

(Org.)

Luiz Gustavo Franco

ENSINANDO BIOLOGIA POR INVESTIGAÇÃO

PROPOSTAS PARA INOVAR A
CIÊNCIA NA ESCOLA

(Org.)

Luiz Gustavo Franco

ENSINANDO BIOLOGIA POR INVESTIGAÇÃO

PROPOSTAS PARA INOVAR A
CIÊNCIA NA ESCOLA



SÃO PAULO

2021



EDITOR-CHEFE: PROF. DR. VALDIR LAMIM-GUEDES

CONSELHO EDITORIAL

PROF. DR. ALEXANDRE MARCELO BUENO (UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE) | **PROFA. DRA. ANNIE GISELE FERNANDES** (USP) | **PROF. DR. ANTÓNIO MANUEL FERREIRA** (UNIVERSIDADE DE AVEIRO, PORTUGAL) | **PROF. DR. CARLOS JUNIOR GONTIJO ROSA** (USP) | **PROFA. DRA. DEBORAH SANTOS PRADO** (CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC) | **PROF. DR. FÁBIO AUGUSTO RODRIGUES E SILVA** (UFOP) | **PROF. DR. FELIPE W. AMORIM** (UNESP) | **PROFA. DRA. FLAVIA MARIA CORRADIN** (USP) | **PROF. DR. FRANCISCO SECAF ALVES SILVEIRA** (UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI) | **PROF. DR. HORÁCIO COSTA** (USP) | **PROF. DR. JAVIER COLLADO RUANO** (UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN, EQUADOR) | **PROF. DR. JOSÉ AUGUSTO CARDOSO BERNARDES** (UNIVERSIDADE DE COIMBRA, PORTUGAL) | **PROF. DR. MARCOS PAULO GOMES MOL** (FUNDAÇÃO EZEQUIEL DIAS) | **PROF. DR. PEDRO ROBERTO JACOBI** (USP) | **PROF. DR. RENATO ARNALDO TAGNIN** (FACULDADES OSWALDO CRUZ) | **PROFA. DRA. SUZANA URSI** (USP) | **PROFA. DRA. YASMINE ANTONINI** (UFOP)

Homepage: <https://editoranaraiz.wordpress.com/>

L953 Franco, Luiz Gustavo (Org.)

Ensinando Biologia por investigação: propostas para inovar a ciência na escola [livro eletrônico] / Luiz Gustavo Franco (Org.). Vários autores. – São Paulo: Na Raiz, 2021.

189f.: il.; 14,8x21cm; pdf

ISBN 978-65-88711-09-5

DOI <http://doi.org/10.5281/zenodo.4635440>

**1. Ensino de Ciências. 2. Ensino por investigação.
I. Título.**

CDD 370

SUMÁRIO

5

PREFÁCIO

Maíra Batistoni e Silva

11

APRESENTAÇÃO

Luiz Gustavo Franco

18

1. PRINCÍPIOS ORIENTADORES PARA UMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA EM AULAS DE BIOLOGIA

Luiz Gustavo Franco

42

2. QUANDO AS CRIANÇAS INVESTIGAM: UMA EXPERIÊNCIA COM UMA TURMA DO 3º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

*Luiz Gustavo Franco, Vanessa Cappelle, Samantha Maia
Meireles, Kely Cristina Nogueira Souto, Danusa Munford*

66

3. INVESTIGANDO NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA EXPERIÊNCIA COM ESTUDANTES DO 8º ANO

*Thalita de Oliveira Carneiro, Santer de Álvares Matos, Ana
Paula Souto Silva Teles, Luiz Gustavo Franco*

90

4. INVESTIGAÇÕES NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA COM TURMAS DO 1º ANO

*Daniel Marchetti Maroneze, Rosilene Siray Bicalho, Luiz
Gustavo Franco, Vanessa Cappelle*

SUMÁRIO

109

5. INVESTIGANDO A ALIMENTAÇÃO HUMANA COMO UMA QUESTÃO SOCIO CIENTÍFICA

Ana Clara Campideli Santana, Danielle Diniz Galvão, Luiz Gustavo Franco, Maristela de Oliveira Poletini

133

6. INVESTIGANDO A VACINAÇÃO E O RETORNO DO SARAMPO: UMA PROPOSTA PARA A EDUCAÇÃO EM SAÚDE EM TEMPOS DE PÓS-VERDADES

Cid Oliveira de Queiroz, Enrico Giovanelli Tacconi Gimenez, Iago José da Silva Domingos, Luiz Gustavo Franco

145

7. INTRODUZINDO TRADE-OFFS NA EDUCAÇÃO BÁSICA: UMA SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES SOBRE OS LAGARTOS *UTA STANSBURIANA*

Fernando Marques dos Santos, Uschi Wischhoff, Luis Felipe dos Santos Melo, Carla Fabrine de Carvalho, Luiz Gustavo Franco

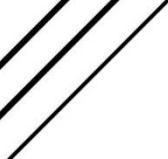
162

8. POR QUE AS BALEIAS VOLTARAM PARA O AMBIENTE AQUÁTICO? UMA INVESTIGAÇÃO EVOLUTIVA

Vinicius Borges, Luiz Gustavo Franco

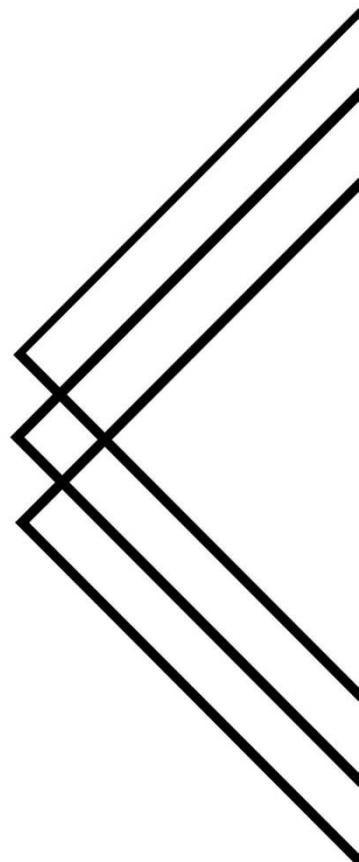
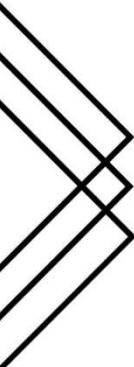
185

AUTORES



Prefácio

Maíra Batistoni e Silva



Quando recebi o convite para elaborar este prefácio, aceitei-o sem pensar duas vezes. Por conhecer a produção científica do grupo de pesquisa Êmico (UFMG) e a trajetória profissional de alguns de seus integrantes, acertei ao supor que teria em mãos um trabalho muito relevante para o ensino de temáticas da biologia na educação básica.

Agora, com a obra em mãos e debruçada sobre a tarefa, me deparo com o título *Ensinando Biologia por investigação: propostas para inovar a ciência na escola* e preciso iniciar o texto lidando com um problema. O uso frequente do verbo inovar pelo mundo corporativo me faz pensar mais de uma vez em usá-lo para tratar da educação científica que eu entendo ser necessária para construirmos uma sociedade mais justa e igualitária. No entanto, após ler os relatos e propostas de sequências didáticas investigativas aqui presentes, precisei me voltar ao título com um novo olhar, agora orientado pela boa experiência que tive com a leitura dos capítulos deste livro.

Por que precisamos inovar a ciência na escola?

Sabemos que o ensino das disciplinas escolares não existe de forma independente de seu tempo e espaço e, nesse sentido, ele é múltiplo e se transforma ao longo do tempo histórico, a depender das influências contextuais e das demandas da sociedade. No que diz respeito ao ensino de ciências e biologia, já vivenciamos demandas propedêuticas e elitistas, de incentivo à formação de cientistas para alavancar o progresso científico e, desde a passagem para o século XXI, temos atuado sob a perspectiva da alfabetização científica, segundo a qual a educação em ciências deve contribuir para a formação de cidadãos capazes de utilizar os saberes, conhecimentos e práticas da cultura científica para tomar decisões e intervir na sociedade.

Embora consensuada há mais de duas décadas, assumir a perspectiva da alfabetização científica continua relevante em todas as suas dimensões como propósito formativo em pleno 2021. Não há dúvidas de que estamos vivendo anos marcantes para a humanidade. A pandemia de Covid-19 afetou, desde o início de 2020, todos os países do globo. No Brasil, persistimos assolados e assistimos ao crescente número de óbitos sem perspectivas de vermos nossa sociedade protegida e capaz de retomar as diversas dimensões da vida outrora vividas. O contexto pandêmico, embora tenha colocado assuntos relacionados à ciência nos *Trending Topics* das redes sociais, tem nos revelado as tristes consequências da falta de compreensão do empreendimento científico por uma grande parte da população e do descrédito e negacionismo de alguns grupos políticos em relação à ciência e aos cientistas.

Incompreensão, descrédito e negacionismo já existiam antes¹ de sermos

¹ Para dados de pesquisas sobre a opinião pública no Brasil, ver: CGEE (2019) Percepção

acometidos pela Covid-19, mas a pandemia tem evidenciado esses fenômenos e suas dramáticas consequências. Tomemos como exemplo o caso da hidroxicloroquina, um fármaco usado na prevenção e tratamento da malária e de algumas doenças autoimunes. Tomados pela gravidade da Covid-19, cientistas de todo o mundo passaram a buscar um antiviral adequado para tratar os pacientes e, para acelerar o processo, investigar os efeitos de drogas já aprovadas para uso em seres humanos, como a hidroxicloroquina, é uma estratégia interessante. Embora um estudo de março de 2020 tenha indicado que a droga reduzia a carga viral em pessoas infectadas², pouco tempo depois, a comunidade científica identificou falhas no desenho metodológico e nas análises do estudo³ e apontou, com evidências mais robustas, a ineficácia da droga para o tratamento da Covid-19⁴. Essa nova conclusão, atualmente legitimada pela comunidade, embasou a contra-indicação de seu uso por sociedades científicas e organizações de saúde, mas no Brasil a hidroxicloroquina segue em pauta como possível tratamento contra a Covid-19 e seu uso continua sendo defendido pelo presidente da nação, indicado pelo Ministério da Saúde e receitado por médicos em diversos estados da nação. Enquanto isso, o país bate recordes de mortes diárias e registra a perda de mais de 230 mil brasileiros por conta da doença que segue sem controle.

O caso da hidroxicloroquina não é anedótico na relação entre ciência e a atual sociedade brasileira. Outras temáticas associadas à pandemia de Covid-19 poderiam ter sido escolhidas, como o uso de máscaras e a vacinação, com enredos parecidos: nega-se o consenso científico e pessoas continuaram morrendo em proporções que poderiam ser evitadas.

São muitas as hipóteses explicativas para a falta de confiança em relação à ciência e aos cientistas e, provavelmente, se trata de um fenômeno multifatorial, mas não carrego dúvidas de que algumas das ações para uma mudança passam pelo ensino de ciências. Neste sentido, defendo que o combate ao descrédito e ao

pública da C&T no Brasil – 2019. Resumo executivo. Brasília, DF: 2019. 24p. Disponível em: <https://www.cgce.org.br/web/percepcao/downloads> Para dados sobre a opinião pública em diferentes países, ver: Gallup (2019). Wellcome Global Monitor – First Wave Findings. Disponível em: <https://wellcome.ac.uk/reports/wellcome-global-monitor/2018>

² Gautret, P. et al. (2020). Hydroxychloroquine and azithromycin as a treatment of COVID-19: results of an open-label non-randomized clinical trial. *International journal of antimicrobial agents*, 56(1), 105949. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105949>

³ Machiels, J. D., et al. (2020). Reply to Gautret et al: hydroxychloroquine sulfate and azithromycin for COVID-19: what is the evidence and what are the risks?. *International journal of antimicrobial agents*, 56(1), 106056. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.106056>

⁴ Cavalcanti, A. B., et al. (2020). Hydroxychloroquine with or without Azithromycin in Mild-to-Moderate Covid-19. *The New England Journal of Medicine*, 383(21), 2041-2052. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2019014>

negacionismo científico tornou-se uma pauta para o ensino de ciências em todas as suas esferas (na pesquisa, na formação inicial e continuada de professores e no processo de ensino-aprendizagem em sala de aula), pois a relação entre sociedade e educação é dialética: a sociedade determina demandas e meios, mas a educação também molda seu determinante e, por meio dela, podemos, hoje, transformar o porvir.

Por isso assumo que precisamos inovar: pois a sociedade de hoje nos impõe demandas que não existiam ontem. E uma dessas demandas é a compreensão do porquê precisamos e podemos confiar na ciência.

Com a popularização da ciência nas mídias sociais e grandes mídias de comunicação devido à pandemia, uma resposta frequente para a pergunta *Por que podemos confiar na ciência?* é que a ciência “baseia-se num método científico” e se esse tal método for seguido à risca, o conhecimento produzido é objetivo e, portanto, confiável. Essa concepção, entretanto, é refutada pelos filósofos e sociólogos da ciência. A razão é que não há “um método científico” único que garantiria a objetividade e confiabilidade da ciência. O conhecimento gerado pelos cientistas é fruto de uma imensa diversidade de estratégias, e não é possível identificar “um método” que atribua objetividade aquilo que chamamos de ciência. Se o método não é a resposta, qual seria?

Para responder, vou utilizar as ideias organizadas pela historiadora da ciência, Naomi Oreskes, a qual defende que a confiabilidade na ciência se sustenta em dois pilares: seu compromisso em explicar o mundo e seu caráter social⁵.

O primeiro pilar refere-se à expertise dos cientistas, profissionais especialistas capacitados para produzir explicações sobre o mundo. É importante destacar também neste pilar, que aos cientistas compete não apenas explicar o que sabem sobre o mundo, mas também *como sabem* o que sabem sobre o mundo, respeitando-se os critérios epistêmicos validados pela comunidade. Dessa forma, reafirma-se o compromisso com o caráter empírico e fundamentado em evidências do trabalho científico. Já o segundo pilar, refere-se às práticas compartilhadas socialmente, no caso, pelos cientistas, e projetadas para garantir um constante processo de questionamento público. São alguns exemplos destas práticas sociais: a exposição e discussão dos processos e resultados científicos em fóruns públicos, ao processo de revisão por pares que antecede a publicação dos trabalhos, a necessidade de aceitar críticas e dialogar com elas, incorporando-as quando pertinente, entre outras. Por meio desse processo de questionamento, os cientistas corrigem uns aos outros e conferem à ciência a capacidade de se autocorriger, criticando os valores ou pressupostos embutidos na prática científica individual ou se adequando às novas evidências disponíveis, como no exemplo das investigações sobre a eficácia da hidroxicloroquina no tratamento da Covid-19.

⁵ Oreskes, N. (2019). *Why Trust Science?* Princeton; Oxford: Princeton University Press.

São as normas sociais que fazem com que, por meio do processo de questionamento público, pautado em critérios epistêmicos compartilhados, o conhecimento legitimado/validado pela comunidade científica seja aquele que sobrevive às críticas de diferentes pontos de vista e seja, portanto, objetivo e confiável. Assim, na relação dialética com o contexto social no qual nos encontramos, entendo ser fundamental que as propostas didáticas para o ensino de ciências em sala de aula incorporem esses aspectos do empreendimento científico, gerando oportunidades para que os estudantes participem da construção do conhecimento, se apropriem do processo que estão realizando, utilizem critérios epistêmicos utilizados na ciência e tomem decisões coletivamente.

Embora Oreskes não dialogue explicitamente com o campo do ensino de ciências, podemos fazer conexões entre os pilares da confiabilidade científica e os domínios do conhecimento científico propostos por Duschl (2008)⁶ e tomados como um dos referenciais teóricos deste livro. Para este autor, o ensino de ciências deve contemplar, de forma equilibrada e articulada, objetivos relacionados aos domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico, sendo estes últimos muito semelhantes, respectivamente, ao primeiro e segundo pilar da confiabilidade científica.

Embora o referencial adotado tenha mais de uma década, o desafio de superar a ênfase curricular e metodológica no domínio conceitual e articular os três domínios de maneira equilibrada permanece atual para muitas das salas de aula de ciências em seus mais diversos contextos, reafirmando a necessidade de *innovar*. Importa ressaltar aqui que a inovação não exige, necessariamente, o abandono de perspectivas formativas e abordagens didáticas já construídas e embasadas no campo da pesquisa em ensino de ciências; também inovamos quando conseguimos atribuir novos sentidos a essas abordagens e, especialmente, quando conseguimos construí-las nas salas de aula.

As autoras e autores de cada um dos capítulos deste livro conseguem exatamente isso: buscando superar o desafio de articular os três domínios do conhecimento científico de forma equilibrada (desafio antigo, mas atualmente relevante), adotam o ensino de ciências por investigação (abordagem didática bem fundamentada no campo da pesquisa, mas cuja implementação precisa ser compreendida a partir dos fatores contextuais de cada sala de aula) e compartilham com os leitores atividades que inovam a sala de aula de ciências. Inovam porque superam a frequente ênfase em aspectos conceituais e oferecem oportunidades para que os estudantes possam, de fato, construir explicações para

⁶ Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals: *Review of Research in Education*, 32, 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>

fenômenos naturais, trabalhar com dados dando prioridade às evidências ao analisar explicações, comunicar ideias e argumentar, assim como construir conclusões de forma compartilhada com a turma.

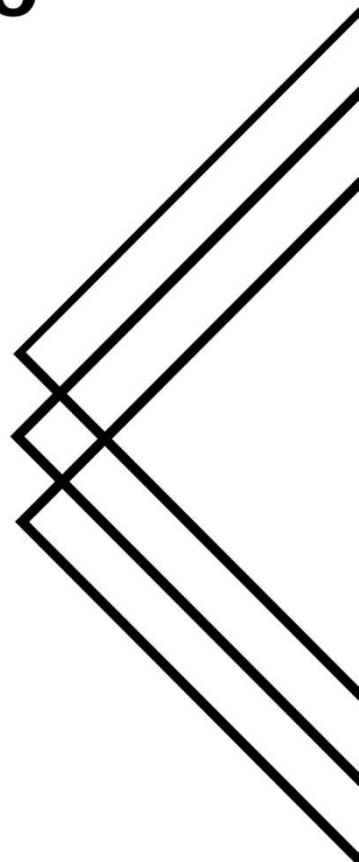
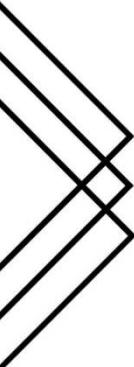
Assim, a obra que temos em mãos apresenta relatos e propostas de sequências didáticas para diferentes faixas etárias e muito bem ancorados em aspectos fundamentais para a formação de sujeitos capazes de compreender a ciência como um empreendimento público, normatizado por regras e práticas construídas e legitimadas coletivamente e, portanto, capaz de produzir conhecimento objetivo e confiável.

Como são capazes de inovar a sala de aula, os relatos e propostas aqui compartilhados são capazes de nos esperançar.



Apresentação

Luiz Gustavo Franco



Este livro é fruto do projeto “Desenvolvendo práticas científicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental: proposta de uma análise ao longo do tempo¹”. Dentre as metas do projeto, a produção de materiais didáticos inovadores tem como objetivo divulgar propostas investigativas e favorecer o desenvolvimento de “espaços da ciência” na escola.

As sequências apresentadas neste livro oferecem alternativas ao ensino pautado meramente na transmissão de conteúdos científicos, visam promover uma postura mais ativa dos estudantes e buscam a construção de visões mais complexas sobre a ciência na escola.

Há décadas temos observado diversas propostas com o objetivo de promover inovações para o ensino das disciplinas científicas (e.g. Krasilchik, 2000; Duschl, 2008; Kelly & Licona, 2018). Inovação tem sido uma palavra “da moda”. Fala-se em inovar nas mais diversas esferas da sociedade atual, especialmente no mundo corporativo.

No caso do ensino de ciências, inovar foi em diversos momentos significado como o conjunto de esforços para uma aproximação entre a ciência produzida nos centros de pesquisa e a ciência ensinada nas escolas. Apesar disso, esse modo de inovar se materializou de formas variáveis ao longo do tempo.

Em alguns casos, o diálogo entre aqueles que propuseram formas de inovação e os receptores dessas propostas foi bastante limitado. Observamos, então, modelos de ensino de ciências como uma espécie de reprodutor da ciência dos cientistas. Os alunos deveriam repetir experimentos clássicos das ciências, saber os passos do chamado método científico e dominar nomes de vidrarias ou equipamentos de laboratório (Krasilchik, 2000).

Nas últimas décadas, porém, percebeu-se que essa aproximação deveria ir além dos roteiros experimentais fechados ou de visões simplistas de Natureza da Ciência. Seria preciso estimular a criatividade dos estudantes, sua visão crítica, práticas argumentativas, processos de reflexão sobre o conhecimento, além de considerar especialmente os contextos de cada escola e sala de aula (Carvalho, 2018; Franco & Munford, 2020; Manz et al., 2020). Desse modo, a agência dos principais destinatários das propostas de inovação no ensino, estudantes e seus professores, tem sido considerada e valorizada (Stroupe et al., 2019).

Dessa forma, entendemos que é no diálogo com estudantes e professores da Educação Básica que a chamada “inovação” no ensino deve ser pensada, discutida e proposta. Inovar em aulas de Ciências da Natureza e Biologia requer diálogo entre os diferentes atores que vivem o cotidiano da escola e buscam alternativas para um ensino de excelência.

Tendo em vista tais demandas, este livro foi desenvolvido a partir do diálogo entre diferentes atores envolvidos no processo educativo: estudantes,

¹ Projeto contemplado no Programa Ciência na Escola (Chamada MCTIC/CNPq N^o 05/2019).

professores, licenciandos e pesquisadores. O projeto ocorreu no âmbito da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e envolveu uma parceria entre os três pilares da universidade: ensino, pesquisa e extensão.



Figura 1: Articulação entre a Pesquisa, o Ensino e a Extensão na construção de propostas inovadoras para o ensino de Biologia apresentadas neste livro. Fonte: Os autores.

Com relação à pesquisa, o projeto envolveu o trabalho do Grupo de Pesquisa Êmico – Discurso e Cotidiano na sala de aula de Ciências. Os membros do grupo desenvolveram análises a partir de uma parceria com uma escola pública do estado de Minas Gerais, o que permitiu o desenvolvimento de diversas atividades investigativas e sua posterior análise. Por meio do contato com as turmas acompanhadas, foi possível compreender melhor como os estudantes lidavam com as práticas propostas, além de analisar estratégias e desafios encontrados pelos professores ao trabalhar com atividades investigativas.

Com relação à extensão, o projeto envolveu o trabalho com a equipe *ScienceSchool*. O *ScienceSchool* é um projeto de extensão que proporcionou o trabalho em diferentes frentes de ação junto a escolas de Minas Gerais e professores de ciências. O contato com estudantes de diferentes faixas etárias e instituições foi útil para que pudéssemos propor atividades dinâmicas e capazes de se adequar a realidades diversas. O contato com os professores, por sua vez, também nos ajudou a compreender suas principais demandas e questionamentos com relação à implementação da abordagem investigativa em sala de aula.

Com relação ao ensino, o projeto envolveu o trabalho de licenciandos do curso de Ciências Biológicas da UFMG na disciplina Didática do Ensino de Ciências da Natureza e Biologia II. Os professores em formação inicial discutiram o ensino de ciências por investigação como abordagem inovadora para aulas de

Biologia e elaboraram atividades de caráter investigativo a serem desenvolvidas nas escolas. Destacamos ainda, um projeto de ensino desenvolvido no âmbito de uma escola de Ensino Médio de Minas Gerais, na qual o professor de Biologia promoveu um trabalho investigativo com os estudantes ao longo do ano letivo. As atividades desenvolvidas neste projeto e seus desdobramentos também compuseram um dos relatos aqui apresentados.

No primeiro capítulo apresentamos o enquadre teórico-metodológico adotado para a descrição dos relatos e a proposição das atividades do livro. Tendo em vista nossas concepções de Ensino de Ciências por Investigação, discutimos princípios que nortearam as sequências: a relação do processo investigativo com conhecimentos do domínio conceitual da ciência e o engajamento dos estudantes em práticas dos domínios epistêmico e social da ciência. Esses princípios foram entendidos como eixos orientadores das atividades e não como um tutorial a ser reproduzido de modo uniforme em todas as salas de aula. Isto é, entendemos o ensino de ciências por investigação a partir de uma perspectiva contextual, que discutiremos melhor ao longo do próximo capítulo.

Os capítulos 2, 3 e 4 são relatos de sequências de atividades investigativas desenvolvidas em diferentes contextos educativos: o primeiro ocorreu em uma turma nos anos iniciais do Ensino Fundamental (3º ano), o segundo em uma turma nos anos finais do Ensino Fundamental (8º ano) e o terceiro em uma turma do Ensino Médio (1º ano). Dessa forma, os relatos fornecem uma visão da diversidade de modos de implementação do ensino por investigação ao longo do tempo. Entendemos que o ensino por investigação demanda uma articulação vertical dos currículos (Kelly, 2013), isto é, uma articulação que considera processos investigativos ao longo de todo o processo de escolarização. Nessa concepção, investigar em sala de aula vai além de uma estratégia pedagógica pontual, mas integra uma forma de agir e pensar ciência na escola.

O capítulo 2, “Quando as crianças investigam: uma experiência com uma turma do 3º ano do Ensino Fundamental”, relata como um grupo de crianças estava sendo introduzido em conhecimentos conceituais sobre adaptação biológica a partir do estudo do comportamento de besouros. Este processo contou com um esforço da professora na inserção de modos de representação do conhecimento científico e do contínuo trabalho em torno de evidências como recurso na construção de respostas. *Por que o besouro rola a bola?* Essa foi a questão que orientou todo este trabalho.

O capítulo 3, “Investigando nos anos finais do Ensino Fundamental: uma experiência com estudantes do 8º ano”, discute como estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental desenvolveram uma investigação sobre o corpo humano. Um dos grandes desafios observados no contexto dessa turma era o trabalho investigativo com conteúdos conceituais sobre o corpo humano. Grande parte desse tipo de conteúdo enfatiza a memorização de estruturas e funções de órgãos e sistemas. Nesta investigação, o professor de ciências explorou com os

estudantes um fenômeno que demandou conhecimentos sobre o sistema nervoso. Este fenômeno levou a turma a se questionar: *por que as pessoas sentem dor em partes amputadas do corpo?* Essa questão orientou o engajamento em práticas epistêmicas e sociais da ciência ao longo das aulas.

O capítulo 4, “Investigações no Ensino Médio: uma experiência com turmas do 1º ano”, explora como estudantes do Ensino Médio se engajaram em uma investigação socio científica. O grupo buscava respostas para uma questão norteadora: compartilhar alimentos com micos silvestres sob a perspectiva ecológica é uma ação positiva, negativa ou neutra? Essa questão emergiu de uma situação vivenciada na escola, na qual estudantes e funcionários ofereciam alimentos aos micos. Para a investigação, os estudantes trilharam um rico percurso investigativo: coleta de dados; interpretações baseadas em evidências; diálogo com cientistas; integração e produção de múltiplos saberes; comunicação de resultados e diferentes espaços e mídias; reflexões sobre as inter-relações entre os conhecimentos científicos e a sociedade; além do reconhecimento de seus papéis na busca de saídas para conflitos sócio-científico-ambientais.

Nos capítulos 5, 6, 7 e 8 apresentamos sequências de atividades investigativas. As sequências nos ajudam a perceber variadas formas de se trabalhar investigações em sala de aula. Nesses capítulos, exploramos diferentes conteúdos da Biologia, mobilizamos diversos olhares sobre um mesmo fenômeno e indicamos possibilidades de trabalhos com fontes de dados de natureza diferente, como observação, experimentação e uso de dados secundários. Tendo em vista as dificuldades relatadas por professores para inserir atividades investigativas em contextos do Ensino Médio, por diferentes fatores, optamos por apresentar sequências tendo turmas dessa etapa da escolarização como público-alvo. No entanto, entendemos que é possível fazer adaptações para que sejam desenvolvidas também em outras etapas.

No capítulo 5, “Investigando a alimentação humana como uma questão sócio científica”, propomos uma sequência que explora fenômenos como o uso de açúcar de adição nos alimentos e a obesidade. Para investigar fenômenos complexos como esses, optamos por alguns enquadres capazes de orientar o olhar dos estudantes sobre determinados aspectos. A investigação envolve dados da alimentação dos próprios estudantes, experimentação com alimentos de seu uso cotidiano, além da análise e interpretação de inscrições científicas e dados secundários sobre a obesidade. Nossa proposta articula conhecimentos interdisciplinares da Biologia, Física e Química a conhecimentos socioculturais para que os estudantes possam elaborar respostas fundamentadas em evidências.

No capítulo 6, “Investigando a vacinação e o retorno do sarampo: uma proposta para a educação em saúde em tempos de pós-verdades”, exploramos uma temática urgente e atual, as fake News “científicas”. Para isso, propomos a análise de um fenômeno sanitário vivido recentemente no Brasil, o retorno de casos de sarampo e possíveis relações com a vacinação da população brasileira.

A sequência propõe um trabalho com conhecimentos conceituais, provindos especialmente da área de Imunologia, de modo articulado a práticas dos domínios epistêmicos e sociais da ciência. Os estudantes devem lidar com dados de diferentes fontes, analisá-los à luz de evidências científicas, argumentar em torno das controvérsias identificadas e se posicionar criticamente.

No capítulo 7, “Introduzindo *trade-offs* na educação básica: uma sequência de atividades sobre os lagartos *Uta stansburiana*”, propomos uma sequência acerca de um fenômeno pouco discutido no contexto da educação básica, os *trade-offs*. Trata-se de fenômeno importante para a compreensão de uma série de conhecimentos do domínio conceitual da Biologia devido à ubiquidade observada em processos de alocação de tempo e recursos em diferentes alternativas morfológicas, fisiológicas ou comportamentais dos indivíduos. Especificamente, a investigação envolve um fenômeno bastante curioso: uma espécie de lagarto que possui três diferentes tipos de machos e cada um deles com um comportamento de reprodução diferente.

No capítulo 8, “Por que as baleias voltaram para o ambiente aquático? Uma investigação evolutiva”, propomos uma sequência de atividades que tem potencial para despertar a curiosidade e o engajamento dos estudantes. Por que os ancestrais das baleias voltaram para a água? Com esta pergunta instigante, o capítulo fornece propostas de trabalho com dados primários e secundários para análise de hipóteses capazes de explicar o fenômeno.

