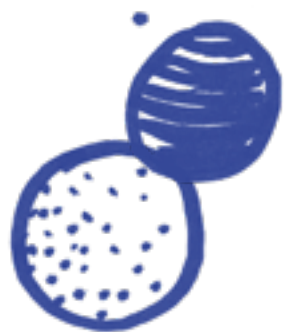
Aula expositiva sobre as etapas de formação do Universo e seus principais componentes químicos para que os estudantes conheçam a origem do Universo e a formação posterior do planeta Terra.

A inspiração para essa etapa é o vídeo “Construindo o Planeta Terra”, disponível no Youtube pelo link youtu.be/MPATtHrY1AM. Já a parte prática será conduzida pelo professor a partir da divisão dos estudantes em grupos, para que eles correlacionem as etapas de formação do Universo e da Terra e os fenômenos físicos e químicos necessários para essas transformações. No fim, todos os estudantes irão montar um mural sobre o tema “De onde viemos?”

ETAPA 4 – REAÇÕES NUCLEARES

Tempo de duração: 50 minutos

O professor realizará um experimento para demonstrar que o Universo está em constante transformação. Para isso, ele precisará de miçangas de duas cores. As miçangas da cor A representarão os prótons. Já as de cor B representarão os nêutrons. Ao saber que o total de miçangas antes e depois da transformação deverá ser iguais, os estudantes podem descobrir o número de massa ou o número atômico do elemento que está faltando. Por exemplo: se no primeiro momento temos 20 miçangas azuis representando prótons e 28 miçangas vermelhas representando nêutrons, após a trans-



formação nós devemos ter a mesma quantidade.

ETAPA 5 – VISITAS AO PLANETÁRIO DO RIO E AO MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS

Visitas ao Planetário do Rio e ao Museu de Astronomia, a fim de aprofundar os conhecimentos acerca do nosso planeta e do Sistema Solar.

ETAPA 6 – ENCONTRO COM ESPECIALISTA

Tempo de duração: 1h10

Palestra com especialista na área de cosmologia, com o objetivo de aproximar os estudantes da Educação Básica ao que há de mais atual em termos de conhecimento. É importante ressaltar que a visitação a esses espaços de divulgação científica facilita o entendimento dos alunos sobre os assuntos abordados neste plano de aula de forma concreta. Além disso, almeja-se promover a inclusão dos alunos com algum tipo de deficiência, seja ela de qualquer natureza, ao conhecimento.



Referências

- DAMINELLI, A. Hubble: a expansão do Universo. São Paulo: Odysseus, 2003.
 FERRIS, T. O despertar da Via Láctea. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
 GLEISER, M. A dança do Universo. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.
 KEPLER, S.O.; SARAIVA, M.F. Astronomia e Astrofísica. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.



RESULTADOS

Com este plano de aula pretende-se construir uma metodologia de ensino de astronomia inovadora, motivadora e interessante para os estudantes dos anos finais da Educação Básica, de modo que eles desenvolvam continuamente a capacidade investigativa, permeando diversas áreas do conhecimento como agentes no processo de ensino-aprendizagem.



capítulo 2

TERRA E BIOSFERA

A vida envolve a Terra com sua diversidade e sua exuberância. Vai dos polos gelados ao calor das florestas tropicais, preenchendo a água, o solo e o ar com milhões de espécies que ao longo do tempo deixaram registros nas rochas como se essas fossem um grande livro geológico. Se for assim, o capítulo mais recente dessa história está sendo escrito pelos humanos – o Antropoceno. A pergunta é: nós teremos um final feliz?



artigo

TERRA: DA ORIGEM AO ANTROPOCENO

POR HERMÍNIO ISMAEL DE ARAÚJO JÚNIOR

Paleontólogo, professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

O tempo é um dos bens mais preciosos em nossas vidas. Corre, cura, voa, urge, passa, diz, apaga... O tempo é o senhor da vida, o tempo recente e o tempo profundo. O tempo recente é o nosso tempo, o tempo da História, das pirâmides do Egito, das grandes navegações, da chegada dos humanos às Américas, da Revolução Industrial, da queda do império, do dia a dia. O tempo profundo é um mergulho no desconhecido, no mar das evidências, no oceano das rochas e dos fósseis. São esses elementos os escritos capazes de nos fazer compreender a história do nosso planeta e a raiz do ser. E quanto tempo tem esse tempo? Quem o viu? Se não estávamos aqui, quem o cronometrou e dividiu? A geologia estuda esse tempo profundo (não por acaso também conhecido como tempo geológico). E os geólogos e paleontólogos construíram o conhecimento sobre ele ao longo de séculos de aprimoramento do pensamento científico.

Qual é a idade da Terra?

As primeiras estimativas sobre a idade da Terra estiveram fortemente fundamentadas no conhecimento religioso, remetendo-

do-nos ao século 17, quando o Bispo James Usher [1581-1656] determinou, por meio de estudos genealógicos de relatos bíblicos, a idade do nosso planeta. Usher apontou que a Terra teria sido originada especificamente em 23 de outubro de 4004 a.C. (um pouco mais que 6.000 anos atrás). Indicou ainda que Adão e Eva teriam chegado ao paraíso em 10 de novembro do mesmo ano e que, em 5 de maio de 2348 a.C., a Arca de Noé teria tocado o Monte Ararate. A estimativa de Usher perdurou até o início do século 20 (isso mesmo, início do século 20!), quando o conhecimento científico começou a suplantá-lo. No entanto, tal estimativa ainda está presente nos dias atuais. Pergunte aos seus colegas de trabalho ou a um vizinho sobre qual é a idade da Terra. Certamente, você ouvirá de alguém o valor de 6.000 anos.

Mais tarde, diversos pensadores, incluindo filósofos e naturalistas, começaram a discordar da estimativa de James Usher e decidiram sugerir novas idades à luz do rigor científico. Entre eles estão James Hutton [1726-1797], considerado o pai da Geologia moderna; Charles Darwin [1809-1882], revolucionário da Biologia com as teorias da seleção natural e da evolução; William Thompson “Lord Kelvin” [1824-1907], renomado físico; e o casal Pierre [1859-1906] e Marie Curie [1867-1934]. Os três primeiros cientistas desempenharam papel importante em seus campos de pesquisa (Geologia, Biologia e Física), revelando um novo mundo pautado pelo conhecimento científico capaz de desvendar a natureza ao nosso redor. Embora tenham sido muito importantes, do ponto de vista do tempo geológico não conseguiram estimar adequadamente o tempo total de existência da Terra. O casal Curie, porém, deu o pontapé inicial para avançarmos em direção à estimativa mais aceita atualmente para a idade do nosso planeta: descobriram a radioatividade de elementos químicos. Ganham, com isso, o Prêmio Nobel de Física em 1903.

A atual idade da Terra e a divisão do tempo geológico

A descoberta da radioatividade permitiu que diversos minerais pudessem ser datados. Tal fato revolucionou as ciências naturais (Geologia, Paleontologia, Arqueologia, entre outras), pois possibilitou estimar a idade do registro geológico do planeta e, assim, revelar a atualmente mais aceita idade da Terra, bem como dividir tal tempo a partir da datação dos grandes eventos registrados nas rochas. Mas, se queríamos saber a idade do mundo, qual objeto que deveria ser datado para dar o número mais preciso? As rochas da superfície? O núcleo do nosso planeta (inacessível a nós, humanos!)? O fundo oceânico? Resposta: nenhuma das opções anteriores.

Um meteorito. Isso mesmo, um meteorito! Em 1956, o americano Clair Patterson [1922-1995] utilizou um meteorito para estimar a idade mais aceita atualmente para a Terra. Na época, já era sabido, a partir de uma ciência denominada Geofísica, que o interior da Terra era constituído de ferro e níquel. Embora não tivéssemos tecnologia suficiente para acessar o interior do plane-

ta, a descoberta geofísica serviu de base para a caçada de corpos extraterrestres de igual composição química que tivessem sido possivelmente originados ao mesmo tempo em que o nosso planeta – certamente em uma mesma explosão. Meteoritos que vagam no nosso Sistema Solar tornaram-se o alvo dessa busca. Clair estava no local certo na hora certa: achou o meteorito certo. Datou. Revelou a idade do nosso planeta: aproximadamente 4,56 bilhões de anos. Embora tivesse rostinho de 6.000 anos, a Terra era bem mais velhinha do que imaginávamos. Nada melhor do que alguns retoques ao longo dos últimos milhões de anos para apagar velhas cicatrizes!

Pronto! A idade do nosso planeta estava cientificamente estimada. O tempo profundo era realmente muito profundo. Mas o tempo, para ser estudado, precisaria ser dividido. Um novo desafio estava posto: Como dividir 4,56 bilhões de anos se a nossa espécie só passou a existir a partir dos últimos 300 mil anos? Quais seriam os elementos presentes em nosso planeta que poderiam ser úteis para tal subdivisão? A chave estava nas rochas e nos fósseis. Como páginas de um livro, são esses elementos que contam a história do nosso planeta e que marcam os grandes eventos ocorridos ao longo da História da Terra. São os mais fiéis arquivos da nossa existência. A partir deles, dividimos o tempo geológico em eras, períodos, épocas e idades. Criamos termos clássicos como “Era Paleozoica”, “Era Mesozoica”, “Era Cenozoica”, “Período Jurássico” e “Período Cretáceo”. Definimos ainda outros tantos termos menos formais, como por exemplo, “Era do Gelo”, “Era dos Dinossauros” e “Era dos Trilobitas”. A ciência evoluiu. Novos métodos de determinação do tempo foram aprimorados, permitindo, cada vez mais, refinar o conhecimento sobre a idade do nosso planeta.

Nas últimas décadas, o conhecimento a respeito do Tempo Geológico passou a ser sistematizado e padronizado, permitindo que o mundo todo pudesse falar uma mesma “língua geológica”. Atualmente, a *International Commission on Stratigraphy* (ICS; em língua portuguesa: Comissão Interna-

cional de Estratigrafia] – ramo da *International Union of Geological Sciences* (IUGS; em língua portuguesa: União Internacional de Ciências Geológicas] – é a responsável pela elaboração e pela divulgação da tabela oficial do Tempo Geológico. A cada atualização advinda de trabalhos científicos publicados em todo o globo, a ICS publica uma nova edição da tabela, permitindo que geocientistas do mundo tomem nota das mais refinadas idades que estimam divisões do nosso tempo profundo. Para se ter uma ideia da velocidade do avanço do conhecimento geocientífico, a Tabela da ICS teve oito edições somente no ano de 2018.

Estimando idades

Há duas formas de estimarmos a idade da Terra: a partir de datações relativas e de datações absolutas. Datações relativas são aquelas em que se estima a temporalidade de um evento em relação a outro, sem uma atribuição numérica. Para fins didáticos, pense em um bolo, onde as camadas mais inferiores foram colocadas antes das mais superiores; ou em um conjunto de fotografias, onde em uma primeira foto vê-se apenas uma pessoa e, em uma foto seguinte, veem-se duas. Fotos que contenham apenas a primeira pessoa são de um tempo relativamente mais antigo do que fotos que contenham as duas.

Já as datações absolutas consistem naquelas onde um número específico é atribuído a um determinado elemento. Na maioria dos casos, se baseiam na radioatividade proposta no início do século 20 por Marie e Pierre Curie. Quando falamos em idades absolutas estamos falando em números: 353.886.002 anos; 13.506 anos; 1.808.345.778 anos... Fósseis, rochas e muitos outros elementos químicos podem ser datados e fornecer idades absolutas e, assim, auxiliar na determinação das idades dos diferentes eventos ocorridos ao longo da história da Terra. Diversos métodos de datação absoluta foram aprimorados ao longo do século 20, ampliando, assim, o número de materiais a serem datados e o espaço temporal de alcance de idades. Sem dúvida, entre os métodos mais conhecidos está a famosa datação por Carbono 14 (C₁₄), amplamente divulgada entre cientistas e a sociedade em geral.

E se a história do planeta fosse resumida em um ano?

Um pequeno parêntese para responder a uma pergunta que você pode estar se fazendo. Os cosmólogos afirmam que o Big Bang que deu origem ao Universo ocorreu há 14 bilhões de anos. Já os geólogos dizem que a Terra tem 4,56 bilhões de anos. E os paleontólogos, que a nossa espécie tem 300 mil anos. Existe um jeito de transformar todos esses anos em uma escala mais próxima da nossa? A resposta é sim. Em um ano. É o que mostra o calendário ao lado. Imagine só: se a história do Universo fosse resumida em um ano, nós teríamos surgido no dia 31 de dezembro.

Antropoceno: O humano como uma força geológica

Mais recentemente, temos visto que a espécie humana tem sido responsável por grandes transformações em nosso planeta. Sinceramente, muitas dessas modificações dizem respeito a impactos negativos relacionados à nossa existência. São impactos relativos ao aumento descontrolado da população humana, ao consumo excessivo, ao crescimento desordenado das cidades, ao aumento da exploração e ao consumo de combustíveis fósseis, à amplificação da agricultura, entre outros. Além do impacto ambiental nítido, tais atividades têm deixado vestígios capazes de ficar preservados no registro geológico do nosso planeta.

“Antropoceno” foi o termo cunhado pelo biólogo Eugene Stoermer em 1980 para tratar desse tempo marcado pelos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente. O termo ganhou relevância à luz das discussões ambientais que pautaram a segunda metade do século 20 e os primeiros anos do século 21. No ano 2000, o químico Paul Crutzen, em parceria com Stoermer, determinou que o termo “Antropoceno deveria ser aplicado à época na qual os impactos humanos sobre o planeta deixam registros geológicos. Era o enraizamento geológico do termo, isto é, começava a discussão do impacto humano à luz do rigor do conhecimento geocientífico.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
										
1º janeiro O Big Bang		Formação da Via Láctea					Formação do Sol e dos planetas	Formação do organismo unicelular, a forma de vida mais antiga existente		Formação dos primeiros organismos multicelulares
DEZEMBRO										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15 Explosão Cambriana, com a formação acelerada de novas formas de vida	16	17 Emergência dos primeiros vertebrados	18 Primeiras plantas terrestres	19	20 Primeiros animais com quatro membros	21 Variedade de insetos começa a aumentar	22
23	24 Aparecem os primeiros dinossauros	25 Aparecem os primeiros ancestrais dos mamíferos	26	27 Primeiros pássaros conhecidos	28	29 Dinossauros são extintos pela colisão de um asteroide ou cometa com a Terra	30	31 10h15: Aparecem os macacos 21h24: Primeiros ancestrais dos humanos a andar de pé 22h48: Aparece o Homo erectus 23h54: Aparecem os humanos anatomicamente modernos 23h59m45s: Invenção da escrita 23h59m50s: Construção das pirâmides do Egito 1 segundo antes da meia-noite: Viagem de Cristóvão Colombo		

Paul e Eugene definiram que o marco do início do Antropoceno seria a Revolução Industrial, fenômeno ímpar da nossa História, iniciado em 1760, e que promoveu profundas transformações em nossos modos de vida. Mas, nos últimos 19 anos, diversos pesquisadores, incluindo biólogos, químicos, geólogos, historiadores e ambientalistas, entre outros, debruçaram-se sobre o Antropoceno, discutindo, entre outros aspectos: (i) se o conceito deve ser formalizado pela ICS na Tabela do Tempo Geológico; (ii) a data de início do Antropoceno; (iii) os marcadores do seu início; e (iv) o nível hierárquico em que o Antropoceno deveria ser enquadrado caso fosse incorporado à Tabela do Tempo Geológico

[se seria uma idade, uma época ou um período]. Essa é uma questão ainda em aberto no cenário geocientífico mundial. Estamos testemunhando e acompanhando o desenrolar dessa discussão. Entre 2 e 8 de março de 2020, geocientistas de todo o mundo se reunirão no 36º Congresso Internacional de Geologia, a ser realizado em Delhi, na Índia, para decidir se o Antropoceno deverá ser formalizado na Tabela do Tempo Geológico. Acompanhemos tal conclusão. Estamos testemunhando a História se desenrolar aos nossos olhos. Estamos vendo a História, recente e profunda, a História da ciência, do planeta, a nossa História.

artigo

A ORIGEM DA VIDA

POR ALEXANDER W. A. KELLNER

Paleontólogo, é diretor do Museu Nacional da UFRJ e membro da Academia Brasileira de Ciências

Poucos são os temas que fascinam mais as pessoas do que a origem da vida. De onde viemos, para onde vamos e como tudo o que está a nossa volta surgiu? Desde os tempos da Grécia antiga, passando pelos clássicos experimentos de Stanley L. Miller e Harold C. Urey na década de 1950, que revelaram a facilidade da criação de moléculas orgânicas em laboratório, muito aconteceu. Porém, mesmo assim, ainda não fomos capazes de gerar um ser vivo a partir de um conjunto de moléculas. Aliás, estamos bem longe disso.

O estudo sobre a origem da vida tem diferentes enfoques e problemas a serem enfrentados. Então, o que será que a ciência já desvendou?

Definição de vida

Antes de abordar as evidências da origem da vida apresentadas pela ciência, é importante definir quando podemos considerar que um conjunto de moléculas está “vivo”? Talvez não seja uma surpresa que existem diferentes definições e interpretações do que se constitui vida. A minha definição favorita, que certamente já foi dita dessa ou de forma semelhante por outras pessoas é a seguinte: *vida é uma doença terminal, que pode ser transmitida sexualmente...*

Falando de uma forma, digamos, mais séria, uma das melhores definições do que constitui uma vida foi apresentada pelo Nasa Astrobiology Institute, e pode ser traduzida como **um sistema químico auto-replicativo que evolui como consequência da sua interação com o meio**. Para a maioria dos autores que trabalham com o assunto, todo ser vivo possui algumas características que são listadas a seguir.

- Todo ser vivo é formado por uma ou mais células. Lembrando que as células são a unidade básica da vida
- Possui homeostase, o que significa que o ser vivo consegue manter a sua integridade física e química dentro de uma pequena faixa de variação
- Passa por etapas distintas desde a concepção até a morte
- Cresce com absorção e excreção de matéria
- Responde a estímulos do meio no qual vive



- Possui a capacidade de reproduzir outros indivíduos com as mesmas características, podendo sofrer mutações durante esse processo
- Possui a capacidade de evoluir e de se adaptar

A ideia de que organismos vivos podiam surgir a partir de matéria inanimada é bastante antiga, mas foi difundida mundialmente apenas após os escritos do filósofo grego Aristóteles [384 AEC. – 322 AEC.]. Baseado em inúmeras observações através das quais considerava a existência de um princípio ativo gerador da vida, Aristóteles defendeu a ideia de que animais se originavam sem nenhuma ação externa, ou evidências de reprodução, a partir de matéria morta, em especial matéria orgânica em putrefação. O surgimento de larvas em carne apodrecida era o melhor exemplo da suposta comprovação de suas ideias, que influenciaram pesquisadores por 20 séculos. Essa teoria ficou conhecida como “geração espontânea”.

A geração espontânea foi colocada em dúvida algumas vezes, particularmente por meio dos experimentos do biólogo italiano Francesco Redi [1626-1697]. Em 1668, Redi pegou alguns frascos de vidro, onde colocou carne em estado de decomposição. Fez três conjuntos de frascos: totalmente selados, totalmente abertos e outros cobertos por gaze. Observou que larvas se originaram nos frascos abertos ou cobertos por gaze, mas não nos frascos hermeticamente fechados. Apesar de causar dúvidas para muitos, as ideias da geração espontânea de Aristóteles continuaram predominantes.

Apenas com a descoberta dos microrganismos, que podem estar presentes também no ar, e com os experimentos realizados em 1861 pelo microbiólogo francês Louis Pasteur [1822-1895], a geração espontânea foi desacreditada definitivamente. Pasteur fez um experimento utilizando um recipiente desenvolvido por ele que ficou conhecido como “pescoço de cisne”: uma cápsula de vidro, onde o gargalo foi alongado e curvado. Em diversos desses recipientes ele colocou um caldo com matéria orgânica e os ferveu – matando todos os microrganismos. Depois de esfriar, ob-

servou que não havia nenhuma modificação – ou seja, nada de vida. No entanto, ao quebrar o “bico” dos frascos, fazendo com que o ar entrasse diretamente em contato com o “caldo orgânico”, logo os microrganismos proliferaram. Assim, Pasteur concluiu que a “geração espontânea” não existia e que os organismos vivos eram resultado da ação de outros organismos. No caso da carne, as larvas surgiram após as moscas postarem ali os seus ovos.

Voltou-se, assim, à estaca zero. A vida não podia ser gerada espontaneamente, mas qual seria, então, o seu mecanismo gerador?

Antes de prosseguir, um ponto deve ser deixado bem claro: a vida se originou quando as condições do nosso planeta eram bem diferentes das condições atuais. Por exemplo: não havia oxigênio livre na atmosfera, tão essencial para a vida tal qual a conhecemos. Foi justamente esse o ponto de partida do bioquímico soviético Alexander Oparin [1894-1980] em 1924. No Hadeano (do grego *hades*, que significa inferno) – período geológico que vai de 4,56 bilhões de anos, quando o planeta Terra se formou, a 4 bilhões de anos atrás - a atmosfera era redutora, composta por hidrogênio (H₂), metano (CH₄) e amônia (NH₃), além de vapor d’água (H₂O).

Segundo Oparin, essa atmosfera, exposta a várias fontes de energia (descargas elétricas, raios solares e calor vulcânico) teria dado possibilidade para o surgimento de compostos orgânicos simples (monômeros) que foram sendo acumulados em diferentes partes do oceano, que se originou muito cedo (~4-4,2 bilhões de anos), com o resfriamento da Terra. Com o passar do tempo, essa acumulação produziu uma “sopa orgânica”, que teria facilitado o surgimento de compostos orgânicos mais complexos (polímeros), que se agregaram em uma estrutura rodeada por uma membrana – que ele denominou “coacervados”. A partir destes, teriam surgido as primeiras formas de vida. De forma independente, o biólogo e geneticista britânico John B. S. Haldane [1892-1964] chegou a conclusões similares em 1929, fazendo com que essa teoria seja comumente referida como a Teoria de Oparin e Haldane.

Algumas décadas depois, as ideias de Oparin e Haldane foram confirmadas experimentalmente pelos químicos americanos Stanley L. Miller [1930-2007] e

Harold C. Urey [1893-1981]. Nesse experimento, realizado em 1953 e que se tornou um clássico, foi gerada em laboratório uma simulação da atmosfera terrestre primordial e, com descargas elétricas, foram obtidas algumas moléculas orgânicas [aminoácidos] simples.

Evolução da vida primordial

O experimento de Miller e Urey gerou uma grande expectativa no meio científico: se uma simulação tão simples resultou na geração de moléculas orgânicas, essenciais para o desenvolvimento da vida, então não tardaria para que os cientistas dessem o passo seguinte: produzir, em laboratório, um organismo vivente! Porém, não foi assim. Nenhum laboratório conseguiu realizar essa proeza até o momento.

Existe uma certa dúvida se a composição da atmosfera que Oparin e Haldane hipotetizaram seria redutora (como no experimento original de Miller e Urey) ou diferente, com a presença de dióxido de carbono [CO₂], monóxido de carbono [CO], nitrogênio [N₂], sulfeto de hidrogênio [H₂S] e dióxido de sulfeto [SO₂]. Porém, é consensual entre os pesquisadores a ausência de oxigênio livre. Mesmo se a composição da atmosfera primordial fosse diferente, experimentos posteriores demonstraram que havia totais condições para a formação de uma variedade de compostos orgânicos que se concentrariam na suposta “sopa primordial”.

Entretanto, nem todos esses compostos orgânicos possuíam a mesma estabilidade química, havendo, assim, uma seleção natural com um acúmulo daqueles mais estáveis. Esse processo é denominado “evolução química” ou “pré-biótica”. A energia para essas reações químicas seria fornecida pela radiação solar (não existia a camada de ozônio protegendo a superfície) e por descargas elétricas, além do vulcanismo intenso presente naquele momento do nosso planeta. Em seguida, haveria a geração de compostos orgânicos simples como aminoácidos, açúcares, bases nitrogenadas, nucleosídeos [base nitrogenada + açúcar] e até nucleotídeos, os precursores dos ácidos nucleicos – o RNA e o DNA. Esses pequenos blocos estruturais, também chamados de biomônômeros, foram polimerizados gerando polímeros, que são macromoléculas.

Existem dúvidas sobre como os biomônômeros se estruturaram para formar as macromoléculas – ou biopolímeros. Ou seja, como os aminoácidos formaram as proteínas, como os monossacarídeos resultaram

nos polissacarídeos e como os nucleotídeos geraram o RNA e o DNA? São perguntas importantes que ainda não possuem respostas adequadas.

Outro passo fundamental para o surgimento da vida foi o desenvolvimento da capacidade de transmitir informações genéticas de uma geração para outra. Apesar de o código genético ser controlado pelo DNA [por processos complexos, envolvendo proteínas que não existiam na “sopa primordial”], pesquisadores acreditam que o RNA surgiu primeiro como molécula a transmitir informação. Isso se deve ao fato de o RNA poder catalisar a sua própria replicação e a sua capacidade de sintetizar algumas proteínas. Depois, por processos novamente desconhecidos, teria surgido o DNA, que tornou o repasse de informação mais eficiente.

O passo seguinte é o decisivo para a transição de um mundo químico para um mundo com vida: o surgimento da célula. Todas as funções vitais de um organismo ocorrem nas células, que possuem uma membrana isolando e protegendo o seu interior [o citoplasma, as organelas e o material genético]. Pesquisadores acreditam que biopolímeros se agrupavam, tornando-se mais estáveis, e, assim, conseguiam ter um controle melhor do ambiente ao redor. Com o aumento da complexidade, houve o desenvolvimento da membrana celular, que promove a compartimentalização da célula, concentrando moléculas no seu interior e facilitando as suas interações químicas. Essa inovação fez com que algumas moléculas catalisassem novas combinações enquanto outras [autorreplicáveis] controlavam as reações metabólicas. Assim, surgia o primeiro ser vivo. Este deve ter sido muito parecido com os microrganismos unicelulares modernos que são as bactérias e as arqueias – estas últimas são encontradas em ambientes externos como lagos hipersalinos, ambientes sulfurosos e fontes hidrotermais. São chamadas de “extremófilos”, e muitos pesquisadores defendem que organismos desse tipo devem ter sido os primeiros a surgir na face do nosso planeta, possivelmente tendo se desenvolvido em fontes hidrotermais que devem ter sido bastante comuns nos oceanos primordiais.



Existem propostas alternativas para o surgimento da vida no nosso planeta. Uma das mais interessantes é conhecida como panspermia. Essa hipótese tem por base que a vida exista em todo o Universo, tendo sido trazida para a Terra por meio de meteoritos ou asteroides que continham microrganismos resistentes às condições extremas fora do nosso planeta. Houve, inclusive, um meteorito, Murchison, que em 1969 caiu nas proximidades da cidade de mesmo nome, na Austrália. Analisado, esse meteorito revelou a presença vários aminoácidos. Apesar de interessante, a panspermia não resolve as questões do surgimento da vida, apenas a transfere para algum outro ponto do Universo.

A história da evolução da vida não termina por aí...

A primeira grande extinção

Há bilhões de anos, o nosso planeta era muito diferente dos dias de hoje. Atmosfera sem oxigênio livre, com muito dióxido e monóxido de carbono [CO₂, CO] e gases como sulfeto de hidrogênio [H₂S], dióxido de sulfeto [SO₂] e metano [CH₄]. Raios ultravioletas atingindo a superfície do planeta de forma intensa devido à ausência da camada de ozônio [O₃], temperaturas chegando a ultrapassar 200°C, vulcanismo intenso e descargas elétricas violentas. Em suma: o mais próximo do que se pode imaginar seriam as condições do inferno se esse existisse! Paradoxalmente, foram nessas condições que surgiu a vida.

Existem duas teorias sobre como os primeiros organismos obtinham energia para o desenvolvimento das atividades vitais para sua sobrevivência [metabolismo]. Uma corrente defende que os primeiros seres vivos eram autotróficos, ou seja: eles próprios geravam a energia de que necessitavam. São dois os processos de obtenção de energia dos organismos autotróficos: quimiossíntese e fotossíntese. No caso da quimiossíntese, a energia [ATP] é obtida em reações químicas inorgânicas, na ausência de luz, e o alimento é sintetizado a partir da redução do CO₂. Esse é o caso das arqueias e também de muitas bactérias. Já os organismos fotossintetizantes, como as cianobactérias, também utilizam o CO₂, gerando ATP, mas na presença de luz.



Uma segunda corrente de pesquisadores defende que os primeiros seres vivos eram heterotróficos, obtendo os nutrientes do próprio meio onde viviam – a sopa primordial, rica em compostos orgânicos. Apesar de o ambiente ser rico, ele não era inesgotável. Assim, segundo muitos cientistas, houve a primeira grande crise para a vida: a limitação do ATP.

À medida em que essas moléculas escasseavam, gerando uma verdadeira crise energética, teria havido uma grande extinção dos organismos existentes naquele tempo e o surgimento de outros que conseguiam quebrar moléculas orgânicas para utilizar a energia liberada para a geração do tão necessário ATP. Como não havia oxigênio livre, o processo que as formas de vida heterotróficas sobreviventes desenvolveram foi a fermentação. Fungos e muitas bactérias fazem isso hoje em dia.

A escassez de alimento fez com que os organismos autotróficos tivessem uma vantagem adaptativa sobre os demais. Dentro desse contexto, surgem, nos oceanos, os organismos fotossintetizantes, as cianobactérias. Estas diferem das demais bactérias pela presença de cloroplastos, organelas verdes especiais encontradas no citoplasma que transformam CO₂ em energia, produzindo como refúgio o gás oxigênio. E, com isso, uma nova crise se instala no nosso planeta.

A hecatombe do oxigênio

Estando situado no mar, o oxigênio produzido pelas cianobactérias “envenenou” a vida ao seu redor, que havia se estabeleci-

do e se adaptado em ambientes desprovidos de O_2 . Apesar de a produção do oxigênio nos oceanos ter começado há pelo menos 3,5 bilhões de anos, demorou muito para que esse gás se acumulasse na atmosfera. Isso, pelo fato de que havia muito ferro disponível no ambiente terrestre sendo carregado para os oceanos. Na presença do oxigênio, esse ferro oxidou e se depositou na forma de minério de ferro bandado (*banded iron formation* - BIFS). À medida em que o ferro já não mais existia em abundância para neutralizar o oxigênio, este passou a se acumular na atmosfera, o que aconteceu a partir de 1,8 bilhão de anos. E nova revolução na vida do planeta se instaurou: o surgimento da respiração celular.

A respiração celular foi desenvolvida por algumas bactérias, que passaram a utilizar o oxigênio para oxidar dentro da célula compostos orgânicos, liberando energia e produzindo ATP. O mais interessante: a eficiência desse processo é da ordem de 20 vezes superior à da fermentação. Novamente o processo de seleção entra em cena, onde formas de vida que melhor podiam utilizar o O_2 passaram a ser dominantes.

A partir daí, a evolução da vida foi um “pulo”. Dos organismos procariontes surgiram os eucariontes e a diversificação da vida se tornou abundante, com o surgimento de seres cada vez mais complexos.

Evidências no registro fóssil

Como se pode imaginar, as evidências diretas das primeiras formas de vida não são fáceis de ser obtidas. O registro fóssil mais antigo de microrganismos é atribuído ao domínio Archaea. Esses microrganismos supostamente possuíam o seu metabolismo baseado em enxofre, e são procedentes de rochas com aproximadamente 3,4 bilhões de anos situadas no Oeste da Austrália [Strelley Pool Formation]. Também desse país provêm as evidências dos procariontes fotossintetizantes mais anti-

gos, com aproximadamente 3,46 bilhões de anos [Grupo Warrawoona]. São rochas (bioconstruções) chamadas de estromatólitos que foram produzidas por cianobactérias. Essas estruturas podem ser encontradas ainda hoje em dia em Shark Bay, também na Austrália, por exemplo. Outros achados de microrganismos antigos são encontrados em várias partes do mundo como Canadá [Gunflint Chert, 2 bilhões de anos] e Escócia [Formação Cailleach Head, 1 bilhão de anos]. Os fósseis de eucariontes mais antigos são provenientes da Rússia [Formação Martinsburg, 1,9-1,6 bilhão de anos]. Já a evidência de organismos multicelulares vem de rochas com 1,3 bilhão de anos dos Estados Unidos, China e Índia.

Mas ainda existe muito a ser descoberto sobre a origem da vida e a evolução. Com a integração de dados da astrobiologia, da biologia molecular, da biofísica, da bioquímica, da geoquímica, da geologia, da oceanografia e da paleontologia, certamente chegaremos mais perto da resposta dessa que é uma das mais interessantes ou até mesmo perturbadoras questões que intrigam a humanidade – o surgimento da vida.



artigo

A DIVERSIDADE DOS SERES VIVOS E A PREVISIBILIDADE EM BIOLOGIA

POR CLAUDIA A. M. RUSSO

Bióloga, professora titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro

“As coisas são diferentes, isso torna a ciência necessária. As coisas são semelhantes, isso torna a ciência possível.”

Lewontin & Levins

Vamos iniciar analisando essa frase e sua relação com a diversidade biológica. Você já parou para pensar sobre como as espécies são diferentes e semelhantes ao mesmo tempo? Explico melhor. Não existem duas espécies idênticas, nem duas espécies totalmente diferentes. Aliás, mesmo se pensarmos em indivíduos de uma mesma espécie, mesmo comparando gêmeos idênticos, sempre terão diferenças entre eles. Porém, é o fato de que existem características compartilhadas entre as espécies que torna a biologia uma ciência possível. Por exemplo, estudando a coluna vertebral de uma espécie de vertebrado você também saberá um pouco mais sobre todos os outros vertebrados.

Imagine que está tendo uma infestação de baratas na sua casa. O que você pode fazer sobre isso? Bom, você iria ao supermercado, na seção de inseticidas, comprando o mais potente contra baratas. Chegaria em casa e, sem hesitação, usaria nas baratas da sua casa. Você verifica que funcionou e a infestação acabou. Mas como? Como o fabricante sabia que esse líquido iria matar a barata da sua casa, se nunca foi testado nela? Isso está relacionado com o compartilhamento de características, que tem como consequência a previsibilidade da biologia. Vamos refletir um pouco mais.

Explicar o motivo de dois humanos serem muito semelhantes e compartilharem muitas características, é simples. Somos parte da mesma espécie e, por isso, misturamos nossas características na reprodução. Se uma mulher tem nariz para cima e seu marido tem lábios grossos, seus filhos



Figura 1: O gorila (*Gorilla gorilla*) e a onça (*Panthera onca*) são duas espécies diferentes que compartilham uma série de características, comuns aos mamíferos, como as glândulas mamárias e os pelos. Nestas fotos, percebemos os pelos, características comuns aos mamíferos.

Figura 3: O gorila (*Gorilla gorilla*) e o chimpanzé (*Pan troglodytes*) também compartilham mais características do que o gorila compartilha com a onça. Um exemplo é o dedão opositor tanto dos pés como das mãos.

Figura 2: A onça (*Panthera onca*) e o guepardo (*Acinonyx jubatus*) compartilham mais características do que a onça compartilha com o gorila. Nessas duas fotos conseguimos, se olharmos com cuidado, perceber as garras dos felinos, que é uma característica exclusiva deles.

terão uma mistura de suas características. Assim, a reprodução explica o compartilhamento de características dentro de uma espécie. Entretanto, explicar como duas, que não se reproduzem, compartilham características, é bem mais complicado. Por exemplo, como explicar que leões, cachorros, baleias e lebres apresentam coluna vertebral, coração em quatro câmaras e glândulas mamárias?

Claramente, existe uma gradação, ou seja, algumas espécies compartilham mais características, como os mamíferos, como o gorila e a onça, que compartilham pelos e glândulas mamárias (e coluna vertebral, mitocôndrias, célula eucariótica...). Agora, será que existe um padrão geral no compartilhamento das características entre os seres vivos?

Deve existir, pois se o compartilhamento de características entre espécies fosse perfeitamente aleatório, seria impossível estudar biologia. Seria impossível termos um inseticida que mata baratas para as quais ele nunca foi testado. Se fosse perfeitamente aleatório,

teríamos que estudar cada detalhe de cada indivíduo para sabermos qualquer coisa sobre esse indivíduo. A previsibilidade em biologia, neste caso, seria nula.

A onça compartilha características com o gorila, mas se compararmos a onça com o guepardo esse número de características compartilhadas aumenta muito. A onça e o guepardo compartilham, por exemplo, a habilidade de retrair as garras e expô-las quando necessário. Essa, aliás, é uma característica que todos os gatos, membros da Família Felidae, têm em comum. Isso permite que tais garras sejam muito mais afiadas do que as de um cachorro, por exemplo, que não retrai suas garras. Essa é uma das razões pelas quais esses felinos são caçadores excepcionais.

Como a onça e o guepardo, o gorila compartilha muito mais características com o chimpanzé do que com os felinos. Entre as características que esses primatas compartilham estão o dedão opositor do pé e da mão. Essa é uma característica vantajosa para as espécies que vivem em árvores, como os grandes macacos. A maior parte dos primatas é de mamíferos arborícolas. Então é natural que eles tenham características associadas a esse hábito.

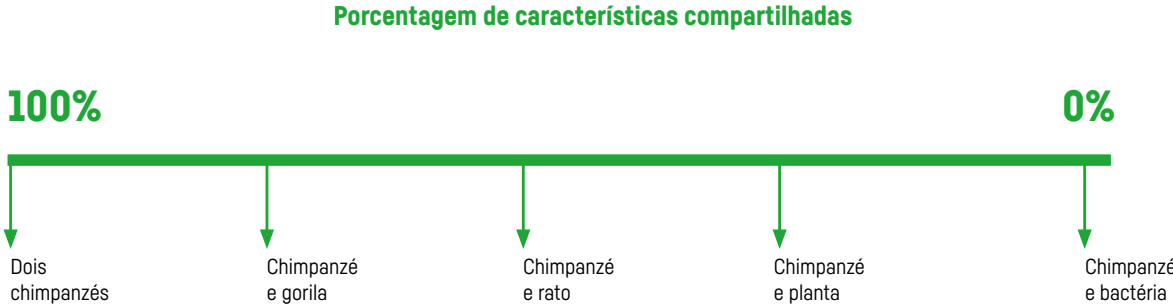


Figura 4. As características compartilhadas entre dois indivíduos podem ser alinhadas em uma escala, desde os que são praticamente idênticos até os muito diferentes, como o chimpanzé e uma bactéria.

Entretanto, como explicar o fato de que essas mesmas duas espécies de primatas tenham também características em comum com espécies com hábitos bem diferentes? Um exemplo seriam as glândulas mamárias compartilhadas com baleias ou a mitocôndria, com as plantas.

As diferenças e as semelhanças entre duas espécies podem ser colocadas em uma escala que mede essas diferenças e semelhanças entre elas [100% de compartilhamento a – quase – 0% de compartilhamento]. Onde o par de espécies se encontra nessa escala está associado ao tempo desde o ancestral em comum entre as duas espécies do par. Nesse caso, após o ancestral comum, elas deixaram de se reproduzir e se tornaram duas espécies diferentes. Assim, quando duas espécies apresentam uma porcentagem alta de compartilhamento, como o gorila e o chimpanzé, significa que o ancestral comum é recente. Isso significa que até pouco tempo elas eram uma única espécie. Nesse caso, o ancestral comum viveu há 10 milhões de anos. Repare que esse ancestral comum não era nem chimpanzé nem gorila, mas, provavelmente, tinha características dessas duas espécies.

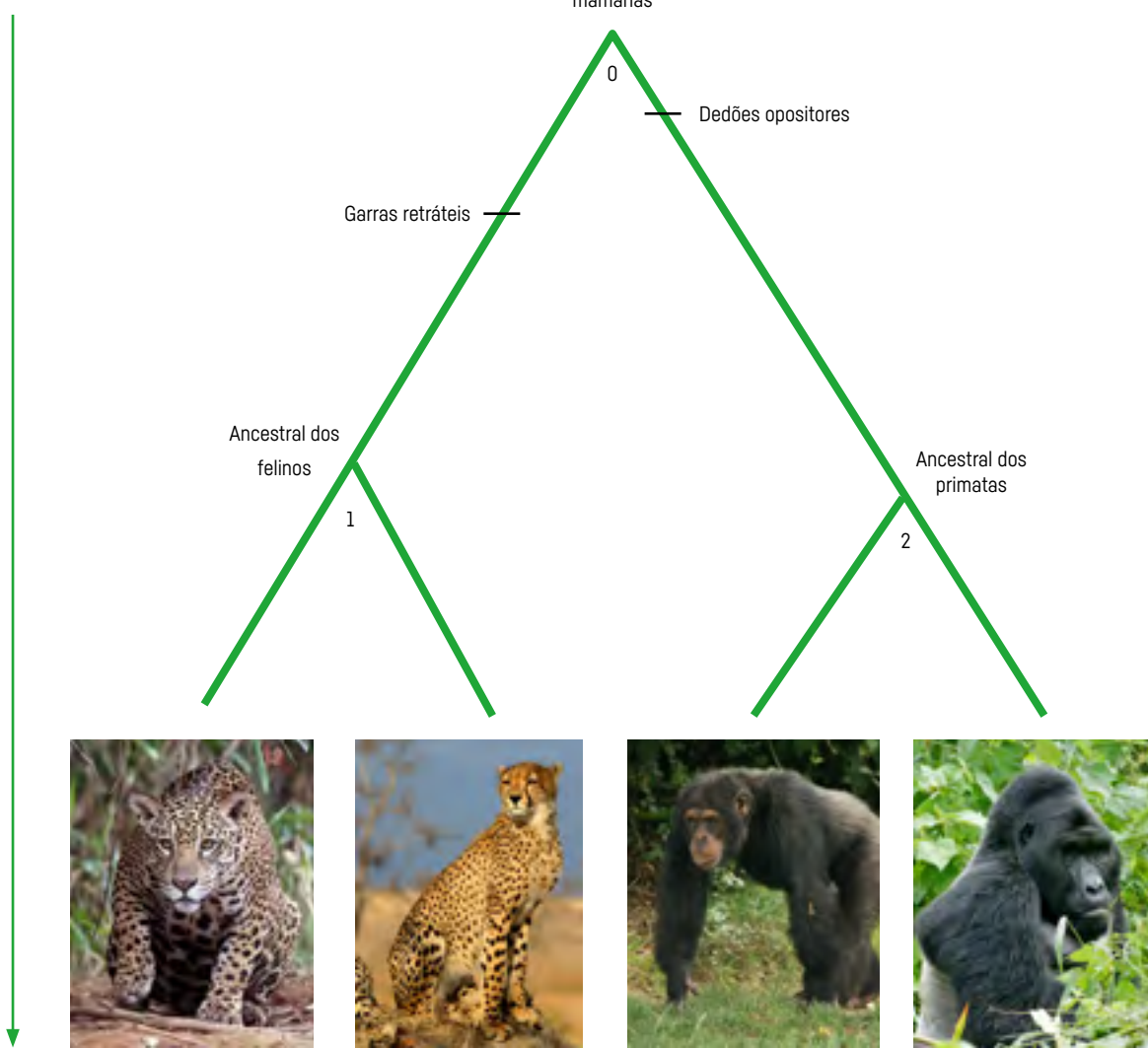
Esse processo, no qual uma espécie ancestral dá origem a duas espécies descendentes, é chamado de especiação. Ele é um processo comum e é o responsável pelo aparecimento de características novas exclusivas das linhagens. De uma maneira mais formal, nos

referimos a esse isolamento de linhagens como especiação que é a formação de duas espécies descendentes a partir de uma espécie ancestral. Os nós de uma árvore filogenética marcam os eventos de especiação, gerando as espécies descendentes.

A partir do isolamento geográfico, duas populações inicialmente idênticas passam a acumular características exclusivas de cada uma. Como existe o isolamento, elas não conseguem mais se cruzar nem misturar suas características. Desta forma, naturalmente, as duas iniciam o processo de diferenciação aos poucos. Ao fim de muitas gerações, elas acabam acumulando tantas diferenças que não conseguem mais se cruzar. A partir da especiação da população ancestral, as diferenças vão se acumulando nas populações que irão se transformar em duas espécies diferentes. Por isso, o número de características compartilhadas é inversamente proporcional ao tempo desde esse ancestral comum entre as espécies.

A sistemática filogenética associa os nomes taxonômicos a uma árvore filogenética, como mostra a figura na próxima página. Se isso acontecer, significa que grupos taxonômicos já foram uma espécie (ancestral) um dia (antes da especiação). Só grupos de uma árvore filogenética têm essa propriedade. Isso significa que, naquele momento em que eram ainda a espécie ancestral, eles estavam compartilhando todas as suas características. A sistemática filogenética é a única forma natural de classificar organismos, pois grupos de árvore filogenética já foram uma espécie um dia. Por isso, membros do grupo compartilham hoje características que conhecemos e que ainda vamos descobrir que eles compartilham. É a única classificação na qual os nomes taxonômicos estão associados à previsibilidade das características.

Antes



Hoje

Figura 5: Uma árvore filogenética retrata eventos de especiação que acontecem ao longo da evolução. A onça e o guepardo compartilham todas as características que os mamíferos compartilham e mais algumas só deles, como as garras retráteis. Da mesma forma, o chimpanzé e o gorila também compartilham dedões opositores.

Referências

Gorila: Por Postdlf, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11061305> Onça: Por Charles J Sharp - Obra do próprio, from Sharp Photography, sharpphotography, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44247651>
Guepardo: Por James Temple - <https://www.flickr.com/photos/jamestemple/312325101/>, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7823028>
Filogenia: Mulher CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1889576>
Chimpanzé By © Hans Hillewaert /, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16267899>
Bonobo Por © Hans Hillewaert /, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16264708>
Gorilla By Fiver Löcker from Wellington, New Zealand - Gorilla Tracking - 02, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8101455>
Eulemur fulvus Por David Dennis - originally posted to Flickr as Brown Lemur in Andasibe, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9002868>

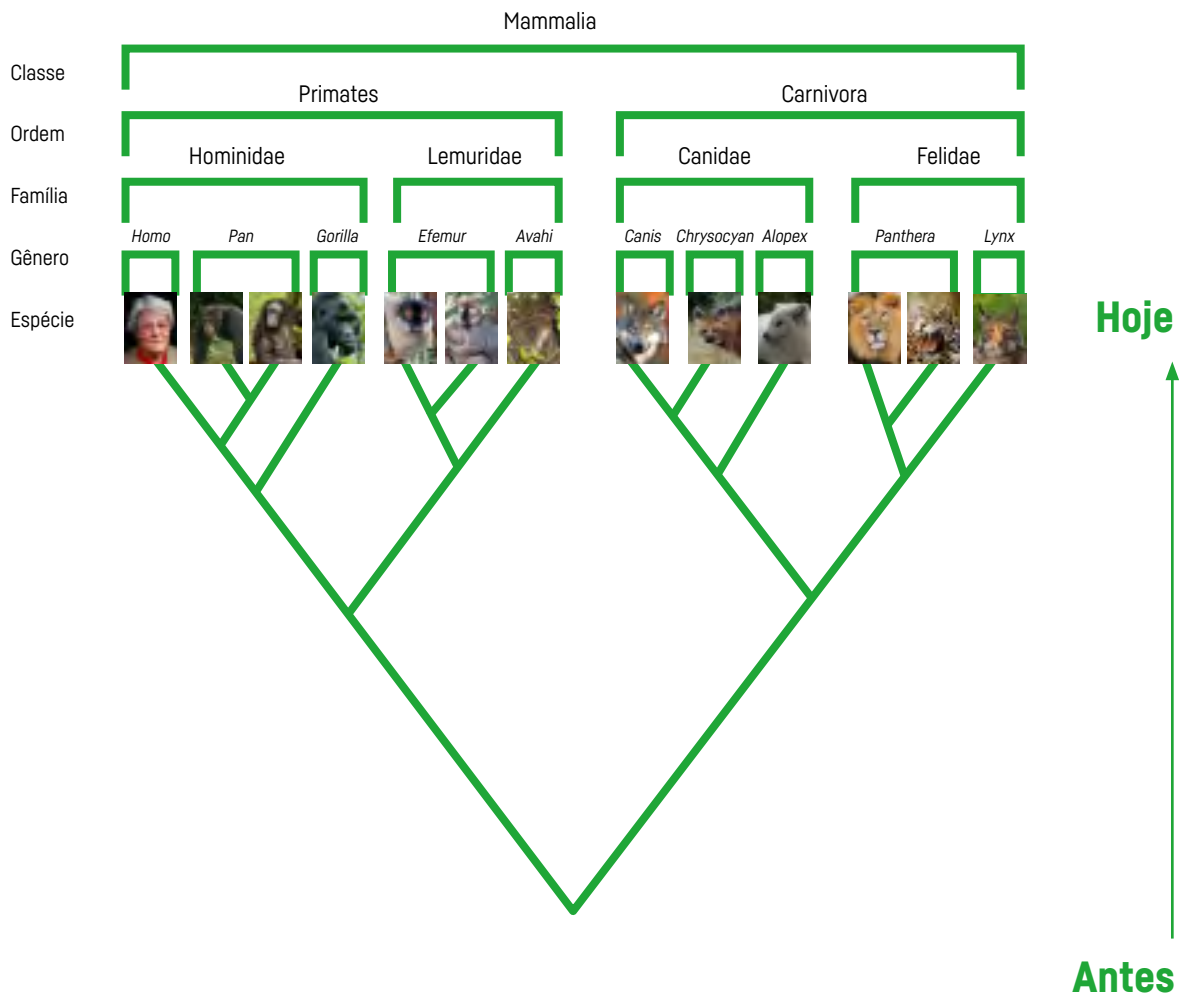


Figura 6: A única forma de classificação natural na Biologia é a sistemática filogenética.