Referências

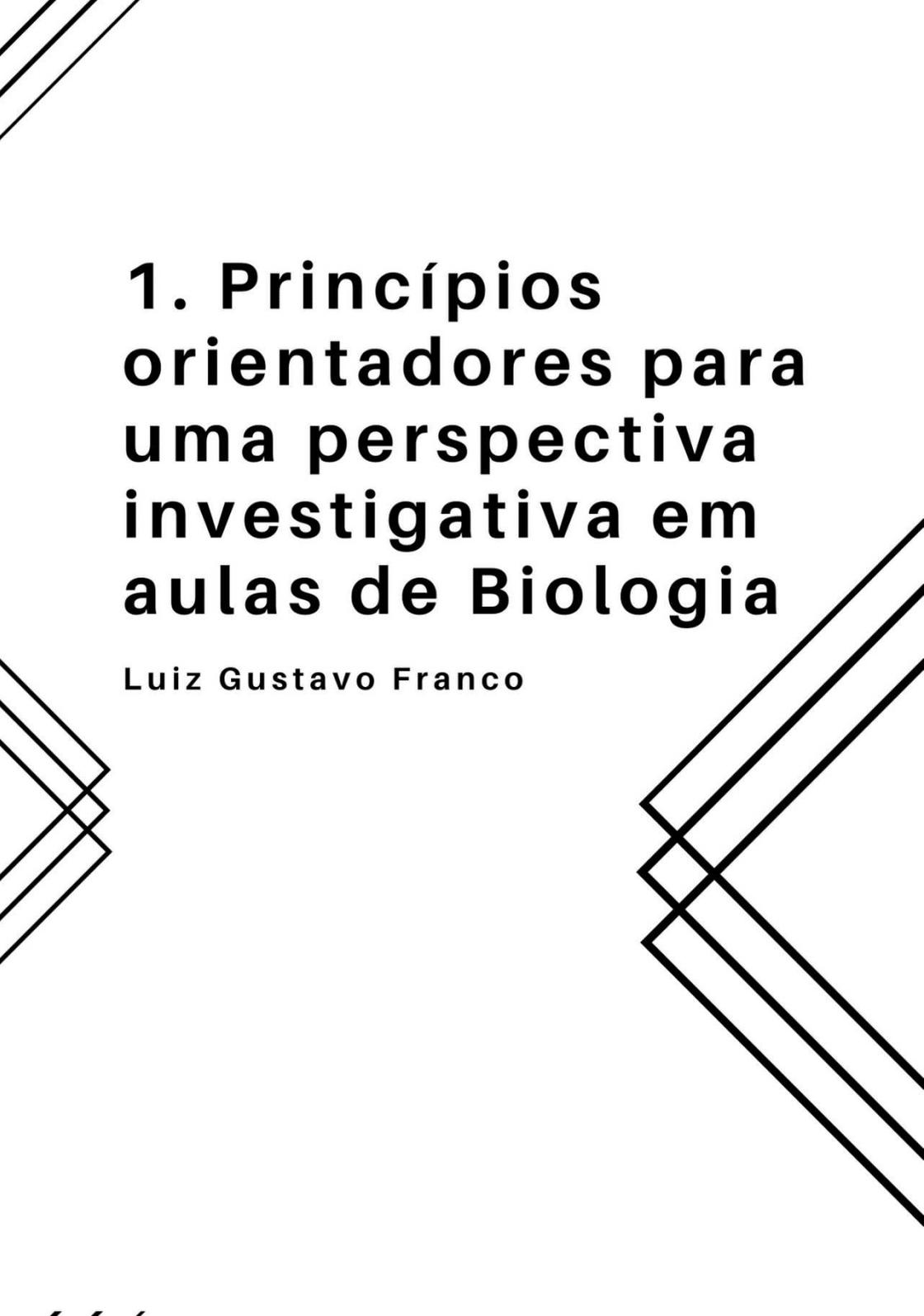
- Carvalho, A. M. P. de. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals: *Review of Research in Education*, 32, 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(u), 687–719.
- Kelly, G. J. (2013). Inquiry teaching and learning: Philosophical considerations. In: Matthews, M. R. (ed.) *Handbook of Historical and Philosophical Studies in Science Education*. Springer.
- Kelly, G. J., & Licona, P. R. (2018). Epistemic practices and science education. In M. R. Matthews (Ed.), *History, philosophy and science teaching: New perspectives* (pp. 139-165). In *History, Philosophy and Science Teaching*.

Cham, Switzerland: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-62616-1>

Manz, E., Lehrer, R., & Schauble, L. (2020). Rethinking the classroom science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1148–1174. <https://doi.org/10.1002/tea.21625>

Munford, D., & Lima, M. E. C. de C. e. (2007). Ensinar ciências por investigação: Em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 9(1), 89–111. <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>

Stroupe, D., Moon, J., & Michaels, S. (2019). Introduction to special issue: Epistemic tools in science education. *Science Education*, 103(4), 948–951. <https://doi.org/10.1002/sce.21512>



1. Princípios orientadores para uma perspectiva investigativa em aulas de Biologia

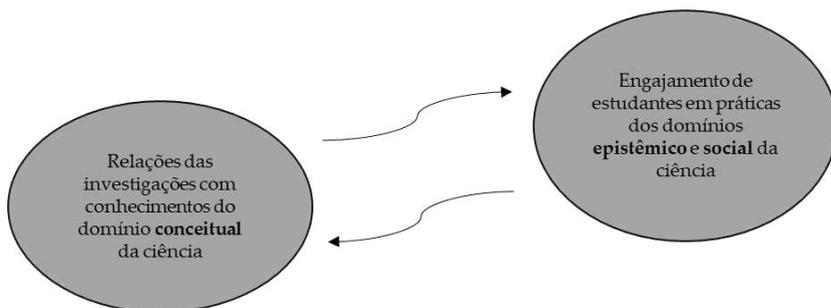
Luiz Gustavo Franco

As sequências de atividades apresentadas neste livro foram orientadas pelo Ensino de Ciências por Investigação. A abordagem investigativa no ensino de Ciências da Natureza e Biologia tem como objetivo engajar os estudantes em práticas relacionadas à construção do conhecimento científico (Carvalho, 2018; Munford & Lima, 2007; Stroupe et al., 2019).

O engajamento em práticas investigativas vai além de explicar como funcionam os processos da ciência ou desenvolver roteiros experimentais para que os alunos sigam certos passos procedimentais e confirmem o conhecimento conceitual (Manz et al., 2020). Na abordagem investigativa, é necessário gerar oportunidades para que estudantes possam falar, pensar, criar, e ouvir uns aos outros, se apropriando de critérios utilizados pela ciência e tomando decisões coletivamente (Carvalho, 2018). Autores têm chamado este protagonismo envolvido no ensino por investigação de “agência epistêmica” (Ko & Krist, 2019).

Os currículos de ciências ainda têm o conhecimento conceitual como eixo organizador. Com o trabalho do professor em torno desse eixo, permanece a ênfase no ensino de conteúdos conceituais em detrimento do engajamento em práticas investigativas. O Ensino de Ciências por Investigação nos oferece alternativas para o desenvolvimento de um currículo que valorize tanto o legado conceitual quanto o legado epistêmico da ciência (Kelly & Licona, 2018).

Ao longo deste livro, apresentamos sequências de atividades investigativas orientadas por dois princípios articulados (Duschl, 2008; Franco & Munford, 2020):



Estes princípios têm como base as propostas de Duschl (2008) acerca dos objetivos de aprendizagem relacionados aos domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico. Para o autor, o ensino por investigação constitui uma potencial alternativa na promoção de articulações entre os três domínios.

O domínio conceitual corresponde ao corpo de teorias, princípios, leis e modelos usados pela ciência para explicar fenômenos naturais e orientar suas investigações (Stroupe, 2015).

O domínio epistêmico, por sua vez, corresponde a critérios epistêmicos usados pela comunidade científica na produção de conhecimento (Kelly, 2008). Tais critérios têm sido relacionados a determinadas práticas desenvolvidas em sala de aula, às vezes chamadas de práticas epistêmicas, científicas, ou investigativas, dependendo do referencial adotado. São práticas como a elaboração de questões com potencial investigativo; a formulação de propostas de explicação para fenômenos naturais; o trabalho com dados e reflexões sobre como este processo deve acontecer; o planejamento de experimentos e/ou observações; a construção e uso de evidências; a interpretação e análise de evidências; bem como as alterações nas explicações a partir da análise dos dados (Carvalho, 2018; Franco & Munford, 2020; Kelly & Licona, 2018; Sasseron & Duschl, 2016).

O domínio social corresponde “aos modos como o conhecimento científico é comunicado, representado, argumentado e debatido” (Duschl, 2008, p. 277). No contexto da sala de aula, envolve práticas como o compartilhamento de ideias, a argumentação e a tomada de decisões em conjunto (Furtak et al., 2012).

As sequências de atividades apresentadas neste livro se baseiam nas propostas de articulação entre esses três domínios. A seguir, discutimos com mais detalhamento como buscamos dar visibilidade a estes domínios nas atividades e suas possíveis articulações.

Os conhecimentos do domínio conceitual

A ênfase no ensino de conteúdos conceituais se configura, em geral, como apresentação do produto final da ciência a ser memorizado e reproduzido em exames. Há uma extensa discussão sobre quais conteúdos conceituais da ciência deveriam ser ensinados (ver Carvalho et al., 2020). Na Biologia, de modo especial, encontramos uma infinidade de nomes, funções, estruturas que, em muitos casos, acabam se tornando protagonistas do ensino.

Mesmo com muitas propostas para uma reestruturação, as aulas de Biologia ainda conservam esta imensa quantidade de conteúdos. É importante esclarecer que as críticas à ênfase no ensino dos conceitos não significam que o domínio conceitual da ciência deveria ser omitido ou ignorado em sala de aula. Teorias, leis, modelos e conceitos usados pela ciência para explicar a natureza são

centrais para o ensino de ciências. Propostas inovadoras, como o ensino por investigação, não se isentam do ensino dos conceitos. Ao contrário, os conhecimentos do domínio conceitual deveriam circular em sala de aula de forma articulada às práticas dos domínios epistêmico e social (Sasseron & Duschl, 2016; Kely & Licona, 2018).

Para a fundamentação conceitual das sequências de atividades deste livro, nos baseamos nas propostas de Scheiner (2010). As propostas deste autor têm como base a diversidade e a complexidade dos sistemas vivos e têm sido usadas como enquadre para proposições curriculares inovadoras (Carvalho et al., 2020).

Para Scheiner (2010), a Biologia pode ser organizada em uma grande teoria que agrupa cinco teorias subordinadas: teoria celular, teoria dos organismos, genética, ecologia e teoria evolutiva. Para o autor, teorias são estruturas hierárquicas de conhecimento que conectam princípios gerais a modelos altamente específicos. Em uma teoria é possível identificar um corpo de conhecimentos com diferentes componentes: pressupostos, conceitos, generalizações, leis, modelos e definições. Uma teoria define um domínio, que é o escopo dessa teoria. Observe o exemplo que o autor propõe para a teoria da evolução:

Domínio da teoria da evolução: Padrões intergeracionais das características dos organismos, incluindo causas e consequências

Princípios

1. As características dos organismos mudam ao longo de gerações.
2. As espécies dão origem a outras espécies.
3. Todos os organismos estão relacionados por descendência comum.
4. A evolução ocorre através de processos graduais.
5. A variação entre os organismos dentro de sua espécie em seu genótipo e fenótipo é necessária para a mudança evolutiva.
6. A mudança evolutiva é causada primariamente pela seleção natural.
7. A evolução depende de contingências.

O domínio da teoria da evolução corresponde aos padrões intergeracionais de mudanças orgânicas. Este domínio é encapsulado em sete princípios. O que Scheiner propõe, portanto, é que teorias sejam organizadas em princípios fundamentais. Em cada sequência discutida neste livro, apresentamos o domínio e o princípio que são explorados ao longo das atividades.

Nosso objetivo ao indicar esta fundamentação é permitir que o professor reconheça como o ensino por investigação está relacionado ao domínio conceitual da ciência e pode promover a aprendizagem conceitual. Há uma tendência em separar o ensino dos conceitos do ensino das práticas investigativas. É como se ensinar conceitos fosse algo mais restrito às aulas expositivas, em que se apresentam definições e nomenclaturas científicas. As aulas com viés investigativos, por sua vez, estariam mais voltadas para o desenvolvimento de

habilidades de investigação. Porém, a proposta é que o ensino por investigação favoreça a articulação entre os diferentes domínios, incluindo o conceitual.

Dessa forma, ao discutirmos o domínio conceitual presente em cada sequência, indicamos como teorias, leis, conceitos e modelos podem ser trabalhados em atividades em sala de aula e não apenas apresentados como o produto final da ciência. Ao usarmos os princípios para estruturar cada sequência, damos enfoque a um modo de compreender os fenômenos naturais sem a pretensão de gerar o acúmulo de nomenclaturas a serem memorizadas. O foco recai sobre os processos de construção de explicações científicas a partir das investigações e/ou sobre o uso dos princípios como orientadores de cada investigação.

Práticas dos domínios epistêmico e social

Conforme discutimos em Franco e Munford (2020), temos buscado compreender os domínios epistêmico e social como um par, tendo em vista a articulação entre ambos como um aspecto central para a implementação da abordagem investigativa em sala de aula.

Atividades que exploram o conhecimento epistêmico da ciência, mas que não estão imersas nas demandas comunicativas do domínio social, podem se tornar muito limitadas em seu potencial investigativo. Corremos o risco de ensinar o conhecimento epistêmico de forma descontextualizada e como mais um conjunto de regras a serem memorizadas e declaradas. Pensemos, por exemplo, em listas com características da ciência ou passos do chamado método científico.

As práticas do domínio social qualificam o conhecimento epistêmico, porque é na interação com os pares e na comunicação de ideias que a investigação acontece. Assim, o conhecimento epistêmico só é genuinamente apropriado como prática epistêmica quando imerso em práticas do domínio social (Franco & Munford, 2020).

Algumas práticas relacionadas aos domínios epistêmico e social que foram explicitamente propostas na elaboração das sequências apresentadas neste livro:

- Construção de explicações para fenômenos naturais;
- Trabalho com dados (experimentação, análise dados secundários, observação);
- Comunicação de ideias e argumentação;
- Construção coletiva de conclusões.

Construindo explicações para fenômenos naturais

O engajamento na construção de explicações representa uma prática central da atividade científica. Na elaboração de uma hipótese, a comunidade científica orienta suas investigações a partir de articulações entre teorias pré-

existentes, observações e experimentação. O aporte teórico em que o conhecimento está imerso orienta e confere plausibilidade às hipóteses, apesar de seu processo de construção ser mais complexo e envolver aspectos como imaginação, criatividade, ideias especulativas e um viés reflexivo (Praia et al., 2002).

Na educação básica, a elaboração de hipóteses em aulas de Ciências e Biologia ainda é um grande desafio. Em geral, as questões predominantes em sala de aula possuem uma abertura limitada às possibilidades criativas e analíticas. Elaborar explicações normalmente significa “dar a explicação certa” em meio às respostas possíveis. No ensino por investigação, momentos de levantar possibilidades, criar, pensar e discutir significam envolver os estudantes em um problema, isto é, uma questão de orientação científica ou um desafio (Carvalho, 2013). De acordo com Carvalho (2013), esse tipo de proposta pode ser trabalhada de formas diferentes em aulas de ciências: demonstrações, texto escrito, experimento, imagens ou consultas a fontes secundárias. É importante que sempre envolva uma questão-problema:

O problema é a mola propulsora das variadas ações dos alunos: ele motiva, desafia, desperta o interesse e gera discussões. Resolver um problema intrigante é motivo de alegria; pois promove a autoconfiança necessária para que o aluno conte o que fez e tente dar explicações (Carvalho et al., 1998, p. 20).

É a partir do problema que os estudantes poderão se engajar na elaboração de explicações. Normalmente, uma questão investigativa ou um desafio a ser resolvido são colocados pelo professor. Apesar disso, propostas que valorizam a agência epistêmica dos estudantes indicam também a importância das questões levantadas por eles. Elaborar uma questão ou um problema de caráter investigativo não é tarefa fácil.

Jelly (2011) discute dois tipos de questões em aulas de ciências que podem nos ajudar a entender algumas facetas dessa tarefa: as questões produtivas e as improdutivas. Questões produtivas são aquelas que promovem a ciência como uma forma de trabalho, abrem oportunidades para criatividade e reflexão, e não se encerram em respostas meramente factuais.

Observe como podemos introduzir questões produtivas em sala de aulas a partir de alguns exemplos concretos. Em Padilha e Carvalho (2011), por exemplo, encontramos uma atividade prática relacionada à formação de sombras. Os estudantes deveriam pensar: *“Como podemos fazer aparecerem sombras iguais, utilizando duas peças diferentes?”*. Nessa atividade, o uso de peças contra a luz foi usado para tentar construir respostas. No trabalho de Colombo e colaboradores (2012), por sua vez, foi apresentado aos estudantes uma pequena rampa na qual elas deveriam rolar uma bolinha. Os estudantes tiveram que descobrir como soltar a bolinha para que ela caísse em uma cestinha ao final da rampa. Esses exemplos estão mais próximos do que Carvalho (2013) considera problemas

experimentais ou demonstrativos.

Em outros estudos, ao invés de atividades práticas, os alunos têm acesso a certas informações a partir de outras fontes. Na pesquisa de Berland e McNeill (2010), por exemplo, os estudantes fazem pesquisas no site *Google Maps* e, a partir da comparação entre três diferentes locais, devem responder: “*Em que local você espera que exista a maior biodiversidade de aves? Por quê?*”.

Destacamos três aspectos relevantes presentes nessas situações-problema: i) elas geram oportunidades para o pensamento criativo dos estudantes; ii) oferecem oportunidades para que os estudantes trabalhem com dados ao pensar em possíveis respostas; e iii) guardam relação com conceitos da ciência, o que também é central em uma proposta investigativa. As questões que apresentamos, por exemplo, estão relacionadas a conhecimentos conceituais da ciência como luz, energia e biodiversidade.

Observe o exemplo discutido no capítulo 3 deste livro. Nesta interação, temos uma aula de ciências em uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental. Os estudantes estavam discutindo o fenômeno da dor do membro fantasma, durante uma sequência de aulas relacionadas à fisiologia do sistema nervoso:

- Professor Então assim, por exemplo, a pessoa que amputa o braço, ela sente, né? Em alguns casos, ela sente como se tivesse a mão de novo, o braço sente dor. Se a pessoa, por exemplo, tinha a unha encravada do pé e amputa a perna, e só fica um cotoco, né, a pessoa sente as dores...
- Alunos juntos Da unha encravada.
- Professor Da unha encravada (...) sem ter o pé.
- Bárbara Mas por que isso? Mas por que?
- Professor Por que vocês acham que isso acontece? Vocês conhecem algum caso assim? E aí?
- Aluno É costume, costume!
- Henrique É psicológico!
- Professor Oh, gente! Vamos ouvir o Evandro ali!

Nesta breve interação, o professor comentava sobre um fenômeno que chamou a atenção dos estudantes: a dor sentida por pessoas em um membro amputado. Uma aluna levantou a questão: “*por que isso?*” e o professor não deu a

resposta. Ele devolveu a questão para a turma e apareceram algumas possíveis explicações (costume, psicológico). Em discussões posteriores, novas propostas de explicação foram elaboradas e compartilhadas pela turma ao longo da investigação.

A partir de questões como essas é que os estudantes elaboram suas propostas explicativas. Não são situações que se reduzem a respostas do tipo sim ou não, ou a indicações de uma resposta única e fechada. Conforme indicam Praia et al. (2002),

Trata-se de uma perspectiva que exige dos alunos grande capacidade criativa, assim como um bom fundo teórico e espírito crítico. Se é certo que o professor tem que providenciar essa excelente formação teórica, incitar a diferença e o pensamento divergente, para levar a descobrir o que não é esperado, não é menos certo que a exigência conceitual a par de processos científicos de elevada complexidade tornam as situações de aula algo difícil (p. 255).

No caso da pergunta indicada sobre a dor do membro fantasma, após essa breve interação que apresentamos, a turma elaborou 18 hipóteses para explicar o fenômeno. Conforme será discutido com maior detalhamento no capítulo 3, o professor propôs uma análise inicial desse amplo conjunto de propostas, a fim de estabelecer alguns critérios para filtrar e fundir algumas delas. Este processo culminou na elaboração de cinco grandes propostas explicativas:

- A dor do membro fantasma ocorre em função de mudanças no funcionamento do cérebro.
- A dor do membro fantasma ocorre em função da permanência dos nervos que foram cortados na extremidade distal do cotoco.
- A dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos nervosos (sinapses) entre o SNC e a extremidade distal do cotoco.
- A dor do membro fantasma ocorre em função da existência de uma memória no cérebro de como era quando o membro existia.
- A dor do membro fantasma ocorre em função de questões psicossomáticas.

A partir do processo de construção de explicações como essas, cabe ao professor ajudar os estudantes a navegar neste mundo com possibilidades de explicação diversas. Como é possível observar nas hipóteses, há conhecimentos do domínio conceitual da ciência que foram mobilizados para propor as explicações. Há também conhecimentos que provêm de outros repertórios dos estudantes e que vão além da ciência escolar. Os próprios alunos, durante essas discussões, mencionaram séries médicas (e.g. *House*, *Grey's Anatomy*), jogos de videogame (e.g. *Mortal Kombat*) e vivências familiares que foram mobilizados por eles como dados ao proporem explicações.

A turma não chegou a um consenso apenas a partir desse primeiro

momento de elaboração de hipóteses. Nas aulas de Ciências e Biologia há formas específicas, conforme veremos a seguir, que orientam essa navegação. Não é fácil desconstruir a visão já consolidada de que haverá sempre a resposta certa. É desafiante, até mesmo para os professores, permitir que os estudantes naveguem em meio a formas diversas de explicar uma questão, sabendo que algumas delas podem nem fazer muito sentido. Porém, um aspecto relevante do ensino por investigação é que os próprios estudantes também se sintam responsáveis pelo conhecimento que circula nas aulas de Ciências e Biologia.

Trabalhando com dados e dando prioridade às evidências ao analisar explicações

O trabalho com dados e a prioridade às evidências na busca por respostas para as questões de orientação científica é um aspecto primordial da perspectiva investigativa. Jiménez-Aleixandre (2010) indica que evidências podem ser entendidas como “dados de natureza empírica ou teórica usados para apoiar uma conclusão” (p. 55). As evidências, nessa concepção, cumprem o papel de auxiliar na distinção entre as conclusões sustentadas por dados, daquelas conclusões sustentadas por opiniões, discurso de autoridade ou outras fontes.

Uma turma que investigasse, por exemplo, a questão discutida em Berland e McNeill (2010) poderia coletar certos dados, como os hábitos alimentares de aves encontradas em cada área, a riqueza e a diversidade das árvores presentes nas três áreas. Além de auxiliar na elaboração e revisão de propostas de explicação sobre a questão, esse momento de trabalho com dados pode ajudar no desenvolvimento de uma forma alternativa dos estudantes se relacionarem com as ciências na escola. Valorizar o uso de evidências nas aulas de ciências promove a concepção de que não se deve aceitar ideias apenas porque parecem mais convincentes ou porque são defendidas por pessoas de maior poder, o que acentua o caráter crítico e formador da educação em ciências.

Os estudantes, em geral, trazem uma visão tradicional na qual os professores já sabem a “resposta correta” e o papel deles seria apenas dar essa resposta. Nesse sentido, trabalhar com evidências pode indicar outras possibilidades de construção de respostas e, conseqüentemente, outra relação com a aprendizagem das ciências na escola (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Há diferentes formas com as quais o trabalho com dados pode ocorrer em sala de aula. Hug e McNeill (2008), por exemplo, caracterizam os dados em dois tipos: *first hand data* e *second hand data*. Os dados de primeira mão, também chamados de dados primários, são aqueles que os próprios alunos coletam por meio de atividades experimentais e/ou observacionais. Os dados de segunda mão, por sua vez, são os obtidos a partir de fontes secundárias, como consulta a artigos, livros, textos de divulgação científica e internet.

Em geral, há uma tendência em pensar que aqueles dados coletados pelos

próprios estudantes seriam os mais apropriados para o ensino por investigação. Porém, estudos que têm analisado essa questão indicam que ambos os tipos de dados têm suas potencialidades (Hug & McNeill, 2008; Kerlin et al., 2010). No caso da Biologia, conjuntos muito amplos de dados ou o acesso a determinados tipos de fenômenos só podem ocorrer por meio de dados secundários.

Pensemos, por exemplo, na investigação sobre a evolução das baleias discutida capítulo 7 deste livro. A sequência propõe um trabalho com dados primários envolvendo uma visita para observação de mamíferos aquáticos e semiaquáticos. Nesse trabalho, os estudantes devem identificar diferentes adaptações e começar a pensar em possíveis explicações para o fenômeno de “retorno” dos cetáceos ao mar. Apesar disso, dados secundários relacionados ao registro fóssil de cetáceos ancestrais é um conjunto fundamental de evidências para a investigação dos estudantes. Sem esses dados secundários, dificilmente a investigação poderia avançar a níveis mais elaborados de explicação. Na sequência há diversas indicações de dados que poderiam ser importantes neste processo, por exemplo:

- Registros de comportamento de mergulho entre ancestrais dos cetáceos;
- Fósseis de possíveis presas e predadores de ancestrais dos cetáceos;
- Comparação da dentição, densidade óssea e tímpano dos fósseis;
- Dados sobre os oceanos no passado, tendo em vista os movimentos tectônicos e/ou mapas contendo os achados fósseis representativos do grupo dos cetáceos.

Nesse caso, percebemos que não seria possível obter esse conjunto de dados por meio de uma coleta direta dos estudantes. Cabe ao professor refletir acerca dos tipos de dados a serem utilizados, se esses dados são acessíveis e se podem ajudar os estudantes a elaborar melhor suas propostas de explicação.

Outro aspecto importante a ser considerado é que, em sala de aula, quando o estudante precisa justificar sua proposta de explicação, nem sempre o uso de evidências será a única forma de fazê-lo. Ao ensinar ciências, o professor quer que o estudante dê prioridade ao que Kuhn (1993) chama de *evidências genuínas*. Informações que possuem uma relação de causa e efeito constituem o principal tipo de evidência genuína. É esse tipo de relação que o trabalho com os dados em aulas de ciências visa desenvolver entre os estudantes.

Ao adotar uma proposta de ensino investigativo nas aulas de Ciências e Biologia, o professor vai lidar com diferentes formas de argumentar, não apenas com uma argumentação pautada em evidências genuínas. Algumas delas podem até parecer plausíveis e fazer certo sentido, mas o mais importante é valorizar as relações de causalidade.

Vamos pensar naquele exemplo de Berland e McNeill (2010) sobre a diversidade de aves em três diferentes áreas. Um estudante poderia ter sugerido que a área do parque possui maior diversidade porque “sempre que eu vou ao

parque da minha rua vejo muitos pássaros lá”. Outro estudante, por outro lado, poderia propor que a área do parque tem maior diversidade “porque há muitas árvores frutíferas”. Um conjunto de dados sobre as árvores presentes no parque e sobre os hábitos alimentares dos pássaros poderia ser utilizado como evidência capaz de estabelecer relações de causalidade, dando força à segunda proposta de explicação em detrimento da primeira. A primeira proposta, pautada em uma vivência pessoal, não estabelece relações causais, apesar de poder ser considerada plausível até certo ponto (Kuhn, 1993). Porém, o fato de haver muitas aves no parque próximo à casa de alguém não indica que haverá muitas aves em qualquer outro parque.

Cabe, portanto, um trabalho que favoreça o desenvolvimento do raciocínio causal entre os estudantes para que, de forma processual, eles deem prioridade às evidências genuínas em aulas de ciências. Evidentemente, não se trata de uma tarefa fácil. Não é simples gerar oportunidades para que os estudantes avaliem dados a fim de sustentar hipóteses e revisar propostas de explicação.

Comunicando ideias e argumentando

Ao lidar com possíveis explicações para fenômenos naturais, engajando-se em desafios e/ou questões de orientação científica, os estudantes trabalham com dados para analisar suas hipóteses. Estes processos acontecem imersos em demandas comunicativas relacionadas ao domínio social da ciência. Nas aulas de ciências é importante comunicar suas ideias, expor o que se pensa, apresentar argumentos e contra-argumentos.

A argumentação perpassa diversos processos científicos, desde os mais formais, como em uma apresentação em um congresso ou na publicação de artigos, até os mais informais, como em conversas em um laboratório (Latour & Woolgar, 1997).

A atividade científica, portanto, não se refere simplesmente ao acúmulo de ‘fatos’ sobre a natureza. Trata-se também de um processo social que ocorre por meio de discordâncias, negociações e mudanças de paradigma (Kuhn, 1962). Nesse processo, afirmações são revisadas e criticadas, interpretações alternativas a dados são elaboradas sob influência de diversos fatores, como o potencial empírico de um estudo, a viabilidade teórica de uma pesquisa, a valorização entre pares, além de interesses políticos e econômicos. A argumentação perpassa esses diferentes aspectos e constitui parte fundamental da ciência (Kuhn, 1993).

Enquanto comunicar ideias e argumentar é algo tão relevante na ciência, em sala de aula essas práticas são raras. As interações em aulas de ciências ainda se restringem às exposições centradas na fala do professor ou discussões de caráter avaliativo nas quais o professor pergunta e os alunos respondem (Mortimer & Scott, 2002). Essas formas de interação, apesar de também

cumprirem um papel a ser considerado em sala de aula, oferecem oportunidades limitadas quando pensamos no ensino por investigação. Interações argumentativas, por sua vez, ampliam as oportunidades de engajamentos dos estudantes em práticas dos domínios epistêmico e social.

Conforme a definição de Jiménez-Aleixandre & Erduran (2008), argumentação é “a ligação entre afirmações e dados através de justificações para a avaliação do conhecimento à luz de evidências” (p. 20). A partir dessa proposta, as autoras nos colocam três dimensões a serem consideradas na argumentação: a *justificação*, relacionada à coordenação de uma declaração a evidências; a *persuasão*, relacionada à tentativa de convencer um grupo; e a *discussão* entre duas posições opostas sobre determinada afirmação. Observe que tais dimensões perpassam aquelas práticas epistêmicas que discutimos e também se referem a práticas do domínio social da ciência. Nesse sentido, argumentar estaria relacionado aos critérios de construção do conhecimento científico, pois a ligação de afirmações e dados se daria mediante justificativas com base em evidências, e às demandas comunicativas da ciência, pois significa discutir com os pares e convencê-los.

Outro aspecto importante da potencialidade da argumentação para o ensino por investigação é que na definição de Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) e em outras observadas na literatura o uso de evidências é parte constituinte da argumentação. Essa relação entre argumentar e usar evidências gera implicações relevantes para a educação científica. Nas aulas de ciências, as afirmações, em geral, não partem do uso de evidências, mas da autoridade do professor ou do livro didático. Introduzir a argumentação entre os estudantes, portanto, não significa argumentar de qualquer forma, usando quaisquer recursos argumentativos ou fontes de dados. A proposta é que, quando houver discordâncias sobre explicações ou resultados, os estudantes usem evidências para sustentar suas posições.

Este é um dos grandes desafios da comunicação de ideias e argumentação em aulas de ciências. A evidência é o recurso mais expressivo na argumentação na ciência, porém, há outras formas de se argumentar que são válidas em diversos outros contextos da vida humana, mas não se apoiam em evidências. Pense, por exemplo, em um debate entre políticos ou uma discussão nas redes sociais. Nem sempre há evidências sendo mobilizadas. Assim, nossos estudantes podem estar mais familiarizados com essas outras formas de argumentação. Consequentemente, o contexto escolar é permeado por outras práticas argumentativas diferentes da argumentação pautada em evidências. Os estudantes podem mobilizar critérios diversos para avaliarem suas afirmações: opinião pessoal, vivências familiares, fatores socioculturais, crenças, plausibilidade, discurso de autoridade, dentre outros (Jiménez-Aleixandre, 2010; Sandoval & Çam, 2011).

Apesar dos desafios envolvidos neste processo, entendemos que somente

gerando oportunidades para que os estudantes exponham suas ideias e argumentem é que eles poderão argumentar mobilizando evidências. Os primeiros passos em quaisquer práticas da ciência em sala de aula são, de fato, muito desafiantes. Não é possível esperar que os estudantes aprendam a argumentar cientificamente sem nunca terem argumentado na escola. Esse processo exige tempo e, evidentemente, um esforço contínuo em tornar a sala de aula um espaço mais discursivo e aberto a discordâncias.