Eulemur rufus Por Bernard Gagnon - Obra do próprio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3630320>
Avahi laniger By Alex Dunkel [Visionholder] - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9920687>
Panthera leo Por A.Savin [Wikimedia Commons · WikiPhotoSpace] - Obra do próprio, FAL, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45825652>
Panthera onca Por Kairos14 - Obra do próprio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32889453>
Lynx lynx Por Bernard Landgraf [User:Baerni] - Obra do próprio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=217822>
Chrysocyon brachyurus Por Aguará - Obra do próprio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40357029>
Canis lupus Por Gary Kramer <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30605>
Alopex lagopus CC BY-SA 2.0 de, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=444588>

experimento

A TERRA NA PALMA DAS MÃOS

POR NATHALIA WINKELMANN ROITBERG

Historiadora, gestora do Museu de Ciências da Terra | Serviço Geológico do Brasil – CPRM

DIOGENES DE ALMEIDA CAMPOS

Geólogo, curador de acervos do Museu de Ciências da Terra | Serviço Geológico do Brasil – CPRM



As ciências da Terra estudam os aspectos físicos, a formação estrutural e o funcionamento do nosso planeta. O Brasil, por sua extensão territorial e diversidade geológica e fossilífera, fornece importante material para a produção mineral. Entretanto, a grande importância das geociências para o país contrasta com a baixa popularização desses conhecimentos, que é agravada pela abordagem insuficiente nas escolas. Estratégias interativas e oficinas socioeducativas certamente ajudam a mudar essa realidade.

A história do Brasil e a história das geociências andam juntas. Antes mesmo da chegada dos portugueses em 1500, os povos nativos já utilizavam o solo e tinham conhecimento sobre alguns aspectos das geociências. Ainda no período colonial, os cientistas estrangeiros fomentaram no país as bases para a institucionalização da geologia. Mas foi só em 1907 que se deu a criação do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, primeiro em um prédio à Rua da Quitanda, no Centro do Rio de Janeiro, naquela época a capital da República, para logo depois ser transferido para o edifício da Urca que abriga o Museu de Ciências da Terra.

Hoje mais diversos e inclusivos, os museus ampliaram o seu potencial educativo mudando o foco dos objetos e acervos para a experiência dos sujeitos, o olhar do visitante, a estética do receptor. Nesse caminho, as estratégias de mediação no Museu de Ciências da Terra têm possibilitado a popularização das geociências. Assim, uma visita ao museu será sempre uma experiência de aprendizagem que professores e estudantes podem ter na companhia uns dos outros.

Mas, ante os desafios do ensino das geociências, o professor também pode atuar como o mediador dos museus atua, ouvindo todos, promovendo o debate, tornando-se a chave que abre as portas para a inclusão. Nesse sentido, a implementação de estratégias de engajamento e oficinas práticas possibilita ao professor construir o conhecimento na base do diálogo, promovendo novos saberes, novas culturas e qualificando o trabalho pelo respeito, pela autonomia e pela ética.

O aprendizado em geociências possibilita a compreensão da evolução da vida, a prospecção de minerais úteis, as mudanças climáticas e ambientais, a dinâmica da Terra e sua relação com os seres vivos, inclusive os humanos. Esses conceitos ainda são abordados no ambiente escolar de forma restrita à linguagem científica e à mídia, enfocando, sempre massivamente, os dinossauros: o que se denomina na educação em Ciências da Terra de “síndrome Jurassic Park”.

A *sandbox*, em português “caixa de areia”, é uma das mais recentes estratégias para fomentar o ensino de geociências, ultrapassando a sedução natural dos estudantes pelo mundo dos dinossauros. A caixa possui sensores que mostram as diferenças de altura entre os montes de areia, usando cores diferentes e realidade aumentada para explicar a topografia de um terreno. Enquanto uma ferramenta de aprendizagem investigativa, a *sandbox* estimula a criatividade e o raciocínio científico e, sobretudo, é uma maneira divertida de realizar uma aula prática para a fixação de conceitos geocientíficos, despertando o conhecimento investigativo em educação ambiental.

DO QUE VOCÊ VAI PRECISAR?

A caixa utilizada deve ter uma proporção de 4:3 para corresponder tanto ao campo de visão da câmera do Kinect quanto à área de cobertura do projetor. O tamanho da caixa é limitado pelas distâncias mínima e máxima da câmera Kinect e pela resolução desejada.

É importante que a caixa seja compatível tanto com o campo de visão da câmera do Kinect quanto com a área de cobertura do projetor. O ângulo do campo de visão da câmera do sensor Kinect é de cerca de 90°, por isso o “pescoço” deve ser o mais alto possível. A recomendação é utilizar uma caixa de 1 m x 0,75 m, com o sensor Kinect posicionado entre 0,4 m e 1 m de altura. Caso seja de interesse aumentar o tamanho da caixa de areia, a altura necessária para posicionar o sensor e o projetor também aumenta.

Além da caixa de areia, você vai precisar dos equipamentos e materiais para a construção da *sandbox* descritos a seguir. Adicionalmente, temos uma estimativa de custo para cada um deles. Sem o computador e o projetor, equipamentos que as escolas costumam ter, esse experimento custa pouco mais de R\$ 1.000; um investimento alto para uma pessoa, mas possível para um grupo ou para uma escola.

- 1 computador com uma excelente placa de vídeo e sistema Linux instalado R\$ 6.000
- 1 bom projetor com suporte R\$ 2.200
- 1 Kinect for Windows R\$ 280
- 1 cabo HDMI de longa extensão R\$ 50
- Areia (20 sacos de 20 kg. Atenção: a areia tem que ser lavada e bem fininha! Recomendamos o uso do produto comercial Sandtastik White Play Sand1, que possui excelentes propriedades de projeção R\$ 80
- Caixa 4:3 ou tábuas de madeira para confeccioná-la R\$ 200
- Parafusos, rodinhas e outras despesas R\$ 300

COMO FAZER?

1

O primeiro passo é ter acesso ao **Manual de Instalação, Configuração e Uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada** (KAWAWOTO, SATOSHI, 2016), disponível on-line no **Repositório de Outras Coleções Abertas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Esse manual traz as informações detalhadas sobre a construção da *sandbox*, inclusive com imagens que auxiliam em todas as etapas da montagem. A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais também tem um manual para construção da *sandbox*.

De posse dos materiais necessários, agora é o momento de instalação dos equipamentos. Ao todo são quatro etapas a seguir que você deve fazer com o apoio do manual já citado, em especial das páginas 9 a 25.

2

Instalar o software operacional Linux. Veja em: <http://pt.wikihow.com/Instalar-o-Linux-Mint>

3

Instalar o drive de vídeo e reiniciar o computador para a devida instalação dos drivers da placa de vídeo.

4

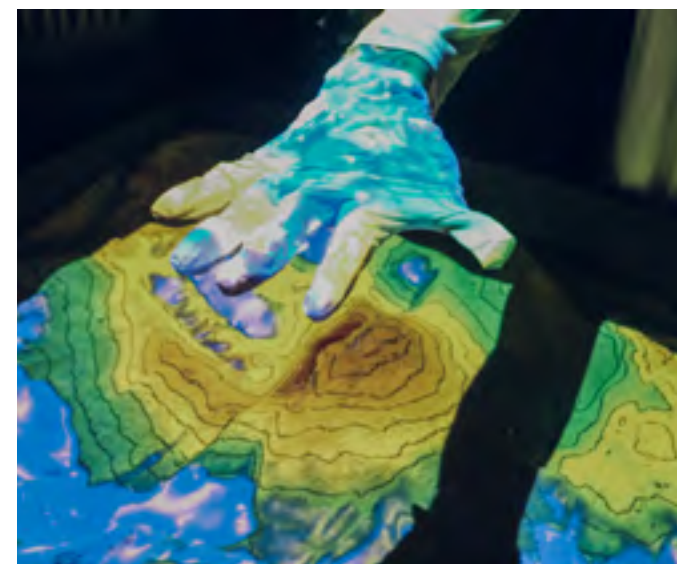
Atribuir teclas de atalho para alternar as janelas entre os modos de tela cheia (*full screen*) e de janela.



5

Posicionar o Kinect e ajustar a matriz de calibração. Após a instalação, todos os utilitários e aplicativos de suporte (RawKinectViewer e KinectViewer) estarão instalados em ~/Vrui-3.1/bin e os utilitários de calibração e aplicação principal da SARndbox estará em /src/SARndbox-1.6/bin.

Então deve-se posicionar a caixa de areia e executar a *sandbox*.



Agora é só colocar a mão na massa!

A dimensão interdisciplinar das geociências, aplicada ao uso da *sandbox* na educação, contribui de forma mais objetiva e potente com o ensino na sala de aula possibilitando a fixação do conhecimento, o engajamento e a aprendizagem eficiente. A representação tridimensional possibilita a melhoria na compreensão das geociências e suas múltiplas aplicações por meio da realidade virtual, possibilitando a formação de estudantes de todas as idades, principalmente do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio. A aplicação voltada para o estudo do relevo, da estrutura da Terra e para a compreensão dos fluxos de água causa grande engajamento em geociências, utilizando uma solução de baixo custo desenvolvida a partir de um sensor kinect e um projetor multimídia (*datashow*).

O projeto pode estimular os estudantes e a comunidade a se apropriar do patrimônio das ciências da Terra, bens culturais, naturais, e ainda a compreender a importância dos fenômenos climáticos e dos estudos fósseis, assim como da preservação dos sítios geológicos e paleontológicos, por meio de uma linguagem representativa e interativa, gerando o sentimento de pertencimento ao conhecimento em geociências.

plano de aula

INVESTIGANDO A EVOLUÇÃO

CARLOS ALEXANDRE CARVALHO DOS SANTOS

Colégio e Curso Superior e Colégio dos Santos Anjos – Tijuca, RJ

DAISY BRAZ VELLUDO

Colégio Estadual Cizínio Soares Pinto – São Francisco, Niterói, RJ

ÉRICA GASPAR YAAKOUN

Escola Municipal Gustavo Armbrust – Inhaúma e Escola Municipal Bento Ribeiro – Méier, RJ

JOICE ESTEVES

Escola Municipal Rio Grande do Sul – Engenho de Dentro, RJ

LUCAS DA SILVA TORRES

Templo do Aprendiz – Piedade, RJ

PARTICIPANTES DO INSPIRA CIÊNCIA

A evolução das espécies ocorre desde que a vida se originou no planeta e continua acontecendo até hoje como um fato importante para a diversidade biológica. Esse tema faz parte do currículo das turmas do 9º ano do Ensino Fundamental, momento em que os estudantes já apresentam considerável autonomia de pensamento e estão em busca de uma identidade própria.

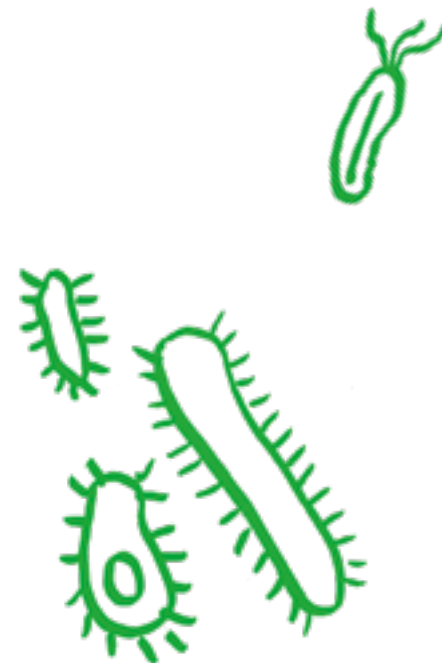
Infelizmente, a Teoria da Evolução, assim como outros campos do saber científico, vem sendo refutada sem que o caminho da ciência, com as experimentações, métodos e teorias, seja seguido, dando espaço a conceitos ambíguos e imprecisos na formação dos estudantes. Por

isso, o estudo da Evolução da Espécie Humana, de maneira que fomente a criatividade, o pensamento crítico, e o letramento científico do discente, torna-se imprescindível nos dias atuais. Investigar, analisar, propor explicações, testar hipóteses... tudo isso estimula o estudante a observar o mundo como um protagonista da sua época, com condições de opinar e responder responsabilmente frente aos novos horizontes de nossa era.

Cabe salientar que o ensino do tema Evolução também é importante na compreensão dos conteúdos de diversidade dos seres vivos, suas relações e classificações:

[...] Assim sendo, os seres vivos que povoam cada ambiente conseguem o milagre do equilíbrio, justamente pela grande diversidade que apresentam. É importante lembrarmos que isso foi lentamente atingido na longa jornada de milhões de anos de evolução (CESAR & SEZAR, 1979, p.1).

[...] Em qualquer tipo de classificação adotada leva-se em consideração a provável origem evolutiva dos grupos estudados (filogenia) (CESAR & SEZAR, 1984, p.1).



Delimitação do conteúdo

Evolução da Espécie Humana

Objetivos

- Descrever a teoria da origem e da evolução das espécies, especialmente em relação ao surgimento da espécie humana, sob o prisma do letramento científico, valorizando os conhecimentos historicamente construídos e a diversidade da espécie humana, afastando-os de explicações oriundas do senso comum
- Compreender a máxima: “África, berço da humanidade” utilizando a expressão artística do conhecimento prévio do aluno sobre a vida primitiva da humanidade
- Debater o desenvolvimento evolucionário humano;
- Articular hipóteses da especiação humana por meio das diferentes características físicas e dos locais onde os fósseis foram encontrados
- Ordenar o processo de especiação humana listando características anatômicas, fisiológicas e culturais que ocorreram teoricamente no processo de especiação
- Promover o protagonismo dos alunos com a criação de diferentes formas de apresentações artísticas dos resultados obtidos por eles

Competências e habilidades

Competências de acordo com a Base Nacional Comum Curricular

- Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social e cultural para entender e explicar a realidade [fatos, informações, fenômenos e processos linguísticos, culturais, sociais, econômicos, científicos, tecnológicos e naturais], colaborando para a construção de uma sociedade solidária
- Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e inventar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas
- Desenvolver o senso estético para reconhecer, valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também para participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural
- Utilizar tecnologias digitais de comunicação e informação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas do cotidiano (incluindo as escolares) ao se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas
- Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos e a consciência socioambiental em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.



- Compreender as ciências como empreendimento humano, reconhecendo que o conhecimento científico é provisório, cultural e histórico
- Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas e socioambientais e do mundo do trabalho
- Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que respeitem e promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza

Habilidades de acordo com a Base Nacional Comum Curricular

[EF09CI10] Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e compreendendo sua importância para explicar a diversidade biológica.

[EF09CI11] Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.

[EF09HI27] Avaliar as dinâmicas populacionais e as construções de identidades étnico-raciais e de gênero na história recente.

[EF69AR05] Experimentar e analisar diferentes formas de expressão artística (desenho, pintura, colagem, quadrinhos, dobradura, escultura, modelagem, instalação, vídeo, fotografia, performance etc.).

[EF69AR06] Desenvolver processos de criação em artes visuais, com base em temas ou interesses artísticos, de modo individual, coletivo e colaborativo, fazendo uso de materiais, instrumentos e recursos convencionais, alternativos e digitais.



Inclusão e Acessibilidade

Em termos de inclusão e acessibilidade, pode-se abordar a mudança ao longo dos anos dessa questão no ambiente escolar, com a maior inserção dos alunos com deficiência e a mudança do papel histórico deles na sociedade.

Além disso, serão feitas adaptações dos materiais utilizados segundo as necessidades dos alunos que porventura façam parte do corpo discente.

Conhecimento prévio

Para melhor aproveitamento desta aula, é necessário que os alunos já tenham trabalhado as seguintes habilidades:

[EF15AR04] Experimentar diferentes formas de expressão artística [desenho, pintura, colagem, quadrinhos, dobradura, escultura, modelagem, instalação, vídeo, fotografia etc.], fazendo uso sustentável de materiais, instrumentos, recursos e técnicas convencionais e não convencionais.

[EF06CI05] Explicar a organização básica das células e seu papel como unidade estrutural e funcional dos seres vivos.

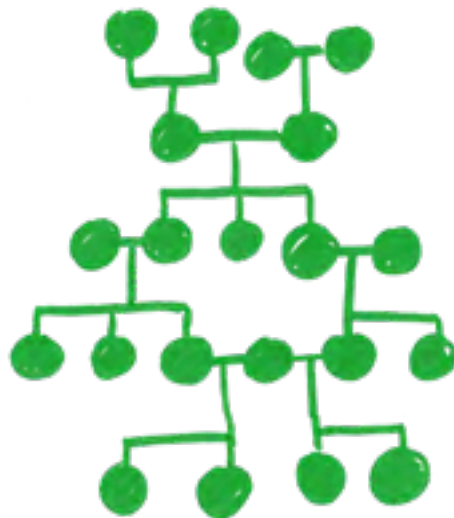
[EF06CI06] Concluir, com base na análise de ilustrações e/ou modelos, que os organismos são uma complexa organização de sistemas com diferentes níveis de organização.

[EF07CI08] Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc.

[EF08CI07] Comparar diferentes processos reprodutivos em plantas e animais em relação aos mecanismos adaptativos e evolutivos.

[EF04HI11] Identificar, em seus lugares de vivência e em suas histórias familiares, elementos de distintas culturas (europeias, latino-americanas, afro-brasileiras, indígenas, ciganas, mestiças etc.), valorizando o que é próprio em cada uma delas e sua contribuição para a formação da cultura local e brasileira.

[EF06HI03] Identificar as hipóteses científicas sobre o surgimento da espécie humana e sua historicidade e analisar os significados dos mitos de fundação.



Transversalidade

Os alunos podem construir com os familiares uma árvore genealógica, observando a ascendência de grupos diferentes.

Interdisciplinaridade

Além do campo das Ciências da Natureza, o tema Evolução da Espécie Humana será trabalhado dentro das disciplinas História e Artes Visuais:

História - Pluralidades e diversidades identitárias na atualidade;

Artes Visuais - Materialidade; Processos de criação



Metodologia

ETAPA 1 - O SURGIMENTO DA ESPÉCIE HUMANA

Contextualização - 10 minutos

A turma será dividida em grupos de cinco alunos, que trabalharão juntos até o final.

Em seguida, será projetada a imagem clássica sobre a Evolução da Espécie Humana, mostrando espécies de macacos, outros gêneros da família Hominidae, espécies do gênero Homo até a espécie humana Homo sapiens sapiens.

Abre-se para que os alunos comentem entre si o que acham da imagem.

Problematização - 100 minutos

Parte I: 50 minutos

Após os comentários, o professor lançará a pergunta: “Nós viemos dos macacos?”

Os alunos serão instigados a desenhar uma pessoa e um macaco em uma folha de papel pardo ou papel 40 kg, mostrando e/ou listando características anatômicas, fisiológicas e culturais comuns e distintas entre as duas espécies.

Ao final, eles escreverão no caderno a hipótese elaborada para a pergunta inicial.



Os alunos serão agrupados de forma a termos um Júri Simulado, onde:

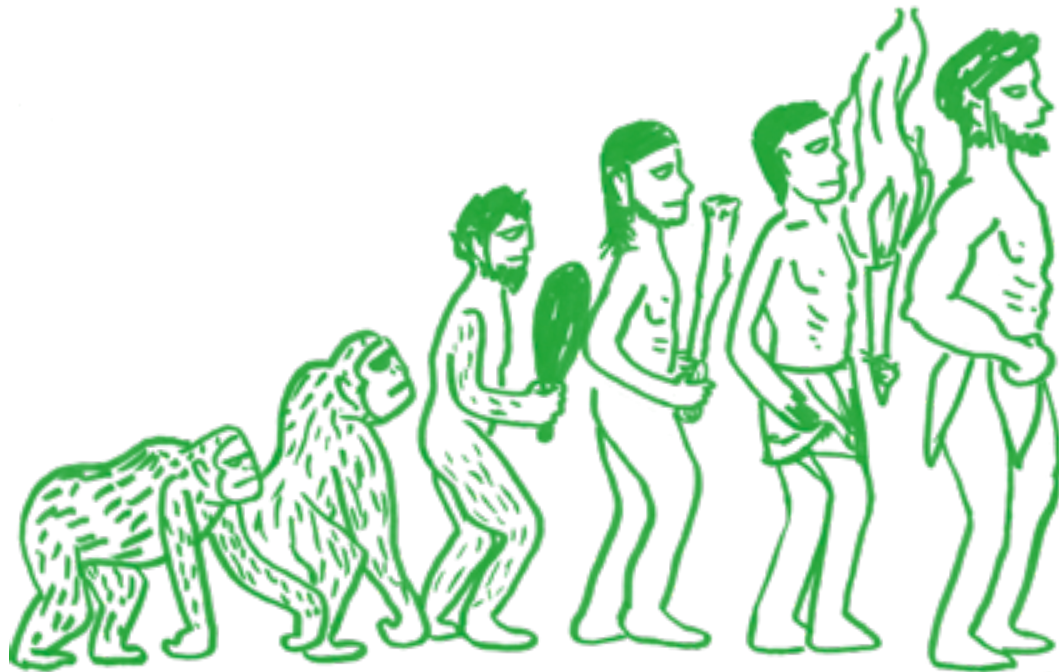
Juiz: responsável pela ordem e prosseguimento do Júri. Ele faz intervenções para que tudo aconteça de maneira organizada e apresenta o veredicto (deverá dizer qual equipe apresentou o argumento mais convincente).

Escrivão: responsável por elaborar um relatório com os argumentos apresentados.

Plenário: Avaliar o desempenho da promotoria e da defesa.

Promotoria: Apresentar argumentos a favor da hipótese de que os humanos são descendentes dos macacos.

Defesa: Apresentar argumentos contrários à ideia de que os humanos são descendentes dos macacos.



Parte II: 50 minutos

Apresentar um mapa ilustrativo (Figura 1) para melhor elucidação das diferenças entre os homínideos, gerando uma visão mais ampla tanto das características físicas como dos locais onde os fósseis foram encontrados.

Os alunos deverão construir uma linha do tempo baseada nas informações do mapa, sistematizando os conhecimentos adquiridos.

Para testar as hipóteses elaboradas, os grupos pesquisarão o tema em bibliografias científicas, como a Revista Hoje das Crianças, livros didáticos, sites etc.