A seguir, apresentamos uma interação que pode ilustrar bem este contínuo processo em sala de aula. Trata-se de uma discussão que ocorreu na sequência de aulas sobre cuidado parental, descrita com mais detalhes no capítulo 2 deste livro. Ao longo da sequência, o foco da investigação da turma, que estava no 3º ano do Ensino Fundamental, foi o fenômeno do cuidado parental.

No início da sequência, os estudantes assistiram a dois vídeos: um de um besouro rolando uma bola de fezes e outro de um gorila com seu filhote. Ao longo das aulas, dúvidas e questionamentos sobre o que acontecia em cada vídeo levaram a discussões do grupo. Na interação a seguir, os estudantes estão discutindo se o gorila do vídeo era o pai ou a mãe do filhote.

Professora	Guilherme, qual que é a pergunta?
Guilherme	O gorila grande.
Professora	O gorila grande é o que?
Guilherme	Se ele é o macho ou fêmea.
Professora	Se ele é o pai ou a mãe, o que significa macho ou fêmea.
	(...)
Bárbara	É mãe, é fêmea!
Professora	Parou! Agora é evidência. Só vale...
Marcelo	Evidência!
Professora	Evidência 1, Marcelo!
Marcelo	O peitão.

Professora Vamos lá, macho ou fêmea, Marcelo?

Marcelo Fêmea, por causa do peitão.

(...)

Maurício Eu sei, não é só peito.

Professora O que?

Maurício Atrás, atrás tinha a bundinha dela eu vi!

Professora Mas, é fêmea ou macho?

Maurício Fêmea.

Pesquisador E essa evidência te ajuda a saber que é fêmea?

Maurício Ajuda!

Pesquisador Por quê?

Professora Karla!

Vinícius Eu sei, eu sei!

Professora Karla! Espera aí, Vinícius.

Mariana Não ajuda não porque homem também tem.

Pesquisador Olha o quê que a-

Professora A Karla vai falar, o Vinícius e o Perseu. Karla, pode falar.

Karla Então, é porque homem também tem bunda não tem?

Professora Tem.

Karla Então isso não ajuda para dizer que é fêmea.

Essa discussão começou devido a uma argumentação anterior. Houve uma pergunta proposta inicialmente pela aluna Nara: *“Por que o pai do gorila não estava presente no vídeo?”*. A reação dos colegas diante da questão de Nara foi um engajamento através de discordâncias que geraram novas questões relacionadas à pergunta inicial. Uma nova questão foi apresentada pela colega Nina: *“O gorila maior é o pai ou a mãe?”*. Esse é o foco dessa interação. Essa questão representa uma discordância implícita do ponto de vista de Nara. Nara partiu do princípio de que o gorila que aparecia no vídeo era a mãe. Porém, para Nina, é necessário saber, antes disso, se o gorila do vídeo seria macho ou fêmea.

Além disso, na tentativa de responder à questão inicial, o colega Ricardo sugeriu que o gorila pai tivesse ido caçar comida e por isso não estava no vídeo. Porém, de acordo com a colega Mariana, o gorila pai não poderia estar caçando comida, uma vez que os animais estavam em um zoológico e nesse lugar não seria preciso sair para caçar. Alguns alunos discordaram de Mariana dizendo que os gorilas estavam em uma selva e não em um zoológico, o que gerou uma nova diferença de opinião.

Esses elementos do contexto da aula nos ajudam a compreender melhor o que estava acontecendo na turma quando houve a argumentação sobre o sexo do gorila. Observemos que os estudantes mobilizam seus repertórios e vivências para assumir diferentes pontos de vista e argumentar. Primeiramente, a aluna Nara usou como pressuposto a noção de que é a mãe quem cuida do filhote e alguns colegas argumentaram dizendo que o pai estaria buscando comida. Essas ideias nos levam a pensar sobre as noções de família e papéis sociais de pai e mãe que os estudantes estavam mobilizando na discussão. De modo semelhante, conhecimentos sobre como é um zoológico e uma selva levantados por Mariana também foram importantes para contra-argumentar diante da proposta de Ricardo. Estes conhecimentos não haviam sido trabalhados nas aulas de ciências, mas faziam parte dos repertórios dos estudantes e, como é de se esperar, emergem nas interações.

Diante desse cenário, o papel da professora evidenciado pela interação foi demandar por evidências que seriam capazes de sustentar as propostas dos estudantes. A professora chega a mencionar explicitamente *“o que vale é evidência”*. Os alunos usam um dado da morfologia dos gorilas para sustentar a afirmação: o peito grande seria evidência de que a gorila é fêmea. Outro aspecto relevante observado nesta interação é que os próprios colegas interagem avaliando as colocações uns dos outros. Observe que as alunas Mariana e Karla discordam da evidência apresentada pelo colega Maurício e justificam sua avaliação. Esta forma de participação é relevante quando pensamos no engajamento em práticas do domínio social da ciência, pois evidencia a atenção ao que o colega diz em um processo coletivo de construção de ideias.

Conforme indicamos, discussões dessa natureza só aconteceram nesta turma porque havia oportunidades e demandas para que os estudantes falassem,

ouvissem, discordassem e se posicionassem uns diante dos outros. A professora dessa turma adotava diversas ações que favoreciam a argumentação em sala de aula: dava destaque quando havia posições distintas entre os colegas, pedia que os alunos se justificassem, solicitava que os colegas repetissem as ideias uns dos outros e comentassem sobre elas, convidava os estudantes para irem diante da turma apresentar suas explicações, etc. Essas ações foram sendo apropriadas ao longo do tempo pelos estudantes, que passaram a se sentir mais à vontade para discordar uns dos outros e avaliar as colocações dos pares. Assim, a argumentação pode ser compreendida como uma prática que vai além de uma atividade pontual, mas como uma forma de participar das aulas de ciências.

Nos relatos e sequências deste livro indicamos oportunidades para o professor fomentar a comunicação de ideias e a prática argumentativa nas aulas de ciências.

Construindo conclusões com a turma

A partir do trabalho com dados, seja por meio de observações, experimentações ou fontes secundárias, a investigação em aulas de ciências leva a momentos em que os estudantes constroem conclusões. Quando desenvolvidos de forma coletiva, esses momentos ampliam as oportunidades de engajamento nas práticas do domínio social da ciência. Esse tipo de proposta está enraizado no projeto vygotkiano, que entende a aprendizagem como introdução dos estudantes no mundo simbólico de uma cultura a partir da interação com outros membros desta cultura:

(...) o conhecimento e o entendimento, inclusive o entendimento científico, são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns. Conferir significado é, portanto, um processo dialógico que envolve pessoas em conversação e a aprendizagem é vista como o processo pelo qual os indivíduos são introduzidos em uma cultura por seus membros mais experientes (Driver et al., 1999, p. 34).

A partir de interações com o professor e com os colegas, o estudante torna-se socializado nas práticas da comunidade científica. Desse modo, quando pensamos no domínio social da ciência como elemento constitutivo do ensino de ciências por investigação, nos orientamos por essa concepção de aprendizagem a partir da proposta socioconstrutivista. É claro que esta concepção perpassa os diferentes elementos do ensino por investigação e não apenas os processos de conclusão. Porém, ao falarmos sobre conclusões construídas com a turma, nossa intenção é enfatizar uma potencialidade do ensino por investigação: o processo de validação do conhecimento a partir da revisão de ideias e a avaliação entre pares (Stroupe, 2015).

Essa potencialidade reside nas oportunidades de chegar a uma conclusão não apenas copiando informações “corretas” dos livros didáticos ou das páginas

da internet. Não há, dependendo da investigação em curso, uma resposta única ou garantias de que essa resposta nunca irá mudar. A construção de conclusões em ciências se torna mais elaborada e as visões da própria natureza da ciência mais complexas, porque estarão ligadas à validação dos próprios estudantes engajados em processos de revisão de ideias e avaliação à luz das evidências.

É importante considerar que o caráter coletivo desse processo representa ainda um desafio na implementação do ensino por investigação em sala de aula. Ao longo dos anos de escolarização, dinâmicas interacionais se alteram e observa-se uma crescente responsabilização individual dos estudantes pelo processo de aprendizagem. Práticas mais coletivas de construção do conhecimento são mais frequentes nos primeiros anos de escolarização. Ao longo do tempo, as aulas se tornam cada vez menos interativas e, paralelamente, o interesse e engajamento dos estudantes em ciências diminuem com o passar dos anos na escola (Carlone et al., 2014).

Apesar de tais mudanças e os possíveis desafios, entendemos que o processo coletivo de elaboração de conclusões oferece oportunidades para que os estudantes tomem consciência de que estão construindo o conhecimento e não, meramente, absorvendo informações de forma passiva. Também é uma oportunidade de se apropriar de uma visão mais complexa da ciência, orientada a partir do diálogo com os pares em um processo de contínua negociação e revisão.

Destacamos ainda a visão sobre aprendizagem que pode ser repensada pela própria comunidade da sala de aula de ciências. Em geral, o aprender está associado à aquisição de uma informação considerada correta, verdadeira. Aprender ciências, todavia, significa, dentre outros aspectos, se apropriar de determinadas práticas para propor e avaliar explicações utilizando critérios epistêmicos da ciência. Desse modo, as respostas “certas” passam ter outro caráter. Estar certo não significa, necessariamente, dar aquela resposta que já está no livro didático.

Na sequência de atividades sobre a dor do membro fantasma, retratada no capítulo 3, temos uma interação interessante nesse sentido. É uma conversa na qual os estudantes estavam finalizando a investigação buscando estabelecer relações entre propostas de explicação e alguns dados em análise:

Professor

Uma quantidade de grupos significativa marcou que essa evidência dos neuromas, ela é uma boa explicação para a hipótese de que o sistema nervoso central continua mandando impulsos para a extremidade distal do toco. Por quê?

Mariana Ué, porque o cérebro ainda não avisou. Ele entende que ainda tem um membro.

Tina Porque ele...

Professor Tina! aponta para a aluna

Tina Porque ele ainda tá configurado a mandar, a continuar mandando os impulsos nervosos pro lugar que, no caso, tinha a mão. E não tem...e, vai aglomerando lá os impulsos...

Mariana É uai

Tina E nisso não vai dar em nada.

Professor Então, quer dizer, ele continua mandando. Mas isso não seria uma questão de memória?

Aluna Aí seria a quatro [referência à hipótese quatro que explica a dor fantasma a partir da memória cerebral]

Professor Se ele já lembra que tinha, já não é a hipótese quatro? Quer dizer, tinha a memória desse membro, mandava os impulsos e continua mandando? O que você acha? Porque a dois...a hipótese três é “a dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos entre o sistema nervoso e a extremidade distal do cotoco. E aí? Vocês acham que ela tem? Você tá me falando assim, que essa três ela tem um pouco a ver com a quatro também? Como que é esse negócio?

Tina É...

Professor É, por quê?

Estudantes Falam ao mesmo tempo

Professor Gente, vocês têm que prestar muita atenção nessa dinâmica. Muito mesmo, porque ela que vai falar o que é a dor fantasma, tá?

Os estudantes estavam discutindo possíveis aproximações entre duas hipóteses, tendo em vista os possíveis significados de um dos dados em análise. Nesse momento, o grupo ainda não havia chegado a uma conclusão sobre as causas da dor fantasma, mas já estavam avançados nos processos de análise de cada hipótese. Algumas já estavam sendo consideradas mais frágeis, como a hipótese cinco, que explicava a dor fantasma a partir de fatores psicológicos. Outras ganhavam força, como a hipótese um, que indicava a causa da dor devido a alterações cerebrais. No entanto, algumas hipóteses, como a três e quatro, geravam dúvida. A proposta de que a dor ocorria devido à permanência de impulsos nervosos até a extremidade do cotoco era confundida com a noção de que haveria uma memória cerebral que mantinha a comunicação entre o sistema nervoso central e o cotoco. De certa forma, as propostas poderiam estar relacionadas, se considerarmos que um processo seria responsável pelo outro. Porém, esta relação ainda não estava evidente para os estudantes.

Nesse contexto, havia dúvida e uma certa confusão dentro do grupo naquele momento. A reação do professor foi chamar a atenção dos estudantes para o processo em curso, isto é, a dinâmica interacional e coletiva de análise das hipóteses e dados. De acordo com ele, o que iria indicar a causa da dor do membro fantasma era justamente aquela dinâmica. Desse modo, o professor deslocou o processo de validação de uma informação do enfoque somativo para uma construção do grupo. Seria por meio daquela dinâmica de validar hipóteses e/ou descartar outras usando evidências que a turma “descobriria” as causas do fenômeno investigado.

Uma perspectiva contextual da abordagem investigativa

A proposta deste livro é oferecer aos professores relatos e propostas de atividades visando ampliar as oportunidades de aprendizagem de ciências a partir de uma perspectiva investigativa. Foi a partir da nossa percepção do que significa ensino por investigação que propomos e refletimos sobre cada atividade. Não significa que é a única forma e que deve ser utilizada como um tutorial. Conforme mencionamos, há uma diversidade de modos de compreendermos esta abordagem e nossos entendimentos neste momento nos levaram a propor atividades pautadas nos princípios discutidos neste capítulo. Por isso, entendemos que processos como a avaliação dos estudantes, a adequação do nível de abertura das investigações e a seleção das temáticas a serem investigadas devem ser encaradas em uma perspectiva contextual.

Com relação aos processos avaliativos, indicamos alguns critérios que podem auxiliar os professores em cada capítulo. Em geral, propomos questões orientadas pelos princípios aqui discutidos. Do ponto de vista conceitual, por exemplo, inserimos momentos nos quais o professor pode avaliar como o estudante usa determinado princípio da Biologia ou se o estudante se apropriou

das ideias relacionadas ao princípio em discussão. Do ponto de vista epistêmico e social, propomos uma avaliação que visa acompanhar os estudantes no engajamento em cada atividade, como na elaboração de hipóteses, no uso de evidências, bem como a sua participação na argumentação. A proposta é avaliar aspectos como: a ação criativa do estudante nos processos de proposição do conhecimento e na apresentação de ideias para fundamentar suas respostas, a natureza de seus argumentos e o engajamento nas discussões com colegas, além do respeito pela posição divergente e consideração das ideias dos pares.

Porém, uma perspectiva contextual significa que esses mecanismos avaliativos devem estar de acordo com a realidade de cada turma e as sequências apresentadas não devem ser entendidas como propostas fechadas. Cada sala de aula constitui uma comunidade com seus modos de fazer e falar ciências cotidianamente (Kelly & Green, 2019). A introdução dos estudantes em práticas investigativas vai depender de uma série de fatores contextuais, como a abertura da escola ao trabalho com metodologias inovadoras; o grau de inserção da turma nesse tipo de abordagem; a autonomia dos estudantes ao conduzir investigações; as concepções do professor sobre ciência e investigação científica; o repertório do professor ao conduzir atividades investigativas; bem como as políticas públicas e curriculares que orientam o trabalho em ciências (Franco & Munford, 2020).

Assim, encaramos as propostas deste livro como uma oportunidade de implementação do ensino de ciências por investigação em um contínuo processo de construção e diálogo com seus possíveis contextos de inserção.

Além disso, ao pensarmos em uma perspectiva contextual do Ensino por Investigação, sensibilizamos o nosso olhar para as diversas realidades de inserção desta abordagem, sem perder de vista os contextos socioculturais mais amplos em que os estudantes e professores circulam e vivem. Esta sensibilidade se materializa não apenas na adequação de estratégias avaliativas ou ponderando níveis de abertura das investigações, mas também nas temáticas que orientam as investigações. Tais temáticas podem estar vinculadas a diferentes níveis contextuais que perpassam a sala de aula. Isto é, o ensino por investigação tem potencial para incorporar diferentes contextos, desde temáticas relacionadas à vida de cada turma, em nível local, até aquelas temáticas mais amplas, que relacionadas à vida comunitária e/ou em nível global.

No capítulo 4, por exemplo, encontramos uma investigação sensível ao contexto próprio de uma turma do Ensino Médio. Os estudantes viviam um dilema cotidiano com relação aos micos que rodeavam a escola: alimentá-los ou não? Toda a investigação foi orientada a partir de desdobramentos deste dilema inicial. O professor, atento àquilo que as turmas viviam no cotidiano, teve a sensibilidade de capturar aquela temática e transformá-la em uma rica oportunidade de investigação em Biologia. Mesmo sendo um dilema inicialmente vivido em nível local, as questões fomentadas foram muito além. Envolveram questões ambientais complexas, não restritas às relações entre os estudantes e os

micos, mas relações entre seres humanos e outros seres vivos.

No capítulo 5, por sua vez, a investigação sobre nutrição também oferece elementos sobre essa sensibilidade contextual. A preocupação com o corpo, dúvidas sobre dietas e hábitos alimentares diversos eram características da turma em que esta sequência foi inicialmente desenvolvida. A sequência explora esse elemento contextual em diferentes níveis: desde uma contextualização em nível local, relacionada à análise dos hábitos alimentares dos estudantes, até o nível global, relacionada à interpretação de dados sobre adição de açúcar nos alimentos e obesidade ao redor do mundo. O capítulo 6 também caminha nesta direção, ao propor uma investigação sobre o sarampo e vacinação. O retorno do sarampo no Brasil oferece um enquadre para uma investigação de nível nacional e que pode ter desdobramentos para o nível local da vida comunitária. Este fenômeno, porém, é investigado no bojo de um contexto ainda mais amplo, de nível global: a disseminação de fake News. Assim, a sequência perpassa diferentes níveis contextuais e que tem feito parte da vida cotidiana dos estudantes.

Desse modo, contextualizar as investigações envolve também a atenção aos contextos em diferentes níveis. Quem são os estudantes? O que eles têm vivido em seu cotidiano? O que é relevante na vida da comunidade desses estudantes? De que modo contextos mais amplos geram implicações para estes estudantes? Estas são perguntas que podem ser úteis ao pensarmos em como desenvolver investigações contextualizadas.

Referências

- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765–793. <https://doi.org/10.1002/sce.20402>
- Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science: becoming (less) scientific. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 836–869. <https://doi.org/10.1002/tea.21150>
- Carvalho, A. M. P. de. (2013). *Ensino de Ciências por Investigação—Condições para implementação em sala de aula* (1º ed). Cengage Learning.
- Carvalho, A. M. P. de. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Carvalho, A. M. P. de, Vannucchi, A. I., Barros, M. A., & Gonçalves. (1998). *Ciências no Ensino Fundamental: O conhecimento físico*. Scipione.
- Carvalho, Í. N., El-Hani, C. N., & Nunes-Neto, N. (2020). How Should We Select

- Conceptual Content for Biology High School Curricula? *Science & Education*, 29(3), 513–547. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00115-9>
- Colombo, P. J. D., Lourenço, A. B., Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2012). Ensino de Física nos anos iniciais: Análise da argumentação na resolução de uma “atividade de conhecimento físico”. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 489–507.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. F., & Scott, P. (1999). Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9, 31–40.
- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals: *Review of Research in Education*, 32, 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(u), 687–719. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Hug, B., & McNeill, K. L. (2008). Use of first-hand and second-hand data in science: Does data type influence classroom conversations? *International Journal of Science Education*, 30(13), 1725–1751. <https://doi.org/10.1080/09500690701506945>
- Jelly, S. (2011). *Helping children raise questions – and answering them*. In Harlen, H. Primary Science: Taking the plunge (2° ed). Heinemann.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. GRAÓ.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). *Argumentation in Science Education: Perspectives from classroom based research*. Springer.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. In R. Duschl & R. Grandy (Eds.) *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation* (pp. 99–117). Sense Publishers.
- Kelly, G. J., & Licona, P. R. (2018). Epistemic practices and science education. In M. R. Matthews (Ed.), *History, philosophy and science teaching: New perspectives* (pp. 139-165). In *History, Philosophy and Science Teaching*.

- Cham, Switzerland: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-62616-1>
- Kerlin, S. C., McDonald, S. P., & Kelly, G. J. (2010). Complexity of Secondary Scientific Data Sources and Students' Argumentative Discourse. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1207–1225. <https://doi.org/10.1080/09500690902995632>
- Ko, M.-L. M., & Krist, C. (2019). Opening up curricula to redistribute epistemic agency: A framework for supporting science teaching. *Science Education*, 103(4), 979–1010. <https://doi.org/10.1002/sc.21511>
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319–337. <https://doi.org/10.1002/sc.3730770306>
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1997). LATOUR, B.; WOOLGAR, S. A vida de laboratório: A produção de fatos científicos. Relume Dumará.
- Manz, E., Lehrer, R., & Schauble, L. (2020). Rethinking the classroom science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1148–1174. <https://doi.org/10.1002/tea.21625>
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283–306.
- Munford, D., & Lima, M. E. C. de C. e. (2007). Ensinar ciências por investigação: Em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 9(1), 89–111. <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>
- Padilha, J. N., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Relações entre os gestos e as palavras utilizadas durante a argumentação dos alunos em uma aula de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11(2). <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/download/4195/2760/>
- Praia, J., Cachapuz, A., & Gil-Pérez, D. (2002). A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: Contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação (Bauru)*, 8(2), 253–262. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000200009>
- Sandoval, W. A., & Çam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383–408.

<https://doi.org/10.1002/sce.20426>

- Sasseron, L. H., & Duschl, R. A. (2016). Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: O papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 52–67. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52>
- Scheiner, S. M. (2010). Toward a Conceptual Framework for Biology. *The Quarterly Review of Biology*, 85(3), 293–318. <https://doi.org/10.1086/655117>
- Stroupe, D. (2015). Describing “Science Practice” in Learning Settings. *Science Education*, 99(6), 1033–1040. <https://doi.org/10.1002/sce.21191>
- Stroupe, D., Moon, J., & Michaels, S. (2019). Introduction to special issue: Epistemic tools in science education. *Science Education*, 103(4), 948–951. <https://doi.org/10.1002/sce.21512>



2. Quando as crianças investigam: uma experiência com uma turma do 3º ano do Ensino Fundamental

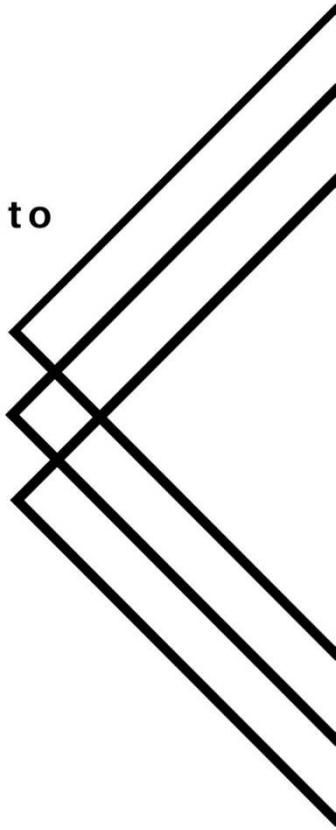
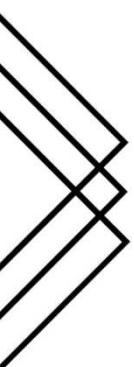
Luiz Gustavo Franco

Vanessa Cappelle

Samantha Maia Meireles

Kely Cristina Nogueira Souto

Danusa Munford



Introdução

Neste primeiro relato, apresentamos um conjunto de atividades desenvolvido em uma turma do 3º ano do Ensino Fundamental. As aulas de ciências dessa turma eram conduzidas pela professora Karina, uma professora pedagoga, em parceria com membros dos grupos de pesquisa que acompanhavam o grupo. Este relato é uma versão expandida do relato apresentado no artigo de Franco e colaboradores (2014).

Do ponto de vista conceitual, as atividades buscaram trabalhar com as crianças noções relacionadas ao seguinte domínio: padrões espaciais e temporais de distribuição e abundância dos organismos, incluindo suas causas e consequências (Scheiner, 2010). Por meio da investigação, a professora buscou gerar oportunidades para que a turma tivesse seus primeiros contatos com o princípio de que taxas de natalidade e mortalidade são uma consequência das interações com os ambientes biótico e abiótico (Scheiner, 2010). Para isso, o grupo investigou fenômenos relacionados ao cuidado parental dos animais, com enfoque no comportamento do besouro rola-bosta.

Do ponto de vista epistêmico e social, a investigação gerou oportunidades para as crianças: se engajarem em processos de elaboração de explicações para os fenômenos observados; analisarem dados, por meio de imagens, vídeos e notas de campo; usarem os dados como evidências para avaliar suas hipóteses; argumentarem com os colegas em torno das propostas em discussão; e construirão conclusões coletivas (Carvalho, 2018; Munford; Lima, 2007).

O conjunto de atividades que compõem esta sequência investigativa é representado pelo quadro a seguir:

Atividade	Temática	Breve descrição
1	Introdução ao fenômeno a ser investigado: observando o comportamento do besouro e do gorila.	A turma realizou uma observação, em vídeo, de dois fenômenos de cuidado parental bastante diferentes: besouro rola-bosta e gorila. Registro escrito da observação e discussões geradas a partir de dúvidas levantadas pelos colegas.
2	Trabalho em torno de uma questão investigativa: explicando por que o besouro rola a bola.	As crianças passaram a discutir uma questão sobre um dos vídeos: por que o besouro rola a bola? A partir dessa pergunta, a turma dividida em pequenos grupos elaborou um conjunto de sete possíveis propostas de explicação.
3	Contato com dados e uso de evidências: construindo uma tabela e um álbum de figurinhas.	Os alunos analisaram dados: vídeo, fotos do ciclo de vida do besouro e informações de notas de campo de observações do comportamento do besouro. A partir destes dados, produziram uma tabela e um álbum de evidências como forma de registrar suas análises.
4	Construção de conclusões: comparando o comportamento dos animais.	O grupo retomou os fenômenos inicialmente investigados na atividade 1 e elaborou conclusões a partir da comparação entre o comportamento do gorila e do besouro.
5	Divulgação da investigação: compartilhando resultados com a comunidade.	A turma leu o livro “Os bichos” e escreveu um livro sobre cuidado parental. Esta produção foi lançada em uma feira de ciências na escola, que recebeu pais e amigos. Nesta feira, o grupo montou um estande sobre o besouro rola-bosta e apresentou à comunidade seus resultados e conclusões.

Quadro 2.1: Conjunto de atividades investigativas desenvolvidas sobre o comportamento de cuidado parental.

A sequência de atividades ocorreu em um conjunto de 23 aulas de ciências no primeiro semestre do ano de 2014. Ao longo desse período, a turma explorou conhecimentos acerca de fenômenos do comportamento animal, como forrageamento, reprodução e cuidado parental. A sequência de atividades sobre o besouro, discutida neste capítulo, ocorreu entre março e maio.

Atividade 1 - Introdução ao fenômeno a ser investigado: observando o comportamento do besouro e do gorila

Na primeira atividade da sequência, a turma observou, em vídeo, comportamentos relacionados ao cuidado parental de animais bem diferentes: uma gorila fêmea cuidando de seu filhote e um besouro rola-bosta rolando uma bola de cocô. No primeiro, o cuidado parental poderia ser percebido facilmente. No segundo, porém, essa percepção era mais difícil, pois implicava saber que esse besouro faz uma bola a partir de fezes de animais como um ninho para seus ovos. As fezes são usadas como fonte de alimento pela larva que emerge a partir do ovo.



Figura 2.1: Imagens que representam as cenas exibidas nos vídeos. As cenas retratam o fenômeno que seria investigado pela turma. Fonte:

<https://www.publicdomainpictures.net/pt/view-image.php?image=284796&picture=mae-do-gorila> <https://pixabay.com/pt/photos/besouro-besouro-rola-bosta-erros-2575547/>

Os dois vídeos foram exibidos algumas vezes e a professora Karina enfatizou que aquele momento seria dedicado apenas à observação. As crianças fizeram uma atividade de registro de observação com o seguinte enunciado: “Conte o que acontece no vídeo”, e em seguida, produziram um desenho de cada cena. Na Figura 2.2, temos um exemplo desses registros, produzido pelo aluno Vinicius. Nas Figura 2.3 e Figura 2.4, por sua vez, podemos observar desenhos produzidos pelas alunas Nara e Karla, respectivamente.

A mãe do gorila fica brincando com ele de muitas coisas e o gorila queria carinho da sua mãe e ela colocou ele no chão e a mãe dele levantou e apareceu o bumbum dela e dele e no final do vídeo ele queria que a mãe dele continuasse brincando com ele e caiu no chão.

O besouro acha uma bola e vai andando pela estrada ele sobe o morro e escorrega 2 vezes, mas ele consegue subir e vai andando e a bola agarra no pau e o besouro se enterra quase todo na terra e não tira e depois de tanto tempo ele conseguiu tirar a bolinha e saiu andando num lugar.

Figura 2.2: Registro de observação de Vinícius. No primeiro, o aluno escreveu: “A mãe do gorila fica brincando com ele de muitas coisas e o gorila queria carinho da sua mãe e ela colocou ele no chão e a mãe dele levantou e apareceu o bumbum dela e dele no final do vídeo ele queria que a mãe dele continuasse brincando com ele e caiu no chão”. No segundo, Vinícius escreveu: “O besouro acha uma bola e vai andando pela estrada ele sobe o morro e escorrega duas vezes. Mas ele consegue subir e vai andando e a bola agarra no pau e o besouro se enterra quase todo na terra e não tirou e depois de tanto tempo ele conseguiu tirar a bolinha e saiu andando num lugar”. Fonte: banco de dados dos autores.



Figura 2.3: Desenho produzido pela aluna Nara retratando a cena observada da gorila fêmea com seu filhote. Fonte: banco de dados dos autores.

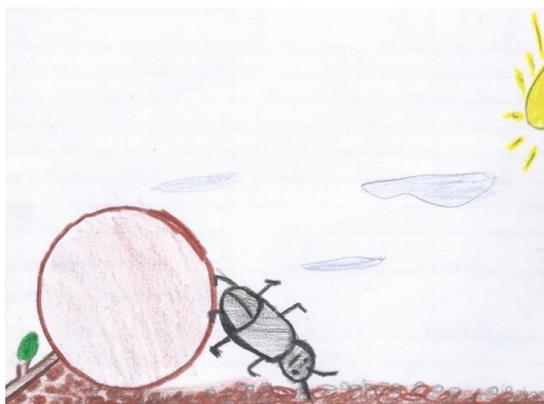


Figura 2.4: Desenho produzido pela aluna Karla retratando a cena observada do besouro rolando a bola de cocô. Fonte: banco de dados dos autores.

A atividade de observação e registro foi finalizada com uma discussão com a turma. Durante essa discussão, uma questão foi levantada pelos próprios alunos: “essa bola que o besouro está rolando é o quê?”. Responder esse questionamento era importante para construção da ideia do comportamento de cuidado parental do besouro, pois a presença de um ovo dentro da bola de fezes ainda era desconhecida pelas crianças. Os alunos sugeriram que a bola poderia ser de barro ou fezes e que lá dentro poderia haver um ovo ou uma fruta. Os argumentos para essas afirmações foram diversos: alguns alunos disseram que já tinham ouvido falar no besouro, que já tinham visto, ou que o pai havia contado sobre isso. A professora indicou que o ideal seria coletar uma dessas bolas e abri-

la. Para ter acesso a esse dado, a professora exibiu uma sequência de fotos mostrando o ciclo de vida do besouro (Figura 2.5) em um projetor. Os alunos perceberam que se tratava de uma bola de fezes que tinha um ovo dentro. As crianças fizeram um desenho representando a bola e o desenvolvimento do besouro (Figura 2.6).



Figura 2.5: Fotos do ciclo de vida do besouro. Fonte: retirado do site do Laboratório de Ecologia e Conservação de Invertebrados da Universidade Federal de Lavras (<http://www.lecin.org/#!/galeriadefotos/ck0q>)

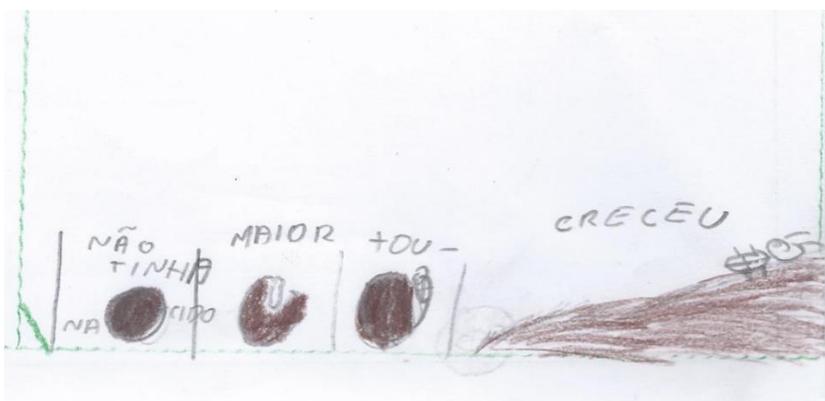


Figura 2.6: Desenho produzido pela aluna Lívia retratando as fases do ciclo de vida do besouro. Fonte: banco de dados dos autores.

Atividade 2 - Trabalho em torno de uma questão investigativa: explicando por que o besouro rola a bola

Ao final da atividade 1, surgiu uma nova questão sobre o comportamento do besouro que seria fundamental na construção da noção de cuidado parental: “por que o besouro rola a bola?” A professora pediu às crianças que elaborassem respostas, isto é, explicassem por que o besouro rolava a bola. Os alunos formularam sete propostas para explicar o comportamento do besouro (Figura 2.7):

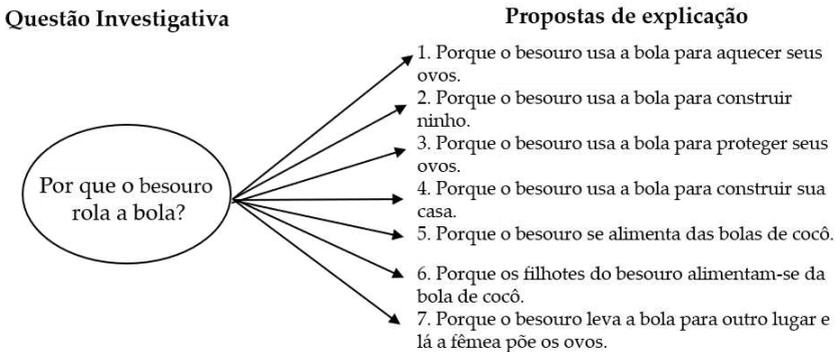


Figura 2.7: As sete propostas de explicação formuladas pelos alunos para a questão investigada.

Esta questão gerou oportunidades para que as elaborassem propostas explicativas e mobilizassem conhecimentos conceituais que tinham sobre o besouro e o comportamento animal. Observe que nas hipóteses já é possível notar relações entre o fenômeno observado e o cuidado parental: propostas 1, 2, 3 e 6. Além disso, as crianças também usaram outros conhecimentos sobre comportamento animal que poderiam explicar o fenômeno, como forrageamento (proposta 5 e 6) e reprodução (proposta 7).

Atividade 3- Contato com dados e uso de evidências: construindo de uma tabela e um álbum de figurinhas

A partir da elaboração de hipóteses, a professora introduziu a atividade 3 com dados que os estudantes poderiam utilizar como evidências. A professora retomou as imagens do ciclo de vida do besouro (Figura 5) como um primeiro conjunto de dados e forneceu outra fonte de evidências: relatos adaptados de um diário de campo de uma pesquisadora hipotética da África do Sul que acompanhou um besouro em seu trajeto com a bola. Esse diário de campo foi organizado com seis breves trechos de registros escritos de observação seguidos de imagens. Um exemplo desses trechos é apresentado na Figura 8 e o diário de

campo completo pode ser consultado ao final deste capítulo (Anexo 1).

Após localizar uma pilha de esterco de gado fresco, um dos vinte besouros rola-bosta que estavam sobre o esterco cortou uma parte do esterco e começou a moldá-la no formato de uma bola com pelo menos o dobro do seu tamanho.



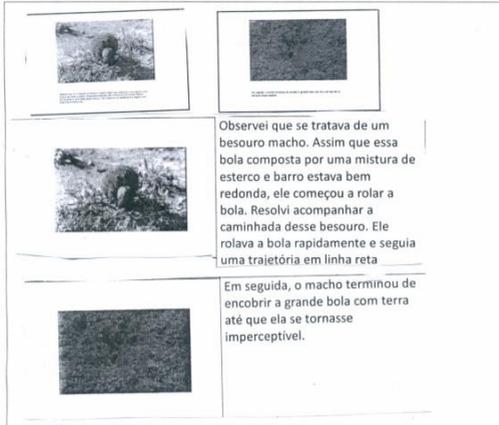
Figura 2.8: Trecho de um dos relatos do diário de campo disponibilizado às crianças como fonte de dados. Fonte: banco de dados dos autores.

A proposta era que a partir desse conjunto de dados, os estudantes, organizados em grupos, preenchessem uma tabela relacionando as setes propostas de explicação às evidências fornecidas. Na tabela os alunos deveriam marcar o sinal (+) quando percebiam que alguma das evidências podia sustentar uma proposta, de acordo com o modelo abaixo. O conjunto de dados totalizaram sete possíveis evidências, sendo que a Evidência 1 eram as fotos do ciclo do besouro (Figura 5) e as Evidências 2 a 7 eram os seis relatos de observação das notas de campo.

Alguns grupos tiveram dificuldades para utilizar e compreender o registro na tabela e a relação que estava sendo proposta. Dessa forma, a professora introduziu uma outra forma de representação com o mesmo objetivo: a construção de um “Álbum de Evidências”. Assim, os alunos receberam pequenas figuras que representavam cada uma das sete evidências e sete folhas, sendo que em cada uma dessas folhas continha uma das propostas de explicação. A tarefa foi criar um álbum colando essas figuras nas folhas correspondentes, ou seja, colar evidências que pudessem, segundo a análise de cada grupo, sustentar as propostas. Na Figura 2.9, temos um exemplo dessa atividade, a qual observamos as páginas 3 e 4 do Álbum de Evidências de um dos grupos. Cada página correspondia a uma proposta de explicação. Nesse caso, o grupo considerou que quatro evidências (figurinhas coladas na página) apoiavam a Proposta 3, enquanto nenhuma evidência apoiava a Proposta 4.

PROPOSTA 3

O BESOURO CONSTRÓI A BOLA PARA PROTEGER SEUS OVOS.



PROPOSTA 4

O BESOURO CONSTRÓI A BOLA PARA FAZER A SUA CASA.

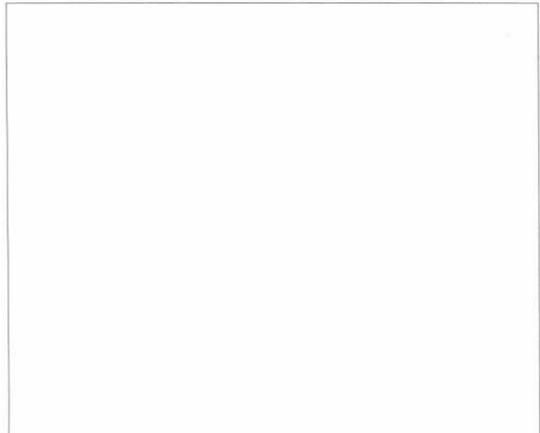


Figura 2.9: Páginas 3 e 4 do Álbum de Evidências do grupo dos alunos Adriana, Nina, Breno e Ana. Fonte: Banco de dados dos autores.

Após a construção do álbum, representantes de cada grupo socializaram com toda a turma as propostas que escolheram e as evidências que usaram como justificativa para cada uma delas. A atividade, então, foi finalizada com a construção coletiva de uma grande tabela que reunia as análises de toda a turma. A construção foi coletiva, pois cada grupo foi até a frente da turma para marcar os sinais (+) nas lacunas em que acreditavam que uma evidência poderia sustentar uma proposta (Figura 2.10).



Figura 2.10: Grande Tabela de Evidências reunindo as análises de toda a turma construída coletivamente na atividade 3. Fonte: Banco de dados dos autores.

Atividade 4 - Formulando conclusões: comparando o comportamento dos animais

A partir da atividade 3, as hipóteses mais indicadas pelos grupos foram as Propostas de Explicação: 1. “O besouro constrói a bola para aquecer seus ovos”; 2. “O besouro constrói a bola para fazer seu ninho” e 3. “O besouro constrói a bola para proteger seus ovos”. Essas três propostas podem ser relacionadas, em certa medida, à ideia de cuidado parental, no caso do besouro, indicando que o grupo já construía algumas conclusões ao sistematizar suas ideias. Cabe destacar ainda que as Propostas 4 e 5 perderam força a partir da análise dos dados.

Assim, ao final da atividade 3, a ênfase das análises em propostas relacionadas ao cuidado parental, criou um contexto propício à introdução da atividade 4: uma retomada da comparação entre o gorila e o besouro. Dessa forma, nesta atividade houve um momento de conclusão do estudo e uma sistematização da noção de cuidado parental. Para isso, os alunos fizeram, em duplas, um registro de comparação entre o comportamento do besouro e do gorila. No caso da “mamãe” gorila, os alunos relataram que ela estava ensinando o filhote a andar, e no caso do besouro, os alunos relacionaram esse cuidado à proteção que o ovo recebe dentro da bola. Houve também um avanço na distinção entre comportamento e características morfológicas observadas. Na primeira comparação dos vídeos, na atividade 1, foi recorrente o uso de características como tamanho, cor, peso e outros atributos anatômicos, ao invés do uso de características comportamentais. Nesse último registro, poucos alunos recorreram às características morfológicas para estabelecer semelhanças e diferenças no comportamento do besouro e do gorila, como nos exemplos dos alunos Camila e Guilherme (Figura 2.11):



Os dois andam e caem mais eles se amam.

Besouro: O besouro rola a bola de bostas para proteger seu filho.

Gorila: O gorila queria cuidar do seu filho.

Figura 2.11: Registro de conclusão da sequência de Camila e Guilherme, respectivamente. Os estudantes tiveram que comparar os comportamentos do gorila e besouro rola-bosta.

Registro de Camila: “O besouro rola a bola e o gorila não rola a bola. O gorila cuida do filhote, mas o besouro cuida mais, o besouro rola a bola para por seu ovo e o gorila não”.

Registro de Guilherme: “Os dois andam e caem, mas eles se amam. Besouro: o besouro rola a bola de bostas para proteger seu filho. Gorila: o gorila queria cuidar do seu filho”.

Fonte: Banco de dados dos autores.

Após a produção dos registros de comparação e discussão sobre as conclusões das duplas, a atividade foi concluída com a leitura de um texto informativo. O texto continha a noção de que a sobrevivência dos animais tem relações com diversos fatores, dentre os quais destacamos um fator biótico

importante: o cuidado parental. Os alunos fizeram uma leitura em duplas e marcaram partes que consideravam relevantes no texto. Posteriormente, seguiu-se uma leitura coletiva, a professora pediu que as crianças comentassem os trechos que marcaram e retomou informações que foram discutidas ao longo da investigação. O texto pode ser consultado ao final deste capítulo (Anexo 2). Desse modo, a conclusão da investigação sobre o besouro rola-bosta ocorreu por meio da formalização da noção de cuidado parental, subsidiada pelo conjunto de atividades desenvolvidas com a turma.

Atividade 5 – Divulgando a investigação: da leitura à produção de conhecimento para a comunidade

A sequência investigativa foi finalizada com a apresentação das crianças na feira de ciências no pátio da escola. Elas confeccionaram para esse dia o livro “Cuidado parental” escrito por elas mesmas, besouros rola bosta variados e maquetes sobre cuidado parental.

A escrita desse livro ocorreu a partir de uma atividade de leitura de livros da coleção “Os bichos”¹. Nesta atividade, o objetivo era que as crianças ampliassem os conhecimentos sobre cuidado parental para além dos casos do besouro e do gorila e observassem como este comportamento ocorre entre outros animais. As crianças foram convidadas a buscar na enciclopédia diferentes exemplos de cuidado parental. Nesta produção, as crianças deveriam buscar em duplas informações em um volume do livro da coleção sobre cuidado parental de animais que ficava sobre a carteira. Cada uma delas podia escrever cada um breve texto sobre isso e fazer uma ilustração em uma folha (Figura 2.12). A professora fez leitura em voz alta dos textos das crianças que foi revisado em grupo.

Leitura e escrita de textos eram recorrentes em aulas de ciências. Nessa atividade, as crianças ficaram em duplas e exploraram o material que tinham na carteira sem tutoria constante por parte da professora e/ou monitor. Práticas de leitura eram frequentes em aulas de ciências e podiam envolver diversas configurações. Quando a professora lia em voz alta para a turma, ela convidava às crianças irem à frente para opinarem sobre o livro e estimulava a discussão com toda a turma sobre o que haviam lido. Ela fazia perguntas às crianças que nem sempre tinham como objetivo serem respondidas, mas alimentar a discussão em torno dele. Aulas de português e ciências eram integradas pois, a professora, que ministrava as duas disciplinas na turma, usava conhecimentos em alfabetização e letramento nas aulas de ciências (para detalhes, ver Almeida, 2017).

¹ Os bichos (1970), São Paulo, Abril Cultural, 4 volumes, 228p.



Figura 2.12: Desenhos dos estudantes Breno e Nara, respectivamente. Fonte: banco de dados dos autores.

Com o apoio da direção da escola, essa produção constituiu o livro intitulado “Cuidado Parental: como os animais cuidam e protegem seus filhotes?” (Figura 2.13). O livro foi lançado na feira de ciências da escola, quando as crianças tiveram oportunidade de divulgar a investigação sobre o besouro e o livro para seus colegas de outras turmas e suas famílias (Figuras Figura 2.14, Figura 2.15 e Figura 2.16).

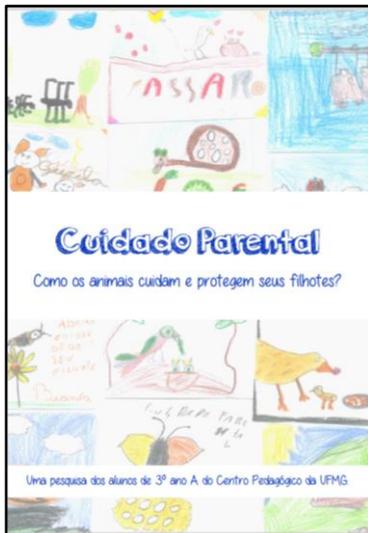


Figura 2.13: Capa do livro produzido pela turma e duas das páginas com informações sobre o cuidado parental do beija-flor e cavalo. Fonte: Banco de dados dos autores.



Figura 2.14: Estande montado pela turma para a apresentação na feira de ciências. Fonte: Banco de dados dos autores.



Figura 2.15: Os alunos produziram enfeites para representar os besouros, exibiram seus desenhos produzidos ao longo das atividades, bem como as imagens usadas como evidências na investigação. Fonte: Banco de dados dos autores.



Figura 2.16: Visitantes passaram pelo estande e conheceram os resultados obtidos pelas crianças. Fonte: Banco de dados dos autores.

Nessa sala de aula, leitura e escrita eram usados como recursos para compreender algo do interesse deles. No 1º ano, por exemplo, quando as crianças estavam interessadas na mata da escola e estavam explorando práticas elementares de investigação, a professora leu com a turma o livro “Que bicho será que fez a coisa?”. No final deste mesmo ano, durante a leitura do livro “O dilema do bicho-pau” com toda a turma, a professora e crianças fizeram referências a livros com diferentes características, como “os grandes da biblioteca”, as “enciclopédias”, “de quadrinho”, “lendas”. Havia também discussões sobre as ações consideradas válidas em relação a esses livros, por exemplo, sobre como contar uma história, enquanto liam o livro, e buscavam compreender a sua leitura e como poderiam aprender a partir dele.

Tanto a professora como as crianças, enquanto liam, faziam referência a outros textos anteriores, esperando reconhecimento dos colegas a respeito do que já foi visto, lido e discutido. Dessa forma, um aspecto relevante na introdução da turma às investigações em ciências foi o processo de constituição dos estudantes como leitores e escritores. Ao ler o livro “Os bichos”, no 3º ano, produzir textos e selecionar imagens que iriam compor seu próprio livro “Cuidado Parental”, as crianças criavam um artefato público e representativo do que foi vivenciado por elas ao longo da sequência investigativa.

Considerações Finais

As atividades relatadas buscaram promover oportunidades para que as crianças construíssem conhecimentos do domínio conceitual da ciência a partir de noções introdutórias da ecologia e da teoria da evolução, especificamente acerca do princípio que indica inter-relações entre sobrevivência dos indivíduos e fatores bióticos e abióticos (Scheiner, 2010). As crianças se engajaram em práticas dos domínios epistêmico e social da ciência desde o início da sequência: propuseram explicações para o fenômeno investigado, argumentando entre si neste processo; trabalharam com dados, visando avaliar as hipóteses elaboradas, construíram conclusões coletivas e compartilharam seus resultados.

Alguns aspectos dessa experiência nos ajudam a compreender potencialidades e desafios do ensino por investigação entre crianças. Um primeiro aspecto relevante é o fato de a professora conduzir um trabalho inicial de observação com um propósito de descrever um fenômeno natural e que gerou uma pergunta (Monteira; Jiménez-Aleixandre, 2015). Essa pergunta – *por que o besouro rola a bola?* – foi formulada por uma das próprias crianças durante as discussões em sala de aula. É importante, porém, ter em mente que esta questão poderia ter sido introduzida pela própria professora. As crianças estão sendo introduzidas nas práticas investigativas e o processo de elaborar perguntas, e especificamente perguntas investigativas, é algo desafiante e ocorre com o tempo.

Pensemos, por exemplo, em uma turma que não teve contato com o Ensino de Ciências por Investigação ou outras abordagens inovadoras de ensino. Em ambientes de aprendizagem mais tradicionais, é raro encontrar crianças formulando questões produtivas. Questões produtivas seriam aquelas que são passíveis de investigação, que permitem que o estudante se aproprie de certas práticas científicas da construção do conhecimento e não estejam restritas apenas à consulta de uma resposta pronta (Jelly, 2001). O papel da professora nesse contexto foi estimular a elaboração de questões produtivas. Mesmo quando os próprios estudantes não o fazem, é importante que a professora possa introduzir tais questões e continuar estimulando novas elaborações, de modo que as crianças se apropriem dessa prática ao longo do tempo (Lima; Maués, 2006).

Outro aspecto relevante desta sequência é o fato de a turma seguir um percurso investigativo mais estável. Em sequências de anos anteriores, a turma havia participado de atividades que seguiram percursos investigativos mais variáveis. Apesar de não haver uma estrutura engessada de investigação nesta sequência, é relevante notar que o trabalho com a abordagem investigativa nesta turma mudou ao longo do tempo. Nas investigações do 3º ano, o percurso foi pautado pela introdução de uma questão investigativa, seguida de um trabalho com dados, negociação e divulgação de conclusões. Esse processo pode ser explicado pela imersão dessa turma em propostas inovadoras e investigativas desde o 1º ano (Cappelle, 2017). Desse modo, entendemos que propostas desse

tipo devem ser trabalhadas de forma recursiva para que as crianças se apropriem das práticas investigativas aos poucos e ao longo do tempo (Manz, 2015). Aprender a investigar não é algo simples e que pode ser resolvido com atividades pontuais aqui ou acolá.

Destacamos também o papel da leitura nas aulas de ciências com este grupo. Em muitos casos, as práticas de leitura e escrita no ensino de ciências voltadas para anos iniciais podem assumir perspectivas de leitura como decodificação sob a justificativa de ensinar determinado conteúdo programados para a alfabetização das crianças. Entretanto, entendemos que tais práticas estão inseridas em processos mais complexos da aprendizagem de ciências e o relato deste capítulo nos oferece algumas indicações nesse sentido. Leitura e escrita nesse grupo foram importantes no engajamento das crianças em práticas investigativas, como observação, elaboração de explicações, e divulgação de resultados/conclusões. Tais práticas eram recorrentes ao longo dos anos e a leitura de livros constituiu um recurso importante das sequências investigativas.

O fato de relatarmos uma experiência exitosa não significa que tudo correu às mil maravilhas ou que os estudantes seguiram cada passo exatamente como era almejado. Um bom exemplo disso foi a dificuldade gerada pela introdução da tabela de evidências na atividade 4. A proposta era que as crianças relacionassem dados às hipóteses a partir das relações entre linhas e colunas da tabela. Porém, durante a atividades, percebemos que muitas crianças tinham dificuldades de estabelecer esta relação. Isso nos levou à elaboração de uma nova estratégia que poderia cumprir o mesmo objetivo. Por isso, propusemos o álbum de figurinhas. Neste caso, as crianças usaram os dados como figurinhas, colando-as nas páginas das hipóteses correspondentes. Esta nova estratégia mostrou-se mais efetiva, tendo em vista o engajamento da turma na discussão com o álbum e as noções que o grupo construiu em torno das principais conclusões geradas.

Nesse sentido, indicamos ainda o modo como a professora conduziu as conclusões da investigação a partir da atividade com a tabela e o álbum. Inicialmente, o grupo havia formulado sete hipóteses, restando três mais sustentadas por evidências. Esse tipo de conclusão é relevante pois gera possibilidades para que os estudantes construam novas percepções sobre o que significa aprender ciências. Em geral, associamos o sucesso do estudante ao domínio da resposta certa. As investigações, porém, nem sempre irão gerar uma resposta única e imutável ao final e isso é relevante pois o trabalho científico também funciona dessa maneira. Assim, os estudantes podem se apropriar de outras formas de “fazer ciências na escola”, assumindo um maior protagonismo na construção do conhecimento e não apenas pautando-se na consulta ou memorização (Munford; Lima, 2007).

Referências

- Almeida, R. A. F. (2017). *Mobilização de saberes docentes de uma professora pedagoga nos anos iniciais do ensino fundamental: um estudo de interações discursivas em aulas de Ciências*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. 18(3), 765–94.
- Cappelle, V. A. (2017). *Construindo Investigações em aulas de Ciências: Práticas, modos de comunicação e relações temporais nos três primeiros anos do Ensino Fundamental*. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.
- Franco, L. G. S., Cappelle, V. A., Munford, D., França, E. S. Estudando o besouro rola-bosta: uma sequência de aulas investigativas nos anos iniciais do ensino fundamental. *Revista da Sbenbio*, n. 7, p. 5143-5154, 2014.
- Jelly, S. J. (2001). Helping children raise questions – and answering them. In: HARLEN, H. *Primary Science: Taking the plunge*, Portsmouth, NH, Heinemann, 2nd ed.
- Lima, M. E. C. C., Maués, E. (2006). Uma releitura do papel da professora das séries iniciais no desenvolvimento e aprendizagem de ciências das crianças. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(2), 161-175.
- Manz, E. (2015). Examining Evidence Construction as the Transformation of the Material World into Community Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 52, 1-28.
- Monteira, S. F., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2015). The Practice of Using Evidence in Kindergarten: The Role of Purposeful Observation. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(6), 1-27.
- Munford, D., Lima; M. E. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1), 72-89, 2007.
- Scheiner, S. M. (2010). Toward a conceptual framework for biology. *The Quarterly review of biology*, 85(3), 293–318.

Anexos

Anexo 1²

NOTAS DE CAMPO DE EMILY BEARD

Data: 28 de janeiro de 2012 | **Local:** Fazenda Stonehenge, África do Sul

Tempo de observação: 10:00 às 12:00 horas

OBSERVAÇÕES:



Após localizar uma pilha de esterco de gado fresco, um dos vinte besouros rola-bosta que estavam sobre o esterco cortou uma parte do esterco e começou a moldá-la no formato de uma bola com pelo menos o dobro do seu tamanho.

Observei que se tratava de um besouro macho. Assim que essa bola composta por uma mistura de esterco e barro estava bem redonda, ele começou a rolar a bola. Resolvi acompanhar a caminhada desse besouro. Ele rolava a bola rapidamente e seguia uma trajetória em linha reta.



² As imagens das notas de campo foram retiradas a partir de frames de vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HfUf5IawI30>

NOTAS DE CAMPO DE EMILY BEARD

Data: 28 de janeiro de 2012 | **Local:** Fazenda Stonehenge, África do Sul

Tempo de observação: 10:00 às 12:00 horas

OBSERVAÇÕES:



No meio do caminho esse besouro encontrou com um segundo besouro. Logo vi que se tratava de uma fêmea e ela começou a seguir o macho que rolava a grande bola.

Ao encontrarem um monte de terra remexido, os dois besouros começaram a cavar um buraco.



NOTAS DE CAMPO DE EMILY BEARD

Data: 28 de janeiro de 2012 | **Local:** Fazenda Stonehenge, África do Sul

Tempo de observação: 10:00 às 12:00 horas

OBSERVAÇÕES:



Observei que a fêmea se aproximou da bola construída pelo macho e, enquanto o macho ainda cavava o buraco, ela depositou um ovo nela.

Em seguida, o macho terminou de encobrir a grande bola com terra até que ela se tornasse imperceptível.



Anexo 2:

Texto Informativo

Nas últimas semanas, estudamos em detalhe o comportamento do besouro rola-bosta. O vídeo registrava um besouro empurrando uma bola e em apenas duas aulas a turma foi capaz de elaborar uma boa descrição do que estava acontecendo. Porém, tínhamos que explicar o que estava acontecendo ali e porque o besouro rolava a bola.

A tarefa de **explicar** o comportamento envolveu muito trabalho. A partir do estudo de várias pistas, foi possível concluir que o comportamento do besouro estava relacionado ao cuidado com seus ovos e seus filhotes. Essa é uma parte importante do trabalho dos cientistas: não apenas observar e descrever o que acontece, mas também propor explicações.

Vários animais apresentam esse tipo de comportamento de cuidado com seus filhotes. Normalmente, filhotes são bastante frágeis e vulneráveis. Por exemplo, facilmente podem servir de alimento para outros animais.

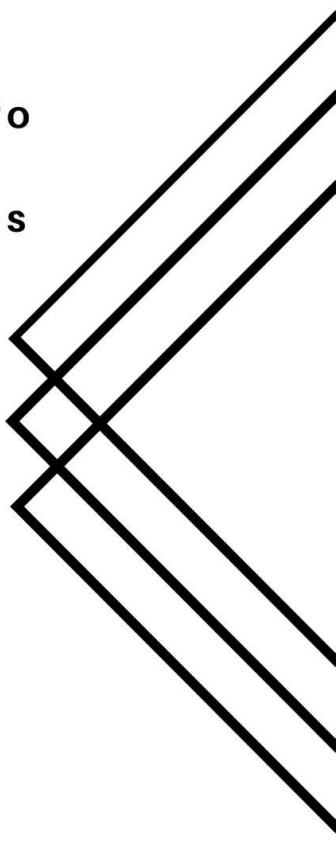
Outro problema que os filhotes podem ter é encontrar alimento para crescer. Assim, um grande desafio para qualquer espécie existir é garantir que os filhotes não morram. Imagine se o besouro rola-bosta simplesmente deixasse seus ovos em qualquer lugar, sem colocá-los dentro da bola e sem enterrá-los. Os ovos e depois as larvas e besourinhos estariam expostos a vários perigos. Portanto, quando os pais protegem ou alimentam seus filhotes é mais difícil que esses filhotes morram.

Sempre que um animal faz coisas para ajudar seus filhotes a sobreviverem, os cientistas chamam esse tipo de comportamento de "**cuidado parental**". A palavra parental significa "relativo aos pais", ou seja, cuidado parental é o cuidado que pai e mãe têm com seus ovos e filhotes.



3. Investigando nos anos finais do Ensino Fundamental: uma experiência com estudantes do 8° ano

**Thalita de Oliveira Carneiro
Santer de Álvares Matos
Ana Paula Souto Silva Teles
Luiz Gustavo Franco**



Introdução

Neste segundo relato, apresentamos um conjunto de atividades desenvolvido em uma turma do oitavo ano do Ensino Fundamental. As aulas de ciências dessa turma eram conduzidas pelo professor Sandro, que trabalhava conteúdos relacionados ao sistema nervoso humano.

Do ponto de vista conceitual, as atividades buscaram desenvolver, com os (as) estudantes, noções relacionadas ao seguinte domínio: como os organismos são mutáveis, influências externas podem forçar a mudança (Scheiner, 2010). Nesse caso, o princípio se refere a mudanças no nível da ontogenia, isto é, na história de vida de um organismo. Buscou-se explorar este princípio a partir de um fenômeno envolvendo a morfofisiologia do sistema nervoso: a dor do membro fantasma. Este fenômeno começou a ser discutido a partir de um exemplo no qual uma pessoa perdeu um membro e passou a sentir dores no membro amputado. Alterações cerebrais e/ou em outras estruturas anatômicas do organismo da pessoa foram usadas como possíveis explicações para a ocorrência dessa dor. O caso indica um exemplo de como uma alteração externa pode gerar uma alteração interna no nível de um organismo.

Esta sequência de atividades ocorreu após um conjunto de aulas sobre a morfofisiologia do sistema nervoso. Nesse sentido, a proposta era que os (as) estudantes pudessem mobilizar conhecimentos conceituais já trabalhados anteriormente para elaborar suas hipóteses, analisar evidências e discutir o fenômeno.

Do ponto de vista epistêmico e social, a investigação gerou oportunidades para os(as) estudantes: se engajarem em processos de elaboração de explicações para o fenômeno investigado; analisarem dados, por meio de resultados experimentais; usarem os dados como evidências para avaliar suas hipóteses; argumentarem com os colegas em torno das propostas em discussão; e construirão conclusões coletivas (Carvalho, 2018; Munford; Lima, 2007).

O conjunto de atividades que compõem esta sequência investigativa é representado pelo Quadro 3.1:

Atividade		Descrição
1	Conhecendo o fenômeno a ser investigado	A partir da leitura coletiva de um texto informativo, o professor introduziu o fenômeno “dor do membro fantasma”. Na discussão subsequente à leitura, os (as) estudantes iniciaram a elaboração oral, e posteriormente escrita, de hipóteses sobre a questão: Por que acontece a dor do membro fantasma?
2	Categorização de hipóteses	Os (as) estudantes retomaram as propostas explicativas elaboradas na aula anterior. Com o objetivo de realizar análise inicial desse primeiro grupo de hipóteses, discutiram e categorizaram-nas em 5 grandes hipóteses explicativas.
3	Trabalho com dados secundários	A turma acessou um conjunto de 10 pesquisas médicas relacionadas à dor do membro fantasma fornecidas pelo professor. Nessa conversa inicial sobre os dados, os (as) estudantes discutiram e tiraram dúvidas sobre cada pesquisa.
4	Argumentação em torno dos dados	As 5 hipóteses foram discutidas pelos grupos à luz do conjunto de dados das pesquisas médicas. Os (as) estudantes negociaram entre si as relações dado-hipótese e registraram suas conclusões em um quadro de evidências. Este processo foi seguido pela sistematização da análise em uma tabela única de toda a turma.
5	Elaboração de conclusões sobre a dor fantasma	A discussão foi finalizada através da redação individual de um texto conclusivo sobre a investigação.

Quadro 3.1: Cronograma descritivo das atividades investigativas desenvolvidas sobre a dor do membro fantasma. Fonte: Banco de dados dos autores.