Nesse momento, é importante que surja a discussão sobre “uso e desuso” para a manutenção ou perda de uma determinada característica, para que o professor apresente textos científicos sobre as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e compreendendo sua importância para explicar a diversidade biológica.



Parte III: 30 minutos

Nesse momento, o professor pede que cada grupo reveja sua hipótese inicial criada, levando em consideração uma segunda pergunta: “Se o homem veio do macaco, por que hoje ainda existem macacos e não apenas homens?”

Espera-se que o aluno compreenda que a evolução é algo contínuo e que todas as espécies existentes neste momento no planeta estão no mesmo patamar evolutivo.

Sistematização - 20 minutos

Os alunos são, então, convidados a escrever uma nota para a Revista Ciência Hoje das Crianças como se fossem pesquisadores explicando o questionamento inicial: “Nós viemos dos macacos?”. Em seguida, cada grupo lerá sua nota para a turma.



Imagem retirada do site: <http://www.megatimes.com.br/2014/09/racas-humanas.html> em 26/9/2019

ETAPA 2 - A EVOLUÇÃO DA ESPÉCIE HUMANA

Contextualização - 10 minutos

Será projetada uma imagem com diferentes tipos físicos humanos e abre-se para que os alunos comentem entre si o que acham da imagem.

Problematização - 90 minutos

Parte I: 40 minutos

Após os comentários, o professor lançará a pergunta: “A espécie humana está em evolução?”

Os alunos serão instigados a retratar pessoas em processo de evolução em uma folha de papel pardo ou papel 40 kg, mostrando e/ou listando características anatômicas, fisiológicas e culturais que eles acreditem estar relacionadas ao processo evolutivo. Ao final, eles escreverão no caderno a hipótese elaborada para a pergunta inicial.

Parte II: 50 minutos

Para testar as hipóteses elaboradas, os grupos pesquisarão o tema em bibliografias científicas, como a Revista Ciência Hoje das Crianças, livros didáticos, sites etc. Nesse momento, é importante que surja a discussão sobre raças humanas, para que o professor apresente dados científicos sobre o surgimento, a evolução e a diversidade da espécie humana, com base na atuação da seleção natural sobre a variabilidade genética resultante de processo reprodutivo. Assim, será possível explicar que o termo “raças humanas” atualmente é ultrapassado, obsoleto e, por isso mesmo, está em desuso nas Ciências da Natureza. No entanto, nas Ciências Humanas, ele tem sido ressignificado e utilizado por movimentos negros e de minorias para fortalecer a luta por seus direitos. Também é importante destacar o provável surgimento da espécie no continente africano e sua possível rota migratória.

Outro importante aspecto a ser conversado é a questão da inclusão e da acessibilidade, com reflexão sobre a mudança desta questão ao longo dos anos no ambiente escolar, com maior inserção desses alunos e a mudança do papel histórico deles na sociedade.

Parte III: 30 minutos

Nesse momento, o professor pede que cada grupo reveja sua hipótese inicial criada, levando em consideração outras duas perguntas: “Existem raças humanas?” e “Se elas existem, alguma é mais evoluída que outra?”

Sistematização - 20 minutos

Os alunos são, então, convidados a escrever uma continuação da nota anterior para a Revista Ciência Hoje das Crianças com a explicação do segundo questionamento: “A espécie humana está em evolução?”. Em seguida, cada grupo lerá sua nota para a turma.

ETAPA 3 - VISITA AO MUSEU DO AMANHÃ

O Museu do Amanhã é um Museu de ciências aplicadas, criado por uma parceria entre o poder público e a iniciativa privada. A exposição principal convida os visitantes a construir juntos o Amanhã que queremos. E para tal, os visitantes passam por uma narrativa multimídia estruturada em cinco grandes momentos, cada um com uma grande pergunta da Humanidade: Cosmos - De onde viemos?; Terra - Quem somos?; Antropoceno - Onde estamos?; Amanhãs - Para onde Vamos?; Nós - Como queremos ir?

Nessa visita, portanto, os alunos serão instigados a observar a Exposição Principal e um aluno por grupo será responsável por registrar a resposta encontrada para o tema da aula Evolução da Espécie Humana, orientada pelas perguntas: “Nós viemos dos macacos?” e “A espécie humana está em evolução?” em cada um dos cinco grandes momentos - Cosmos, Terra, Antropoceno, Amanhãs e Nós.

Ao término dessa etapa, os alunos terão como tarefa, a ser desenvolvida em casa junto com seus familiares, uma árvore genealógica, tendo o cuidado de observar a ascendência de grupos diferentes em sua história de vida.

ETAPA 4 - APRESENTAÇÃO ARTÍSTICA SOBRE A EVOLUÇÃO DA ESPÉCIE HUMANA

Parte I - 1 dia letivo [4 horas]

Os cinco alunos de cada grupo compilarão as respostas elaboradas ao tema da aula Evolução da Espécie Humana a partir de cada um dos cinco grandes momentos da Exposição Principal do Museu do Amanhã. Eles também observarão e compararão as árvores genealógicas.

Em seguida, cada grupo lerá sua resposta, comentará sobre suas árvores genealógicas e a turma irá comparar os resultados encontrados.

Após a análise dos dados obtidos, cada grupo voltará a se reunir para criar uma apresentação artística para o tema da aula Evolução da Espécie Humana. Cada grupo é livre para escolher a forma de expressão artística que lhe seja mais afim. Afinal, espera-se que os alunos do nono ano tenham desenvolvido autonomia, amadurecimento e letramento científico necessários para protagonizarem esse processo de criação artística de modo coletivo, englobando diferentes áreas do conhecimento como Ciências da Natureza, História e Artes.

Parte II - 4 horas distribuídas igualmente em outros 2 dias letivos

Reservada para orientações finais dos professores das diferentes disciplinas envolvidas, bem como para ensaios e preparo de materiais.

Parte III - 1 dia letivo [4 horas]

Apresentações artísticas para a comunidade escolar dos seis grupos de cinco alunos cada.

RECURSOS E TECNOLOGIAS

Papel pardo ou papel 40 kg; canetinhas hidrográfica; Projetor; computador, celular e/ou tablets; revistas científicas e livros didáticos com o tema Evolução da Espécie Humana.

Referências

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 09 nov. 2017.

CÉSAR, S. J.; SEZAR, S. Genética, Evolução e Ecologia. Biologia-Volume 3. Ed. Atual. 1979.

CÉSAR, S. J.; SEZAR, S. Seres Vivos, Estrutura e Função. Biologia-Volume 2. Ed. Atual. 1984.

CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS. Um bebê das antigas. Disponível em: <http://chc.org.br/um-bebe-das-antigas/>. Acesso em 08 out. 2019.

CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS. O mundo conhece a teoria da seleção natural. Disponível em: <http://chc.org.br/o-mundo-conhece-a-teoria-da-selecao-natural/>. Acesso em 08 out. 2019.

CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS. História dos Seres Vivos. Disponível em: <http://chc.org.br/acervo/historia-dos-seres-vivos/>. Acesso em 08 out. 2019.

CIÊNCIA HOJE DAS CRIANÇAS. Seguindo Passos do Passado. Disponível em: <http://chc.org.br/seguindo-passos-do-passado/>. Acesso em 08 out. 2019.

SANTOS, P. R. O Ensino de Ciências e a Ideia de Cidadania. Disponível em: <http://www.hottopos.com/mirand17/prsantos.htm>. Acesso em 08 nov. 2017.

SCHNORR, S. M.; RODRIGUES, C.G. Ciência, Tecnologia e Sociedade na contemporaneidade: implicações educacionais tramadas ao pós-estruturalismo. R. Bras. De Ensino de C&T, v.8, n.3, p. 31-42, mai. - ago. 2015.

WILSEK, M. A. G.; TOSIN, J. A. P. Ensinar e Aprender Ciências no Ensino Fundamental com Atividades Investigativas através da Resolução de Problemas. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf>. Acesso em 08 nov. 2017.

RESULTADOS

Espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- Relatar o processo evolutivo, especialmente o surgimento da espécie humana no continente africano;
- Localizar o caminho migratório dos primeiros seres humanos a partir do continente africano até os demais continentes;
- Explicar a diferença entre ter a origem em uma espécie e compartilhar um ancestral comum;
- Demonstrar, por meio de registro escrito, que o homem não veio do macaco, mas que ambos compartilham um ancestral comum próximo evolutivamente;
- Analisar diferenças fenotípicas, como cor da pele, por exemplo, apenas como demonstração da variabilidade existente na espécie humana selecionada pelo ambiente no decorrer da história da humanidade;
- Valorizar, por meio da criação de uma apresentação artística, os diferentes tipos físicos humanos.



capítulo 3

HUMANIDADE E CULTURA

A Terra tem 4,6 bilhões de anos. Nós, humanos, 300 mil. O que significa que se a História do planeta fosse resumida em um dia, só surgiríamos no último segundo. Isso não nos impediu de desmatar florestas, escavar solos, poluir os oceanos e o ar, alterar o clima, nem de extinguir outras espécies enquanto nos tornamos mais de 7,5 bilhões de pessoas. Em algum ponto da História, perdemos a conexão com a natureza e deixamos de nos perceber como parte dela. Este é o momento de nos reconciliarmos com o todo do qual fazemos parte.



artigo

VOLTA AO LAR? BREVE HISTÓRIA DA RELAÇÃO SER HUMANO-NATUREZA

POR FABIO RUBIO SCARANO

Biólogo, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro

“A vida é um indivisível e indissolúvel todo, no qual todas as partes são interconectadas entre elas mesmas e com o meio inerte da biosfera.”

VLADIMIR VERNADSKY (1926)¹

A biosfera é a esfera da vida no planeta Terra, que se estende de alguns metros abaixo do solo até a troposfera, que é parte mais alta da atmosfera. Segundo o geoquímico russo Vladimir Vernadsky, a biosfera não é só a soma de vidas, mas é o resultado da interação do vivo com o não vivo, ou da vida com o material inerte – portanto, é interconectada, indivisível e indissolúvel. O componente vivo desse todo da biosfera é

o que se conhece como biodiversidade, ou seja, a diversidade de gens, de espécies e de ecossistemas². A Terra difere de outros planetas conhecidos até hoje justamente pela vida. Como diria Vernadsky, a vida é uma força geológica na Terra; talvez a mais importante dentre todas as forças.

A vasta e diversa riqueza natural, entretanto, se encontra em risco, imposto pela própria ação do ser humano sobre o planeta. Estima-se que cerca de 1 milhão de espécies esteja ameaçada de extinção³ e já conduzimos à extinção algo entre 100 e 1.000 vezes mais espécies do que seria de se esperar se não houvesse ação humana sobre a Terra⁴. Para muitos, esse cenário conflagra a sexta onda de extinção do planeta, e a primeira causada pela ação humana⁵. Isso expõe um triste paradoxo: quanto mais se avança no conhecimento da biodiversidade, mais a perdemos.

O declínio da biodiversidade tem sido atribuído a um “quinteto maligno”: perda de habitats, mudanças climáticas, espécies invasoras, predação humana e cadeias de extinção⁶. Por exemplo, para a América do Sul a projeção é que, em se mantendo os padrões atuais de emissão de gases do efeito estufa, cerca de 25% das espécies do continente tenham se extinguido até 2080-2100⁷.

O divórcio entre o ser humano e a natureza

Esse cenário indica que, em algum ponto da História, o ser humano se separou da natureza. Não foi no tempo de Confúcio, que cerca de 500 anos antes de Cristo, na China antiga, tratava da harmonia cósmica entre a natureza e os princípios e as ideias humanas. Também não foi na Grécia Antiga, quando Aristóteles, cerca de 300 anos antes de Cristo, equiparava a natureza a Deus, como mais tarde interpretaria Tomás de Aquino. Ainda não teria sido na Idade Média, em cuja poesia a natureza “tinha voz”: ambivalente, ela era ora ordenadora, ora geradora de caos⁸. A separação vem no período que se segue, entre os séculos 16 e 18. Na chamada “Idade da razão”, Galileu, Descartes e Newton avançam a ciência, que procurando compreender a natureza a reduz às suas partes. Ao fim do século 18, chega a Modernidade, com a Revolução Industrial e a Revolução Francesa. A modernidade separa o humano do não humano, o natural do cultural, e a poesia da ciência. Então, a natureza despenca na hierarquia humana, passando a ser percebida ora como obstáculo a ser vencido, ora como bem de consumo. E o resultado é o Antropoceno.

Antropoceno

O Antropoceno, para muitos, é a época geológica atual⁹. A primeira na qual o impacto de uma espécie – o ser humano – é grande a ponto de alterar sensivelmen-

te indicadores médios referentes aos sistemas naturais da Terra. As mudanças climáticas e as elevadas taxas de perda de espécies são dois dos principais indicadores de uma transformação que ameaça a sobrevivência do próprio causador do problema: a espécie humana.

Em paralelo, a ciência segue seu projeto reducionista. No fim do século 19 e no início do século 20 surgem vários conceitos novos, como o de Ecologia e o de Ecossistemas, que englobam o ser humano, mas apenas de maneira tênue. Tanto que há uma disciplina chamada Ecologia Humana, talvez para sugerir que todo o resto dessa ciência foca no não humano. E é justo essa ciência ecológica que dá origem à Biologia da Conservação (também frequentemente acusada – justa ou injustamente – de não levar o ser humano em conta) e ampara o movimento social conhecido como ambientalismo¹⁰.

O ambientalismo foi um importante movimento no século 20 e, na maioria das vezes, valoriza o mito da natureza prístina e vê o ser humano como o problema. Assim, apesar da inegável importância desse movimento para uma ampliação dos esforços de conservação da biodiversidade, ele certamente contribuiu para a percepção de que ser humano e natureza devem ser tratados e, talvez, até mantidos à parte um do outro. Aliás, o conceito de biodiversidade também surgiria no último quarto do século 20. Raramente o humano é percebido como biodiversidade. Há cerca de 20 anos, surge o conceito de serviços ambientais ou ecossistêmicos, como sendo o conjunto de serviços (água, alimento, clima, cultura etc.) que os ecossistemas prestam ao ser humano. Mais recentemente surge o conceito de “contribuição da natureza para as pessoas” (!!!), que é completamente transparente quanto à sua percepção antropocêntrica do mundo. E a separação continua.

Em busca do reencontro humano-natureza

O reducionismo científico foi essencial para avançar a ciência, mas deixou algumas sequelas como a da dificuldade em se perceber a interconexão das coisas. Porém, nem sempre a ciência tinha essa abordagem, e algumas importantes vozes dissonantes se destacaram pela visão holística: por exemplo, a do naturalista alemão Alexander von Humboldt¹¹, a do geoquímico russo Vladimir Vernadsky¹²

e as dos pesquisadores James Lovelock e Lynn Margulis, autores da hipótese de Gaia¹³. Em paralelo, na filosofia emerge a pós-modernidade, especialmente no pós-guerra durante a segunda metade do século 20. Maurice Merleau-Ponty fala sobre “a carne do mundo”, como sendo o conjunto de seres humanos e não humanos entremeados¹⁴. Timothy Morton aponta para a fronteira difusa e confusa entre espécies, entre vivo e não vivo, entre organismo e ambiente. Gilles Deleuze faz referências às assembleias de vários “estados de ser” se dando simultaneamente. Bruno Latour fala do “parlamento de coisas”. Latour é particularmente crítico da modernidade e aponta para a necessidade de uma “Política de Gaia” para que o planeta saia da crise na qual se encontra¹⁵.

Essa tendência a uma visão integrada pauta a emergência do valor da sustentabilidade. Em 1987, o Relatório Brundtland¹⁶ define desenvolvimento sustentável e o termo sustentabilidade com base no princípio da responsabilidade intergeracional: o equilíbrio do tripé social, econômico e ambiental para assegurar acesso a recursos para gerações futuras ao menos em igual quantidade ao que gerações atuais acessam. A sustentabilidade vem como antídoto ao Antropoceno, e como resposta ao apelo pós-moderno. Mais marcadamente no século 21 se intensificam os esforços para reaproximar o ser humano da natureza.

A Plataforma Intergovernamental para a Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos das Nações Unidas (IPBES) trabalha desde 2011 sob a premissa de que a biodiversidade é guardiã de serviços ecossistêmicos que são vitais ao bem-estar humano. Em outras palavras, esse painel científico retoma uma visão holística e promove uma ciência integradora.

O Brasil já possui plataforma análoga, o BPBES¹⁷, o que não surpreende, tamanha a relevância desses “serviços da natureza” ao brasileiro. Por exemplo, das 140 culturas agrícolas que o país abriga, 85 dependem de polinização animal; 469 espécies de plantas são cultivadas em sistemas agroflorestais; 245 espécies de plantas são base para produtos cosméticos e farmacêuticos; o país conta com mais de 500 sítios naturais sagrados

para distintas religiões e 274 idiomas são falados aqui; 80% da água que abastece reservatórios de geração de energia hidroelétrica vêm de unidades de conservação. Em suma, segurança alimentar, hídrica e energética; saúde; tudo isso depende da biodiversidade.

Esse novo olhar da ciência reflete também mudanças na política, com a consolidação da diplomacia global da sustentabilidade em 2015, com o Acordo de Paris da Convenção das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas e com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, também das Nações Unidas. Conservação e restauração de ecossistemas, redução da pobreza e da fome, acesso a educação, saúde, empregos e energia limpa; cidades sustentáveis e ação climática são algumas das metas a serem alcançadas em todo o planeta até 2030.

Futuros ancestrais

Estaria voltando a visão da natureza e da humanidade como um “indivisível e indissolúvel todo”? Essa visão, além de ter estado em parte presente desde Confúcio até a Idade Média, permeia também diversas filosofias ancestrais e que estão reemergindo também na forma de política em várias partes do mundo. *Buen Vivir* em países andinos, *Ubuntu* em países sul-africanos, *Swaraj* na Índia, são hoje incorporadas inclusive à legislação dos respectivos países, pautando princípios de amor a si mesmo, ao próximo e à natureza. No Brasil, o *teko porã* guarani segue na mesma linha dessas visões, orientado pelo amor e pelo bem-estar. Aliás, de modo geral a percepção de integração é tal entre os povos ameríndios, que esses sequer possuem palavras equivalentes a “natureza” e a “sociedade”¹⁸. Esses e outros casos inspiram hoje a chamada Jurisprudência da Terra, que devolve “voz” à natureza. Por exemplo, no Brasil, o Rio Doce processou o Estado por suas perdas com a tragédia de Mariana. E ganhou. Uma ONG, Associação Pachamama [Mãe Terra, em português], abriu o processo “em nome” do rio, já que o rio “não fala a língua humana”.

Se a reintegração do ser humano à natureza está só no seu início, pelo menos hoje em dia a natureza começa a ser compreendida mais como parte da solução do que como parte do problema. Tanto é assim que a ciência e a política já se debruçam sobre as chamadas “soluções baseadas na natureza”, que são ações que se apoiam nos ecossistemas e nos serviços que esses proveem para responder aos diversos desafios da sociedade, como as mudanças climáticas, a segurança alimentar, a segurança hídrica, e os riscos de desastres¹⁹. Tais desafios se tornam ainda mais auspiciosos pelos prazos para a reversão dos cenários globais atuais. Até 2030 espera-se que a sociedade tenha, por exemplo, reduzido significativamente seu padrão de emissão de gases estufa, para que o mundo chegue em 2050 com uma temperatura média abaixo de 2 graus Celsius, pois o aumento desses poucos graus já implicaria na vida como a conhecemos. Prazos curtos demandam soluções criativas e, no caso do ser humano, isso significa mudanças profundas em valores, ética e política. A sustentabilidade já é um valor em voga, do qual emerge uma ética intergeracional e não apenas humana, e que, por sua vez, orienta mudanças na política, hoje firmadas em acordos globais. Tais aspirações globais precisam chegar “ao chão”, se tornar realidade local e, para isso, o ser humano vai precisar encontrar meios de se reintegrar à natureza.

Parece difícil, mas aqui sigo Platão. Ele dizia que a ideia é mais real que a matéria. O prazo é curto, mas ainda há tempo de a humanidade instalar no presente e projetar para o futuro uma ideia, um princípio próprio dos nossos ancestrais: o do amor a si mesmo, ao próximo e à natureza. Precisamos procurar esses princípios no nosso inconsciente coletivo, nas camadas “arqueológicas” de pensamento que a humanidade acumulou na forma de memória ao longo de toda a sua existência. Está em nós, em algum lugar. Resta encontrar.

Referências

1. Vernadsky VI (1926) The Biosphere. Tradução do original russo para o inglês por Langmuir DB, 1998. Copernicus, Nova Iorque. Em 2019, será lançada a primeira tradução para o português, pela Editora Dan-tes.
2. O termo “biodiversidade” é por muitos atribuído ao biólogo estadunidense Edward O. Wilson, que publicou livro com esse título em 1992.
3. IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services (2019) Summary for Policy Makers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. United Nations. Disponível em www.ipbes.net/system/tdf/

ipbes_7_10_add-1-advance_0.pdf?file=1&type=node&id=35245

4. Mace G, Masundire H, Baillie JEM (2005) Biodiversity. Pp 77-122. In: Hassan R, Scholes R, Ash N (Eds.). Ecosystems and human well-being: Current state and trends: findings of the condition and trends working group. Island Press, Washington. 2)
5. Ceballos G, Ehrlich PR, Dirzo R (2017) Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. Proceedings of the National Academy of Sciences <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>.
6. Jared Diamond é o pesquisador estadunidense que cunhou o termo “quarteto maligno”, ao qual viriam a ser adicionadas as mudanças climáticas como quinteto. Para uma detalhada revisão sobre esse e outros temas ligados à biodiversidade, na língua portuguesa, veja 1) Scarano FR, Gascon C, Mittermeier R (2010) O que é biodiversidade? Scientific American Brasil. Número Especial Biodiversidade, p. 10-15. 2) Scarano FR, Ceotto P (2016) A importância da biodiversidade brasileira e os desafios para a conservação, para a ciência e para o setor privado. In: Rolim SG, Menezes LFT, Srbek-Araujo AC (eds.). Floresta Atlântica de Tabuleiro: Diversidade e Endemismos na Reserva Natural Vale. Editora Rona, Belo Horizonte, pp. 483-495.
7. Urban, M.C., 2015: Accelerating extinction risk from climate change. Science 348: 571-573.
8. Robertson K (2017) Nature Speaks: Medieval Literature and Aristotelian Philosophy. University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
9. O Holoceno é a época ainda considerada por muitos como a atual, que surgiu com a última glaciação, entre 11 e 12 mil anos atrás. O Antropoceno teria algo entre 70 e 250 anos, dependendo do autor. O termo surge com Paul Crutzen e as referências originais são os artigos: 1) Crutzen PJ, Stoermer EF (2000) The “Anthropocene”. IGBP Global Change Newsletter 41: 17-18. 2) Crutzen PJ (2002) Geology of mankind. Nature 415: 23.
10. Scarano FR. 2019. The emergence of sustainability. In: Wegner L, Lüttge U (eds.) Emergence and Modularity in Life Sciences. Springer Nature, Cham.
11. Humboldt na sua obra “Cosmos”, um compêndio de cinco volumes lançados entre 1845 e 1862, descrevia a Terra como “um todo natural animado e movido por forças interiores”.
12. Vernadsky em “The Biosphere” (1926) falava que “todas as partes [da vida] são interconectadas.”
13. Hipótese sobre a capacidade de autorregulação do planeta, a interconexão e a interdependência entre os seres e a visão da Terra como superorganismo ou holobionte.
14. Merleau Ponty M. [1964] O Visível e o Invisível. Tradução do original francês para o português por Giannotti JA & d'Oliveira AM em 2014. 4ª edição. Editora Perspectiva, São Paulo.
15. Aqui há uma série de leituras de Bruno Latour que são ilustrativas sobre essa visão: Latour B (2004). Politics of nature: How to bring the sciences into democracy. Harvard University Press, Cambridge, EUA. Latour B (2017) Facing Gaia: Eight Lectures on the New Climatic Regime. Wiley, Hoboken. Latour B (2018). Down to Earth: Politics in the New Climatic Regime. Polity, Cambridge, EUA.
16. Relatório Brundtland é o nome popular do estudo WCED – World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. Oxford University Press, Oxford.
17. A Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos foi criada em 2015. Mais detalhes em www.bpb.es.net.br
18. Zent EL (2015) Unfurling western notions of nature and Amerindian alternatives. Ethics in Science and Environmental Politics 15: 105-123.
19. International Union for Conservation of Nature. Nature-based solution. Visto em: <https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/our-work/nature-based-solutions>. Último acesso: 18 set. 2019.

artigo

UM MERGULHO NA HISTÓRIA DA BAÍA DE GUANABARA

POR RODOLFO PARANHOS

Biólogo, professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro

E CAROLINA BELO

Bióloga, professora no município de Duque de Caxias

A Baía de Guanabara, apesar de sua importância histórica, econômica, cultural, científica, social e ambiental, é um dos ambientes costeiros mais degradados do Brasil. Se a sua superfície atual é de 377 km², excluindo suas ilhas e considerando seu limite no arco formado pelas pontas de Copacabana e de Itaipu, nem sempre foi assim.