A sequência de atividades ocorreu em um conjunto de cinco atividades no primeiro semestre do ano de 2019, entre junho e julho.

Atividade 1 - Introdução ao fenômeno a ser investigado: discutindo a dor do membro fantasma

Para iniciar a sequência didática, o professor Sandro introduziu o tema por meio de uma conversa contextualizadora com os (as) estudantes em sala de aula. Nessa conversa o professor comentou sobre pessoas que perderam seus membros e sentiam uma dor nas extremidades amputadas. O professor citou um game em que o personagem principal havia tido o braço amputado e continuava sentindo o membro. Os (as) estudantes reconheceram aquele personagem e seu drama e ao longo da discussão, os (as) estudantes compartilharam experiências pessoais, trazendo histórias sobre familiares amputados e personagens de animações e seriados também amputados.

Dando sequência a esta contextualização inicial, o professor realizou a leitura de um texto (Figura 3.1) intitulado “Você já ouviu falar na dor fantasma?”. Esse texto apresentava a dor fantasma junto ao relato de uma youtuber – Bekah Costa (Figura 3.2). A perna de Bekah havia sido amputada após ter sido acometida por uma infecção. Em seus vídeos, Bekah descrevia como era viver com a dor do membro fantasma e a estranha sensação de sentir a unha encravada do dedo do pé.

Você já ouviu falar na dor fantasma?

A dor fantasma trata-se de uma sensação que desperta muita curiosidade e tem impressionado as pessoas há um bom tempo! No século XVI, por exemplo, Ambroise Paré descreveu o que chamou de “síndrome pós-amputação”. Era uma sensação ou dor que pacientes sentiam em partes do corpo que haviam sido amputados.

No século XIX, essa síndrome ficou conhecida como “Dor Fantasma”, nome dado pelo médico americano Silas Weir Mitchell. Este médico trabalhou na Guerra Civil Americana e percebia esse sintoma em muitos soldados vítimas de amputação.



Figura: Representação da dor do membro fantasma.
Fonte: Yen Strandqvist / Chalmers University of Technology.

A sensação mais frequente é um formigamento que causa uma espécie de “reconstrução” do membro amputado. Os relatos são diversos. Algumas pessoas sentem uma dor, como de uma facada ou de um tiro. Outros sentem um ardor, como se o membro estivesse queimando, ou ainda sensações de frio e quente. Outras pessoas alegam conseguir mexer com o membro inexistente. Isso é mais comum nos braços, pernas, mãos, dedos, mas também ocorrem em outros membros, como nariz, seios e genitais.

Figura 3.1: Texto de introdução da sequência didática. Fonte: Banco de dados dos autores.



Figura 3.2: Vídeo de Bekah Costa comentando a dor fantasma. Fonte: Bekah Costa, 2018¹.

Durante a discussão, Sandro chamou a atenção dos(das) estudantes para uma das declarações de Bekah:

“Eu sentia muita dor de noite. Muita dor, muita dor! Mas acho que depois de uns três meses eu... (risos). Eu sei que parece assustador três meses, mas passou muito rápido (...). Sabe o que eu sinto? A minha unha do dedo do pé encravada! Sente o pé, é super normal. Por exemplo, é uma coisa meio estranha, mas se alguém pisa no meu pé da prótese, eu sei que a pessoa está pisando. Como? Eu não sei! Eu posso nem estar olhando. Mas eu sinto que a pessoa está pisando no meu pé ou que eu pisei no pé de alguém”.

Os (as) estudantes se mostraram surpresos (as) com o fato de a jovem sentir a unha encravada no pé amputado. Uma estudante comentou que achava que o cérebro poderia estar programado para sentir a dor. Breno respondeu com outro questionamento: por que a dor era específica no dedão do pé e não no pé completo? Por sua vez, João Pedro perguntou se a dor teria relação com os axônios na extremidade do cotoco. Importante destacar que esta sequência estava inserida no final de um conjunto de aulas sobre o sistema nervoso. Desse modo, a turma já havia discutido alguns conhecimentos da morfologia e fisiologia nervosa, o que deu suporte conceitual no processo investigativo.

Sandro destacou o surgimento de algumas hipóteses para explicar o fenômeno da dor fantasma e fez uma nova pergunta: hipótese e evidência são a mesma coisa? O professor apresentou o fenômeno como uma controvérsia científica e explicou que, a fim de solucionar essa controvérsia, para qual várias hipóteses eram propostas no meio científico, assim como acontecia naquela aula.

¹ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=qHgWCjaDSnI> Acesso em 20 de novembro de 2020.

As evidências, por sua vez, seriam dados utilizados a partir de observações e experimentos, que poderiam dar suporte (ou não) às hipóteses. A caminho da conclusão da atividade de discussão, os (as) estudantes se organizaram em grupos, formularam três hipóteses para explicar a dor do membro fantasma e ordenaram-nas tendo como critério a hipótese que melhor explicasse o fenômeno. O registro da atividade foi feito em uma folha entregue ao professor ao final da aula (Figura 3.3).

HIPÓTESES

(3) Hipótese: Após perder (por exemplo) o braço a pessoa tem meio que alucinações ou seja, ela ainda sente o braço ali

(2) Hipótese: O cérebro está meio que configurado, ou seja ele sabe que que você tem uma perna e após perde-la ele demora um tempo para entender isso fazendo com que a pessoa ainda tem memórias, imaginações.

(1) Hipótese: Todo o nosso corpo contém impulsos nervoso e após perder (por exemplo) a mão os impulsos param de chegar ali só que a pessoa ainda pensa que está sendo enviado impulsos pra lá, fazendo com que a pessoa pense, imagine, sinta que ainda está ali.

Figura 3.3: Registro e classificação de hipóteses do grupo da Nina Costa, Tina e Yara².

Fonte: Banco de dados dos autores.

² Lê-se: "(3) Hipótese: Após perder (por exemplo) o braço a pessoa tem meio que alucinações ou seja, ela ainda sente o braço ali; (2) Hipótese: O cérebro está meio que configurado, ou seja ele sabe que que você tem uma perna e após perdê-la ele demora um tempo para entender isso fazendo com que a pessoa ainda tem memórias, imaginações; (1) Hipótese: Todo o nosso corpo contém impulsos nervoso e após perder (por exemplo) a mão os impulsos param de chegar ali só que a pessoa ainda pensa que está sendo enviado impulsos pra lá, fazendo com que a pessoa pense, imagine, sinta que ainda está ali."

Atividade 2 - Categorização de hipóteses: analisando e agrupando as propostas de explicação

A atividade 2 objetivou categorizar as hipóteses elaboradas pelos (as) estudantes na atividade anterior em grupos temáticos mais amplos (Quadro 2), correspondentes ao que seria o conjunto de hipóteses de toda a turma. Para isso, a dinâmica dessa atividade foi pensada a fim de manter as ideias científicas no plano coletivo, por meio da argumentação em torno das mesmas. Sandro foi enfático ao explicar como realizariam essa categorização: além do levantamento das ideias dos grupos por meio das hipóteses propostas anteriormente, era necessário o consenso da turma quanto à colocação das hipóteses em determinado grupo ou não.

Ressaltamos aqui o papel do professor no planejamento recursivo das atividades investigativas. Mesmo havendo um planejamento prévio da sequência de atividades, o professor estava atento às hipóteses dos (das) estudantes, pois foi a partir delas que as atividades posteriores se orientaram. Após a atividade 1, Sandro leu todas as hipóteses, um total de dezoito, e imprimiu cada uma em uma folha. Assim, durante a atividade 2, os estudantes poderiam ter uma visão geral do conjunto de hipóteses de todos os grupos (Figura 3.4).



Figura 3.4: Processo de categorização inicial do conjunto de hipóteses. Fonte: Banco de dados dos autores.

Esse processo ocorreu a partir de uma discussão com a turma. O professor iniciou a leitura de cada uma das dezoito hipóteses a partir daquelas que pareciam mais consensuais quanto a sua categorização. Hipóteses similares eram agrupadas em uma mesma categoria mais ampla de hipótese. Vejamos a hipótese número 1 do grupo de Guilherme, Lívia, Luara e Perseu que dizia “*imagine que você teve uma infecção e foi necessário que amputassem o seu membro, como antes havia um membro ali, seu cérebro decorou os movimentos, causando algo como uma memória celular*” (Figura 3.5):

HIPÓTESES
(1) Hipótese: *Imagine que você teve uma infecção e foi necessário que amputassem o seu membro, como, antes havia um membro ali, seu cérebro decorou os movimentos, causando algo como uma memória celular.*

Figura 3.5: Hipótese levantada pelo grupo de Guilherme, Lívia, Luara e Perseu. Fonte: Banco de dados dos autores.

O professor retomou a hipótese 2 do grupo de Nina Costa, Tina e Yara (Figura 3.3) comparando com a hipótese 1 do grupo de Guilherme, Lívia, Luara e Perseu (Figura 3.5). Ambas foram agrupadas em uma hipótese mais ampla: “*A dor do membro fantasma ocorre em função da existência de memória no cérebro de como era quando o membro ainda existia*”. Outras hipóteses similares também foram agrupadas nessa categoria. A dinâmica de discussão com toda a turma foi utilizada por Sandro como proposta de uma análise preliminar do conjunto de hipóteses. Assim, as dezoito hipóteses iniciais foram reduzidas a um conjunto de cinco hipóteses mais amplas.

H I P Ó T E S	1 - A dor do membro fantasma ocorre em função de mudanças no funcionamento do cérebro.
	2 - A dor do membro fantasma ocorre em função da existência de memória no cérebro de como era quando o membro ainda existia.
	3 - A dor do membro fantasma ocorre em função de questões psicossomáticas.
	4 - A dor do membro fantasma ocorre em função da permanência dos nervos que foram cortados na extremidade distal do cotoco.
	5 - A dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos nervosos (sinapses nervosas) entre o SNC e a extremidade distal do cotoco.

Quadro 3.2: Cinco hipóteses explicativas para a dor do membro fantasma. Fonte: Banco de dados dos autores.

Nessa dinâmica de discussão, frente a discordância (mas também concordância) por parte de alguém no processo de categorização, foi necessário que apresentassem argumentos. A cada nova categoria, discutia-se qual critério deveria ser atendido para o enquadramento de determinada hipótese. ressaltamos que algumas categorias geraram maiores dúvidas do que outras. Os (as) estudantes se encontraram em um impasse ao analisarem a seguinte hipótese: *“Uma célula possui parte do comando o dendrito, e outra parte de transmissão, o axônio, quando amputa o membro, corta o fio (o axônio) de transmissão, mas o dendrito continua mandando o comando”* (Figura 3.6).

HIPÓTESES
 (2) Hipótese: *Uma célula possui a parte do "comando" que é o dendrito e a parte de transmissão axônio, quando um membro é amputado, corta o "fio" de transmissão dos impulsos nervosos, mas o dendrito continua mandando comando*

Figura 3.6: Hipótese levantada pelo grupo de Camila, Paulo, Nara e Péricles. Fonte: Banco de dados dos autores.

Para o grupo que formulou esta hipótese, ela estaria mais próxima da categoria 4: *“a dor do membro fantasma ocorre em função da permanência dos nervos que foram cortados na extremidade distal do cotoco”*. Nara, integrante desse grupo, explicou que a hipótese indicava que o impulso nervoso continuava acontecendo, porém, sem chegar ao membro, pois esse teria sido amputado, ocorrendo a dor onde estariam os dendritos. No entanto, seu colega Vagner questionou essa

proposta, indicando que a hipótese se aproximava mais da categoria 5, “a dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos nervosos (sinapses nervosas) entre o SNC e a extremidade distal do cotoco”, pois se referia à continuidade do impulso, mesmo com o corte do nervo. Após um processo de negociação dos argumentos de ambos, a turma concordou que o aspecto mais importante da hipótese, nesse caso, seria a manutenção do impulso, entrando em consenso sobre classificá-la na categoria 5.

Atividade 3 – Conhecendo pesquisas sobre a dor fantasma: trabalho com dados secundários

A terceira atividade da sequência envolveu conhecer e analisar um conjunto de dados resultantes de pesquisas médicas relacionadas à dor do membro fantasma. Essas pesquisas fazem parte de um banco de dados do professor. A partir desse banco de dados, as pesquisas foram selecionadas tendo em vista o conjunto de hipóteses elaborado pela turma. Os (as) estudantes receberam um conjunto de dez resultados de pesquisas³ (Figura 3.7).

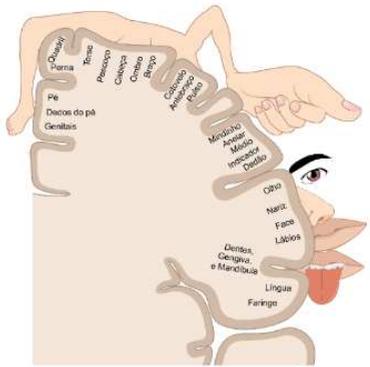
Resultados PESQUISA MÉDICA 1

Muitos pacientes que tiveram a mão amputada sentem, no início, os dedos da mão fantasma quando o rosto é tocado.

Isso foi explicado com base na teoria do homúnculo sensorial. Observe que parte da face está bem próxima da parte da mão.

As fibras sensoriais da face poderiam estar ativando a parte do cérebro que controlava as sensações na mão.

Fonte: Fraser CM, Halligan PW, Robertson IH et al. Characterizing phantom limb phenomena in upper limb amputees. *Prosthet Orthot Int* 2001; 25:235-242.



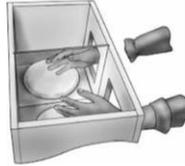
O diagrama ilustra o homúnculo sensorial, uma representação da face humana onde as partes da face são conectadas por linhas a partes correspondentes de uma mão amputada. As partes da face incluem: Olho, Nariz, Boca, Língua e Faringe. As partes da mão incluem: Dedos (Índice, Médio, Anelar, Menor, Polegar), Pulmão, Braço, Cotovelo, Ombro, Escápula, Torço, Peito, Estômago, Intestino, Bexiga, Uterino, Vagina, Genitais e Pé. A conexão visualiza a proximidade sensorial entre a face e a mão fantasma.

³ O conjunto completo de evidências pode ser consultado nos Anexos deste capítulo.

Resultados PESQUISA MÉDICA 10

Pacientes submetidos à terapia do espelho têm obtido bons resultados no alívio da dor do membro fantasma.

O paciente observa o reflexo do seu membro intacto num espelho colocado de forma a que a imagem visualizada corresponda ao membro amputado.



Fonte: Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*.2009; 132(Pt 7):1693-710.

Figura 3.7: Exemplos resultados de pesquisas científicas compartilhadas com os(as) estudantes. Fonte: Banco de dados dos autores.

Após a leitura e de cada pesquisa, os (as) estudantes foram orientados (as) a preencherem um quadro (Figura 3.8), relacionando cada hipótese com àqueles dados que a corroborassem. Este preenchimento inicial do quadro foi uma atividade individual a ser desenvolvida em casa e levada para a discussão na aula seguinte.

HIPÓTESES	EVIDÊNCIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
• ^{depois} A dor do membro fantasma ocorre em função de mudanças no funcionamento do cérebro.	X	X	X			X				
• A dor do membro fantasma ocorre em função da existência de memória no cérebro de como ^{agencia} era o membro antes ^{realista} .								X		
• A dor do membro fantasma ocorre em função de questões psicossomáticas.										X
• A dor do membro fantasma ocorre em função do funcionamento dos neurónios, que possuem vertébrula na ^{extremidade} distal do cotovelo.									X	
• A dor do membro fantasma ocorre em função da continuidade dos impulsos nervosos (nervos ^{memória}) entre o SNC e a ^{extremidade} distal do cotovelo.			X	X	X		X			

Figura 3.8: Quadro de relação hipótese-evidência elaborado pela estudante Bárbara. Fonte: Banco de dados dos autores.

A partir das relações hipótese-evidência estabelecidas individualmente, os (as) estudantes passaram a discutir suas conclusões em pequenos grupos. O intuito dessa atividade foi propor uma dinâmica interacional na qual as ideias sobre as relações estabelecidas por cada integrante do grupo fossem discutidas, defendidas ou refutadas. No momento de orientação, o professor Sandro destacou essa dinâmica social e ressaltou que não se tratava da realização de um

levantamento estatístico das relações hipótese-evidência estabelecidas por cada integrante. Os grupos tiveram autonomia na escolha das estratégias de negociação das relações hipótese-evidência. O grupo da Nara Costa, Tina e Yara, por exemplo, optou por analisar quais evidências as integrantes do grupo haviam marcado para cada hipótese e por quê. Por meio desse processo, cada pequeno grupo produziu um novo quadro de relação hipótese-evidência (Figura 3.9).

HIPÓTESES	EVIDÊNCIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DE MUDANÇAS NO FUNCIONAMENTO DO CÉREBRO.	X					X	X			X
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DE QUESTÕES PSICOSSOMÁTICAS. <i>psicologia</i>									X	X
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DA CONTINUIDADE DOS IMPULSOS NERVOSOS (SINAPSES NERVOSAS) ENTRE O SNC E A EXTREMIDADE DISTAL DO COTOCO.	X		X							
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DA EXISTÊNCIA DE MEMÓRIA NO CÉREBRO DE COMO ERA QUANDO O MEMBRO AINDA EXISTIA.										X
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DA PERMANENCIA DOS NERVOS, QUE FORAM CORTADOS, NA EXTREMIDADE DISTAL DO COTOCO.			X	X	X					

Figura 3.9: Relações hipóteses-evidência do grupo Nara Costa, Tina e Yara. Fonte: Banco de dados dos autores.

Atividade 4 – Argumentando em torno dos dados: discutindo as relações hipótese-evidência

Nessa atividade, estudantes e professor discutiram as relações hipótese-evidência elaboradas pelos grupos. Para essa discussão, o professor tabulou os quadros de cada um dos seis pequenos grupos em um único quadro (Figura 3.10).

HIPÓTESES	EVIDÊNCIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DE MUDANÇAS NO FUNCIONAMENTO DO CÉREBRO.	12345 6	6		3	3	12345 6	1235 6	4		25
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DE QUESTÕES PSICOSSOMÁTICAS.	3	14		4	4			6	25	1246
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DA CONTINUIDADE DOS IMPULSOS NERVOSOS (SINAPSES NERVOSAS) ENTRE O SNC E A EXTREMIDADE DISTAL DO COTOÇO.	2	3	2456	56	6		5	1	13	13
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DA EXISTÊNCIA DE MEMÓRIA NO CÉREBRO DE COMO ERA QUANDO O MEMBRO AINDA EXISTIA.		6	13	1		13		356	456	256
A DOR DO MEMBRO FANTASMA OCORRE EM FUNÇÃO DA PERMANENCIA DOS NERVOS, QUE FORAM CORTADOS, NA EXTREMIDADE DISTAL DO COTOÇO.			2456	126	125		34		6	

Figura 3.10: Quadro síntese dos seis grupos da turma. Neste quadro, estão os números dos grupos de acordo com as relações hipóteses-evidências elaboradas. Fonte: Banco de dados dos autores.

Esse quadro foi utilizado para coordenação da discussão no momento da aula. Com esse material em mãos, foi possível visualizar as concordâncias e discordâncias das relações de cada grupo e coordenar a discussão no sentido de negociar as divergências com a turma toda. Sendo assim, de modo similar ao que ocorreu na atividade 2, o professor começou a discussão a partir daquelas relações hipótese-evidência mais consensuais dentro da turma. Com o uso do quadro, por exemplo, notamos que a hipótese 1 foi amplamente sustentada pelas evidências 1, 6 e 7, de acordo com a relação estabelecida por todos os grupos.

Para as outras relações hipótese-evidência em que ocorreram discordâncias entre os grupos, a argumentação sobre porquê cada grupo se posicionou de determinada forma foi demandada, tanto dos defensores da correlação estabelecida, quanto dos discordantes. Essa dinâmica pôde ser observada no processo de negociação da relação da hipótese 3 com a evidência 3. Para os grupos 2, 4, 5 e 6, a evidência 3 corroborava a hipótese 3. Nesse caso, o professor escutou os grupos que defendiam a relação. Sendo assim, os (as) estudantes dos grupos 2, 4, 5 e 6 explicaram os critérios utilizados para a sustentação da relação. Em seguida, o professor questionou os grupos discordantes. Ambos os grupos, 1 e 3 argumentaram indicando porque não consideraram aquela relação hipótese-evidência como sendo válida. Embora a maioria dos grupos da turma inicialmente fossem a favor dessa correlação específica, os dados da pesquisa 3 serem uma evidência para a hipótese 3, após análise dos argumentos de quem era a favor e contra, a turma optou pela não manutenção da correlação. Esta foi a dinâmica interacional ao longo de toda essa atividade. A partir das discussões, observamos quatro caminhos argumentativos

predominantes:

- i) quando os grupos argumentavam explicando por que consideraram certa relação hipótese-evidência e os grupos que não consideraram passavam a compreendê-la e concordar com a relação;
- ii) quando os grupos argumentavam explicando por que consideraram certa relação hipótese-evidência e os grupos que não consideraram contra-argumentavam levando os primeiros grupos a mudarem de posição;
- iii) quando os grupos argumentavam explicando por que consideraram certa relação hipótese-evidência, os grupos que não consideraram contra-argumentavam, mas os primeiros grupos rebatiam tais contra-argumentos, mantendo a relação inicialmente proposta.
- iv) quando os grupos argumentavam explicando por que consideraram certa relação hipótese-evidência e o próprio professor buscava questionar a relação e ouvir o que os grupos tinham a dizer.

Atividade 5 – Elaborando uma conclusão sobre a dor fantasma: um texto que apresenta evidências

A atividade de conclusão dessa sequência investigativa foi a produção de um texto que respondesse à seguinte pergunta: *Como você explicaria, cientificamente, a dor fantasma para um paciente que está passando por essa situação?* As figuras Figura 3.11 e Figura 3.12 apresentam as produções de dois estudantes: Mariana e Guilherme.

1 Eu explicaria a dor fantasma, como uma dor
2 gerada à partir da seguinte hipótese: Quando
3 uma pessoa amputa alguma parte do corpo,
4 ocorrem diversas mudanças no funcionamento do
5 cérebro, atividade de neuroplasticidade. Também pode-se
6 associar essa dor, a uma memória do cérebro, que
7 pode acabar intensificando a dor, continuando a comuni-
8 cação do cotoco com o sistema nervoso central.
9 Mas a memória relacionada ao cérebro também
10 pode servir como forma de alívio a dor, em
11 alguns tratamentos, como no tratamento do
12 espelho, onde POSSIVELMENTE, a memória de
13 ter uma mão conforta a dor sentida.

Figura 3.11: Texto produzido pela estudante Mariana.⁴ Fonte: Banco de dados dos autores.

⁴ Lê-se: Eu explicaria a dor fantasma como uma dor gerada a partir da seguinte hipótese: Quando uma pessoa amputa alguma parte do corpo ocorrem diversas mudanças no funcionamento do cérebro, atividade de neuroplasticidade. Também pode-se associar essa dor, a uma memória do cérebro, que pode acabar intensificando a dor e continuando a comunicação do cotoco com o sistema nervoso central. Mas a memória relacionada ao cérebro também, pode servir como forma de alívio a dor em alguns tratamentos, como no tratamento do espelho, onde POSSIVELMENTE, a memória de ter uma mão conforta a dor.

1 A hipótese que irei utilizar para indicar ao paciente
2 será a "A dor do membro fantasma ocorre em
3 função de mudanças no funcionamento do cérebro".
4 O que ocorre é que as atividades de Neuroplasticidade
5 ocorre mudanças no cérebro, cujo envolve
6 perda ou criação de conexões nervosas, mas
7 para isto acontecer precisa-se ter uma má formação
8 de um membro.

Figura 3.12: Texto produzido pelo estudante Guilherme.⁵ Fonte: Banco de dados dos autores.

Consideramos importante destacar a organização do processo analítico em diferentes níveis de interação na sala de aula. Primeiramente, os (as) estudantes tiveram a oportunidade de propor suas hipóteses em pequenos grupos e, a partir daí, desenvolverem uma análise preliminar com toda a turma, por meio da categorização em hipóteses mais amplas. O trabalho com dados, por sua vez, envolveu uma análise individual, que foi confrontada em pequenos grupos a partir da discussão das relações hipótese-evidência.

Esse processo culminou no confronto entre as relações estabelecidas em cada grupo com toda a turma. Assim, em cada nível de interação, discordâncias surgiram, fomentando a argumentação entre pares e o refinamento progressivo do processo analítico no plano social do grupo. Ao final do processo, a consolidação das conclusões foi realizada em nível individual, quando cada estudante expôs suas explicações para o fenômeno em um texto escrito. Observamos que a maioria dos estudantes considerou explicar a dor fantasma utilizando a primeira hipótese, de que o fenômeno ocorre devido a alterações no funcionamento do cérebro. Em alguns textos, encontramos, inclusive, a menção à neuroplasticidade, conhecimento que foi construído a partir do contato com os primeiros dados da atividade 3 e não aparecia nas hipóteses iniciais levantadas nas atividades 1 e 2. Outras hipóteses foram mencionadas em alguns registros, mas com menor frequência. No registro de Mariana, por exemplo, observamos a memória cerebral, hipótese 2, que era bastante expressiva no início da sequência.

⁵ Lê-se: A hipótese que irei utilizar para ao paciente será a "A dor do membro fantasma ocorre em função de mudanças no funcionamento do cérebro ". O que ocorre é que as atividades de Neuroplasticidade, ocorre mudanças no cérebro, cujo envolve perda ou criação de conexões nervosas, mas para isto acontecer precisa-se ter uma má formação de um membro.

Destacamos a referência da aluna ao indicar, em caixa alta, que esta hipótese *POSSIVELMENTE* seria uma explicação. O que nos dá indícios da apropriação de um modo de falar de ciências específico, mas pautado no questionamento e em possibilidades, do que em certezas e verdades absolutas.

Considerações Finais

As atividades descritas neste capítulo retratam como estudantes de uma turma do oitavo ano do Ensino Fundamental se engajaram em práticas investigativas em torno de um fenômeno do sistema nervoso humano. O contexto instrucional em que a turma estava inserida nos ajudam a compreender como ocorreu este engajamento. Os (as) estudantes já haviam passado por aulas sobre o sistema nervoso antes de conhecer e discutir o fenômeno da dor fantasma. Foram aulas expositivas-dialogadas e práticas que tinham como enfoque conhecimentos conceituais relacionados à morfofisiologia do sistema nervoso. Assim, do ponto de vista conceitual, um aspecto relevante dessas atividades é que os (as) estudantes tiveram oportunidades de mobilizar os conhecimentos anteriores para se engajar nas práticas propostas. O sistema nervoso humano, em geral, é um conteúdo cuja ênfase recai sobre a memorização de nomes e funções. No entanto, ao articular esse conteúdo a uma proposta investigativa, foi possível ampliar oportunidades para que nomes e funções não fossem apenas memorizados e declarados, mas mobilizados como recursos capazes de dar suporte às proposições, hipóteses e argumentos discutidos ao longo da sequência.

A experiência com esta turma nos ajuda a compreender alguns desafios e potencialidades do ensino por investigação no contexto dos anos finais do ensino fundamental. Um aspecto desafiante, observado especialmente nas primeiras atividades da sequência, foi a dificuldade dos(as) estudantes em socializar ideias e discordar dos colegas. Tais práticas, muito relacionadas ao domínio social da ciência, apesar de aparecerem de forma ocasional em aulas anteriores, não eram fator *sine qua non* para que a atividade em curso ocorresse. Nas aulas sobre a dor do membro fantasma, este aspecto se tornara algo fundamental, o que foi reiterado explicitamente pelo professor, especialmente no início. Ao longo das aulas, essas práticas começaram a aparecer de modo mais espontâneo entre os(as) estudantes, principalmente nas discussões fomentadas a partir da atividade 4. A proposta de trabalho com dados em diferentes níveis foi interessante nesse sentido: primeiro cada estudante conheceu e analisou os dados experimentais individualmente, depois esta análise passou a ocorrer em pequenos grupos, e finalmente a mesma análise se concretizou por meio de uma discussão ampla envolvendo toda a turma. Em cada nível, novas discordâncias surgiam, o que ampliou oportunidades de engajamento dos(as) estudantes em práticas do domínio social.

Outro aspecto importante é que esta turma, apesar de não estar inserida

em um contexto investigativo intenso, já havia passado por experiências anteriores relacionadas ao ensino por investigação. Desse modo, o engajamento dos(as) estudantes em práticas como o levantamento de diversas hipóteses, o processo de categorização das hipóteses e a discussão das mesmas a partir dos experimentos analisados, pode ser, em parte, explicado pelo contato anterior dos(as) estudantes com esse tipo de trabalho em aulas de ciências. Assim, esse contexto mais amplo da história dessa turma torna visível a dimensão processual da construção de uma cultura favorável à investigação científica, que se dá ao longo do tempo (Manz, 2015; Souto, Silva, & Munford, 2010).

Em turmas menos enculturadas em práticas investigativas, o contexto pode se mostrar mais desafiante para que os (as) estudantes se engajem do modo planejado. Isso não significa que o trabalho sistemático com tais atividades não possam ser desenvolvido, mas que novos caminhos e orientações sejam necessários no trabalho com a turma. Desse modo, papel do professor ao orientar os (as) estudantes, dependendo do contexto de inserção, é central (Ferraz & Sasseron, 2017).

Nesse sentido, quando estabelecemos contrastes entre os eventos aqui relatados e outras atividades desenvolvidas por este professor com a turma, observamos uma característica do professor ganhar novos contornos. O professor Sandro sempre buscava, em sua prática cotidiana, se posicionar de forma questionadora junto aos (às) estudantes. Essa característica era bastante marcante tanto em aulas de caráter mais investigativo, quanto em aulas orientadas por outras abordagens, inclusive em aulas mais expositivas. Ele buscava, por exemplo, fomentar dúvidas entre os (as) estudantes, levando-os a pensar sobre suas próprias perguntas. Cabe destacar que, em atividades investigativas, como as que aqui relatamos, esse viés questionador do professor se tornou mais evidente. Suas perguntas não estimulavam apenas a apresentação de ideias que os (as) estudantes tinham, mas demandavam também por interações entre os(as) estudantes, buscando o engajamento em práticas argumentativas e a atenção às contribuições dos pares. Essa característica nos leva a pensar que as demandas instrucionais do ensino por investigação ampliaram as oportunidades para a aprendizagem dos domínios social e epistêmico e para que o professor desse maior visibilidade a esta forma de mediar as discussões e, de modo particular, nos fornece algumas evidências discursivas do modo como o professor entendia o que significava ensinar de forma investigativa.

Referências

- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–94.
- Ferraz, A. T., & Sasseron, L. H. (2017). Propósitos epistêmicos para a promoção

da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(1), 42-60.

Munford, D., & Lima, M. E. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1), 72-89, 2007.

Scheiner, S. M. (2010). Toward a conceptual framework for biology. *The Quarterly review of biology*, 85(3), 293–318.

Souto, A. P. S., Silva, D. O. de, & Munford, D. (2010) Argumentação em Ciências na EJA: um processo. A temática do lixo como pano de fundo. *Revista da SBEnBIO*, 3, 2205-2213.

Anexos:

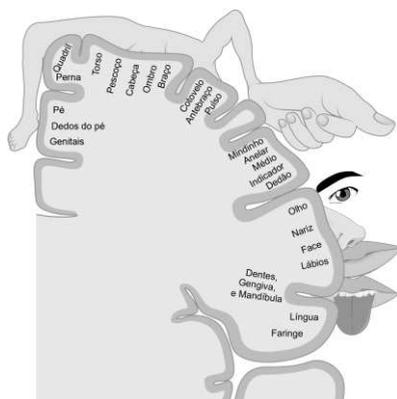
Resultados PESQUISA MÉDICA 1

Muitos pacientes que tiveram a mão amputada sentem, no início, os dedos da mão fantasma quando o rosto é tocado.

Isso foi explicado com base na teoria do homúnculo sensorial. Observe que parte da face está bem próxima da parte da mão.

As fibras sensoriais da face poderiam estar ativando a parte do cérebro que controlava as sensações na mão.

Fonte: Fraser CM, Halligan PW, Robertson IH et al. Characterizing phantom limb phenomena in upper limb amputees. *Prosthet Orthot Int* 2001; 25:235-242.

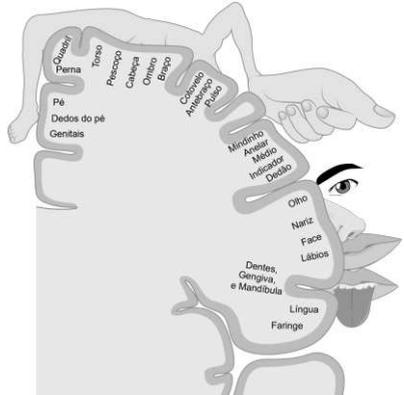


Resultados PESQUISA MÉDICA 2

Pacientes que tiveram a mão amputada **não** sentem a mão fantasma quando seu antebraço é tocado.

Esses resultados não puderam ser explicados com base na teoria do homúnculo sensorial. Observe que a parte do antebraço está bem ao lado da parte da mão.

Fonte: Fraser CM, Halligan PW, Robertson IH et al. Characterizing phantom limb phenomena in upper limb amputees. *Prosthet Orthot Int* 2001; 25:235-242.



Resultados PESQUISA MÉDICA 3

Estudos têm indicado a formação de neuromas na região da amputação das pessoas que relatam dor fantasma.

Neuroma é um aglomerado de fibras formado por pelos nervos que foram rompidos com a amputação.

Nesses neuromas, foram identificados canais de sódio ativos que geram *descargas espontâneas* e têm uma atividade anormal de *hiperexcitabilidade*.

Fonte: B. D. Dickinson, C. A. Head, S. Gitlow, and A. J. Osbahr, "Maldynia: pathophysiology and management of neuropathic and maladaptive pain—a report of the AMA council on science and public health," *Pain Medicine*, vol. 11, no. 11, pp. 1635–1653, 2010



Representação de um neuroma formado no pé que teve os dedos amputados.

Resultados PESQUISA MÉDICA 4

Estudos relatam que a dor do membro fantasma **diminui** quando se usa medicamentos que atuam sobre a região amputada como bloqueadores de canais de sódio.

Fontes:

M. Karanikolas, D. Aretha, I. Tsolakis et al., "Optimized perioperative analgesia reduces chronic phantom limb pain intensity, prevalence, and frequency: a prospective, randomized, clinical trial," *Anesthesiology*, vol. 114, no. 5, pp. 1144–1154, 2011. 44.

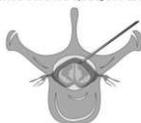
B. Borghi, M. D'Addabbo, P. F. White et al., "The use of prolonged peripheral neural blockade after lower extremity amputation: the effect on symptoms associated with phantom limb syndrome," *Anesthesia and Analgesia*, vol. 111, no. 5, pp. 1308– 1315, 2010.

Resultados PESQUISA MÉDICA 5

Dr. Jonathan Cole relatou uma pesquisa na qual injetava anestesia raquidiana em pacientes com amputação da perna.

Anestesia raquidiana é uma anestesia aplicada no nível da medula espinhal. Neste tipo de anestesia perde-se a sensibilidade dos membros inferiores e da zona inferior do abdômen.

ANESTESIA RAQUIDIANA



O médico indicou que a perna fantasma ficava anestesiada e a dor desaparecia.

Fonte: Cole, J. Proceedings of the Physiological Society, fevereiro de 1986, p. 51P.

Resultados PESQUISA MÉDICA 6

Pesquisas têm indicado que quando ocorre formação imperfeita ou incompleta de um membro do corpo, há atividades de neuroplasticidade no cérebro.

Atividades de neuroplasticidade são mudanças no cérebro que envolvem perda ou surgimento de conexões nervosas.

No sistema nervoso central há uma extraordinária capacidade de adaptação e reorganização. Por exemplo, fibras nervosas que controlavam sensações de pressão ou toque, podem passar a controlar sensações de dor, dependendo da situação.

Fonte: Blasing B, Schack T, Brugger P. The functional architecture of the human body: assessing body representation by sorting body parts and activities. *Exp. Brain Res* 2010; 203:119–129.

Resultados PESQUISA MÉDICA 7

Pesquisas têm indicado que quando ocorre uma mudança funcional dos membros (por exemplo, quando os pés e os dedos passam a ser usados para escrever ou gesticular) há atividades de neuroplasticidade no cérebro.

Atividades de neuroplasticidade são mudanças no cérebro que envolvem perda ou surgimento de conexões nervosas.

No sistema nervoso central há uma extraordinária capacidade de adaptação e reorganização. Por exemplo, fibras nervosas que controlavam sensações de pressão ou toque, podem passar a controlar sensações de dor, dependendo da situação.

Fonte: Blasing B, Schack T, Brugger P. The functional architecture of the human body: assessing body representation by sorting body parts and activities. *Exp. Brain Res* 2010; 203:119–129.

Resultados PESQUISA MÉDICA 8

Pesquisas indicam que atividades neuroplásticas são observadas principalmente quando a parte do corpo estimulada não pode ser vista pelo paciente.

Fontes:

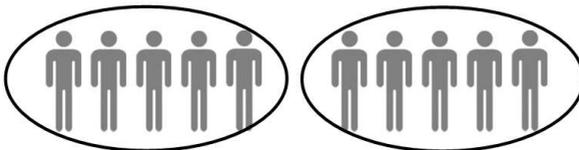
McCabe CS, Haigh RC, Halligan PW, Blake DR. Referred sensations in patients with complex regional pain syndrome type 1. *Rheumatology* 2003; 42:1067–1073. 61.

Pourrier SD, Nieuwstraten W, Van Cranenburgh B, et al. Three cases of referred sensation in traumatic nerve injury of the hand: implications for understanding central nervous system reorganization. *J Rehabil Med* 2010; 42:357–361.

Resultados PESQUISA MÉDICA 9

Dois grupos de pacientes com dor fantasma foram avaliados:

- O primeiro grupo era de pacientes cujo membro, antes da amputação, já era dolorido cronicamente.
- O segundo grupo era de pacientes cujo membro, antes da amputação, não tinha dor.



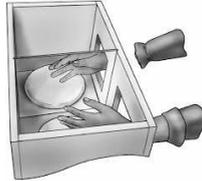
A dor dos pacientes do primeiro grupo é mais intensa que do segundo e é uma dor bastante semelhante à dor no membro antes da amputação.

Fonte: Grilo, I. R. S. T. *A dor do amputado*. Dissertação de Mestrado em Medicina. Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto. 2012.

Resultados PESQUISA MÉDICA 10

Pacientes submetidos à terapia do espelho têm obtido bons resultados no alívio da dor do membro fantasma.

O paciente observa o reflexo do seu membro intacto num espelho colocado de forma a que a imagem visualizada corresponda ao membro amputado.

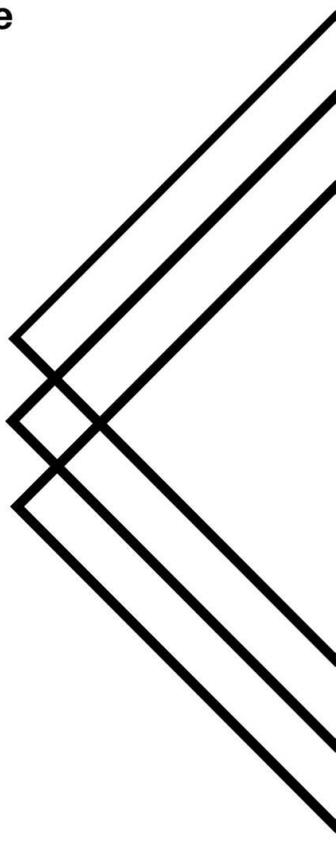


Fonte: Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain*.2009; 132(Pt 7):1693-710.



4. Investigações no Ensino Médio: uma experiência com turmas do 1º ano

**Daniel Marchetti Maroneze
Rosilene Siray Bicalho
Luiz Gustavo Franco
Vanessa Cappelle**



Introdução

Nesse relato¹, apresentamos uma experiência desenvolvida com um grupo de estudantes do 1º ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Federal que envolveu investigações sobre as consequências ecológicas de se compartilhar alimentos com micos silvestres que forrageavam em diferentes espaços da escola.

Essa ação educativa se originou a partir das frequentes indagações que estes(as) estudantes faziam ao professor de biologia, especialmente, se ele estava de acordo com o comportamento recorrente da comunidade escolar de ofertar alimentos, *in natura* ou industrializado, aos macacos. Tais questionamentos foram considerados como uma excelente circunstância para se abordar o conteúdo dessa etapa de ensino de modo contextualizado. Na organização curricular adotada pela referida escola, as temáticas envolvendo os conteúdos conceituais do domínio da Ecologia são abordadas fundamentalmente no decorrer do 1º ano do Ensino Médio. Especificamente, tais conhecimentos envolviam o domínio “padrões espaciais e temporais de distribuição e abundância dos organismos, incluindo suas causas e consequências” (Scheiner, 2010). Segundo Motokane (2015), tradicionalmente, as temáticas e os conteúdos ecológicos nas salas de aula de biologia e nos livros didáticos têm sido tratados com ênfase descritiva. É comum, entre os alunos, o comportamento de memorizar termos e processos sem estabelecimento de conexões com contextos ambientais locais ou globais. Paralelamente, o autor também ressalta que iniciativas pedagógicas que dão oportunidades para esses(as) alunos(as) compreenderem como os conhecimentos da Ecologia são produzidos, incluindo seus objetos e metodologias enquanto ciência, também têm sido bastante ocasionais nas escolas.

Em concordância com o autor acima destacado, ao nosso ver, o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) representa uma abordagem didática (Franco & Munford, 2020; Munford & Lima, 2007) apropriada para superarmos esse modelo de ensino justamente pela possibilidade de promover o entendimento da Ecologia como Ciência, seus modos de produção e legitimação de conhecimentos, bem como sua íntima relação com a vida cotidiana dos alunos e da sociedade em geral. Em outras palavras, a abordagem é capaz de proporcionar a inserção dos(as) alunos(as) em práticas epistêmicas e sociais típicas da cultura científica (Duschl, 2008), estimular a efetiva participação em discussões ambientais e debates políticos contemporâneos, desconstruir visões distorcidas sobre o trabalho e a imagem dos cientistas, além de incentivar a proposição de possíveis caminhos individuais e coletivos para conflitos sócio-científicos-ambientais dos quais somos corresponsáveis.

Esta visão também está suportada por outras pesquisas recentes que

¹ Este relato é uma versão expandida do trabalho apresentado no II Encontro de Ensino de Ciências por Investigação (Maroneze et al., 2020).

demonstraram o potencial de ações educativas nas quais conteúdos ecológicos foram abordados sob a perspectiva do EnCI. Silva e colaboradores (2017), por exemplo, indicaram como estudantes 1º ano do Ensino Médio se engajaram em práticas de planejamento, comunicação, avaliação e legitimação de conhecimentos ecológicos relacionados à dinâmica populacional.

Franco e colaboradores (2018), por sua vez, descreveram uma situação de ensino similar à que aqui relatamos ao analisar como uma turma de crianças do 2º ano do Ensino Fundamental investigaram a presença de micos nas proximidades de sua escola. A sequência relatada neste capítulo apresenta forte intersecção com a experiência relatada por esses autores.

Ambos os trabalhos foram desenvolvidos a partir de um problema semelhante e autêntico vivenciado por comunidades escolares inseridas em uma matriz urbana com conflitos entre o ser humano e a fauna silvestre. Algumas das diferenças entre as abordagens se referem a etapa da educação contemplada (Ensino Fundamental x Ensino Médio) e a natureza das atividades que foram desenvolvidas em razão das idades e dos graus de autonomia distintos dos alunos. No entanto, independentemente da faixa etária do público que compartilha alimentos com macacos silvestres, várias são as consequências negativas que podem resultar destas interações. Transmissão de doenças, comprometimento da saúde animal devido ao desenvolvimento de obesidade e cáries, fortalecimento da dependência da fauna em relação ao homem e perturbação dos processos ecológicos desempenhados pelos animais são alguns dos exemplos (Saito et al., 2017).

Considerando esta conjuntura, o professor de Biologia reuniu os questionamentos dos(as) alunos(as) formulando uma pergunta de orientação científica: *“Sob a perspectiva da ecologia, compartilhar comida com os micos é uma ação positiva, negativa ou neutra?”* Com o auxílio de outra professora, esse problema foi apresentado a todas as turmas de primeiro ano da escola em 2019. Tratou-se de um convite para elas conduzirem uma investigação. Neste cenário, um grupo de alunos(as) se comprometeu a explorar esta questão, participando da coleta de diferentes dados, da construção de interpretações, da validação dos argumentos, da tomada de decisões coletivas, da socialização dos conhecimentos gerados e do planejamento e desenvolvimento de uma ação de educação ambiental.

Ao propor para o grupo uma marca ou símbolo que identificasse o projeto, uma aluna se baseou na expressão *“Me conta mais!”* criando a hashtag #MICOntaMais (Figura 4.1). Para ela, o significado dessa combinação de palavras remetia ao interesse genuíno do grupo de estudantes em saber mais sobre os micos.



Figura 4.1: Logo do projeto. Fonte: produção dos estudantes utilizando imagens de acesso livre disponíveis em

<https://pixabay.com/pt/vectors/macaco-desenhos-animados-personagem-309461/>

<https://pixabay.com/pt/illustrations/folhas-vetor-natureza-ver%C3%A3o-2823053/>

O conjunto de atividades que compôs o projeto é representado pelo quadro a seguir:

Atividade	Temática	Breve descrição
1	Introdução ao fenômeno a ser investigado: observação dos micos no espaço escolar.	Os estudantes registraram a presença dos micos no ambiente escolar, em especial, nos momentos em que recebiam guloseimas de estudantes e/ou funcionários da escola.
2	Coleta dados para caracterização e análise do fenômeno.	O grupo analisou o fenômeno a partir de dados usando diferentes fontes: trabalhos acadêmicos sobre os hábitos dos micos na natureza, entrevistas com pesquisadores do campo da Ecologia, caracterização dos micos observados na escola e dados sobre razões para a comunidade escolar alimentar os micos.
3	Planejamento de uma ação de educação ambiental a partir dos resultados da análise	O grupo planejou e discutiu a elaboração de memes, hashtags, charges, vídeos, fotos, enquetes e textos para perfis no Twitter e Instagram. Este processo envolveu argumentação entre os participantes sobre quais desses materiais seriam utilizados, possíveis alterações e formas de divulgação.
4	Divulgação de conclusões e engajamento da comunidade escolar	Os estudantes promoveram a comunicação dos resultados em diferentes espaços (físicos e virtuais). Participaram de uma feira de ciências junto a outras escolas, desenvolveram ações nas dependências da própria escola e em perfis do Twitter e do Instagram.

Quadro 4.1: Conjunto de atividades investigativas desenvolvidas sobre o comportamento dos micos.

Atividade 1 – Primeiros registros do fenômeno: os flagras dos micos pela escola

O projeto contou com a participação de 36 estudantes. O início das atividades se deu com a criação de um grupo de WhatsApp para que a turma compartilhasse registros fotográficos, vídeos e ocorrências variadas envolvendo o grupo de macacos que circulava pelos diferentes espaços da escola. Entre os flagras, destacaram-se micos correndo pela biblioteca, comendo guloseimas bem como pessoas se assustando ao se depararem com eles dentro das lixeiras (Figura 4.2). Esta iniciativa visou, dentre outros aspectos, fortalecer os laços entre os(as) estudantes tendo em vista que eram recém-chegados ao colégio. A partir de então, diferentes ações foram desenvolvidas pelos(as) estudantes em três fases sequenciais. É importante destacar que essas fases não ocorreram rapidamente, mas ao longo de 6 meses do ano letivo de 2019.

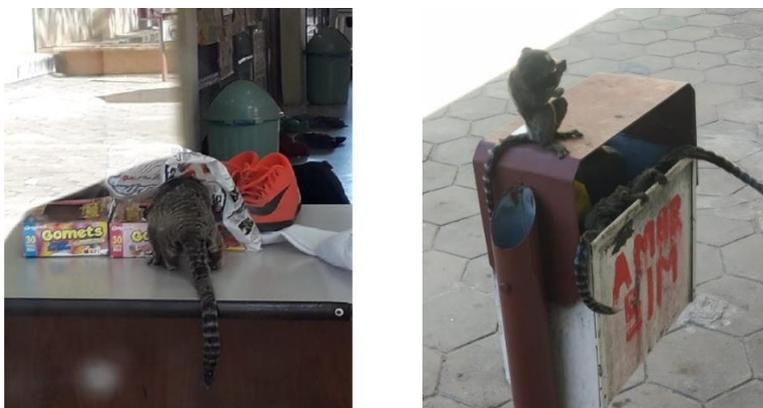


Figura 4.2: Flagras realizados pelo grupo do projeto de micos comendo guloseimas e no interior das lixeiras da escola. Fonte: banco de dados dos autores.

Atividade 2 – Construindo respostas para o problema investigativo

Organizados em grupos menores, os(as) estudantes coletaram, entre junho a julho de 2019, dados de fontes diversas para caracterizar o cenário no qual a comunidade escolar alimentava os macacos e as possíveis consequências ecológicas desta prática. Um cartaz na cantina da escola, com a mensagem “**Proibido alimentar os animais (micos)**”, contextualizava bem a contradição emergente no local (Figura 4.3).



Figura 4.3: Aviso na cantina da escola com a mensagem “Proibido alimentar os animais (micos)”. Fonte: banco de dados dos autores.

Apesar da proibição, diariamente, alunos(as) e funcionários(as) compartilhavam frutas, alimentos industrializados e água com os animais (Figura 4). As hipóteses deste público sobre tal questão eram variadas. Algumas pessoas destacavam que alimentar os animais era positivo pois os micos certamente estavam famintos. Outras apoiavam tal iniciativa desde que somente frutas fossem ofertadas. Estas visões são ingênuas do ponto de vista da Ecologia refletindo, de modo geral, o senso comum.



Figura 4.4: Micos comendo restos de fruta (mamão) ofertados pela comunidade escolar. Fonte: banco de dados dos autores.

Tabela 4.1: Exemplos de parâmetros pesquisados, fontes consultadas, dados coletados, respostas e interpretações construídas pelos alunos durante a primeira fase do projeto.

Parâmetro(s) pesquisado(s)	Fonte	Informações e dados coletados	Respostas e interpretações construídas a partir dos dados
- Dieta e hábitos dos micos na natureza	- Trabalhos acadêmicos	- Tipos de itens ingeridos pelos micos - Modo de obtenção do alimento na natureza	- Dieta variada no ambiente natural com consumo de frutas, exsudados vegetais e pequenos animais; - Hábito de perfurar os troncos das árvores com os dentes para obtenção dos exsudados vegetais; - Consumo de alimento industrializado e de fácil acesso pode estimular os animais ao sedentarismo causando problemas de saúde como obesidade e hipertensão.
- Interações harmônicas ou desarmônicas entre animais silvestres e seres humanos na região da escola - Alterações históricas da paisagem em que a escola está inserida	- Banco de dados do departamento de gestão ambiental de uma instituição de ensino superior - Entrevistas com especialistas	- Registros de interações negativas decorrentes do convívio entre animais silvestres e seres humanos na região da escola.	- Possibilidade de os micos serem atropelados por carros ou morrerem por choque elétrico; - Intensa aproximação do ser humano com animais silvestres pode trazer riscos para saúde de todos os envolvidos na interação (transmissão cruzada de doenças);
- Distribuição espacial e causas de os animais	- Livro histórico sobre a	- Argumentos	- Convívio íntimo com as pessoas pode gerar alterações no comportamento dos

explorarem ambientes construídos na região.	região.	e opiniões de especialistas a respeito da íntima aproximação entre animais silvestres e seres humanos nos espaços urbanos. - Foto antiga da paisagem regional em que a escola está inserida	micos fazendo com que eles se exponham a situações perigosas (perfurações e cortes ao manipularem o lixo em busca de comida). - Ações humanas na paisagem, incluindo a degradação do habitat e introdução de espécies, pode estar relacionada com ocupação dos ambientes artificiais por animais silvestres. - Nas áreas urbanas, os animais silvestres são vítimas e não responsáveis pelas perturbações resultantes da interação com os seres humanos.
- Características e comportamentos dos micos que circulam pela escola - Motivações pessoais para compartilhar alimento com os animais	- Fotografias, observações e anotações feitas pelos próprios estudantes - Entrevistas com outros alunos e funcionários da escola	- Número de animais que circulam pela escola; - Datas, horários e espaços de maior atividade dos animais; - Estrutura etária do bando de micos (presença ou não de	- Animais ativos somente durante o dia com circulação intensa pela área da cantina durante os horários do recreio e almoço; - Permanência prolongada dos micos dentro das lixeiras do colégio; - Micos manipulando fiação elétrica no laboratório de informática podendo causar curtos e incêndios na escola;

filhotes); - Itens alimentares ofertados e consumidos pelos animais na escola; - Motivos elencados pela comunidade escolar para compartilhar comida com os animais	- Animais consomem balas, biscoitos, sorvetes, batata-frita e iogurtes no colégio sendo esse um cardápio incompatível com a dieta natural de macacos silvestres; - Alunos(as) e funcionários(as) oferecem alimento aos micos por razões diversas. Acreditam que são generosos, que os animais estão com fome, que assim os micos não irão “roubar” seus lanches ou para tirar fotos. - Comunidade escolar tem visões equivocadas sobre alimentar micos silvestres desconhecendo que eles não são “pets” e podem encontrar sua comida naturalmente na região da escola. - Micos silvestres não devem ser tratados como objetos de diversão dos seres humanos.
--	---

Com essas concepções vigentes na escola, parte dos(as) estudantes levantou, em trabalhos acadêmicos, informações sobre os hábitos dos micos na natureza. Outros(as) se reuniram com uma gestora ambiental de uma instituição de ensino superior para coletar registros sobre eventuais conflitos entre a fauna silvestre e o ser humano na matriz em que a escola se inseria. Alguns dialogaram, ainda, com uma pesquisadora do campo da ecologia, conservação e manejo da

vida silvestre para reunir dados sobre as motivações desses animais explorarem ambientes construídos e suas inter-relações com ações humanas. Finalmente, os demais grupos investigaram características dos micos que circulavam pela escola e as razões da comunidade local alimentá-los. As interpretações e os conhecimentos gerados nessas múltiplas ações foram bastante diversos e exemplos são brevemente descritos na Tabela 4.1.

Convém mencionar que os dados obtidos foram socializados e discutidos com toda o grupo. Em tal ocasião, as estratégias para apresentação dos resultados variaram entre os grupos. Alguns optaram por exposições orais ou leitura de textos enquanto outros divulgaram imagens e suas interpretações por meio de slides. Esse momento de sistematização coletiva dos conhecimentos foi de grande valor, pois possibilitou, dentre outros aspectos, que os(as) estudantes: (1) trabalhassem novos conceitos e mobilizassem outros anteriormente abordados nas aulas para justificar suas perspectivas; (2) conectassem os saberes ecológicos com o dia a dia; (3) compreendessem a Ecologia como ciência e seus modos de produção de conhecimento; (4) confrontassem os resultados com as hipóteses iniciais; (5) argumentassem sobre a questão norteadora do projeto assumindo posturas críticas; e (6) validassem em conjunto os dados e as interpretações construídas.

Por exemplo, em uma das discussões, eles(as) enfatizaram que a disponibilidade de alimento afeta o tamanho das populações na natureza sendo que a oferta excessiva, como acontecia na escola, poderia causar um aumento descontrolado do número de micos. Esta narrativa convergia com o tópico “curvas de crescimento populacional” trabalhado em sala de aula. Também ressaltaram que o excesso de açúcar em produtos industrializados poderia gerar vícios alimentares nos micos assim como ocorre com os seres humanos. A partir destas e de outras interpretações, o grupo concluiu que alimentar animais silvestres era uma ação negativa sob a perspectiva da Ecologia. A questão norteadora do projeto foi, então, respondida. Diante desta conclusão, houve um alerta sobre a importância de socializar o conhecimento gerado com a comunidade interna e externa da escola. Iniciava, assim, a segunda fase do projeto em que os(as) estudantes se empenharam em selecionar estratégias e elaborar materiais para conscientizar tal público.

Atividade 3 – Planejando estratégias para divulgar os resultados obtidos

Motivados em buscar soluções para o conflito sócio-científico-ambiental do qual faziam parte, entre os meses de agosto a setembro de 2019, os(as) estudantes idealizaram uma ação de educação ambiental. Para dialogar com a comunidade sobre a prática inadequada de se compartilhar alimentos com os micos, o grupo optou por planejar representações centradas no humor que seriam

disseminadas em diferentes redes sociais. Como boa parte do público que eles(as) desejavam atingir eram adolescentes da própria escola, o grupo direcionou seu trabalho para a elaboração de memes, hashtag, charges, vídeos, fotos, enquetes e textos com atributos voltados para perfis no Twitter e Instagram. Tais materiais foram produzidos, individualmente ou em grupo, pelos próprios estudantes (Figuras 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9). A decisão sobre quais representações seriam utilizadas na ação educativa foi construída a partir de discussões no grupo do WhatsApp e em reuniões presenciais.



Figura 4.5: Exemplo de meme elaborado pelos(as) estudantes. Fonte: banco de dados dos autores.

Esses momentos coletivos de negociação e escolhas geraram oportunidades para que temáticas ainda inexploradas na fase anterior contextualizassem debates relevantes para a formação científica e humana dos(as) alunos(as) participantes. Em um dos percursos, o grupo refletiu sobre as relações de gênero em nossa sociedade. Um dos memes submetidos à apreciação coletiva retratava um mico humanizado que abandonava sua companheira em troca de uma goma de mascar. A ideia desta representação era provocar a comunidade escolar sobre os alimentos industrializados pois, segundo informações levantadas pelos(as) estudantes, alguns micos já tinham ingerido chicletes na região do colégio. No entanto, eles(as) discordaram da divulgação ao identificarem que, mesmo não sendo a intenção do autor, o meme fortalecia um discurso preconceituoso sobre a posição da mulher como objeto em nossa sociedade.



Figura 4.6: Exemplo de material elaborado pelos(as) estudantes. Fonte: banco de dados dos autores.

Outra circunstância interessante se estabeleceu quando os(as) estudantes incorporaram argumentos compartilhados pela gestora ambiental e pela pesquisadora no planejamento das estratégias de divulgação. Após as entrevistas, a gestão do lixo destacada por elas passou a ser considerada pelo grupo como um problema que agravava a ingestão de alimentos industrializados, especialmente restos, pelos animais. Ao considerarem este argumento válido, defendemos que os(as) estudantes as reconheceram como autoridades técnica e científica. Ponderamos que isso contribuiu para rompermos com estereótipos de gênero arraigados no mercado de trabalho e na ciência mundial. Os(as) estudantes puderam identificar que, assim como os homens, as mulheres também são detentoras e produtoras de saberes. Com os materiais de divulgação concluídos, foi iniciada a terceira fase do projeto. Por meio da ação de educação ambiental, os(as) estudantes buscaram estimular a comunidade a repensar seus comportamentos.



Figura 4.7: Exemplo de material elaborado pelos(as) estudantes. Fonte: banco de dados dos autores. Os estudantes utilizaram imagens de acesso livre para a elaboração.

<https://pixabay.com/pt/illustrations/lata-de-lixo-separa%C3%A7%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-3415658/><https://pixabay.com/pt/illustrations/banana-1%C3%A1pis-de-cor-desenhado-1485455/>

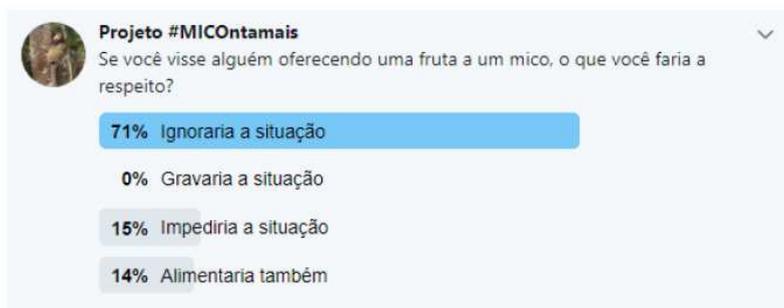


Figura 4.8: Exemplo de enquete elaborada pelos(as) estudantes. Fonte: banco de dados dos autores.

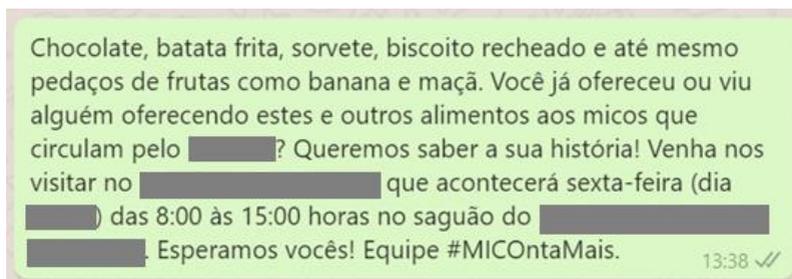


Figura 4.9: Exemplo de mensagem de divulgação elaborada pelos(as) estudantes. Fonte: banco de dados dos autores.

Atividade 4 – Participando de uma Feira de Ciências e mobilizando a comunidade escolar

Além das redes sociais, o grupo teve a oportunidade de socializar os conhecimentos gerados em uma grande Feira de Ciências. O evento envolveu estudantes de diferentes escolas do estado de Minas Gerais que divulgaram projetos executados por seus estudantes. Neste contexto, entre outubro a novembro de 2019, as ações de educação ambiental e de comunicação dos resultados se concretizaram em diferentes espaços, tanto físicos quanto virtuais: a feira de ciências, nas dependências da própria escola e em perfis do Twitter e do Instagram.

Para atrair o público até o espaço de exposição na feira, os(as) estudantes realizaram uma intervenção na qual distribuíram doces (balas com macacos estampados na embalagem) convidando os(as) visitantes a conhecerem os materiais elaborados pelo grupo. Assim que se aproximavam do local, os(as) visitantes eram surpreendidos por reflexões e provocações, como por exemplo, se os seres humanos são prontamente seduzidos por açúcar, será que isso também não ocorre com os micos silvestres? (Figura 4.10). Em seguida, eram exibidas as representações construídas a partir dos dados coletados de modo a se estabelecer um diálogo sobre a importância de não se compartilhar alimentos, industrializados ou não, com os animais silvestres. O público também era convidado a colaborar no levantamento de dados sobre a distribuição espacial dos micos nas proximidades da escola tendo em vista que a feira de ciências ocorreu na mesma região. Assim, eles(as) podiam inserir alfinetes em um mapa indicando locais onde eles já tinham observado os animais.