Um mergulho na sua história ajuda a entender como a ocupação da baía ao longo dos séculos acarretou o atual quadro de problemas sócioambientais, que vai desde a antiga extração de pau-brasil, o genocídio dos Tamoios, passando pela fundação da cidade do Rio de Janeiro, a exaustão dos recursos naturais, os aterros realizados na baía, a destruição de seus ecossistemas periféricos, até a recente expansão de indústrias poluidoras.

A Baía de Guanabara em 1500

Antes da chegada dos portugueses, a baía possuía uma grande diversidade de ecossistemas periféricos.

Isso incluía manguezais, lagunas, brejos, pântanos, enseadas, estuários, sacos, gamboas, portões, costões rochosos, restingas, praias e ilhas.

A bacia hidrográfica possuía 50 rios e córregos. Os rios realizavam meandros antes de atingirem enseadas e estuários. O mar batia diretamente em áreas onde hoje ficam o Outeiro da Igreja da Glória, a base do Morro da Viúva, os Arcos da Lapa, o Teatro Municipal, o Campo de Santana, o túnel do Pasmado, a base do Outeiro da Penha e a Rodoviária Novo Rio.

Dezenas de aldeias indígenas orlavam a baía, utilizando de forma harmoniosa a sua riqueza biológica. Com uma grande diversidade de ecossistemas periféricos bastante produtivos, sendo fertilizada pela constante troca de água doce (de origem fluvial) e marinha, a produtividade e diversidade biológica da baía eram elevadíssimas, permitindo a proliferação de uma extensa cadeia de organismos, desde os minúsculos fito e zooplâncton, algas, crustáceos, moluscos e peixes até os grandes mamíferos aquáticos, como os golfinhos e as baleias.

A Baía de Guanabara no século 16

Não reconhecendo o Tratado de Tordesilhas, que distribuía as terras da América entre Portugal e Espanha, corsários franceses passaram a frequentar a Baía de Guanabara a partir de 1504, interessados em pau-brasil e em outros produtos da terra.

Habilidosos, conquistaram os Tamoios e, por muito tempo, foram aliados contra os portugueses. Com o escambo do pau-brasil, iniciou-se um ciclo de desmatamento que iria consumir as reservas e contribuir para a destruição da Mata Atlântica. Decidido a fazer a colonização do Brasil, além da preocupação com as invasões francesas, Portugal organizou expedições para expulsar os franceses e fundar uma cidade fortificada que impedisse a volta deles.

Em 1565, Estácio de Sá expulsa os franceses e os índios Tamoios e começa o processo de habitação da cidade. Com isso, é fundada a Cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro. Poucos anos após sua fundação e antes do final do século 16, as margens e todo o recôncavo da Guanabara já estavam ocupados.

A Baía de Guanabara e os rios da Baixada iriam exercer um papel fundamental para a ocupação e colonização da região. Os locais escolhidos para acolher a cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro tinham apenas uma razão: domínio e defesa da Baía de Guanabara para controle do Sul do Brasil, de onde se tinha notícia de minerais preciosos.

Nessa época, a flora e a fauna foram intensamente atingidas. Juntamente com o pau-brasil, avidamente extraído, primeiro pelo franceses, depois pelos portugueses, extensas áreas de mata nativa também foram desmatadas para as primeiras lavouras e engenhos de cana-de-açúcar. Também havia a necessidade de desmatamento para o suprimento de lenha e madeira dos colonizadores.

A Baía de Guanabara no século 17

Sob o enfoque ambiental, o século 17 foi desastroso. O desmatamento em larga escala, o aumento da população e a mudança da função da cidade (de defensiva para portuária e comercial) deixaram muitas sequelas na baía.

Nessa época, a ocupação do recôncavo da Guanabara se deu, fundamentalmente, em torno da monocultura da cana-de-açúcar. Além de derrubadas e

queimadas para implantar a lavoura de cana, as matas forneciam madeira para construções e lenha para alimentar os engenhos.

Com as novas funções assumidas, a cidade iria se expandir através de desmontes, aterros, desmatamentos e dissecação de lagoas, por sobre um terreno impróprio, ambientalmente frágil e necessário para o equilíbrio e para a produtividade da baía.

Único acesso ao interior do recôncavo, os rios tiveram papel preponderante na ocupação da região e no escoamento da produção do açúcar produzido nos engenhos. Pelos rios subiam os colonizadores até as suas margens, onde localizavam-se os engenhos, e por eles descia a produção em direção à cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, que passou a ter sua função portuária e comercial com o ciclo da cana-de-açúcar.

Essa expansão da cana-de-açúcar trouxe profundos reflexos na cidade, que adquire uma função portuária, como escoadouro da produção açucareira da região da Guanabara. Mesmo assim, a orla da baía conservava muito de seu contorno primitivo, apesar de a função econômica assumida com o ciclo do açúcar levar à construção de instalações portuárias (o mesmo ocorrendo em Niterói e na Baixada).

A Baía de Guanabara no século 18

O ciclo da mineração e o povoamento de Minas Gerais viriam a conferir novos elementos ao fortalecimento da posição do Rio de Janeiro. Com isso, o contorno e a Bacia da Baía de Guanabara foram intensamente modificados.

Na Baixada, é acelerado o desmatamento. A Mata Atlântica quase desaparece, limitando-se a áreas mais inacessíveis da Serra do Mar. Os manguezais passam a ser utilizados e a erosão nas encostas passa a ser observada, acarretando assoreamento dos rios e da baía.

A posição estratégica da cidade e de seu porto em relação aos locais de mineração vai fortalecer ainda mais a sua função portuária e comercial. Os caminhos que tinham sido abertos ao planalto, ligando as zonas produtoras de ouro com portos fluviais da Baixada, eram percorridos por imensas tropas de burros com muitas mercadorias.

Diversas instalações e serviços se localizaram ao longo desses eixos de penetração para atender à intensa demanda. Eram armazéns, pousadas e ferrovias.

Sendo assim, a paisagem do contorno da baía já é bastante marcada pela urbanização, com morros desmatados, novas fortificações que utilizam suas ilhas e o imenso número de embarcações que entram, saem e ancoram na Guanabara.

A Baía de Guanabara do século 19

A vinda da Família Real e sua numerosa corte, o ingresso maciço de comerciantes ingleses e a ascensão no cenário político-econômico da aristocracia do café escravocrata provocou grandes transformações na cidade do Rio de Janeiro.

Houve um aumento da população e, com isso, a necessidade de ocupação de novos territórios. Na Baixada, a extensão do desmatamento atingiu o seu auge com a expansão dos engenhos de açúcar, o ciclo do café e a produção de alimentos para abastecer o Rio. O café fez praticamente desaparecer a Mata Atlântica original, que só se conservou em alguns grotões e locais inacessíveis para a agricultura.

A passagem da marcha do café pela cidade provoca o desmatamento de morros, colinas e dos maciços costeiros. Isso cria uma paisagem desolada e que leva a problemas de erosão e de abastecimento de água. Esse fato seria o responsável pelo início do reflorestamento de áreas de mananciais das Bacias do Carioca e do Maracanã, o que culminou na recuperação do atual Parque Nacional da Tijuca. O lixo também teve a sua coleta regular iniciada na segunda metade do século. Ele era depositado no estuário de Inhaúma sobre manguezais e ilhas. Os reflexos do intenso desmatamento seriam sentidos no assoreamento dos rios da Baixada, que passaram a oferecer dificuldades para a navegação.



A Baía de Guanabara no século 20

Esse período foi marcado por diversos acontecimentos nacionais e internacionais, com repercussões marcantes na economia, no crescimento populacional e na agressão ambiental à Baía de Guanabara.

O modelo urbano-industrial de desenvolvimento, que começou a se delinear de forma efetiva a partir da crise cafeeira do final da década de 1920, passou por diversas fases que terão repercussão no processo de urbanização, crescimento populacional, estratificação social, concentração de renda, segregação social, dependência do capital internacional e geração de impactos ambientais em toda a região.

A reforma urbana liderada pelo prefeito Pereira Passos entre os anos de 1904 e 1908 e as outras intervenções estilísticas efetuadas no espaço urbano só fizeram ampliar o número e o tamanho das favelas, quando um grande número de cortiços e habitações populares foi demolido para dar passagem às largas avenidas da cidade burguesa. Boa parte do material utilizado para a construção dos casebres das primeiras favelas no início do século 20 tem procedência nas demolições, sobras ou mesmo lixo das derrubadas. A favela se constrói com o material “marginal” das demolições e construções.

Se o ciclo do café já havia causado desmatamento de áreas não atingidas pelo ciclo do açúcar, a industrialização também trouxe consequências negativas para a baía, incluindo o descarte de produtos químicos e rejeitos jogados nos rios que desembocam no espelho d’água.

Em 1920, o prefeito Carlos Sampaio iniciou o desmonte do Morro do Castelo, na região central do Rio. O material do desmonte foi utilizado para aterrar a baía e ganhar novas áreas. Por exemplo, foi a partir dos aterros produzidos com o material do desmonte do Morro do Castelo que o aeroporto Santos Dumont foi construído em 1934.

Além disso, na conjuntura de uma economia globalizada, a região da Baía de Guanabara foi abalada por uma série de projetos e eventos que tentaram produzir a imagem de uma cidade moderna e também para atrair investimentos. Entre os principais projetos estavam a Linha Vermelha e o Polo do Gás, além de planos para a recuperação da Baía.

A Baía de Guanabara hoje

A qualidade das águas da Baía de Guanabara vem decrescendo ao longo do tempo, e atualmente o cenário é o pior da História. Isso é devido ao aumento descontrolado da população na bacia de drenagem, desacompanhado de tratamento de esgotos compatíveis com essa crescente população. Além dos esgotos domésticos, existem diversas outras fontes de poluição industrial. A consequência final é o cenário de degradação presente nos dias de hoje.

No entanto, apesar da enorme degradação ambiental, ainda existe uma quantidade apreciável de recursos vivos, que surpreende até mesmo os especialistas. Isso é uma justificativa importante para os investimentos em sua recuperação.

As condições sanitárias e ambientais da Baía de Guanabara resultam de impactos cumulativos e mudanças ambientais que ocorreram desde o estabelecimento dos primeiros europeus, no século 16. Desde então, a região passou por uma série de ciclos econômicos que começaram com a exploração de pau-brasil, passando por cultivo de cana-de-açúcar, mineração, plantio de café e de laranja. Os impactos começaram a aumentar por volta de 1930, quando a industrialização na área começou, trazendo urbanização e aumento da população.

As atenções perante a poluição da baía aumentaram com o crescimento da preocupação ambiental nos anos 1990. A Rio 92 trouxe alguns esforços governamentais para restaurar a qualidade da água na região. Uma das maiores ações foi o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG). Ele começou em 1994, como uma cooperação entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento, o Governo do Estado do Rio de Janeiro e o Banco Japonês JBIC. Esse programa implementou uma série de estações de tratamento de esgoto em localizações estratégicas dentro da baía de drenagem da Guanabara. No entanto, muitas estações não foram concluídas e outras não são funcionais por não estarem conectadas ao sistema de esgoto.



Um pouco sobre as águas da Guanabara

Como em outras baías costeiras, o regime de marés é um importante componente da circulação de água da Baía de Guanabara. A maré é, principalmente, semi-diurna, com variação máxima de 1,4 m. Como resultado disso, leva-se 11,4 dias para renovar 50% da água da Baía. Esse tempo relativamente curto para a renovação das águas explica o porquê de a qualidade ambiental não ser pior, considerando-se a quantidade de esgotos não tratados lançados em suas águas.

No entanto, é importante ter em mente que essa renovação não é a mesma em todas as partes da baía. De fato, as partes mais internas, que recebem a maior carga de esgoto, têm baixa circulação e, com isso, maior demora na troca de água, causando acumulação de matéria orgânica e outros contaminantes. Isso torna essa a área mais poluída da baía.

Influências estuarinas e costeiras geram uma estratificação vertical mais pronunciada nas partes rasas internas da baía, próximas aos deságues dos riachos e estão correlacionadas às estações chuvosas e secas. Durante o período de chuvas (outubro a abril), as temperaturas são mais altas e as salinidades, mais baixas, com a presença de termo e haloclinas. Já durante a estação seca (maio a setembro), as temperaturas são mais baixas e as salinidades, mais altas, e, portanto, há uma menor estratificação.

Estudos de longa duração detectaram aumentos na clorofila A, no nitrogênio, no fósforo e nos coliformes, e diminuição nas concentrações de oxigênio



dissolvido, especialmente na parte Noroeste da baía, como consequência do aumento das áreas urbanas sem condições sanitárias adequadas. Isso leva a sérios problemas ambientais e de saúde humana. A poluição da água favorece espécies adaptadas a habitats ricos em nutrientes, entre as quais estão incluídas muitas linhagens de bactérias patogênicas que são capazes de infectar humanos e outras formas de vida.

A taxa de doenças transmitidas pela água é alta. Apesar de o saneamento ter melhorado no Brasil, cerca de 65% das internações são devido a doenças transmitidas pela água. O risco aumenta com as bactérias resistentes a antibióticos. O uso descontrolado criou pressão seletiva que favorece as linhagens. O esgoto é uma das formas pelas quais esses organismos saem do ser humano e contribuem para a disseminação de organismos resistentes a antibióticos.

O primeiro indicador dos impactos da poluição da baía é a baixa transparência da água. A sua salinidade varia de 13 a 36. No entanto, vem sendo observado o declínio na salinidade ao longo dos anos, principalmente na parte interna da baía que está sob influência antropogênica. No geral, as partes internas são caracterizadas por baixa salinidade (devido ao *input* de esgoto e dos rios), concentrações muito altas de nutrientes e frequentemente baixa concentração de oxigênio dissolvido, como resultado dos processos de eutrofização. Já as águas externas possuem baixa concentração de nutrientes e a altos níveis de salinidade e oxigênio dissolvido. Entre esses dois extremos, um gradiente de poluição decrescente é criado através do Oceano Atlântico.

Na Guanabara há muitas fontes contaminantes de descartes de efluentes domésticos não tratados. Isso causa uma adição de matéria orgânica, nutrientes, hidrocarbonetos, metais pesados e grandes quantidades de sólidos suspensos. Os efluentes domésticos são responsáveis pelo descarte de matéria orgânica e micro-organismos potencialmente patogênicos.

As indústrias no entorno da baía são responsáveis por 20% do *input* orgânico e pela maioria das substâncias tóxicas liberadas em suas águas. O perfil da indústria do Rio de Janeiro caracterizava-se por unidades de pequeno e médio porte, que empregavam de 20 a 40 operários. Embora já houvesse algumas fábricas que poderiam ser identificadas como produtoras de bens de capital, como as de construção de máquinas, peças e motores elétricos, além de produtos químicos e mine-



rais não metálicos, predominava a produção de bens de consumo, como têxteis, alimentos, calçados, vestuário, itens farmacêuticos e metalúrgicos.

O lixo é a mais visível forma de poluição em um corpo d'água. Na Baía de Guanabara, a sujeira acumulada em suas margens e os detritos que flutuam pelo espelho d'água poluem e causam prejuízos diversos. Afetam a pesca, a navegação, o lazer, o turismo, a fauna nativa e o valor estético da paisagem.

Os resíduos sólidos, sejam eles domésticos ou de outras origens, precisam ser rotineiramente coletados e dispostos em locais adequados. Quando o esquema é deficiente ou inexistente, como ocorre em favelas e áreas vulneráveis das periferias das cidades, grande parte do lixo é lançada em rios, córregos, valas e canais do sistema de drenagem, causando assoreamentos e entupimentos.

Obviamente, o lixo contribui enormemente para a degradação da qualidade da água de rios e canais e, por extensão, do espelho d'água da baía, provocando prejuízos estéticos e sanitários. Como muitos de seus componentes são flutuantes e não submergem, frequentemente terminam formando verdadeiras ilhas de detritos nos trechos de menor velocidade das águas. Isso faz com que nas estações de chuva seja comum a passagem dessas ilhas de resíduos.



Existem ainda outros tipos de agressões ambientais à baía. Por exemplo, muitos foram os aterros executados desde o século 19, principalmente na região Oeste, ocupando áreas do Flamengo até a Ilha do Governador. Tais aterros comprometeram a circulação das águas e causaram um acúmulo da poluição.

Além disso, ocorreu ao longo do tempo a destruição contínua das regiões de manguezais. Muito visados por conta da madeira, os manguezais do entorno da BG sofreram diversos impactos. Dos 260 km² existentes na época do “descobrimento”, restam pouco mais que 80 km², quase todos na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim. O restante encontra-se no litoral do município de Duque de Caxias, na Ilha do Governador, no saco do Jequiá e em alguns poucos locais.

Consequências da poluição na baía para as populações humanas

Muitos efeitos da poluição podem impactar todos os níveis da rede trófica. A comunidade microbiana da baía se adapta ao gradiente de poluição, alterando a composição das espécies e atividades metabólicas de acordo com as condições locais. Na maioria das partes degradadas da parte interna da baía, a cadeia trófica está altamente comprometida.

A pesca declinou nos últimos anos, as áreas de mangue reduziram a 50% o seu tamanho original e muitas praias não são recomendadas para recreação. Em 2011, o governo do Estado do Rio de Janeiro assinou o Pacto pelo Saneamento, baseado na lei federal que estabelece as guias nacionais de saneamento. Com esse pacto, o governo buscou expandir o acesso ao saneamento pela população do Rio de Janeiro, que engloba o suprimento com água potável, tratamento de esgotos, serviços de limpeza urbana e serviços de drenagem de águas pluviais. Se o Governo o cumprir, a Baía de Guanabara pode entrar em um novo capítulo da sua história.

Referências

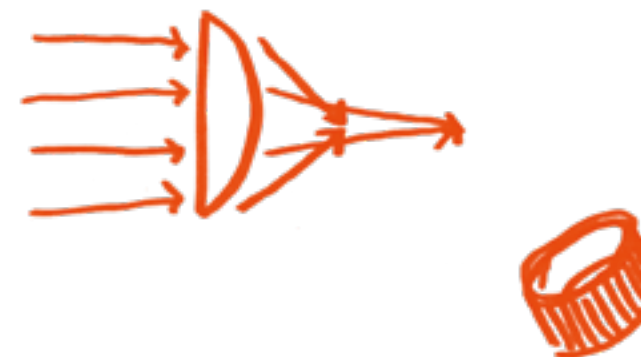
- AMADOR, E.S. Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: Homem e Natureza. Rio de Janeiro: E.S. Amador. 1997.
- COELHO, V. Baía de Guanabara: uma história de agressão ambiental. Rio de Janeiro: Casa da Palavra. 2007.
- FISTAROL, G.O. et al. Environmental and Sanitary Conditions of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. *Frontiers in Microbiology*. Vol. 6. 2015.

experimento

FAÇA VOCÊ MESMO O SEU MICROSCÓPIO

POR FILIPE OLIVEIRA

Biohacker, diretor científico do Conector Ciência



Os microscópios foram inventados no século 16. No século 17, eles se tornaram bem conhecidos depois da publicação do livro “Micrografia”, escrito pelo cientista inglês Robert Hooke, que descreveu pela primeira vez a estrutura externa de uma célula vegetal. Na mesma época, na Holanda, em vendedor de tecidos chamado Anton van Leeuwenhoek criou lentes com centenas de vezes de aumento. Ele foi o primeiro a descrever células vivas de microrganismos, esperma e outros animalículos na água – protozoários e algas. Desde então, o design, a ampliação, a resolução e as aplicações dos microscópios se diversificaram e pesquisadores já receberam o Prêmio Nobel por seus estudos de microscopia. Mais recentemente, os microscópios têm sido produzidos de forma mais autônoma, bem no estilo *Do it yourself* ou faça você mesmo em *makerspaces*, *hackerspaces*, escolas e em casa.

A democratização da ciência inclui também a fabricação de equipamentos científicos de baixo custo e portáteis – algo realmente importante no Brasil, se for considerado que apenas 11,5% das escolas de Ensino Fundamental e 45,4% das escolas do Ensino Médio dispõem de laboratórios de ciências, de acordo com os dados do Censo Escolar divulgado pelo Inep em 2018.

Esta foi uma das motivações para o Conector Ciência desenvolver o Conectorscópio, um microscópio digital, de baixo custo e acoplável à câmera do celular smartphone. Esse microscópio simples é feito com uma lente convergente plano-convexa retirada de leitores de computador jogados no lixo e impressão em

3D. Esse modelo remete aos microscópios de uma lente que foram criados por Anton van Leeuwenhoek séculos atrás. Ao mesmo tempo, é contemporâneo, pelo fato de reaproveitar resíduo eletrônico combinando gambiologia e fabricação digital.

Esse microscópio já foi utilizado, adaptado e construído com sucesso em diversos projetos de educação científico-tecnológica e artística, em pesquisas de ciência cidadã e de comunicação científica. O projeto está disponível com licença aberta Creative Commons, a qual permite usos para fins não comerciais e exige a citação da fonte: Conector Ciência 2018 CC BY NC 4.0.

A principal referência bibliográfica para a confecção desse microscópio foi o artigo dos brasileiros Sepel *et al* [2011] em que descreveram o uso de lentes convergentes extraídas de resíduo eletrônico e tecnologias obsoletas para a produção de microscópios. Os autores usaram uma tampinha de garrafa de plástico e uma ponteira plástica que, porém, não é facilmente adquirida para o público fora das universidades e laboratórios acadêmicos. Já a principal referência para a confecção do suporte de lente impresso em 3D foi o modelo publicado pelo PNN Laboratory. Naquele caso, o modelo é menor e tem uma única abertura para inserir uma pequena esfera de sílica, difícil de ser encontrada no mercado e, quando baratas, sujeitas a grandes variações de tamanho. Por fim, a estrutura de papelão foi inspirada no formato dos primeiros microscópios DIY publicado no Instructables, feitas de madeira e acrílico, materiais caros e que exigem ferramentas especializadas.

DO QUE VOCÊ VAI PRECISAR?