Nas dependências do colégio, as balas também foram envolvidas em uma estratégia para direcionar seu público interno, especialmente os(as) estudantes não participantes de outros anos e turmas, para os perfis nas redes sociais. Nos doces foram afixados QR Codes que, ao serem escaneados pela câmera dos telefones celulares, abriam as páginas do Twitter ou do Instagram que abrigavam os perfis do projeto (Figura 4.11). Assim que acessavam os perfis, os(as) visitantes

podiam visualizar os memes, fotos, informações e participar de enquetes relacionadas ao comportamento humano de ofertar alimentos para animais silvestres. De modo geral, essas ações de educação ambiental foram consideradas bem-sucedidas pelos(as) estudantes do grupo.

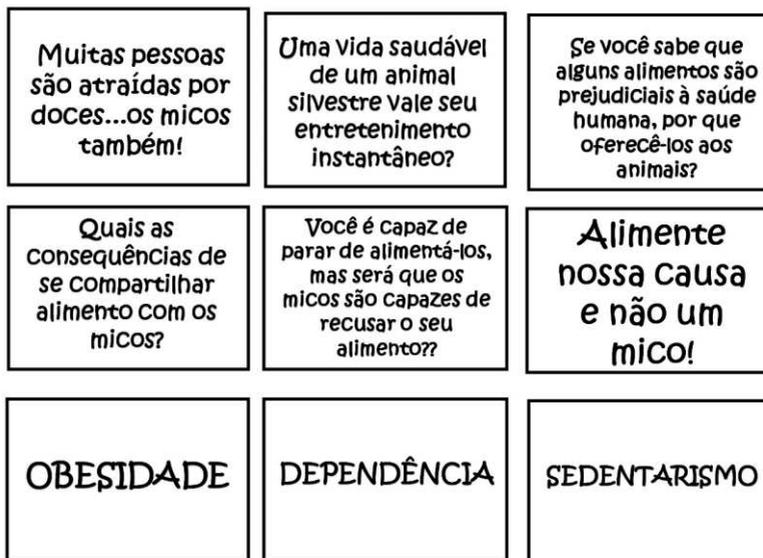


Figura 4.10: Exemplos de mensagens elaboradas pelos(as) estudantes para promover reflexões nos(as) visitantes da feira quando eles(as) chegavam no espaço de exposição do projeto atraídos pelas balas. Fonte: banco de dados dos autores.



Figura 4.11: Bala com QRCode distribuída na ação de educação ambiental para a comunidade da escola. Fonte: banco de dados dos autores.

Finalmente, como desdobramento das interpretações construídas ao longo do projeto, os(as) estudantes identificaram que os micos estavam acessando

facilmente as lixeiras presentes no pátio ou nos ambientes internos da escola explorando-as intensamente em busca de restos de alimento. Muitas das lixeiras são de modelos sem tampas, com tampas basculantes ou abertura frontal. Dessa forma, os(as) estudantes reconheceram que, além de conscientizar as pessoas a não compartilharem alimento com os micos, também seria necessária uma nova intervenção envolvendo a disposição e o formato das lixeiras de modo a restringir a entrada e permanência dos animais em seus interiores. Assim, como perspectiva futura, o grupo de estudantes pretende desenvolver um novo projeto cujo foco seja o planejamento e a montagem de um modelo de lixeira anti-fauna (Figura 4.12).



Figura 4.12: Material de divulgação produzido pelo grupo. Fonte: banco de dados dos autores.

Considerações Finais

A sequência de atividades que relatamos neste capítulo oferecem alternativas pedagógicas aos diversos desafios para um trabalho investigativo no contexto do Ensino Médio. Especificamente, diversas são as particularidades que permeiam e impactam o ensino de ecologia nesse contexto. Dentre elas, podemos

destacar as concepções variadas dos(as) estudantes a seu respeito (Contin & Motokane, 2012), as dificuldades dos professores em compreender como os conhecimentos ecológicos são gerados (Freire, 2018), ou mesmo a forma descritiva como é retratada nos livros didáticos (Motokane, 2015). Além disso, em muitos contextos educativos, observamos uma ênfase nos conhecimentos conceituais, visando a formação para o vestibular/ENEM, sem uma preocupação efetiva com um ensino contextualizado e capaz de engajar os estudantes em práticas epistêmicas e sociais da ciência (Duschl, 2008; Franco & Munford, 2020).

Por meio deste relato, ilustramos como podemos engajar os(as) estudantes do Ensino Médio na compreensão da Ecologia, de seus métodos de produção de conhecimento, bem como seus respectivos desdobramentos em nossas vidas. Sob a perspectiva do ensino por investigação, estudantes de uma comunidade escolar inserida em uma matriz urbana perturbada puderam investigar um problema autêntico envolvendo a fauna silvestre e os seres humanos. Além disso, os(as) estudantes tiveram oportunidades de aplicar os conhecimentos gerados no planejamento e desenvolvimento de uma ação de educação ambiental alinhada às demandas comunicativas atuais, especialmente entre jovens e adolescentes.

No processo de busca de uma resposta à questão norteadora da proposta, isto é, se compartilhar alimentos com micos silvestres sob a perspectiva ecológica era uma ação positiva, negativa ou neutra, os(as) participantes trilharam um percurso: coleta de dados; compreensão da linguagem científica; interpretações baseadas em evidências; diálogo com uma cientista real sem o estereótipo com que esta classe é usualmente retratada; integração e produção de múltiplos saberes; comunicação de resultados; reflexões sobre as inter-relações entre os conhecimentos científicos e a sociedade; e reconhecimento de seus papéis como corresponsáveis na busca de saídas para conflitos sócio-científico-ambientais.

Com esta ação educativa, os(as) estudantes puderam “aprender Ecologia, aprender sobre Ecologia e aprender a fazer Ecologia”. Nossos resultados se somam aos esforços de inúmeras iniciativas e pesquisas anteriores que abordaram temáticas ecológicas ou propuseram sequências didáticas sob o mesmo enfoque (Motokane, 2015; Silva et al., 2017; Franco et al., 2018). Demonstram, sobretudo, que “*vale a pena insistir no Ensino de Ciências por Investigação*” (Sasseron, 2020).

Referências

- Contin, C., & Motokane, M. T. (2012). A imagem da ecologia em alunos do ensino médio do município de Ribeirão Preto. *Revista do EDICC*, 1(1). Disponível em: <http://revistas.iel.unicamp.br/index.php/edicc/article/view/2326>. Acesso em 16 dez. 2020.
- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals: *Review of Research in*

Education, 32, 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X0730937>

- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(u), 687–719. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>
- Franco, L. G., Souto, K. C. N., & Munford, D. (2018). Articulações entre práticas investigativas, conceitos científicos e tomada de decisão: estudando o micro-estrela nos anos iniciais do ensino fundamental. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(3), 1-18. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID488/v13_n3_a2018.pdf. Acesso em 16 dez. 2020.
- Freire, C. de C. *Aspectos epistêmicos no ensino de ecologia*. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Maroneze, D. Bicalho, R. S., Franco, L. G., & Cappelle, V. #Micontamais: construindo saberes ecológicos por meio do ensino de ciências por investigação (2020). *Anais do II Encontro de Ensino de Ciências por Investigação*.
- Motokane, M. T. (2015). Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17, 115-138. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s07>
- Munford, D., & Lima, M. E. C. de C. e. (2007). Ensinar ciências por investigação: Em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 9(1), 89–111. <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>
- Scheiner, S. M. (2010). Toward a Conceptual Framework for Biology. *The Quarterly Review of Biology*, 85(3), 293–318. <https://doi.org/10.1086/655117>
- Saito, C. H., Brasileiro, L., Almeida, L. E., & Tavares, M. C. H. (2010). Conflitos entre macacos-prego e visitantes no Parque Nacional de Brasília: possíveis soluções. *Sociedade & Natureza*, 22(3), 515-523. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132010000300008>
- Sasseron, L. H. *Vale a pena insistir no Ensino de Ciências por Investigação?* (2020). Conferência do II Encontro de Ensino de Ciências por Investigação. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CCIZkAivcwQ&t=3128s>. Acesso em 18 dez 2020.
- Silva, M. B., Gerolin, E. C., & Trivelato, S. L. F. (2017). Ensino de Biologia por investigação: caracterização das práticas epistêmicas no contexto de uma atividade investigativa de ecologia. In: *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2017, Florianópolis. Anais...Florianópolis: UFSC, 1-8.



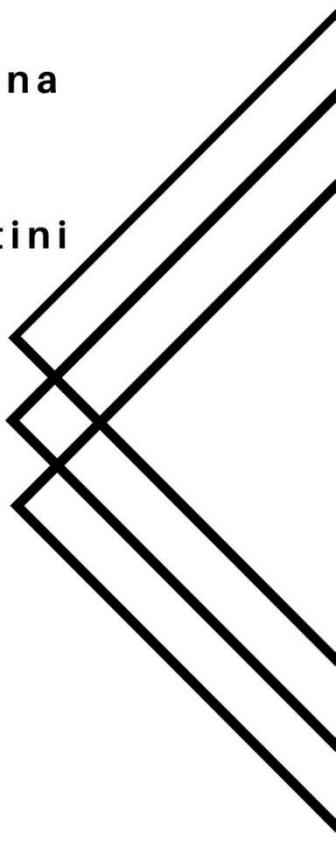
5. Investigando a alimentação humana como uma questão socio científica

Ana Clara Campideli Santana

Danielle Diniz Galvão

Luiz Gustavo Franco

Maristela de Oliveira Poletini



Introdução

Nos quatro últimos capítulos deste livro, propomos sequências de atividades com o objetivo de situar a Biologia como espaço da ciência na escola. Para isso, em cada capítulo, exploramos conteúdos bastante distintos do domínio conceitual da Biologia: nutrição humana, imunologia, *trade-offs* e seleção natural. Cada um desses conteúdos envolve a inserção de determinadas práticas dos domínios social e epistêmico da ciência, intercessões com questões contemporâneas e diálogo com a vida cotidiana dos estudantes.

Neste capítulo, propomos uma sequência de atividades investigativas relacionadas à nutrição humana. Nossa proposta busca tratar esta temática em uma perspectiva socio científica por meio de uma investigação sobre o açúcar de adição presente em bebidas industrializadas e uma análise sobre possíveis causas da obesidade. Propomos a associação entre essas duas temáticas tendo em vista seu impacto na realidade social.

Como parte importante de um comportamento alimentar entre adolescentes, a ingestão elevada do chamado *açúcar de adição* ou *açúcar livre* é preocupante e tem sido destacada como importante fator de risco para doenças como o diabetes e a obesidade (Levy, Claro, Bandoni, Mondini, & Monteiro, 2012). Os açúcares de adição são açúcares adicionados no processamento de alimentos e bebidas (e.g. xarope de milho rico em frutose, mel, xarope branco), excluindo açúcares naturalmente presentes nos alimentos (e.g. frutose em frutas) (Scapin, Fernandes, & Proença, 2017). No Brasil, o consumo excessivo de açúcares de adição tem ultrapassado 60% do limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (Levy et al., 2012). Especificamente, pesquisas epidemiológicas (OMS, 2015; Saúde, 2018) têm indicado uma elevada taxa de consumo de açúcares de adição entre adolescentes.

Paralelamente, o número de crianças e adolescentes entre 05 e 19 anos de idade obesos aumentou cerca de 10 vezes ao longo dos últimos 40 anos em todo o mundo e as projeções são de aumento nos próximos anos (NCD-RisC, 2017). Entre adolescentes brasileiros, um estudo publicado pela Revista de Saúde Pública mostra que 17,1% estão com sobrepeso e 8,4% estão obesos (Bloch et al., 2016). O trabalho indica que questões relacionadas à má qualidade nutricional e a falta de uma rotina de atividades físicas são fatores centrais.

Do ponto de vista conceitual, propomos uma investigação que vai além dos limites conceituais da Biologia, pois articula com questões sociais e, no caso desta proposta, envolve também conhecimentos conceituais em Física e Química a partir de um diálogo interdisciplinar. Tais conceitos abrangem conhecimentos relacionados à: concentração de misturas, à refração da luz e à fisiologia do corpo humano.

Do ponto de vista dos domínios epistêmico e social, a sequência busca gerar oportunidades para que os estudantes possam: coletar dados para análise

da concentração do açúcar de adição em diferentes bebidas, elaborar propostas de explicação para a obesidade, argumentar em torno dessas propostas, ampliar suas análises a partir de uma perspectiva social do fenômeno.

Atividade 1: Levantando dados e pensando sobre o fenômeno

A primeira atividade que compõe a sequência tem como objetivo contextualizar a investigação a partir dos hábitos alimentares dos próprios estudantes. Sugerimos que o questionário seja aplicado por meio de formulários eletrônicos (e.g. *google forms*), pois permite facilmente a compilação do perfil alimentar da turma em gráficos para se observar certas tendências nutricionais. Este levantamento será importante para que a turma compreenda melhor a importância de conduzir a investigação subsequente.

Sugestão de Questionário:

1) Nos últimos 7 dias, marque os alimentos que você consumiu por pelo menos 5 vezes nessa última semana.

- Feijão pelo menos 1 vez ao dia
- Legume (exceto batata inglesa, mandioca e inhame), pelo menos 2 vezes ao dia
- Fruta *in natura* (em estado natural), pelo menos 3 vezes ao dia
- Leite (semi ou desnatado), pelo menos 1 vez ao dia
- Refrigerante, refresco ou suco artificial, pelo menos 1 vez ao dia
- Guloseima (Bala, chocolate, sorvete, bolo, torta doce etc.), pelo menos 1 vez ao dia
- Biscoito doce (recheado ou não), pelo menos 1 vez ao dia
- Hortaliça crua (folhas verdes), pelo menos 2 vezes ao dia

2) Você despende de três ou mais horas diárias do seu tempo livre vendo televisão ou usando computador, *tablet* ou celular?

- Sim
- Não

3) Avalie o quanto essa imagem te agrada quanto ao despertar em você a vontade de comer:





Fontes: <https://pixabay.com/pt/photos/doces-guloseimas-chocolate-1722514/>
<https://www.pexels.com/pt-br/foto/849682/>

4) Avalie o quanto essa imagem te agrada quanto ao despertar em você a vontade de comer:



Fontes: <https://pixabay.com/pt/photos/alimentos-vegetais-saud%C3%A1vel-3270461/>
<https://pxhere.com/pt/photo/1596594>

5) Você concorda com leis que proíbem a venda de alimentos tipo guloseimas, salgados e industrializados nas escolas?

- Sim
- Não
- Não sei

6) Supondo que os alimentos abaixo estejam disponíveis no cardápio escolar, marque até 5 opções que você optaria facilmente para consumo no lanche da sua escola.

- | | | |
|--|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Frutas | <input type="checkbox"/> Pizza | <input type="checkbox"/> Sanduíche Natural |
| <input type="checkbox"/> Sanduíche comum | <input type="checkbox"/> Fritas | <input type="checkbox"/> Arroz Rico |
| <input type="checkbox"/> Salgado | <input type="checkbox"/> Feijoada | |

7) Alimentos diet e *light* costumam ser itens saudáveis para consumo.

- Sim
- Não
- Não sei

8) Alimentos de sabor adocicado costumam apresentar maior teor de açúcar do que aqueles de sabor menos doce

- Sim
- Não necessariamente
- Não sei

O professor pode alterar as questões dependendo do contexto específico de suas turmas. Propomos que, após a aplicação do questionário, o professor apresente os resultados e conduza uma discussão com toda a turma com o objetivo de suscitar por meio da análise e discussão dos resultados um engajamento sobre a temática. Por exemplo, em experiências que tivemos ao aplicar este questionário em turmas do Ensino Médio, percebemos, um consumo frequente de produtos com altas dosagens de açúcares na rotina dos alunos e baixo consumo de frutas e legumes. Conforme indicamos, uma estratégia interessante é apresentar os gráficos para que os próprios estudantes observem o perfil nutricional do grupo e, a partir daí, possam surgir questões em torno dos fenômenos.

A partir desta análise inicial, propomos uma roda de conversa com a turma sobre alimentação, uma vez que esta temática desperta atenção de adolescentes, principalmente, discussões referentes a diferentes tipos de dieta, alimentos funcionais e cuidados com o corpo. Nesta conversa, os estudantes poderão levantar dúvidas que serão debatidas em grupo e, posteriormente, com o professor. É importante indicar que conhecimentos neste campo estão em constante discussão, havendo novas hipóteses e propostas. Portanto, uma alternativa é convidar um profissional da nutrição para um bate papo com a turma para enriquecer o debate gerado a partir dos resultados do questionário. Durante essas conversas, o professor pode introduzir questões relacionadas às bebidas industrializadas, questionando, por exemplo, a composição de tais produtos e se os estudantes sabem as consequências de seu uso indiscriminado. Pretende-se que esta primeira atividade seja mais dialógica e se desenvolva a partir dos hábitos dos estudantes, suas dúvidas e questões.

Sabemos que esta temática envolve não apenas conhecimentos biológicos, mas também elementos da vida do adolescente, como a autoestima, a construção da identidade, a preocupação e percepção do próprio corpo e o preconceito. Desse modo, consideramos que a abertura ao diálogo é central para o desenvolvimento desta atividade.

Atividade 2: O açúcar de adição – construindo um experimento investigativo

A proposta experimental da sequência visa coletar dados para determinar a concentração de açúcar de bebidas industrializadas e, em geral, muito consumidas por adolescentes. Os resultados do questionário, conforme indicamos, podem apontar uma diretriz como algo interessante a ser explorado pelo grupo.

Sugerimos que o professor converse com a turma sobre o experimento e faça uma discussão sobre as amostras que eles desejam investigar, por exemplo, refrigerantes (tradicional e zero açúcar) e sucos de caixinha. A proposta é que os estudantes mensurem a glicose de cada bebida usando um prisma e um apontador laser.

Para isso, será necessário organizar o material listado a seguir:

1. Açúcar;
2. Água filtrada;
3. Diferentes bebidas açucaradas (discutir com os estudantes o que querem investigar¹⁶);
4. Pipeta de Pasteur;
5. Tubos de ensaio etiquetados;
6. Béquer;
7. Fita crepe;
8. Fita dupla-face;
9. Cartolina ou papel kraft;
10. Refratômetro (Kit prisma e apontador laser);
11. 4 lâminas histológicas (26 X 76 mm);
12. “Durepox” ou material similar;
13. Tampa de caixa de isopor ou pedaço de madeira;

¹⁶ É aconselhável sempre testar a bebida a ser usada antes. Bebidas de cores claras e gaseificadas (e.g. refrigerante de laranja, limão e suco de pêssego) tendem a absorver mais a luz e refratá-la de forma dispersa de modo a não gerar um feixe de luz delimitado. Bebidas muito densas ou que o principal componente da densidade não for açúcar podem gerar resultados muito diferentes da quantidade de açúcar informada no rótulo ou mesmo absorver o feixe de luz completamente (e.g. bebidas lácteas ou a base de soja).

Observe que o refratômetro deve ser construído¹⁷ a partir da associação entre um prisma, à esquerda da Figura 5.1, e um apontador laser, à direita da Figura 5.1. O prisma deverá ser construído utilizando 4 lâminas histológicas fixadas com durepox ou material similar que seja capaz de colar vidro, conforme a Figura 5.2. Sugere-se colar o prisma e o laser sobre uma tampa de caixa de isopor ou um pedaço de madeira usando fita dupla-face, conforme mostra a foto da Figura 5.1.

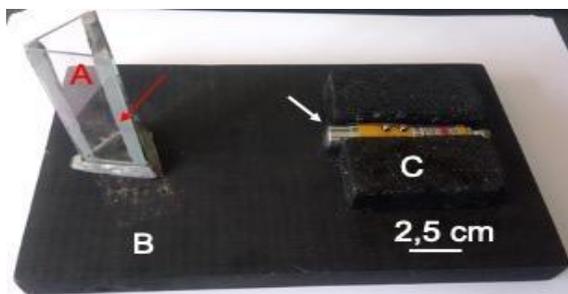


Figura 5.1: Foto ilustrativa de um refratômetro que pode ser construído pelos estudantes. A, prisma feito com 4 lâminas histológicas; B, pedaço de madeira pintado de preto, C, pedaço de isopor. A seta vermelha aponta para o “durepox” utilizado para colar as lâminas e a seta branca indica o

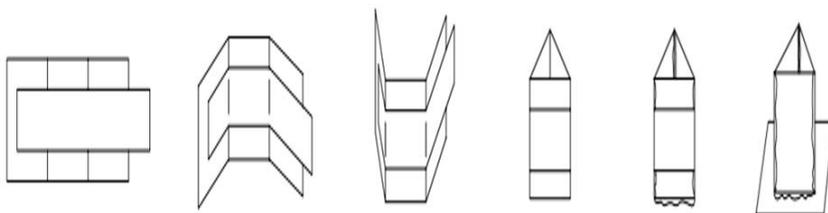


Figura 5.2: Sequência de passos para a confecção do prisma a partir de 4 lâminas histológicas, “durepox” e fita crepe. Fonte: Adaptado de Edmiston, M. D. (2001).

O esquema a seguir (Figura 5.3) indica como o aparato experimental deve ser montado em sala de aula. É recomendado que essa montagem seja feita antecipadamente e não no momento da realização das medidas, pois demandará tempo. Observe a posição do prisma em relação ao laser e que a cartolina deve ser fixada na parede em que o raio refratado irá incidir.

¹⁷ O refratômetro artesanal usado no experimento em questão foi reproduzido e adaptado a partir de Edmiston, M. D. (2001). A liquid prism for refractive index studies. *Journal of chemical education*, 78(11), 1479.

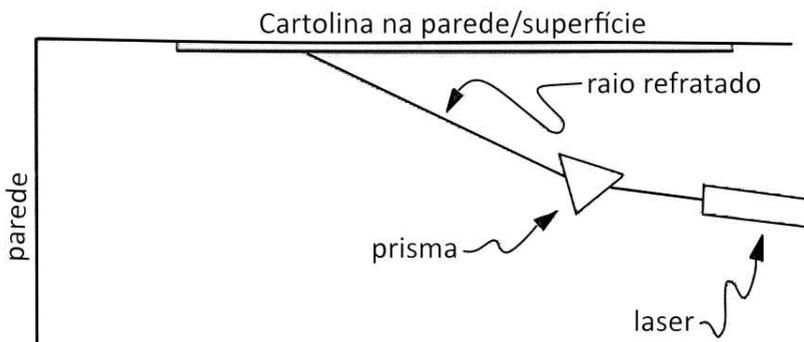


Figura 5.3: Esquema para montagem do experimento em sala de aula. Fonte: Adaptado de Edmiston, M. D. (2001).

Fase 1: Preparando as soluções de açúcar

O preparo das soluções abre oportunidades para um diálogo interdisciplinar com as aulas de Física e Química, uma vez que envolve a compreensão do fenômeno da refração para entender a aplicação e funcionamento do aparato experimental e dos conceitos de solução, misturas e de concentrações, além do conhecimento do uso da vidraria com medidas de volume (pipeta, béquer, tubo de ensaio). Para o uso do aparato, os estudantes deverão preparar 2 soluções de açúcar em diferentes concentrações, conforme descrito a seguir. Incluir um tubo de ensaio contendo somente água filtrada (etiquetado como 0, Figura 4). Estas soluções servirão para o estabelecimento dos pontos na cartolina que serão utilizados como referência (padrão) para as medidas de açúcar nas bebidas, conforme descrito na fase 2.

- 1) Solução de 5%: Adicionar 5 g de açúcar para 100 mL de água em um tubo de ensaio etiquetado.
- 2) Solução de 2,5%: Adicionar 2,5 g de açúcar para 100 mL de água em um tubo de ensaio etiquetado. Na ausência de balança, basta adicionar um sachê de 5 g de açúcar para 200 mL de água.
- 3) Solução de 0%: Adicionar somente água em um tubo de ensaio etiquetado.

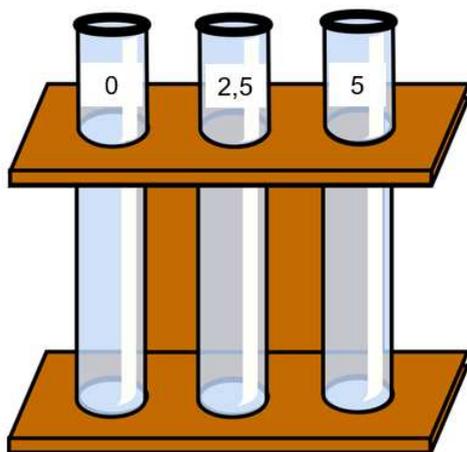


Figura 5.4: Representação dos tubos rotulados.

Fase 2: Estabelecendo um padrão para mensurar a concentração

Neste momento, os estudantes devem registrar os pontos de cada solução-padrão na cartolina. Para isso,

1. preencha 1/3 (um terço) do prisma com a água filtrada (tubo 0);
2. ligue o laser e marque o ponto onde a luz incidir sobre a cartolina, nomeando este ponto como 0, conforme figura 5.
3. remova a água filtrada com a pipeta e preencha com a solução de açúcar 2,5% em água, repita o passo 2, nomeando o ponto sobre a cartolina como 2,5%;
4. repita o passo 3 para a solução de açúcar 5% e nomeie esse ponto como 5%.

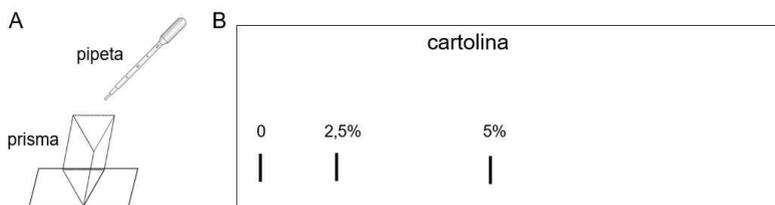


Figura 5.5: (A) representação da adição da solução no interior do prisma e (B) representação da marcação de pontos na cartolina.

Por meio dessas medições, os estudantes poderão estabelecer os padrões que serão utilizados para mensurar a concentração de açúcar das bebidas selecionadas, como por exemplo refrigerantes tradicional e zero açúcar e sucos de caixinha. Para isso, o estudante deve calcular a distância entre o ponto 0 (zero) e ponto de cada solução de açúcar (2,5%; 5%) em centímetros e anota r na tabela abaixo. Essa medida será utilizada para a estimativa da concentração de açúcar nas bebidas escolhidas, conforme descrito na fase 3.

Concentração de açúcar (%)	Distância do ponto 0 (em cm)
2,5%	
5%	

Modelo de tabela para registro da Fase 2. Fonte: os autores.

Fase 3: mensurando as concentrações

Para esse momento, é importante que as bebidas estejam em mesma temperatura. Portanto, mantenha em temperatura ambiente. Bebidas gaseificadas, como os refrigerantes, devem estar sem o gás dissolvido para não interferir na refração do laser.

Os estudantes devem colocar a bebida a ser testada no prisma, na medida de 1/3 (um terço), utilizando a pipeta e, usando uma caneta, marcar o ponto onde o laser acertar na cartolina. Por fim, devem medir as distâncias dos novos pontos até o ponto 0 (zero) usando a régua, assim como feito com as soluções padrões. Recomenda-se utilizar canetas ou lápis de cores diferentes para evitar confusão com os pontos registrados na fase 2.

Concentração de açúcar	Distância do ponto 0 (em cm)
Nome da bebida:	
Nome da bebida:	
Nome da bebida:	

Modelo de tabela para registro da Fase 3. Fonte: os autores.

Fase 4: produzindo os resultados

Para este momento, sugerimos que o professor discuta com os estudantes como os dados coletados na fase 2 podem ser associados aos dados coletados na fase 3 para que seja realizado os cálculos que permitirão estimar as concentrações de açúcar de cada bebida. A ideia é aplicar uma regra de três simples para estimar a concentração de açúcar em g/100 mL da bebida pesquisada, conforme o exemplo a seguir de uma bebida cuja distância do ponto 0 foi de 16 cm.

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ \times \\ \hline x \end{array} \quad \begin{array}{r} 8 \text{ cm} \\ \times \\ \hline 16 \text{ cm} \end{array}$$

$$X = 5$$

Logo, a concentração estimada da bebida é de 5 g por 100 mL

Atividade 3: Refletindo sobre os dados

O objetivo desta atividade é retomar os dados das atividades 1 e 2 e promover uma reflexão sobre seus resultados. A proposta é manter o trabalho em grupos, a partir da discussão e elaboração de respostas para algumas questões orientadoras da reflexão. Algumas sugestões de perguntas:

- 1) Discuta com os seus colegas e explique: para quê foi necessário utilizar as soluções-padrões para medir o açúcar?
- 2) Compare as bebidas e escreva abaixo os nomes, em ordem, da mais alta para a mais baixa concentração de açúcar, conforme os resultados obtidos.

_____ > _____ > _____

- 3) Agora, compare também os seus resultados com a tabela nutricional no rótulo do seu produto. Lembre-se que o açúcar contido é reportado como “carboidratos”. Os resultados encontrados estão de acordo com o rótulo?
- 4) Na situação onde os resultados encontrados divergem do rótulo, discuta com o seu grupo os motivos possíveis para esta discrepância.
- 5) A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que o consumo de açúcar não ultrapasse 50 g por dia. Para isso, deve-se considerar toda a ingestão de carboidratos ao longo de um dia todo. Sabendo que uma lata de Coca-Cola padrão possui 350 mL, quanto de açúcar está contido nesta lata? Elabore conclusões plausíveis, considerando a recomendação da OMS.

- 6) Como esta atividade se relaciona com a sua vida cotidiana?
- 7) Dentre os diversos problemas atualmente relacionados ao excesso no consumo de açúcar de adição, a obesidade é um dos mais preocupantes. Leia o trecho a seguir, de uma pesquisa que aponta esta relação:

A prevalência da obesidade tem aumentado dramaticamente nas últimas décadas em todo o mundo. Neste contexto, o consumo excessivo de açúcar de adição e sua presença em alimentos processados têm sido apontados como fatores que contribuem positivamente para o aumento da ingestão energética, que pode favorecer o ganho de peso e elevar o risco de desenvolvimento de doenças relacionadas à obesidade. A recomendação do consumo diário de açúcares de adição para adultos e crianças é menor que 10% da ingestão energética total, contudo, evidências mostram que a média do consumo atual excede os 14% (Ricco, 2016).

- a) Com base em conhecimentos sobre nutrição humana, e a partir dos dados obtidos em nossa investigação, como explicar a relação entre o consumo de açúcar de adição e a obesidade no mundo atual?
- b) Observe o gráfico a seguir:

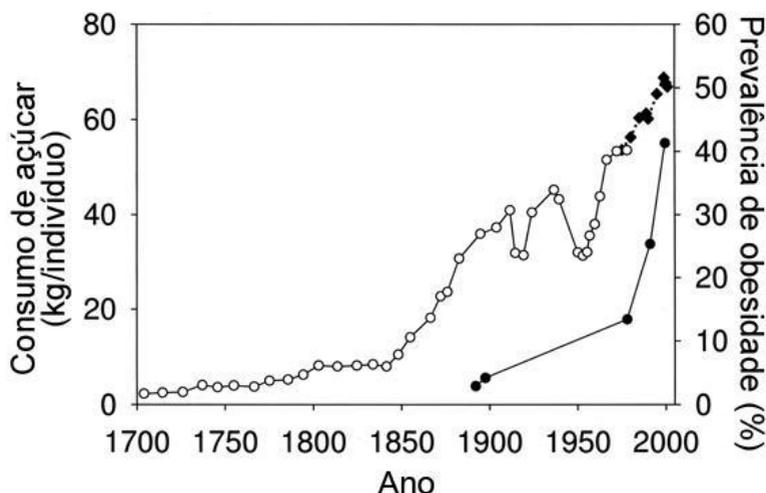


Figura 5.6: Relação entre consumo de açúcar e prevalência da obesidade ao longo dos últimos séculos. Fonte: Adaptado a partir de Johnson et al. (2007).