Para fazer o Conectorscópio, você precisa de:

- 1 leitor de DVD/CD de resíduo eletrônico ou computador não funcional
- 1 caixa de sapatos de papelão
- 4 parafusos para cama (M4) com 15cm cada
- 12 porcas [3 unidades para cada parafuso]
- 4 arruelas [1 unidade para cada parafuso]
- 1 quadrado de massa adesiva Multi-tack da marca Pritt
- 1 bastão de cola quente
- 1 lanterna
- 1 garrafa de plástico lisa, transparente e incolor

Além desses materiais, você precisará de algumas ferramentas:

- 1 par de luvas de tecido
- 1 óculos de plástico
- 1 chave Phillips 1/8
- 1 chave de fenda 1/8
- 1 estilete
- 1 tesoura
- 1 canetinha
- 1 régua de 30 cm
- 1 furadeira
- 1 serrinha de mão (arco de serra com lâmina para madeira, plástico ou metal)
- 1 broca de furadeira de 5 cm
- 1 pistola de cola quente

Para a fabricação digital, que é opcional, você precisa de:

- 1 impressora 3D
- 1 rolo de filamento
- 1 computador
- 1 software de modelagem em 3D



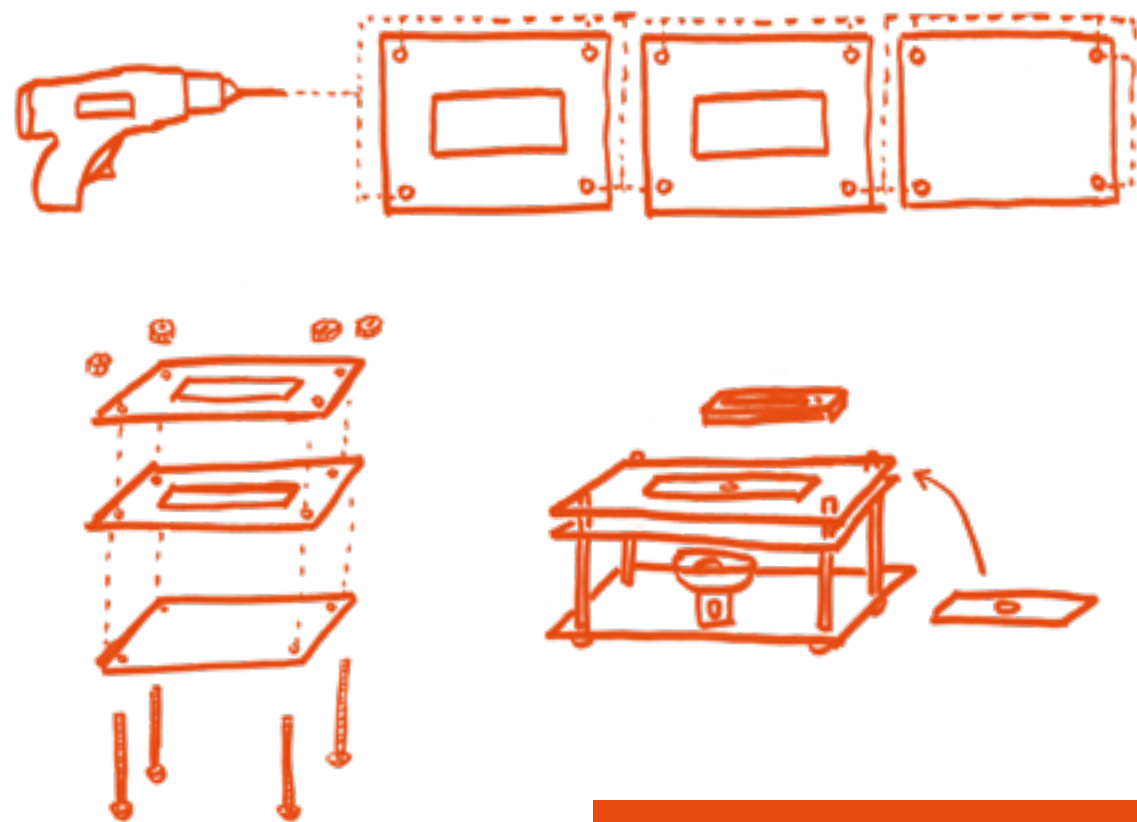
AGORA É A HORA DE COLOCAR A MÃO NA MASSA!

- 1** Use os equipamentos de proteção individual.
- 2** Retire os parafusos externos do leitor de DVD com uma chave Phillips.
- 3** Retire a capa de metal que estava presa pelos parafusos.
- 4** Dentro do leitor de DVD, encontre pequenas travas laterais de plástico que prendem as placas de circuito elétrico (verde) e destrave-as com as mãos.
- 5** Corte os cabos de fita (*ribbon cables*) com uma tesoura.
- 6** Retire as placas de circuito com as mãos.
- 7** Na lateral do leitor, em sua porção anterior, pressione fortemente para dentro os pinos pretos que se encontram em cada lateral com uma chave de fenda.
- 8** Agora, retire a parte superior de metal do leitor de DVD com cuidado.



- 9** Encontre o cabeçote do laser na parte interna de plástico do leitor de DVD.
- 10** No cabeçote você verá uma pequena lente de vidro, retire a lente com uma chave de fenda, pressionando de baixo para cima o plástico que circunda a lente. Atenção! Não pressione o meio da lente para não arranhá-la.
- 11** Faça um anel com um pouco de massinha adesiva multi-tack.
- 12** Fixe o anel no entorno da lente, sem cobrir a lente na parte superior ou inferior, apenas na lateral.
- 13** Retire a capinha do celular.
- 14** Teste qual abertura no suporte impresso em 3D permite que o mesmo fique fixo de modo estável à câmera do celular.

Importante! O suporte tem três aberturas: duas para lentes grandes de leitor de DVD de computadores desktop, uma pequena para lente de leitor de DVD de notebook. O arquivo com o projeto tridimensional do suporte de lente está disponível para download no site do Conector Ciência na aba Manuais > Conectorscópio.



15 Fixe a lente com a massinha em seu entorno dentro da abertura que melhor se adequar ao seu celular e tamanho da lente.

A parte plana da lente de estar voltada para a superfície da câmera do celular, você perceberá que a lente tem uma “barriga” porque ela é convexa.

16 Desbloqueie o seu celular e abra o software da câmera. Nesse momento, você verá a tela toda “embaçada” (fora de foco).

17 Aproxime a câmera do celular com o suporte impresso em 3D do objeto a ser observado em um local luminoso.

A distância focal é de cerca de 2 mm, então tem que aproximar bem, quase encostando para ver a imagem aumentada. Por exemplo, teste observar a sua própria pele.

Além disso, nesse momento, você perceberá que é difícil manter o foco ou iluminar a amostra, sendo assim, construir um suporte fixo e com iluminação própria te ajudará fotografar as amostras.

18 Defina as dimensões das três camadas quadradas ou retangulares do suporte de papelão de modo que caiba o seu celular sobre ele sem risco de cair.

As medidas podem ser diferentes dependendo do modelo do celular smartphone. Experimente com as dimensões!

19 Corte as três camadas quadradas ou retangulares do suporte de papelão.

20 Corte um quadrado na região central ou aproximadamente $\frac{3}{4}$ da lateral inferior de duas das três camadas de papelão. A camada sem corte interno será a base.

Ajuste o local dessa abertura de modo que coincida com o local da câmera do celular quando o celular está posto de modo estável sobre a plataforma. A posição dessa abertura interna no papelão vai variar de acordo com o modelo de celular. Experimente com as dimensões!

21 Empilhe as três camadas de papelão e perfure nas extremidades laterais, próximas aos vértices do quadrado/retângulo e a cerca de 1 – 1,5 cm de distância da borda, com uma furadeira ou então com a ponta da chave Phillips.

22 Separe as camadas e ensira um parafuso contendo uma arruela no primeiro buraco lateral da camada de papelão da base.

21 Insira a próxima camada de papelão.

22 Insira duas porcas no parafuso.

23 Insira a última camada de papelão, com a abertura interna [central] alinhada com a mesma abertura na camada inferior.

24 Insira uma porca na ponta do parafuso para finalizar.

25 Faça o mesmo com os outros três parafusos.

26 Fixe a base ainda mais aplicando cola quente entre a arruela e o papelão.

27 Insira a lanterna entre a camada da base e a do meio, de modo que a lâmpada esteja alinhada com a abertura interna [central] nas duas camadas superiores.

Faça ajustes na altura das camadas para acomodar a lanterna, você também pode modificar a estrutura da lanterna com uma serrinha de mão, reduzindo o seu comprimento, ou fazer um circuito elétrico simples.

28 Faça lâminas de plástico cortando retângulos nas paredes da garrafa de plástico. Elas substituem as lâminas de vidro para visualizar as amostras frescas.

27 Escolha as amostras que deseja observar e coloque-as sobre a lâmina de plástico. É melhor que elas sejam finas ou faça cortes nas amostras, porque a luz precisa passar pelo material.

Lâminas fixadas produzem melhores resultados na observação.

29 Insira a lâmina entre a camada do meio e a inferior.

30 Coloque o celular já com o suporte impresso em 3D acoplado à câmera do celular sobre a camada de papelão superior.

31 Alinhe a posição da câmera com o suporte impresso em 3D com a abertura onde está vindo a luz, a qual está passando pela amostra.

32 Desbloqueie o seu celular e abra o software da câmera. Nesse ponto, é normal ver a imagem “embaçada”.

33 Pressione levemente o celular no papelão.

34 Assim que focalizar, você verá a sua amostra aumentada de 20 a 25 vezes dependendo do tamanho da lente.

Quanto menor a lente maior será o aumento! Além disso, use o zoom da câmera do seu celular pra ampliar ainda mais a imagem [80 a ~110 vezes com o zoom máximo de 4 vezes].

35 Fotografe a sua amostra.

Referências

- Wollman AJM, Nudd R, Hedlund EG, Leake MC [2015]. From Animaculum to single molecules: 300 years of the light microscope. Open Biol. 5: 150019. <http://dx.doi.org/10.1098/rsob.150019>
- Hooke R [1665]. Micrographia. Link: <https://www.gutenberg.org/ebooks/1549> Último acesso: 15-07-2019.
- Zuylenp JV [1981]. The microscopes of Antoni van Leeuwenhoek. Journal of Microscopy, 121: 309-328.
- Sepel LMN, Loreto ELS, Rocha JBT. [2009]. Using a peplica of Leeuwenhoek's microscope to teach the history of science and to motivate students to discover the vision and the contributions of the first microscopists. CBE–Life Sciences Education, 8: 338 –343.
- Boufleur RN [2013]. Fundamentos da Gambiarra: A Improvisação Utilitária Contemporânea e seu Contexto Socioeconômico. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (USP).
- Conector Ciência. Link: <https://www.conecien.com>. Último acesso: 15-07-2019.
- Creative Commons. Link: <https://creativecommons.org/>. Último acesso: 15-07-2019.
- Sepel LMN, da Rocha JBT, Loreto ÉLS [2011]. Construindo um microscópio II bem simples e mais barato. Genética na escola: 06.02, 1-5.
- Pacific Northwest National Laboratory - US Department of Energy. Link: <https://availabletechnologies.pnnl.gov/technology.asp?id=393>
- Yoshinok - Instructables [2013]. Link: <https://www.instructables.com/id/10-Smartphone-to-digital-microscope-conversion/>

plano de aula

DESCOBRINDO O AZUL DO VERDE E AMARELO

ALESSANDRA CRISTINA NETTO

Escola Arte e Manha Espaço Cultural – Tijuca, RJ

ANA CLAUDIA PINTO

Escola Municipal Pedro Ernesto – Lagoa, RJ

CARLA CANDIDO

Colégio e Curso Fator – São João de Meriti, RJ

GISELLE DEVEZA DE ANDRADE

CIEP 448 Ruy Frazão Soares – Niterói, RJ

IAN DOS SANTOS NOGUEIRA

Baby CEMI e Planeta Bambini – Recreio dos Bandeirantes, RJ

LÚCIA SANCHES

Escola Municipal Rosa de Sarom – Citrolândia, Guapimirim, RJ

NADJARA DE MEDEIROS CORRÊA

Centro Educacional Estações do Ano – Santa Cruz, RJ

PARTICIPANTES DO INSPIRA CIÊNCIA



A água é essencial à vida humana e a todas as formas de vida. O Brasil abriga 12% das reservas de água doce do planeta, o que corresponde a 53% dos recursos hídricos da América do Sul. Uma rede hidrográfica é o conjunto formado pelo rio principal e por todos os seus afluentes e subafluentes e no Brasil encontra-se uma das mais extensas e diversificadas redes fluviais do mundo, dividida em 12 regiões hidrográficas.

De acordo com as Nações Unidas, os recursos hídricos e os serviços a eles associados compõem os esforços de erradicação da pobreza, de desenvolvimento econômico e da sustentabilidade ambiental. O acesso à água e ao saneamento básico é importante para todos os aspectos da dignidade humana: desde a segurança energética e alimentar à saúde ambiental e humana. Os recursos hídricos, portanto, estão no centro do desenvolvimento sustentável.

Por isso, um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, o ODS 6, tem como meta

assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todas e todos, além de fortalecer a participação das comunidades locais.

Assim, fomentar atividades de engajamento dos estudantes e, por meio deles, das comunidades onde residem, com a melhoria da gestão dos recursos hídricos, é uma das medidas para promover não somente o desenvolvimento sustentável, mas também a conservação desse serviço ecossistêmico, estimular o desenvolvimento do pensamento crítico e a amplificação da participação social dos docentes e das escolas envolvidos nesse projeto.

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) indica que durante o 9º ano do Ensino Fundamental devem ser desenvolvido um conjunto de competências e habilidades sobre a importância dos recursos hídricos nas unidades temáticas “Vida e Evolução” e “Matéria e Energia”.

Delimitação do conteúdo

- Propriedades químico-físicas da água
- Importância da água para os organismos vivos
- Poluição hídrica
- Bacias hidrográficas
- Biodiversidade
- Relação Homem-Ambiente
- Microscopia

Objetivos da aula

- Avaliar a qualidade da água
- Reconhecer bioindicadores de qualidade da água
- Refletir sobre a importância da água no contexto social, econômico e ambiental
- Apreender a utilização de recursos tecnológicos para o mapeamento dos corpos hídricos adjacentes à comunidade
- Analisar e compreender a relação homem-ambiente na conservação de recursos naturais
- Identificar as etapas do ciclo da água



Competências e habilidades

de acordo com a Base Nacional Comum Curricular

[3] Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza.

[EF05CI02] Aplicar os conhecimentos sobre as mudanças de estado físico da água para explicar o ciclo hidrológico e analisar suas implicações na agricultura, no clima, na geração de energia elétrica, no provimento de água potável e no equilíbrio dos ecossistemas regionais (ou locais).

[EF05CI03] Selecionar argumentos que justifiquem a importância da cobertura vegetal para a manutenção do ciclo da água, a conservação dos solos, dos cursos de água e da qualidade do ar atmosférico.

[EF09CI01] Investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica.

[EF09CI12] Justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados.

[EF09CI13] Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.



Inclusão e acessibilidade

O plano de aula tem como objetivo provocar a reflexão do uso da água sob os olhares social, cultural, econômico e ambiental, demonstrando como essas questões influenciam a vida dos estudantes.

Este plano de aula também busca a inclusão e a acessibilidade por meio da fotografia, viabilizando a prática da fotografia social e ambiental a adolescentes com Necessidades Especiais de Educação (NEE). Atualmente, conforme Karwatzki (2017), a fotografia é um instrumento muito utilizado como forma de comunicação, principalmente entre adolescentes, e torna-se possível pela difusão dos celulares.

Sendo assim, o uso da fotografia neste projeto tem como objetivo ampliar as possibilidades de inclusão de jovens por meio de suas percepções e interpretações sobre o ambiente e sobre aqueles com quem convivem.



Conhecimento prévio

Para o melhor desenvolvimento deste plano de aula, é necessários que os alunos sejam capazes de::

[EF05CI03] Selecionar argumentos que justifiquem a importância da cobertura vegetal para a manutenção do ciclo da água, a conservação dos solos, dos cursos de água e da qualidade do ar atmosférico.

[EF06GE04] Descrever o ciclo da água, comparando o escoamento superficial no ambiente urbano e rural, reconhecendo os principais componentes da morfologia das bacias e das redes hidrográficas e a sua localização no modelado da superfície terrestre e da cobertura vegetal.

Transversalidade

O plano de aula considera as conexões entre o docente, sua comunidade e seu território no uso atual e histórico dos recursos hídricos. As atividades propostas têm como perspectiva provocar reflexões sobre o cotidiano dos estudantes, sustentabilidade e políticas públicas.



Metodologia

1ª SEMANA - BASE TEÓRICA
ETAPA 1 - OFICINA DE MICROSCOPIA

50 minutos

Disciplina: Artes

A oficina de construção do microscópio será realizada conforme metodologia apresentada pela Conector Ciência. Os materiais utilizados (papelão, parafusos, lente óptica, acetato) serão levantados e organizados pelos docentes e discentes.

ETAPA 2 - OFICINA DE CARTOGRAFIA SOCIAL
E USO DE RECURSOS HÍDRICOS

100 minutos

Disciplina: Geografia

Uma oficina de cartografia será realizada a fim de expressar como os alunos percebem o local onde vivem. A criação livre de um mapa do bairro com escalas, projeções e legendas desenvolvidas pelos alunos será importante para que eles se localizem no espaço. Durante a criação do mapa também surgirão oportunidades para abordar histórias e crenças locais relacionadas às diferentes localidades.

Os alunos deverão organizar um mapa que demonstre a organização social (“a igreja ao lado da minha casa”, “o supermercado fica no centro do bairro” etc) do bairro; a localização dos recursos hídricos (rios, córregos, lagos) e sua bacia hidrográfica; assim como demais recursos naturais. Durante a oficina e para a construção do mapa os alunos terão a oportunidade de trabalhar com escalas espaciais e aprender a localizar-se analisando os espaços sociais – tanto os naturais quanto os construídos e modificados pelo homem. Para tal, será utilizado como referência o livro de Almeida [2007].

Por fim, será realizada uma pesquisa a fim de adicionar uma legenda ao mapa relacionada ao tipo de uso que cada recurso hídrico presente no bairro apresenta. Essa pesquisa será inicialmente realizada pelos alunos com as fontes de que puderem dispor (relatos de moradores, site da prefeitura do município). Após essa primeira etapa caberá ao professor corroborar as informações acerca do uso correto dos recursos hídricos do bairro.

ETAPA 3 - AULA PRÁTICA

Disciplinas: Física / Química / Biologia

Temas: Ecossistema / PH / qualidade da água / microscopia

A aula prática de biologia utilizará o microscópio para observar os organismos e despertar o interesse dos alunos acerca da microscopia e, ao mesmo tempo, abordar a classificação biológica dos organismos observados na lâmina. A água utilizada na observação deverá ser coletada previamente no entorno da escola.

A aula prática de química fará uso de um experimento com objetivo de observar o fenômeno de tensão superficial da água, conforme as atividades propostas por Freitas *et al.* [2012]. Em seguida, os alunos participarão do experimento demonstrativo de como construir uma escala para distinguir substâncias ácidas e básicas utilizando extrato de repolho roxo e outros materiais de fácil acesso disponibilizado na plataforma Ciência na Mão [USP].

A atividade tem como objetivo demonstrar a biodiversidade encontrada nos ecossistemas aquáticos e apresentar as propriedades físico-químicas da água.

ETAPA 4 - RODA DE CONVERSA

100 minutos

Disciplina: História

Os alunos deverão reunir relatos, a partir da história oral dos moradores, sobre o passado da região. Fotografias também poderão ser utilizadas para recompor a história da comunidade e da paisagem. Ao final da atividade, os trechos mais relevantes dos relatos do passado deverão ser registrados em cartazes sendo contrapostos com a realidade atual observada. O objetivo da atividade é demonstrar as mudanças temporais na paisagem e no uso e na disponibilidade dos recursos hídricos.



ETAPA 5 - ESPORTE AO AR LIVRE

50 minutos

Disciplina: Educação física

Os alunos, juntamente ao professor de educação física, deverão levantar e registrar as principais atividades físicas, que possuem relação com os recursos hídricos, praticadas na comunidade, como canoagem, stand up paddle, pesca esportiva e outros. A atividade tem como objetivo refletir sobre os usos – ou os possíveis usos – recreativos dos recursos hídricos.

ETAPA 6 - SARAU

100 minutos

Disciplina: Português

Poesia e literatura envolvendo o tema “Água”

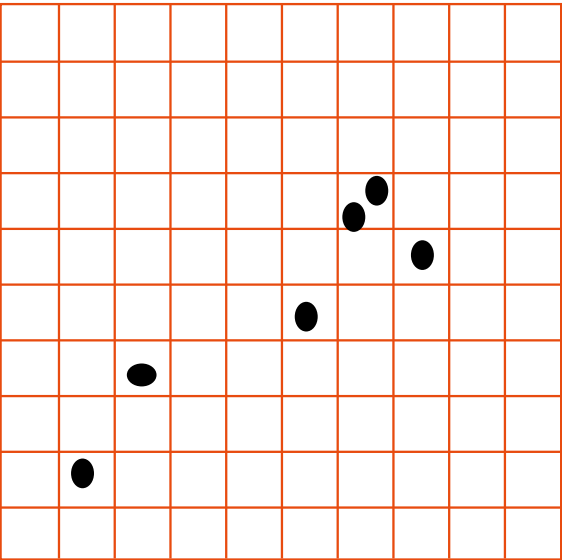
Realizar um sarau literário onde os alunos possam se manifestar artisticamente por meio da dança, poesia, narrativas, músicas, teatro e artes plásticas (pinturas, esculturas) com a temática água. A atividade tem como objetivo desenvolver habilidades artísticas e provocar a reflexão sobre a presença, o uso e a importância da água nas sociedades humanas e na biosfera.

ETAPA 7 - PORCENTAGEM DA BIODIVERSIDADE
EM DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA

50 minutos

Disciplina: Matemática

Os alunos deverão estimar a porcentagem de microrganismos observados na lâmina de microscopia produzida na aula de biologia, através de uma grade feita em acetato, com 10 linhas e 10 colunas. A grade será posicionada sobre a tela do celular e os alunos registrarão o número de grades contendo microorganismos, e assim, obter a porcentagem de biodiversidade na amostra. No exemplo da figura acima, temos a observação de cinco grades ocupadas por microorganismos, ou seja, a amostra possui 5% de biodiversidade. A atividade tem como objetivo estimular o interesse pelo ensino de matemática e ser facilitadora na compreensão do conceito de porcentagem.



2ª SEMANA - SAÍDA DE CAMPO

ETAPA 1

1 dia [4 horas]

Fotografias dos corpos hídricos locais adjacentes à escola:

Os alunos deverão registrar os impactos ambientais, como despejo de lixo, lançamento de esgoto irregular, supressão de mata ciliar, atividades esportivas e outras curiosidades por meio de fotografias digitais e de vídeos.

Coleta e análise das propriedades químicas e biológicas da água:

Durante a saída de campo, os alunos coletarão água em diversos pontos do corpo d'água. A coleta será realizada com auxílio de luvas em tubos plásticos próprios para coleta de material biológico para posterior análise no laboratório escolar.

Coleta de pontos de GPS da localização dos corpos hídricos:

Os alunos devem realizar a marcação dos pontos de coleta da água do corpo d'água, assim como registrar os pontos observados de lançamento de esgoto e lixo, presença de mata ciliar e atividades agrícolas e econômicas relacionadas aos recursos hídricos.

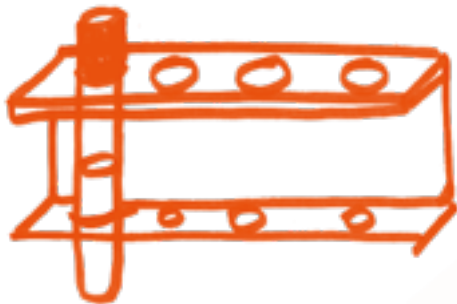


ETAPA 2 - RELATÓRIO

100 minutos

Relatório de análise dos dados coletados:

Sistematização dos dados coletados e observados durante a saída de campo na forma de um relatório com tabelas, fotografias, mapas e reflexões pessoais.



3ª SEMANA - CULMINÂNCIA
EXPOSIÇÃO FOTOGRÁFICA

1 dia [4 horas]

Exposição das fotografias em mídias sociais (Facebook, Instagram, Twitter) e no espaço escolar em meio impresso ou digital.

RODA DE CONVERSA

Sistematizadas entre professores, alunos e lideranças locais, as rodas de conversa têm o objetivo de levantar os problemas e as soluções acerca da conservação de recursos hídricos da comunidade. Durante a roda de conversa, os alunos apresentarão os resultados dos relatórios sistematizados a partir da saída de campo.



RECURSOS E TECNOLOGIAS

- Microscópio: papelão, parafusos, lente óptica
- Celulares com câmera e/ou câmera fotográfica
- Luvas plásticas ou látex
- Tubos plásticos para coleta de material biológico

RESULTADOS ESPERADOS

- Compreender os indicadores físico-químicos de qualidade da água.
- Conhecer bioindicadores de qualidade dos recursos hídricos.
- Compreender a água como um recurso social, econômico e ambiental.
- Aprender a utilizar recursos tecnológicos como microscópio e GPS.
- Entender como as políticas de saneamento básico e a relação homem-natureza interferem na conservação dos recursos hídricos.
- Compreender o ciclo da água, a formação de bacias hidrográficas e o ciclo urbano da água.

Referências

Almeida, R. D. 2007. Cartografia escolar. Editora Contexto 316 p.
Ciência na Mão [USP] - Atividades de Ciências da Natureza, Indicador Ácido-Base
Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=lc&cod=_indicadoracido-base>
Conector Ciência - oficina de microscopia. Disponível em <<http://www.conecien.com/o-mundo-invisivel.html>>
Freitas, E. A. S. et al. 2012. Conhecendo as Propriedades da Água. XVI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Disponível em <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2012/anais/arquivos/RE_0416_0798_01.pdf>
Karwatzki, W. 2017. Fotografia para inclusão de jovens com necessidades especiais de educação. Rev. educação, artes e inclusão. Disponível em <www.revistas.udesc.br/index.php/arteinclusao/article/download/8998/pdf>
Plataforma Agenda 2030. Disponível em <<http://www.agenda2030.org.br/ods/6/>>

capítulo 4

REPENSANDO O ENSINO E A APREN- DIZAGEM



01000010011000
10001000010010
0010001001101100
0001000100010001
01000010011000
10001000010010
0010001001101100
0001000100010001



artigo

A APRENDIZAGEM PROFUNDA E O ESTÍMULO DE COMPETÊNCIAS

POR MARIA DO CARMO XAVIER

Difusora do programa Core Skills – Educação para a vida do British Council Brasil

Muitas das profissões que nossos estudantes terão em um futuro bem próximo ainda não existem, e eles usarão tecnologias que ainda não foram inventadas para encontrar soluções para problemas que ainda nem surgiram. O que os professores podem ensinar hoje para um amanhã que não conhecemos por completo? Uma resposta está no ensino de competências essenciais para o século 21. Pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade, imaginação, cidadania, comunicação, colaboração, letramento digital, liderança e desenvolvimento pessoal são algumas delas. A Base Nacional Comum Curricular traz muitas outras. A educação científica faz parte dessa questão.

Aprendizes de cientista

O mundo segue em constante transformação e a educação é parte dela, assim como o trabalho dos professores. Em resposta a esse cenário de tantos desafios, muitas mudanças já estão acontecendo nas

escolas brasileiras, e outras deverão acontecer a partir da implementação da Base Nacional Comum Curricular em 2020, pelo menos no Ensino Fundamental. A BNCC é uma grande oportunidade, porque, para além de "cumprir" uma lei, trata-se da nossa chance de construir coletivamente uma percepção crítica sobre a sala de aula.

A BNCC indica aprendizagens previstas para os diferentes anos de ensino. Os currículos escolares também deverão levar em conta as especificidades regionais e locais, priorizando aspectos que o território oferece como uma oportunidade de aprendizagem. Isso dará sentido às aprendizagens, promoverá o protagonismo dos estudantes e irá prepará-los para transformar sua comunidade, sua escola, seu mundo.

Na área de ciências da natureza, a proposta da Base Nacional Comum Curricular é assegurar ao estudante o acesso aos conhecimentos científicos, bem como a aproximação gradativa aos principais

processos, práticas e procedimentos de investigação científica. A BNCC pretende promover o letramento científico e formar cidadãos que tenham capacidade de compreender e interpretar o mundo e de agir sobre ele. Como define a segunda competência geral da Base, o estudante deve desenvolver a sua curiosidade, e também a sua capacidade de investigar causas, explicar fenômenos, resolver problemas e propor soluções que sejam sustentáveis e não promovam desequilíbrio na natureza e na sociedade. Ou seja, além de saber ciência, os estudantes devem saber fazer ciência, pensar cientificamente.

O que está na essência dessa proposta é o compromisso com a capacidade de compreender e interpretar o mundo natural, social e tecnológico, e também a capacidade de transformá-lo com base em processos, práticas e procedimentos de investigação científica.

Diferenciando competências e habilidades

As competências são construídas por meio de diversas habilidades, que expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas a todos os estudantes.

A BNCC estabelece oito competências específicas de ciências da natureza para o Ensino Fundamental. Uma delas, por exemplo, é conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e do seu bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro. Que habilidades concorrem para o desenvolvimento dessa competência? Por exemplo, no 1º ano espera-se que os estudantes possam localizar, nomear e representar por meio de desenho as partes do corpo humano e suas funções, e ainda comparar as características físicas entre seus colegas, reconhecendo a diversidade com respeito às diferenças. Já no 4º, ano eles devem ser capazes de propor medidas para a prevenção de doenças a partir do estudo das formas de transmissão de vírus e bactérias. Até os últimos anos do Ensino Fundamental ocorre uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e de autonomia de ação e de pensamento, fortalecendo essa competência por meio de novas habilidades.

De forma geral, na área das ciências da natureza a finalidade não é apenas que os estudantes aprendem ciência: é desenvolver neles a capacidade de atuação sobre o mundo, fundamental ao exercício pleno da cidadania. Ou, como define uma das competências gerais da BNCC, é utilizar os “conhecimentos historicamente construídos para colaborar na construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva”.

Letramento científico

Esta proposta de ensino e aprendizagem de ciências da BNCC vai ao encontro do conceito de letramento científico. Essa competência pode ser vista como uma articulação de todas as áreas de ciências, e é um convite ao conhecimento científico aplicado que intervenha no mundo real com base em princípios éticos e sustentáveis, de forma que os estudantes desenvolvam habilidades para tomada de decisões com base nos procedimentos investigativos específicos da área de Ciências.

Durante os procedimentos investigativos preparados pelos professores, os estudantes devem realizar em atividades que envolvam cooperação de modo que sejam encorajados a compartilhar intervenções e soluções de problemas. Além disso, os procedimentos investigativos devem ocorrer não somente no laboratório, mas considerar outros espaços de aprendizagem, como, por exemplo, o Museu do Amanhã, ou ainda em atividades de exploração de territórios, como o bairro onde fica a escola ou outras partes da cidade.

Sob a ótica do letramento científico, os procedimentos e as atividades para o ensino de ciências devem ter as seguintes características:

- Estimular continuamente o interesse e a curiosidade científica
- Oportunizar a definição de problemas
- Oportunizar o levantamento de dados reais
- Compartilhamento de ideias sobre resultados alcançados
- Atividades que promovam comunicação e interação de todos os estudantes

Técnicas de aprendizagem profunda para estimular competências

Há alguns anos o British Council vem se dedicando a compreender como seis competências específicas contribuem para o desenvolvimento dos indivíduos, de modo que estejam prontos para enfrentar os desafios do mundo de hoje – interconectado globalmente. São elas: pensamento crítico e resolução de problemas; criatividade e imaginação; cidadania, comunicação e colaboração; letramento digital; liderança e desenvolvimento pessoal.

Pesquisas recentes revelam que essas seis competências são também consideradas essenciais para a promoção da aprendizagem profunda. E o que é a aprendizagem profunda? Para compreendermos melhor este conceito, é importante conhecermos antes uma teoria que tem sido muito difundida no meio educacional: a Taxonomia de Bloom.

Nessa taxonomia, as habilidades de pensamento são definidas como habilidades de pensamento de alta demanda cognitiva (profundas) e as habilidades de pensamento de baixa demanda cognitiva emergindo (superficiais).

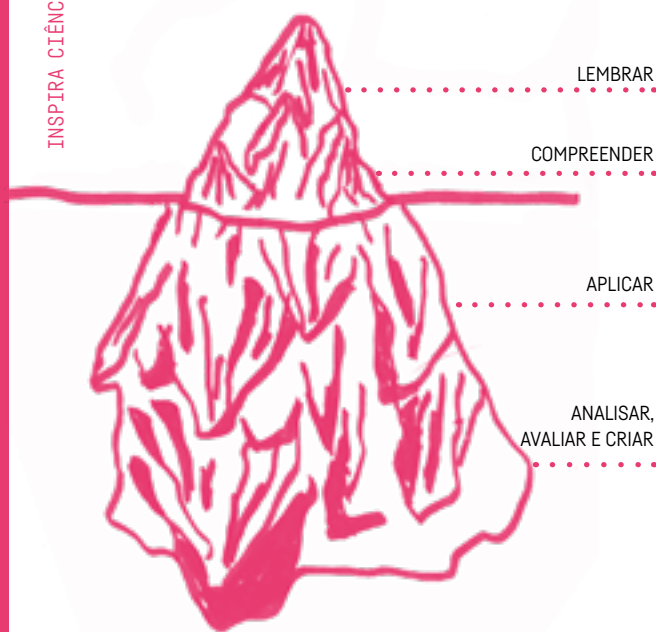


Figura 1 - Taxonomia de Bloom

Os comportamentos de aprendizado como aqueles relacionados com uma alta demanda cognitiva, tais como analisar, avaliar ou criar, podem conduzir a um aprendizado mais profundo se combinados com com-

portamentos de aprendizado relacionados com habilidades de pensamento de demanda cognitiva mais baixa, como lembrar.

Os comportamentos de aprendizado relacionados às habilidades de menor demanda cognitiva mostrados isoladamente levam provavelmente a um aprendizado que é menos profundo, ou seja: um aprendizado superficial. Atitudes e comportamentos do aprendizado profundo por si, sem um corpo de conhecimento ou fatos dos quais derivam, provavelmente não permitirão que os estudantes progridam para além de um certo nível.

O aprendizado profundo é o que nos torna aprendizes por toda a vida. Ele nos leva do saber e do lembrar para o compreender além. Ele nos remete à profundidade e à riqueza no aprendizado, a fazer conexões fortes entre o velho e o novo conhecimentos. O aprendizado se move da “necessidade de saber” para uma “necessidade de crescer”. É, em outras palavras, aprender a aprender. O conhecimento se torna útil e relevante nesse contexto e as habilidades aprendidas na sala de aula se tornam habilidades do estilo de vida. Habilidades para viver e para se relacionar com os outros, para percorrer nosso caminho pela vida, no trabalho ou na família, seja qual for a escolha. O conhecimento não é mais poder: ele é um combustível; o motor é o aprendizado profundo e o motorista é o aprendiz.

Como elaborar questões para a sala de aula

Assim como a Taxonomia de Bloom e a aprendizagem profunda ajudam o desenvolvimento de competências e habilidades, a técnica do questionamento é uma boa estratégia para aplicá-las em sala de aula. Pesquisas mostram que uma maneira de ajudar nossos estudantes na direção de um aprendizado mais profundo é o uso de questões eficazes em todas as lições. Um uso habilidoso das questões pelos professores pode ajudar os estudantes a estabelecer conexões entre seus aprendizados.

O relatório Westbrook sobre Pedagogia, Currículo, Práticas de Ensino e Educação do Professor nos Países em Desenvolvimento (2013) dá mais informações:

Nas práticas mais eficazes, os professores:

Fizeram uma variedade de perguntas considerando o conhecimento prévio dos estudantes, variando de questões fechadas de revisão até questões abertas mais bem elaboradas, e incluíram feedback, reformulando as frases e fazendo sondagem.

Nas práticas menos eficazes, os professores:

Raramente reformularam as frases, elaboraram ou sondaram a resposta dos estudantes exceto por um curto elogio ou aplauso de toda a classe. Hardman *et al.* (2012) aponta que embora os estudantes estivessem envolvidos, sua compreensão não foi avaliada – e assim nessas sessões ritualísticas de questões e respostas “não ocorreu aprendizado”.

Escolhendo as melhores perguntas

As perguntas podem ser divididas em fechadas e abertas. As questões fechadas são concretas e focam em uma resposta correta. Elas podem ser usadas para verificar se os alunos se lembraram de fatos essenciais ou para avaliar o conhecimento prévio deles, porém elas não devem ser usadas para a exclusão dos outros tipos mais desafiadores de questões, uma vez que elas não encorajam o raciocínio ou o aprendizado profundo. Elas podem ser usualmente respondidas rapidamente e a pessoa que faz as perguntas mantém o controle sobre elas.

Por exemplo:

Questão: Quais fatores aumentam a taxa de transpiração nas plantas?

Resposta: Luz, temperatura, vento, umidade.

Já as questões abertas terão uma variedade de respostas, dependendo da profundidade do raciocínio dos estudantes. Elas exigem que os alunos façam mais que lembrar – algum pensamento de maior demanda cognitiva será necessário para dar uma resposta correta. Elas levam usualmente mais tempo para serem respondidas que as questões fechadas, e a pessoa respondendo à questão é a que tem o controle sobre ela. A maioria dos professores pergunta muito mais questões fechadas que abertas.

Por exemplo:

Questão: Por que as plantas murcham?

Resposta: As plantas murcham para conservar água, quando a água é escassa ou as raízes estão danificadas. Elas também murcham em resposta a serem inundadas com água do mar por causa da osmose.

Outra divisão das perguntas é entre as questões superficiais e as questões profundas. As questões superficiais estimulam uma ou mais ideias. Elas podem ser respondidas com uma resposta direta que exige pouco processamento ou pensamento profundo, porém, geralmente, exigem um nível de compreensão para serem bem respondidas.

Por exemplo:

Questão: Explique como o vento afeta a taxa de transpiração.

Resposta: O vento aumenta a taxa de transpiração afastando o ar úmido em volta da folha, de forma que ela pode perder mais água.

Já as questões profundas estimulam as relações entre as ideias e ideias estendidas. Será necessário o uso de habilidades de pensamento de maior demanda cognitiva para dar uma resposta satisfatória à uma questão profunda. Esse tipo de questão é bom para desenvolver o pensamento crítico dos estudantes, embora seja necessário tomar cuidado para não fazê-las fora do alcance do conhecimento do aluno, porque isso pode ser desmotivador. Por causa da natureza complexa das questões e respostas, alguns alunos podem precisar de uma pista na direção certa, se estiverem muito hesitantes.

Por exemplo:

Questão: por que as roupas no varal secam mais rapidamente em um dia quente e com vento?

Resposta: em um dia quente e com vento a taxa de evaporação da água das roupas será alta. Isso porque o ar úmido em volta das roupas é soprado para que mais água possa se evaporar delas. Essa evaporação ocorre mais rapidamente em um dia quente...

Por fim, fazer questões que comecem com “E se...?” e “Por que...” pode ajudar você a investigar mais profundamente o pensamento de seus estudantes.

Links úteis

Westbrook *et al.* (2013) Pedagogia, Currículo, Práticas de Ensino e Educação do Professor nos Países em Desenvolvimento disponível em <https://eppi.ioe.ac.uk/cms/Default.aspx?tabid=3433> (acessado em 30/06/2019 às 19h)

Canal MindLab <https://www.youtube.com/watch?v=MyFadMp5FRo> (acessado em 30/06/2019 às 13h05)

BNCC Ciências da Natureza: https://www.youtube.com/watch?v=-7fp_-bJWro (acessado em 30/06/2019 às 14h)

artigo

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E APRENDIZAGEM COLABORATIVA EM AULAS DE CIÊNCIAS

POR CLAUDIA VARGAS VILAR

Bióloga, professora do Colégio Pedro II



Carl Sagan, um dos mais famosos cientistas do mundo nas décadas de 1980 e 1990, teve boa parte do seu trabalho dedicado à divulgação científica. Já em 1990, em seu artigo *Why we need to understand science*, demonstrava preocupação com os riscos de se viver em uma sociedade altamente dependente de ciência e tecnologia, mas com um grau significativo de analfabetismo científico na população: “Nós vivemos em uma sociedade intensamente dependente de ciência e tecnologia, em que quase ninguém sabe nada de ciência e tecnologia.”

Atualmente, além de vivermos em uma sociedade altamente tecnológica, apresentamos uma grave crise ambiental e enfrentamos a era da pós-verdade (palavra do ano de 2016, segundo a Universidade de Oxford), segundo a qual crenças pessoais têm mais valor do que fatos objetivos, o que significa a expressão da negação da própria ciência. Nesse contexto, não é suficiente saber conceitos científicos; é necessário saber usá-los para fazer escolhas e tomar decisões, individuais e/ou coletivas, que contribuam para o seu bem-estar e o de todos. Assim, ensinar ciências na Educação Básica não deve atender ao objetivo de formar especialistas, mas de tornar todos os estudantes aptos a reconhecer, buscar, lidar e usar a informação científica presente nas diferentes mídias, ou seja, alfabetizar cientificamente (Brasil, 2018). Além disso, em um mundo em constante transformação, como o nosso, é necessário que o estudante se torne apto a aprender de forma autônoma, para além da vida escolar.

Entretanto, o que estudantes frequentemente encontram na escola é um modelo de educação bancária, criticado por Paulo Freire (1987): práticas pedagógicas resumidas a aulas expositivas, em que professores detêm todo o conhecimento e alunos recebem a informação em uma postura passiva e mecânica, que em nada contribui para o desenvolvimento da autonomia e do letramento científico. Apenas uma prática pedagógica que posicione o estudante como autor do próprio conhecimento pode educar para a autonomia e alfabetizar cientificamente.

As ciências naturais também têm metodologia própria, e o texto como principal instrumento de comunicação. O ensino por investigação, através das aulas práticas e da leitura, além da escrita autoral, coloca-se como uma importante estratégia, na medida em que introduz o estudante no *modus operandi* da ciência (Demo, 1996). Além disso, essa metodologia torna o aluno protagonista da sua aprendizagem, obrigando-o a utilizar estratégias e a ter atitudes que serão fundamentais para torná-lo um aprendiz competente por toda a vida. O professor, mais do que transmissor de conhecimentos, assume o papel de orientador, mediador e aquele que oferece oportunidades, cria um ambiente encorajador e instiga a curiosidade dos estudantes. Os alunos aprendem pesquisando, buscando soluções para problemas, ou seja: investigando. Em uma proposta colaborativa, buscam juntos essas soluções e, consequentemente, aprendem juntos, vivenciando mais uma característica do trabalho científico, ao mesmo tempo em que desenvolvem habilidades essenciais para o convívio social.

Construção de uma sequência investigativa e colaborativa

Não existe um modelo único para se desenvolver uma sequência didática com abordagem investigativa e colaborativa, assim como não há uma única forma de se fazer ciência. Diversas propostas são apresentadas por diferentes autores (Baptista, 2010). Demo (2011) desencoraja a criação de roteiros para a elaboração de sequências investigativas, pois afirma que um professor competente é capaz de traçar estratégias de ensino para a construção de outros sujeitos também competentes. Assim, a proposta apresentada abaixo é apenas mais um dos modelos possíveis, sem nenhuma intenção de limitar o planejamento docente, que deve atender, antes de tudo, aos objetivos e à realidade do professor.

1º passo: problematização e formulação de hipóteses

Uma pergunta, ou problema, é o ponto de partida para qualquer trabalho científico. Não existe ciência sem pergunta, assim como é consenso que não existe aprendizagem sem questionamento. Por isso, apesar das diferentes possibilidades abordadas por diversos autores, todos concordam que uma sequência de ensino por investigação deve sempre começar com uma pergunta ou um problema. É importante que a questão ou problema faça parte de um contexto, pois a contextualização desperta o interesse do estudante e facilita a aprendizagem, já que reveste o objeto de estudo de significado.

Em seguida, os estudantes recorrerão a sua bagagem cultural, resgatando conhecimentos prévios, para pensar em respostas possíveis para a pergunta feita, ou sobre maneiras de resolver o problema. É importante oportunizar um tempo para que os alunos possam, em pequenos grupos ou com a turma toda, falar, trocar experiências e refletir sobre as possibilidades levantadas. Discutir é pensar junto, e ajuda a organizar o pensamento. Além disso, a discussão entre os pares é parte do fazer científico. O professor orienta a discussão e, se necessário, faz novas perguntas para guiar o pensamento dos estudantes em busca do conhecimento que se pretende construir.

Um exemplo de pergunta inserida em um contexto: Ao longo de todo o 7º ano, estudamos os seres vivos, suas características e como eles se relacionam entre si e com o ambiente. Vocês sabem o que é um ser vivo?

Exemplo de atividade que contribui para a ativação de conhecimento prévio e a elaboração de hipóteses:

1. Vocês darão uma volta pelo campus com a seguinte missão: FOTOGRAFAR 2 SERES VIVOS a sua escolha. Para que o trabalho fique bem legal, observem os seguintes detalhes:

- Tentem escolher seres vivos diferentes daqueles já escolhidos por outros colegas
- Fugam do óbvio e tentem encontrar seres vivos que deixarão seus colegas surpresos!

2º passo: teste de hipóteses e elaboração de uma explicação

Após formular suas hipóteses, os estudantes, em grupo, de forma colaborativa, partem para a investigação propriamente dita. Esse é o momento em que o aluno busca evidências que irão corroborar ou refutar suas hipóteses. Essa busca pode se dar pela leitura de textos (inclusive o livro didático), observação, experimentação, saídas pedagógicas, entrevistas, análise de gráficos e tabelas etc. Nas séries iniciais do Ensino Fundamental, ou em turmas de alunos acostumados apenas com aulas tradicionais, o professor deve orientar as buscas com atividades pré-determinadas. Em séries mais avançadas, os próprios estudantes podem planejar estratégias para testar suas hipóteses.

É importante que as perguntas e atividades propostas pelo professor para orientar o teste das hipóteses, além de contribuírem para a aquisição e o aprimoramento de conceitos, favoreçam o desenvolvimento de habilidades próprias do fazer científico (observar, descrever, comparar, classificar...). Além disso, o professor deve ter em mente que o texto é parte essencial da atividade científica e que competências de leitura não são inatas, mas adquiridas. Por isso, cabe ao professor de Ciências promover o contato e propor atividades que colaborem para o desenvolvimento de competências de leitura de textos próprios da área.

Após esse momento de busca por evidências, os estudantes devem sistematizar uma explicação utilizando dados e evidências coletados, organizando o raciocínio. Essa etapa, assim como a anterior, deve ser feita em pequenos grupos, pois os alunos se comunicam melhor e mais livremente, sem medo de errar, entre si do que com o professor.

Exemplos de atividades para guiar o teste de hipóteses:

2. Sobre os seres vivos fotografados, respondam no caderno:

a) Quais são as características deles (descrevam como eles são)?

b) O que eles fazem (descrevam suas atividades, comportamento, ações...)?

c) Por que vocês acham que eles são seres vivos?

d) O que esses dois seres vivos têm em comum (coisas que os dois são, que os dois fazem etc)?

e) Escolham um objeto inanimado (sem vida) e comparem com os seres vivos fotografados. O objeto escolhido é, faz ou possui algo dos seres vivos fotografados?

3. Agora vocês lerão o texto “O que é um ser vivo?”, publicado na revista Super Interessante. Após a leitura do texto, façam o que se pede.

a) Anotem as características dos seres vivos que são citadas no texto.

b) Das características citadas, quais delas podemos observar facilmente, sem uso de nenhuma tecnologia?

c) Vocês observaram alguma dessas características nos seres vivos fotografados? Quais?

d) Vocês acham que têm alguma característica exclusiva dos seres vivos, que não tenha sido citada no texto?

e) Das características citadas no texto, tem alguma que vocês não conheçam ou não entendam muito bem o que é? Qual(is)?

f) O texto cita diversos seres. Sobre qual deles há dúvida sobre ser ou não ser vivo?

- Transcrevam a frase que indica essa dúvida.
- Segundo o autor do texto, por que esse ser deve ser considerado um ser vivo?
- Ainda segundo o autor do texto, por que esse ser não pode ser considerado um ser vivo?

g) Para dar credibilidade à sua hipótese, o autor do texto ouve e mostra as opiniões de algumas outras pessoas.

- Que tipo de pessoas ele ouviu?
- Por que as opiniões dessas pessoas dão credibilidade à hipótese do autor?

Construam uma tabela (seguindo o modelo abaixo).

PESQUISADOR	ESPECIALIDADE	HIPÓTESE	ARGUMENTOS

Exemplo de atividade para orientar a elaboração da explicação:

4. Com base na leitura do texto, escrevam um parágrafo respondendo à pergunta do título [“O que é um ser vivo?”].

3º passo: comunicação, debate e produção textual individual

Nessa etapa, o professor organiza a turma para um debate amplo. Cada grupo deverá defender seu ponto de vista usando argumentos com base em dados e evidências coletados. Quando o aluno argumenta sobre o conceito que se está discutindo, ele está avaliando sua compreensão. Além disso, o momento de discussão permite que o aluno tenha contato com evidências que ele não coletou, ou com argumentos sobre os quais ele não pensou. O professor contribui mediando a discussão. A partir dessa dinâmica, os estudantes têm a oportunidade de rever e reelaborar sua explicação, ou reforçá-la com novos argumentos.

Além do debate de ideias, a escrita é parte fundamental do trabalho científico. É por meio principalmente do texto escrito que pesquisadores registram e comunicam a seus pares novos conhecimentos. Enquanto o compartilhamento de informações e o debate contribuem para a construção social do conhecimento, a produção textual individual colabora para o caráter pessoal dessa construção. Além disso, demanda maior esforço cognitivo do escritor, que deve organizar e consolidar ideias, levando os estudantes a refinar o pensamento e aumentar assim seu entendimento sobre o tema estudado [Carvalho, 2005].

Exemplo de atividade para comunicação da explicação e debate:

Debate: afinal, os vírus são ou não seres vivos?

Sugestão de produção textual:

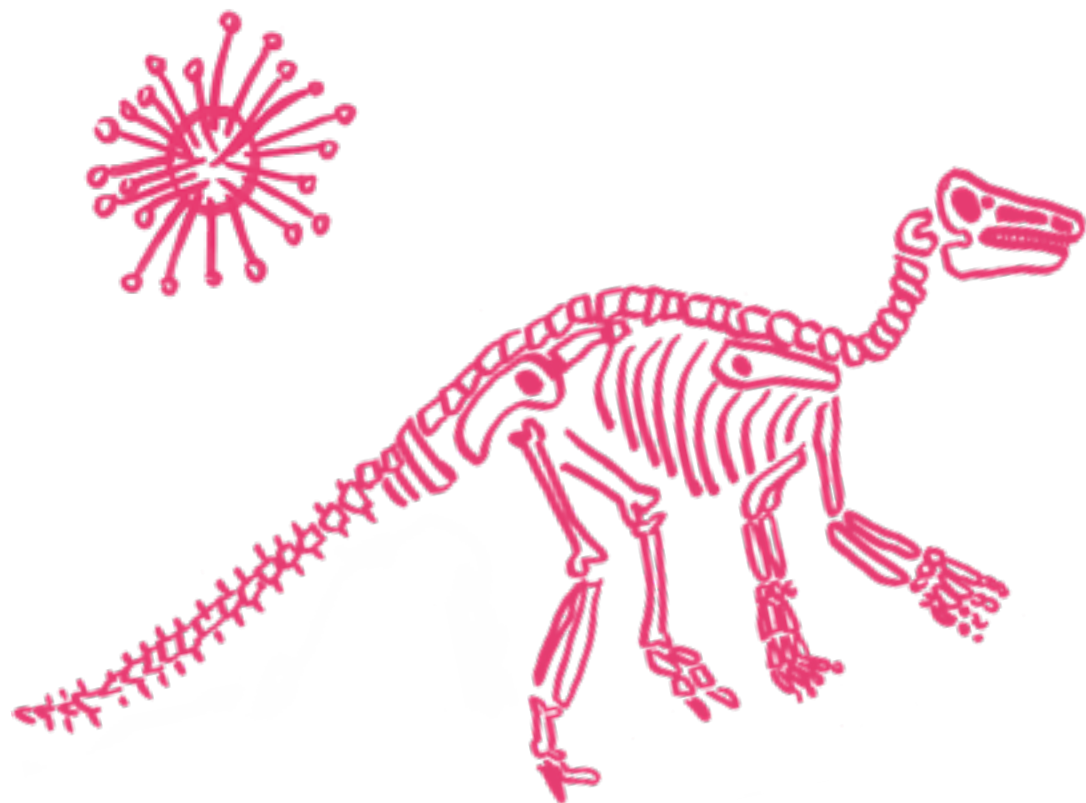
Escreva uma carta para um dos pesquisadores entrevistados no texto que você leu, dando sua opinião a respeito dos vírus serem ou não seres vivos. Não esqueça de usar argumentos científicos para defender sua ideia!

A ciência é uma criação humana, fruto de um olhar cético e curioso para o mundo, uma forma de pensar, muito mais do que um corpo de conhecimentos [Sagan, 1990]. O ensino de ciências na Educação Básica deve apresentar ao estudante essa maneira peculiar de pensar e olhar para o mundo, tão distante do senso comum. Não se promove esse encontro focando na memorização e no acúmulo de conteúdo. O ensino centrado no professor como detentor e transmissor de um conhecimento pronto, cheio de verdades absolutas, é apresentar a ciência como algo próximo do discurso dogmático, que nunca pode ser questionado, e promove a passividade e credulidade cega nos agentes detentores de autoridade. Planejar aulas em que habilidades inerentes ao fazer científico são os objetivos a serem alcançados, ou seja, que promovam imersão na cultura científica, favorece a aproximação dos alunos à forma cética e crítica de ver fatos, argumentos e opiniões, tão predominante na comunidade científica. Na atualidade, pensar cientificamente é antídoto para fake news, pós-verdades e discursos intolerantes.



Referências

- BAPTISTA, M.L.M. Concepção e implementação de actividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. 2010. Tese [Educação - Didática das Ciências] - Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/1854>. Acesso em 12 set 2019. BRASIL.
- Base nacional comum curricular. Ministério da Educação. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em 11 set 2019.
- CARVALHO, A.M.P. Escrevendo em aulas de Ciências. Ciência e Educação. Bauru, v. 11, no. 3, 347-366, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n3/01.pdf>. Acesso em 12 set 2019
- CARVALHO, A.M.P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Em: Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. Anna Maria Pessoa de Carvalho [org.]. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação. Rio de Janeiro, n°. 22, 89-100, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf> Acesso em 13 set 2019.
- DEMO, P. Educar pela pesquisa. Campinas: Autores Associados, 1996.
- FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- SAGAN, C. Why We Need to Understand Science. Skeptical Inquirer. Amherst, v. 14, no. 3, 263-269, 1990. Disponível em: https://skepticalinquirer.org/1990/04/paranormal_pandemonium_in_the_soviet_union/ Acesso em 11 set 2019.



artigo

FAÇA CIÊNCIA COMO UMA GAROTA

O desafio da inclusão de meninas na ciência

POR ANA CAROLINA DA HORA

Cientista da Computação, pesquisadora do Apple Developer Academy PUC-Rio, criou o Computação sem Caô e o Computação da Hora

$$\Delta V = \frac{\bar{m} V_e \cdot \Delta t}{m}$$

A inclusão de meninas e mulheres na ciência tem sido tema de diversos debates na sociedade, principalmente em ambientes acadêmicos, pois essa defasagem na diversidade tem prejudicado o desenvolvimento científico e a construção de soluções para problemas sociais. Esses problemas passam por apagamentos históricos e também por falhas encontradas na educação tradicional que interferem em como as informações chegam aos estudantes durante o ensino de ciências nas escolas e universidades.

Em 2015 foi aprovado pela Assembleia das Nações Unidas que o dia 11 de fevereiro seria o Dia Internacional de Mulhe-

res e Meninas na Ciência. Um grande feito que traz marcas e reflexões, mostrando o grande desafio que é atrair mais mulheres e meninas para a ciência. Nossa história mostra como a diversidade e a participação feminina foi importante para grandes feitos do universo científico, no entanto muitos desses feitos não deram créditos às cientistas. Ao longo da História, as verdades foram aparecendo, porém esse apagamento ajudou a aumentar a desigualdade e a desestimular a presença das mulheres na ciência.

As seis matemáticas por trás do primeiro computador eletrônico

Um exemplo sobre a presença das mulheres na ciência – e os desafios para que sejam reconhecidas – está na história do ENIAC, o primeiro computador eletrônico de grande escala. No final da Segunda Guerra Mundial, o exército dos EUA tinha a missão de calcular a trajetória de mísseis desde o momento em que saíam dos canhões até atingirem seus alvos. Por conta disso, o exército começou a recrutar pessoas formadas em matemática em todo o país. Como a maioria dos homens estava lutando ou trabalhando em outras funções da guerra, a recrutadas para esses cálculos eram todas mulheres.

As matemáticas selecionadas para executar os cálculos balísticos foram Frances Bilas, Jean Jennings, Ruth Lichterman, Kathleen McNulty, Betty Snyder e Marlyn Wescoff. Elas trabalharam ativamente no projeto do que viria a ser o primeiro computador eletrônico. Na época, o foco dessa criação estava nas guerras militares que envolviam o Estados Unidos. O lançamento do ENIAC em 1946 foi um sucesso. Porém, na apresentação oficial somente os homens levaram os créditos. Nenhuma das seis pesquisadoras foram sequer convidadas para a festa do seu lançamento.

Cinquenta anos após o lançamento do ENIC, uma estudante de ciência da computação em Harvard no meio dos anos 80 estava se sentindo isolada. Era Kathy Kleiman. À medida em que o curso avançava, havia cada vez menos colegas mulheres, um sinal preocupante. Desmotivada, ela decidiu buscar modelos inspiradores e esbarrou em uma foto que mostravam as mulheres que ajudaram a tornar o ENIAC realidade até então desconhecidas. O resto é história. Por conta desta atitude de Kathy as seis programadoras do ENIAC foram induzidas ao hall da fama do Women in Technology International, conhecido pela sigla WITI, durante a conferência de 1997. Nos anos seguintes, elas também receberam prêmios da IEEE Computer Society e do Computing History Museum. Kathy gravou tudo e resultou no documentário *Pioneiras da Computação*.

Qual foi o critério para as pesquisadoras não serem convidadas a participar de feito para o qual elas foram fundamentais? O que aconteceria se Kathy Kleiman não estivesse decidida a buscar referências? A trajetória marcada por apagamentos, provações e tratamentos diferenciados prejudicam a continuação de um trabalho. As seis matemáticas persistiram. Logo após o

ocorrido, elas se tornaram professoras e pesquisadoras renomadas em suas respectivas universidades. Porém, demoraram a receber o reconhecimento mundial pelo perfeito trabalho na criação do ENIAC.

Essa falta de reconhecimento não só desmerece o trabalho como também desestimula a sua continuação. E se não há reconhecimento, como haverá referência? Kathy Kleiman sentia falta de ver mulheres nos livros e histórias contadas por seus professores. A mesma sensação que muitas e muitas outras meninas e mulheres devem ter sentido ao longo dos anos.

Kathy foi atrás de uma resposta, mas nem todas as meninas e mulheres têm ou tiveram a sorte dela. Referências são importantes na construção de qualquer ser humano. Uma pesquisa realizada com pais, professores e crianças no Brasil, México e Argentina mostra como incentivos influenciam na desigualdade de oportunidades para homens e mulheres desde a infância.

Por exemplo, os brinquedos dados a meninas e meninos moldam suas escolhas ou visões de profissões. Com oito anos, as crianças ainda não conseguem associar as matérias escolares a profissões, mas os brinquedos como Lego (normalmente dados aos meninos) e casinhas e elementos de cozinha (normalmente dado as meninas) os fazem reproduzir frases do tipo: “engenharia é para meninos, pois eles conseguem brincar com carrinhos de controle remotos.” Essa simples frase e esses presentes podem influenciar ao longo da vida na decisão dessas crianças e até a estimularem durante as matérias escolares com as quais terão mais ou menos dificuldades.

É importante que essas histórias sejam contadas em salas de aula, lugar onde os estudantes passam bastante tempo obtendo conhecimento. Nada mais justo que professores contarem e estimularem a curiosidade deles para buscar mais informações sobre feitos científicos narrados em livros, especialmente para descobrirem que nem tudo é da forma como eles apresentam.

A primeira engenheira negra do Brasil

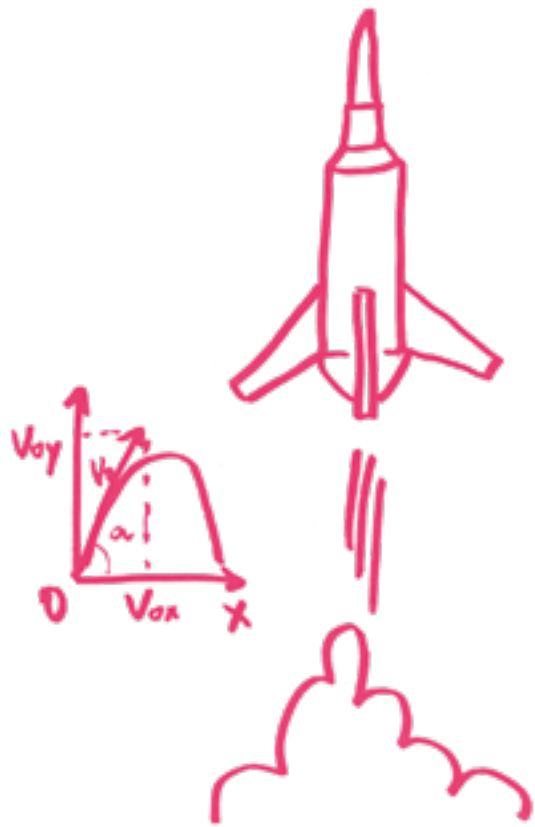
Outro exemplo importante da trajetória de mulheres cientistas é a de Enedina Alvez Marques (1913 – 1981), a primeira mulher a se formar em engenharia no estado do Paraná e a primeira engenheira negra do Brasil. Filha de um casal de negros provenientes do êxodo rural após a abolição da escravidão em 1888, sua família foi viver em Curitiba em busca de melhores condições de vida.

Era para eu – uma jovem, pesquisadora e negra – ter conhecido a história de Enedina na escola ou pelo menos nos primeiros anos do curso de graduação em Ciência da Computação, mas não foi assim... Qual não teria sido a diferença da minha trajetória se eu tivesse conhecido a história dela durante as aulas de matemática ou até mesmo na de história, ilustrando a vida das pessoas negras após a escravidão? Na verdade, era para todos nós termos conhecido a história dela.

Mas, assim como aconteceu com as seis matemáticas Pioneiras do ENIAC, mulheres negras cientistas tiveram seus nomes e os seus grandes feitos apagados. Não posso deixar de citar Katherine Johnson, Dorothy Vaughan e Mary Jackson, três cientistas negras que trabalharam na NASA durante a década de 1960 e colaboraram para a conquista espacial. Elas foram as responsáveis pelos cálculos que levaram o astronauta John Glenn a orbitar ao redor da Terra, em 1962.

Katherine foi responsável por calcular a trajetória da expedição do astronauta Alan Shepard, que aconteceu em 1961. Já na operação que colocou John Glenn na órbita da Terra, ela foi crucial para a verificação dos cálculos feitos em computador. Mesmo com a ascensão da tecnologia, naquela época o trabalho matemático era muito braçal e as contas feitas por computadores precisavam ser exaustivamente analisadas. Em 1969, a cientista também contribuiu para planejar a trajetória da lendária missão Apollo 11.

Katherine foi a primeira grande mulher da história da NASA. Mas o reconhecimento oficial só veio oficialmente em 2015, quando ela recebeu a Presidential Medal of Freedom – a maior condecoração que um civil pode receber nos EUA – das mãos de Barack Obama. Em maio de 2016, a NASA inaugurou uma central de pesquisa batizada com seu nome. Mais um caso gravíssimo de apagamento histórico, de apagamento de uma trajetória. O contexto social que elas viviam era de uma forte segregação racial nos EUA em meio à Guerra Fria, matéria muito estudada no ensino básico nas aulas de história e geografia.



Costumam dizer que ciências humanas são para mulheres e ciências exatas são para os homens, mas e quando misturam as ciências, o que acontece com essa falácia? Pois é, a mistura das ciências pode ser uma aliada na inclusão de meninas nas áreas de exatas, pois aliar contexto para as equações que estão sendo usadas atrai a atenção de qualquer jovem. Imagine uma aula de Guerra Fria que serve de pano de fundo para exercícios de física; que serve como tema para comparar a época com a sociedade de hoje em redação e que serve ainda como questão central em um debate na aula de história sobre como o contexto histórico foi injusto com as mulheres e as mulheres negras.

Todas essas mulheres contribuíram consideravelmente para a tecnologia que conhecemos e utilizamos. Mesmo assim, ainda não alcançamos o ideal de igualdade entre os gêneros e entre brancos e negros. É por isso que existem organizações que mantêm esse espírito de acesso e reconhecimento. Um exemplo é o Olabi Makerspace, organização da qual eu faço parte e que ao longo de cinco anos vem democratizando a produção de tecnologia em busca de um mundo socialmente mais justo. Por meio de oficinas e palestras, o Olabi vem fomentando uma nova forma de ensinar e de gerar reflexão na sociedade. A Preta Lab, projeto liderado por Silvana Bahia, tem o objetivo de resgatar a memória de cientistas negras que foram esquecidas ao longo do tempo, gerar reflexão na sociedade sobre a importância das oportunidades de acesso a mais mulheres negras nas áreas de ciências exatas e também de reconhecer a contribuição delas. Em março de 2017, o Preta Lab fez uma pesquisa sobre a necessidade e a pertinência de incluir mais mulheres negras na inovação e na tecnologia. Ao todo, 570 mulheres responderam ao questionário, sendo que 96% eram negras e 4% indígenas. Comparando com o perfil da população brasileira, segundo a PNAD (2015), as mulheres negras são atualmente 27%, enquanto as indígenas, 0,2%.

Ao lado do Preta Lab, tem o Computação sem Caô, projeto que lidero e cobre a frente da educação, pois além da reflexão, nós precisamos de espaços que gerem acesso ao conhecimento técnico em uma linguagem simples. Atualmente, todos os vídeos do projeto estão em um canal no Youtube mostrando que o pensamento computacional pode ser usado como ferramenta para resolução de problemas do dia a dia. Esses projetos são exemplos do que podemos fazer enquanto cidadãos e parte de instituições para diminuir a desigualdade de gênero existente.

É importante aproximar as escolas e universidades desses estudos e projetos, pois eles geram oportunidades para estudantes e professores de hackearem o sistema em que estão inclusos. Só para conhecimento, em 2013 o TERCE divulgou um estudo onde mostravam que até os quatro anos de idade as meninas superavam os meninos em leitura e matemática e esses números se invertiam a partir do sétimo ano, que normalmente é a faixa etária de 8 a 12 anos, idades em que as crianças começam a criar suas referências e também estão associando o conhecimento de dentro da escola com o seu dia a dia. Elas poderiam estar ganhando estímulos para continuarem dedicadas à matemática, mas o que

ocorre é o contrário. Elas começam a se sentir em dúvida por não verem figuras femininas nas histórias científicas, nos desenhos animados de laboratórios ou até mesmo em filmes. Assim como aconteceu com a Kathy Kleiman, em Harvard, essas meninas ainda na escola começam a não ter referências de mulheres cientistas em quem se inspirar.

Mesmo que essa primeira percepção de mundo mude ao longo do tempo, as meninas precisam experimentar diversas opções e não só um caminho do conhecimento. Atualmente, com o desenvolvimento da sociedade em formas de pensar e se comunicar, podemos aproveitar a grande gama de informações disponíveis e levá-las para a escola como forma de debate, pois isso também estimula novas formas de lidar com o desafio de engajar as meninas com a ciência. Precisamos fazer isso nas escolas, onde elas têm primeiro contato com uma sociedade fora do seu ambiente natural – casa. Uma boa opção é estimular rodas de conversas sobre ciência e também com meninas que estejam enfrentando e vencendo obstáculos nas áreas científicas, principalmente as jovens pesquisadoras e estudantes, para aproximar as realidades.

Os professores, sejam homens ou mulheres, precisam estar atentos a como podem influenciar positivamente ou negativamente os estudantes. É claro que todos querem influenciar positivamente e, para isso, fazer um esforço para entender as mudanças que vêm ocorrendo e como elas impactam as suas aulas é essencial. O contexto histórico foi cruel com as mulheres cientistas e sabe-se que irá demorar muito para reparar esses danos, mas quanto mais meninas forem estimuladas ainda crianças a serem críticas e corajosas em suas ações, mais perto desse reparo estaremos. Exemplos grandiosos como os das mulheres citadas aqui podem ser uma das estudantes amanhã. E você se sentirá feliz por ter contribuído para essa realização.

Referências:

- TERCE, Relatório Nacional, 2013
- UNESCO, Women in Science, Junho, 2018
- MELO, Hildete Pereira de; RODRIGUES, Lígia Maria C. S. Mulheres e Ciência: Uma História Necessária. Rio de Janeiro: SPBC, 2006. 47

**INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO E GESTÃO
MUSEU DO AMANHÃ**
Diretor Presidente: Ricardo Piquet
Diretor Executivo: Henrique Oliveira
Diretora de Operações: Roberta Guimarães
Diretora de Desenvolvimento Institucional: Maria Garibaldi
Diretora de Marketing e Novos Projetos: Julianna Guimarães
Diretora de Captação de Recursos: Renata Salles
Curador Geral: Luiz Alberto Oliveira
Diretor de Desenvolvimento Científico: Alfredo Tolmasquim

BRITISH COUNCIL
Diretor-Presidente: Martin Dowle
Diretora de Educação: Diana Daste
Gerente de Educação Básica: Luis Felipe Serrao
Analista de Projetos de Educação: Patrícia Santos

INSPIRA CIÊNCIA | 2ª e 3ª edições
Concepção e Realização:
Museu do Amanhã | IDG – Instituto de Desenvolvimento e Gestão | British Council Brasil

Patrocínio:
IBM

Coordenação:
Alfredo Tolmasquim, diretor de Desenvolvimento Científico do Museu do Amanhã
Luis Felipe Serrao, gerente sênior de Educação Básica do British Council
Davi Bonela, analista sênior de Desenvolvimento Científico do Museu do Amanhã

Apoio:
Amanda Cristina Salomão Doria, educadora do Museu do Amanhã
Patrícia Santos, Analista de Educação e Inglês do British Council
Rodrigo Soares da Silva, Educador do Museu do Amanhã
Ruy Cotia, Auxiliar de Pesquisa de Público do Museu do Amanhã
Wellington Rodrigues, Assistente de Desenvolvimento de Públicos e Educação

Palestrantes:
Alexander Kellner | Museu Nacional
Alexandre Cherman | Fundação Planetário do Rio de Janeiro
Ana Carolina da Hora | Computação da Hora
Claudia Russo | Universidade Federal do Rio de Janeiro
Claudia Vargas | Colégio Pedro II
Eduardo Migueles | Museu do Amanhã
Eduardo Penteado | União Astronômica Internacional e Galileo Mobile
Fabio Scarano | Universidade Federal do Rio de Janeiro
Filipe Oliveira | Conector Ciência
Herminio Ismael | Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Luis Guilherme Haun | Fundação Planetário do Rio de Janeiro
Luiz Alberto Oliveira | Museu do Amanhã
Maria do Carmo Xavier | Programa Core Skills do British Council
Nathalia Winkelmann Roitberg | Museu de Ciências da Terra
Rodolfo Paranhos | Universidade Federal do Rio de Janeiro

PUBLICAÇÃO
Coordenação editorial: Davi Bonela
Supervisão técnica: Alfredo Tolmasquim e Joana Pires

Projeto gráfico: Bad Samaritan

Ilustrações: Juliana Montenegro

Revisão: Táia Rocha

Fotos: Albert Andrade e Guilherme Leporace

AGRADECEMOS AOS PARCEIROS DO MUSEU DO AMANHÃ



PATROCINADOR MÁSTER



CONCEPÇÃO

REALIZAÇÃO



MANTENEDOR



PATROCINADORES



PARCEIRO ESTRATÉGICO

GESTÃO

REALIZAÇÃO





Museu do **Amanhã**



SECRETARIA ESPECIAL DA
CULTURA

MINISTÉRIO DA
CIDADANIA





Museu do Amanhã



SECRETARIA ESPECIAL DA
CULTURA

MINISTÉRIO DA
CIDADANIA