Considerando esses dados, o que pode ser observado na relação entre o consumo de açúcar de adição e a prevalência da obesidade ao longo dos últimos

três séculos? Como explicar esse fenômeno?

- c) Apesar de haver dados que indicam esta relação entre consumo de açúcar de adição e prevalência da obesidade, sabe-se que a obesidade não ocorre exclusivamente devido ao açúcar. Desse modo, pense com o seu grupo em possíveis explicações, além do consumo de açúcar, para a elevada ocorrência da obesidade no mundo atual.

Esta última questão é importante para que o professor estabeleça uma relação entre as atividades sobre o açúcar de adição e a atividade sobre a obesidade. Nela, os estudantes observam que há relações entre a obesidade e o consumo de açúcar de adição. No item (a), a proposta é que os estudantes mobilizem conhecimentos conceituais trabalhados previamente sobre o processo de digestão e o fornecimento energético dos carboidratos, destacando a relação entre demanda energética do corpo, consumo calórico e os efeitos do excesso do açúcar de adição. De modo estrito, esta questão pode ser discutida com base em conhecimentos biológicos. Porém, consideramos interessante que o professor também levante aspectos socioculturais que podem agregar à discussão. É possível pensar, por exemplo, nos hábitos alimentares da sociedade ocidental, lembrando dados da atividade 1. Esse aspecto será importante para a discussão do item (b). Observe que, além da relação entre consumo de açúcar e prevalência da obesidade, há também dados dos padrões de consumo de açúcar nos últimos séculos.

Por fim, no item (c), a proposta é analisar o fenômeno da obesidade como algo mais amplo e que envolve uma série de fatores que vão além do consumo de açúcar. O objetivo é que os estudantes percebam que uma das consequências do consumo excessivo de açúcar de adição é a obesidade, mas que a prevalência desta doença vai além desse hábito de consumo. O levantamento de hipóteses realizado na última questão da atividade 3 será retomado na atividade 4.

Atividade 4: Conversando sobre a obesidade

A segunda parte desta sequência envolve três atividades sobre a obesidade. Na atividade anterior, os estudantes fizeram discussões preliminares, estabelecendo relações entre o consumo de açúcar de adição e a obesidade e tiveram que pensar em possíveis explicações para o aumento da prevalência desta doença nos tempos atuais.

É importante destacar que as causas da obesidade não serão explicadas de modo simplista em sala de aula, mas as atividades investigativas propostas levantam pontos importantes para reflexão. A expectativa é que os estudantes

levantem hipóteses mais amplas na atividade anterior. Esperamos que dentre suas hipóteses, os estudantes tenham mencionado questões como os hábitos alimentares da sociedade ocidental, suas alterações nas últimas décadas, mudanças em padrões de vida e trabalho e sedentarismo. Todas essas hipóteses são importantes para explicar a prevalência da obesidade. Porém, nosso objetivo com esta sequência é fazer um recorte conceitual capaz de explorar o dinamismo da fisiologia humana e os desafios que os cientistas encontram para elaborar explicações únicas para os fenômenos nutricionais.

Desse modo, a atividade 4 não tem a pretensão de esgotar as explicações para a prevalência da obesidade na sociedade atual. Optamos por explorar um conjunto de estudos científicos que serão úteis para auxiliar o professor na orientação da análise das hipóteses levantadas pelos estudantes. Especificamente, selecionamos estudos que buscavam relacionar a obesidade à ação de um hormônio, a leptina. A partir de um conjunto de dados de pesquisas, será possível perceber que uma explicação simples e única não é suficiente para resolver a questão da obesidade. Para isso, propomos que os estudantes sejam estimulados a pensar sobre a questão a partir da leitura e discussão de um texto, lido em conjunto com a turma:

Texto Motivador da questão – A obesidade e a saciedade.

Em 1994, pesquisadores da Universidade Rockefeller nos Estados Unidos descobriram um hormônio que chamaram de leptina, também conhecido como “o hormônio da saciedade”. Este hormônio é produzido por células de gordura que formam o tecido adiposo. Antes disso, a gordura corporal nunca havia sido considerada um “órgão endócrino”, e a obesidade não era considerada um problema relacionado ao sistema endócrino. Nesta investigação, a proposta é analisar diversos resultados de experimentos para compreender a complexa ação do sistema endócrino sobre processos de digestão.

Os estudos sobre a leptina indicam que este hormônio é secretado por células adiposas, passa à corrente sanguínea e é transportado até o cérebro. No cérebro, a leptina se liga a receptores presentes em células do hipotálamo que regulam o apetite. Observe a região anatômica em que se localiza o hipotálamo (Figura 5.7):

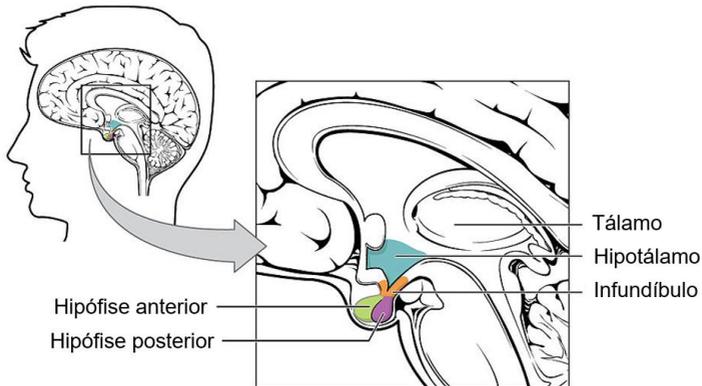


Figura 5.7: O hipotálamo é uma região do encéfalo, localizada acima da glândula hipófise.
 Fonte: Adaptado de OpenStax College - WIKIMEDIA COMMONS The Hypothalamus-Pituitary Complex.

Observe o mecanismo de controle deste hormônio por meio da figura:



Figura 5.8: Esquema representando o mecanismo de ação da leptina. Fonte: Os autores.

Observe o lado 1 da Figura 5.8. Quando a massa de tecido adiposo aumenta, os níveis de leptina no sangue aumentam. Este aumento de leptina sinaliza para o hipotálamo que as demandas do organismo por energia foram saciadas. Então, o hipotálamo promove a redução do apetite e, conseqüentemente, ocorre a diminuição da ingestão alimentar. Com a redução da ingestão alimentar, a massa de tecido adiposo diminui. Agora, observe o lado 2 da

figura. Quando a massa de gordura diminui, os níveis de leptina no sangue diminuem, estimulando o apetite até que a massa gordurosa seja restaurada. Este mecanismo de autorregulação é conhecido como retroalimentação. As glândulas endócrinas utilizam esse tipo de mecanismo de regulação para manter outros sistemas em equilíbrio. Por exemplo, as células do pâncreas secretam o hormônio insulina quando os níveis de glicose estão altos, a insulina tem a função de promover a entrada de glicose para dentro da célula, fazendo com que os níveis de glicose no sangue diminuam, isto é o sinal de retroalimentação utilizado pelo pâncreas que cessará, dessa forma, a liberação de insulina.

O mesmo tipo de regulação mantém em equilíbrio a massa gordurosa de nosso corpo, dentre outros hormônios, a leptina será liberada pelas células do tecido adiposo reduzindo o apetite. A redução do apetite leva a diminuição da ingestão alimentar e, conseqüentemente, da massa gordurosa. Desta forma, temos um sistema preparado para controlar a massa gordurosa do nosso corpo, certo?

Com essa descoberta, pensou-se que a obesidade estaria resolvida. Porém, a questão não se resolveu. Ao contrário, a obesidade tem sido considerada um importante problema de saúde pública, sendo indicada como uma epidemia global pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Estimativas mostram que em 2025, o Brasil será o quinto país no mundo a ter problemas de obesidade em sua população.

Pense na seguinte questão:

Se o corpo humano possui esse mecanismo hormonal que mantém a ingestão alimentar e o peso corporal, por que existem casos de obesidade?

Elabore duas hipóteses para tentar explicar o fenômeno. Lembre-se de retomar as explicações levantadas ao final da atividade anterior. Você manteve aquelas hipóteses para explicar este fenômeno? Justifique.

Ao elaborar as hipóteses na atividade 4, esperamos que as propostas sejam mais específicas do que aquelas discutidas ao final da atividade 3. Encontramos aqui uma oportunidade relevante para que o professor explore a natureza do trabalho científico. Na atividade anterior, havia uma questão que abrangia um fenômeno mais amplo. Agora, de modo semelhante ao modo de trabalho dos cientistas, temos um recorte conceitual mais específico: estamos falando da obesidade em suas relações com mecanismos de regulação e saciedade. Isso demanda a mobilização de conhecimentos mais específicos com um recorte conceitual capaz de fornecer possíveis explicações plausíveis para o fenômeno.

Atividade 5: Discutindo dados científicos para analisar a obesidade

A partir da discussão realizada na atividade anterior, a proposta é que os estudantes analisem diferentes resultados experimentais capazes de subsidiar um processo de avaliação das hipóteses. Apresentamos, a seguir, um conjunto de dados científicos coletados em diferentes experimentos feitos por pesquisadores que buscavam entender o fenômeno da obesidade, a partir de resultados sobre apetite e saciedade no corpo humano. Desse modo, é importante ter em mente que, dependendo dos tipos de hipóteses levantadas pelos estudantes, será preciso mobilizar outros resultados. Sugerimos aqui algumas hipóteses que podem surgir nesta atividade:

- 1) Quando a pessoa come muito rápido, não dá tempo de a leptina agir, assim ela come muito mais do que precisava para se sentir saciada.
- 2) Há uma deficiência na produção de leptina.
- 3) Pode haver um problema na ação da leptina, ou seja, a pessoa produz, mas a leptina não faz efeito (como no caso da diabetes *mellitus*, em que a insulina não é capaz de colocar a glicose para dentro da célula e, conseqüentemente, os níveis de glicose ficam altos no sangue).
- 4) Há outros fatores, além da produção de leptina, que interferem no controle do apetite, por exemplo, outros hormônios, fatores ambientais/psicológicos etc.
- 5) Há outros fatores, além da quantidade de massa adiposa, que interferem na produção de leptina.

Nesta sequência, indicamos nove resultados que compõem um corpus de dados capaz de auxiliar nos processos analíticos dessas hipóteses, mas que não esgotam a questão em sua complexidade. Observe o conjunto de dados científicos, gerados a partir de resultados experimentais, a seguir. Cada dado deverá ser analisado em confronto com as hipóteses.

RESULTADO 1
Experimentos indicam que a ação da leptina só acontece cerca de 4 a 7 horas após o término da refeição.
Fonte: Hilton, L. K., & Loucks, A. B. (2000). Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. <i>Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.</i> , 278, p. 43-49.

RESULTADO 2

Foram realizados exames com pacientes obesos com o objetivo de medir a quantidade de leptina presente no sangue. Os exames indicaram que a concentração de leptina no sangue dos pacientes era elevada.

Fonte: Friedman, J. M. (2002). The function of leptin in nutrition, weight, and physiology. *Nutr. Rev.*, 60, p. 1-14.

RESULTADO 3

Foram realizados experimentos com pacientes obesos, injetando leptina na corrente sanguínea. Os pacientes foram monitorados e percebeu-se que não havia resultados de emagrecimento, mesmo com a concentração elevada de leptina na corrente sanguínea.

Fonte: Hofbauer, K. G. (2002). Molecular pathways to obesity. *Int. J. Obes.*, 26, supl. 2, p. 18-27.

RESULTADO 4

Experimentos foram realizados com camundongos que possuíam uma falha genética e eram obesos. A falha genética impedia a produção de receptores de leptina presentes no hipotálamo. Durante os testes, cientistas injetaram leptina diretamente em sua corrente sanguínea, mas não havia efeitos de emagrecimento.

Fonte: Tartaglia, L.A. (1997). The leptin receptor. *J. Biol. Chem.*, 272, p. 6093-6097.

RESULTADO 5

Experimentos indicam que alguns neurotransmissores (serotonina e dopamina) também agem na regulação da fome e saciedade.

Fonte: Halpern, A., & Mancini, M. C. (2003). Treatment of obesity: an update on anti-obesity medications. *Obes. Rev.*, 4, p.2542.

RESULTADO 6

Experimentos com seres humanos indicaram que os efeitos da leptina são muito mais intensos quando sua concentração está baixa do que quando está aumentada. Ou seja, a ação da leptina é muito mais poderosa para aumentar o apetite, do que para diminuir.

Fonte: Flier, J. S. (1997). Leptin expression and action: new experimental paradigms. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 94, p.4242-4245.

RESULTADO 7

Experimentos indicaram que a insulina pode alterar a ação da leptina. Quando a insulina se liga a seus receptores, ocorrem reações que diminuem a sensibilidade do hipotálamo à leptina.

Fonte: Júnior, J. D., Pedrosa, R. G., & Tirapegui, J. (2004). Aspectos atuais da regulação do peso corporal: ação da leptina no desequilíbrio energético. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences.* v. 40, n. 3.

RESULTADO 8

Foi descoberto outro hormônio, que controla a ingestão alimentar. A grelina é produzida no estômago e atua estimulando o apetite: tem um efeito contrário ao da leptina. Porém, testes com ratos indicam que não há relações diretas entre grelina e leptina. A grelina regula a ingestão de alimentos a curto prazo, pois sua concentração diminui quase que imediatamente após a refeição.

Fonte: Erdmann, J., Topsch, R., Lippl, F., Gussmann, P., & Schusdziarra, V. (2004). Postprandial response of plasma ghrelin levels to various test meals in relation to food intake, plasma insulin, and glucose. *J Clin Endocrinol Metabol*, 89(6), 3048-54.

RESULTADO 9

Estudos randomizados indicam que situações de estresse impostas ao corpo, como jejum prolongado e exercícios físicos intensos, provocam a diminuição dos níveis de leptina na corrente sanguínea, o que aumenta o apetite.

Fonte: Unal, M. (2005). Investigation of serum leptin levels in professional male football players and healthy sedentary males. *Neuro Endocrinol Letters*, 26, p. 148-151.

O processo de análise desse conjunto de dados poderá seguir diferentes caminhos em sala de aula. Um deles é a distribuição dos dados por grupo, por exemplo, três resultados por grupo. Cada grupo deve ler, interpretar e analisar as hipóteses à luz dos resultados. É importante, porém, que mesmo havendo uma organização por grupo, toda a turma conheça todos os dados. Isso também pode ser feito de diferentes formas, por exemplo, fazendo um revezamento dos dados entre os grupos ou pedindo que cada grupo apresente seus dados e conclusões para os colegas.

Atividade 6: Ampliando as análises

Esta atividade propõe a retomada e o aprofundamento da análise anterior. A partir das análises em grupos, a turma deverá unir suas conclusões para confrontá-las e argumentar em torno delas. A seguir, organizamos um quadro que estabelece relações entre as possíveis hipóteses levantadas e o conjunto de dados analisados. O professor poderá desenvolver algo semelhante com a turma, compilando no quadro negro as relações entre dados e hipóteses.

Possíveis hipóteses	Dados para analisar cada hipótese	
	Corroboram:	Refutam:
Quando a pessoa come muito rápido, não dá tempo de a leptina agir, assim ela come muito mais do que precisava para se sentir saciada.		Resultados 1 e 8
Há uma deficiência na produção de leptina.	Resultado 9	Resultado 2
Pode haver um problema na ação da leptina, ou seja, a pessoa produz, mas a leptina não faz efeito (como no caso da diabetes).	Resultados 2, 3, 4, 6 e 7	
Há outros fatores, além da produção de leptina, que interferem no controle do apetite, por exemplo, outros hormônios, fatores ambientais/psicológicos.	Resultados 5, 7, 8 e 9	
Há outros fatores, além da quantidade de massa adiposa, que interferem na produção de leptina.	Resultado 9	

Quadro 5.1: Relações entre hipóteses e conjunto de dados sobre a obesidade. Fonte: Os autores.

Este momento é importante para que possíveis discordâncias no modo de interpretar cada dado. Assim, quando houver dados usados de diferentes formas pela turma, sugerimos que o professor questione, pergunte como cada grupo fez sua análise e que justifiquem suas posições. Esse processo ampliará as oportunidades para que os estudantes se engajem em práticas dos domínios epistêmico e social da ciência envolvidos nesta proposta didática.

Para este processo de divulgação, é importante que o professor ajude os estudantes a perceber que, a partir da investigação, foi possível compreender que fenômenos alimentares atuais constituem uma questão que vai muito além de uma única causa simples de se explicar. Há uma série de hormônios envolvidos,

interações entre hormônios e outras substâncias, outros aspectos biológicos, variações entre indivíduos, além de fatores sociais e culturais, como o sedentarismo. Portanto, questões sócio científicas relacionadas à alimentação demandam explicações que considerem diferentes fatores.

Nesta discussão, sugerimos que o professor explore com os estudantes possíveis formas de ampliar a compreensão sobre esses diversos fatores. A proposta é que os estudantes pensem em possíveis formas de coletar dados capazes de sustentar que a obesidade é uma doença multifatorial. Podemos pensar em algumas possibilidades: dados dos hábitos alimentares de diferentes culturas e a prevalência da obesidade em cada um deles; dados sobre índices de qualidade de vida, atividade física e prevalência da obesidade em diferentes países; teste genéticos, para verificar fatores hereditários envolvidos na obesidade. Aqui é importante que o professor ajude os estudantes a perceber como os resultados de uma investigação abrem possibilidades para novas pesquisas, dúvidas e indagações. Perguntas são geradas a partir dos resultados gerados por perguntas anteriores e, desse modo, a ciência é construída.

Atividade 7: Divulgando o que aprendemos

Para finalizar essa sequência, os estudantes deverão produzir, em grupos, formas de divulgação do conhecimento construído. Cada grupo poderá escolher diferentes temáticas estudadas ao longo das atividades para fazer esta divulgação, como os hábitos alimentares da turma analisados na atividade 1; o consumo de açúcar de adição, analisado nas atividades 2 e 3; ou a obesidade, analisada entre as atividades 4, 5 e 6.

Os modos de divulgação podem ser diversos, mas seria importante envolver a comunidade escolar de alguma forma, por exemplo, produção de vídeos para um canal no Youtube, produções de postagens para redes sociais, apresentações para outras turmas da escola ou participação em feira de ciências e/ou culturais.

Referências

- Bloch, K. V., Klein, C. H., Szklo, M., Kuschnir, M. C. C., Abreu, G. d. A., Barufaldi, L. A., . . . Moraes, A. J. P. (2016). ERICA: prevalências de hipertensão arterial e obesidade em adolescentes brasileiros. *Revista de Saúde Pública*, 50, 9s.
- Edmiston, M. D. (2001). A liquid prism for refractive index studies. *Journal of chemical education*, 78(11), 1479.
- Erdmann, J., Topsch, R., Lippl, F., Gussmann, P., & Schusdziarra, V. (2004). Postprandial response of plasma ghrelin levels to various test meals in relation to food intake, plasma insulin, and glucose. *J Clin Endocrinol Metabol*, 89(6), 3048-54.

- Flier, J. S. (1997). Leptin expression and action: new experimental paradigms. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 94, p.4242-4245.
- Friedman, J. M. (2002). The function of leptin in nutrition, weight, and physiology. *Nutr. Rev.*, 60, p. 1-14.
- Halpern, A., & Mancini, M. C. (2003). Treatment of obesity: an update on anti-obesity medications. *Obes. Rev.*, 4, p.2542.
- Hilton, L. K., & Loucks, A. B. (2000). Low energy availability, not exercise stress, suppresses the diurnal rhythm of leptin in healthy young women. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 278, p. 43-49.
- Hofbauer, K. G. (2002). Molecular pathways to obesity. *Int. J. Obes.*, 26, supl. 2, p. 18-27.
- Johnson, R. J., Segal, M. S., Sautin, Y., Nakagawa, T., Feig, D. I., Kang, D.-H., Gersch, M. S., Benner, S., & Sánchez-Lozada, L. G. (2007). Potential role of sugar (fructose) in the epidemic of hypertension, obesity and the metabolic syndrome, diabetes, kidney disease, and cardiovascular disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(4), 899–906. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.4.899>
- Júnior, J. D., Pedrosa, R. G., & Tirapegui, J. (2004). Aspectos atuais da regulação do peso corporal: ação da leptina no desequilíbrio energético. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. v. 40, n. 3.
- Levy, R. B., Claro, R. M., Bandoni, D. H., Mondini, L., & Monteiro, C. A. (2012). Disponibilidade de "açúcares de adição" no Brasil: distribuição, fontes alimentares e tendência temporal. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 15, 3-12.
- NCD-RisC. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128 9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*, 390, 2627-2642.
- OMS. (2015). Diretriz: ingestão de açúcares por adultos e crianças. Retrieved from Genebra:
- Saúde, M. d. (2018). Vigitel: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico Retrieved from <http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/julho/25/vigitel-brasil-2018.pdf> website:
- Ricco, K. S. (2016). *Influência do consumo de açúcar na prevalência da obesidade e doenças relacionadas*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em FarmáciaBioquímica da Faculdade de Ciências

Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista como requisito para obtenção do grau de Farmacêutica-Bioquímica.

Scapin, T., Fernandes, A. C., & Proença, R. P. d. C. (2017). Added sugars: Definitions, classifications, metabolism and health implications. *Revista de Nutrição*, 30(5), 663-677.

Tartaglia, L.A. (1997). The leptin receptor. *J. Biol. Chem.*, 272, p. 6093-6097.

Unal, M. (2005). Investigation of serum leptin levels in professional male football players and healthy sedentary males. *Neuro Endocrinol Letters*, 26, p. 148-151.



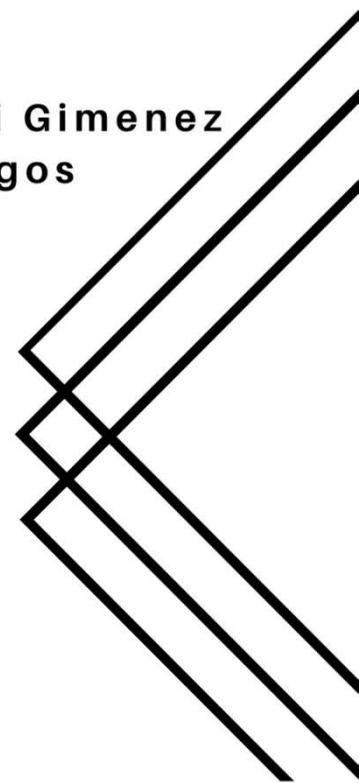
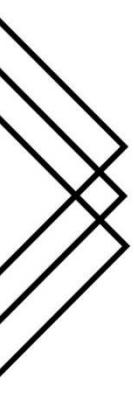
6. Investigando a vacinação e o retorno do sarampo: uma proposta para a educação em saúde em tempos de pós-verdades

Cid Oliveira de Queiroz

Enrico Giovanelli Tacconi Gimenez

Iago José da Silva Domingos

Luiz Gustavo Franco



Introdução

Essa sequência de atividades foi elaborada a fim de trabalhar conhecimentos conceituais da ciência relacionados ao domínio “células e as causas de sua estrutura, função e variação”, explorando o princípio “células interagem com o ambiente externo a elas, incluindo outras células” (Scheiner, 2010). Alguns conhecimentos conceituais relacionados à área de Imunologia serão importantes ao longo desta sequência para desenvolver este princípio e a proposta é desenvolvê-los a partir de um contexto socio científico. A resposta imune adaptativa, está relacionada ao que chamamos de imunidade ativa, é um desses conhecimentos. A imunidade ativa corresponde ao conjunto de mecanismos de defesa que atuam quando um patógeno que infectou o corpo gerou uma resposta primária ou secundária, no caso de uma nova infecção. No caso da vacinação, este processo ocorre de modo artificial. Uma vacina é uma preparação que contém antígenos de patógenos mortos ou atenuados, que não são capazes de agir e gerar uma doença. Desse modo, uma vacina leva uma resposta imunológica primária que desencadeia memória imunológica. Quando o organismo tem um segundo contato com os antígenos, as células formadas a partir da memória levam a uma resposta secundária, mais eficaz, pois é mais rápida e com maior produção de anticorpos (Reece et al., 2015).

Utilizamos como fenômeno de estudo os surtos de sarampo que recentemente acometeram várias cidades brasileiras. Nesse sentido, tratamos os conhecimentos conceituais em questão a partir de uma perspectiva socio científica. Isso significa considerarmos consequências preocupantes de movimentos como o “anti vacina” no meio social. É crescente circulação das chamadas *fake news* e de movimentos negacionistas (Melo et al., 2020). Essas correntes podem causar problemas que extrapolam os limites da vida privada e gerar impactos no domínio público (Lima et al., 2019).

A Internet alterou, de modo significativo, a forma como as pessoas, inclusive estudantes, buscam informações sobre sua saúde, comportamento e outros aspectos de sua vida (Bragazzi et al., 2017). Em 2019, um levantamento do uso de termos para pesquisar artigos sobre vacinas no Google indicou 541 artigos online pró-vacina com um total de 508.571 palavras e 382 artigos anti-vacinas com um total de 843.805 palavras. Uma análise de artigos pró-vacina que só podiam ser entendidos por graduados universitários eram menos envolventes do que aqueles com níveis de legibilidade mais baixos (Xu, Ellis, & Umphrey, 2019). Nesse sentido, grande parte das publicações anti-vacinas são, em geral, de mais fácil compreensão, aumentando sua capacidade de envolver leitores. Outro aspecto relevante desse tipo de publicação é que os usuários podem se envolver de forma ativa nas discussões de temas relacionados à saúde, reagir, questionar, compartilhar (Jiang & Beaudoin, 2016). Essas funções interativas, pouco presentes quando pensamos na comunicação científica, tem um grande potencial de atingir

um público cada vez mais amplo e com maior engajamento. O engajamento em redes sociais tem se revelado um aspecto importante na persuasão dos usuários da web, quando se trata de temáticas relacionadas a comportamento e saúde (Crutzen et al., 2011).

Como comunicar de modo eficiente, sem distorcer a informação científica e alcançar o público-alvo? Esse é um dos desafios da ciência e da educação em ciências em cenários de pós-verdades (Lima et al., 2019). Nesse contexto, o ensino de ciências pode gerar oportunidades para que os estudantes construam a uma visão mais complexa do conhecimento científico, desenvolvendo análises críticas e fundamentadas, a partir da realidade social (Feinstein & Waddington, 2020). Portanto, tem sido cada vez mais relevante pensarmos em alternativas para uma educação em saúde crítica na formação escolar.

Atividade 1: Discutindo o retorno do sarampo.

Nesta primeira atividade, o objetivo é mobilizar os estudantes para o fenômeno em questão. Para isso, propomos um trabalho em pequenos grupos. Cada grupo receberá algumas reportagens referentes ao fenômeno em questão. Para iniciar a atividade, o professor poderá discutir de modo preliminar algumas questões de interesse, como: vocês sabem o que é o sarampo? Qual é o agente causador do sarampo? É possível evitar essa doença? Como? A partir dessa discussão oral, a proposta é que os grupos trabalhem com alguns textos. Sugestões:

Site do Ministério da Saúde: Sarampo – tratamento, prevenção, causas, complicações e tratamento. Disponível em:

[http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/sarampo##targetText=Tr%C3%ADplice%20viral%20%2D%20Protege%20do%20v%C3%ADrus,rub%C3%A9ola%20e%20varicela%20\(catapora\)](http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/sarampo##targetText=Tr%C3%ADplice%20viral%20%2D%20Protege%20do%20v%C3%ADrus,rub%C3%A9ola%20e%20varicela%20(catapora)). Acesso em: 13 out. 2020.

Portal de notícias G1: Bahia registra 26 casos de sarampo; Santo Amaro tem maior número de pessoas com a doença. Disponível em:

<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2019/11/04/bahia-registra-26-casos-de-sarampo-santo-amaro-tem-maior-numero-de-pessoas-com-a-doenca.ghtml>.

Acesso em: 13 out. 2020.

Portal de notícias G1: Número de casos de sarampo em Santa Catarina aumenta 31% em uma semana. Disponível em:

<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2019/11/04/numero-de-casos-de-sarampo-em-santa-catarina-aumenta-31percent-em-uma-semana.ghtml>. Acesso em: 13 out. 2020.

Agência Brasil: Casos de sarampo chegam a 10,6 mil no estado de São Paulo. Disponível em:

<http://agenciabrasil.etc.com.br/saude/noticia/2019-10/casos-de-sarampo-chegam-106-mil-no-estado-de-sao-paulo>. Acesso em: 13 out. 2020.

Portal de Notícias G1: Brasil perderá certificado de erradicação do sarampo após novo caso registrado. Disponível em:

<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2019/03/19/brasil-perderra-certificado-de-erradicao-de-sarampo-apos-novo-caso-registrado.ghtml>.

Acesso em: 13 out. 2020.

Ministério da Saúde: A história da vacinação no Brasil. Disponível em:

<http://www.ccms.saude.gov.br/revolta/ltempo.html>. Acesso em: 13 out. 2020.

Estas são algumas das possíveis referências. Os estudantes devem obter dados gerais sobre o sarampo, bem como dados relacionados ao aumento dos casos de sarampo em anos recentes no Brasil. Uma proposta que pode facilitar o trabalho em sala de aula é transformar cada um desses links em um QRcode, para um acesso mais rápido e prático dos estudantes a cada um dos textos. Para orientar o levantamento inicial de dados e o contato com o fenômeno, sugerimos que o professor coloque algumas perguntas que deverão ser respondidas por cada grupo, por exemplo, formas de infecção, prevenção, tratamento e sintomas do sarampo. No momento de apresentar os dados levantados por cada grupo e discutir essas questões, é importante que o professor mencione a questão da vacinação e que problemas têm surgido recentemente com relação ao sarampo em nosso país.

Atividade 2: Como explicar esse fenômeno?

A segunda atividade envolve o engajamento dos estudantes na elaboração de propostas de explicação para o fenômeno investigado. A partir das discussões realizadas na atividade anterior, o professor deverá levantar a seguinte questão: *se a vacina previne e é utilizada no sistema de saúde público do país, por que têm ocorrido surtos de sarampo?* Essa será a questão orientadora da sequência e deverá ser respondida pelos alunos ao final do processo.

Nesta atividade, propomos uma nova discussão em grupos. Nessa discussão, os estudantes deverão retomar as discussões e dados levantados na atividade anterior para pensar em possíveis explicações. Sugerimos que cada grupo pense em mais de uma hipótese, o que pode favorecer a emergência de diferentes visões e formas de interpretar o fenômeno dentro de cada grupo, estimulando a argumentação. Após a discussão, cada grupo deverá socializar

suas hipóteses, que serão anotadas no quadro. A seguir indicamos algumas possíveis propostas de explicação que podem surgir neste momento:

1. Por que vacinas, na verdade, não funcionam.
2. Vacinas, na verdade, são formas de controlar a população.
3. Porque a vacina pode funcionar, mas causar outras doenças (autismo, gripe, câncer), então muitas pessoas deixaram de tomar.
4. Ninguém precisava de vacina até que as inventassem.
5. Alimentação saudável e atividades físicas já são suficientes para não adoecer.
6. Por que a vacinação pode causar efeitos negativos.
7. As pessoas estão se vacinando cada vez menos. Minha avó, por exemplo, se vacinou contra a gripe e ficou doente mesmo assim. Então, ninguém na minha casa se vacina mais.
8. Vacinas não são necessárias. Houve surto de febre amarela recentemente, não me vacinei e também não adoeci.
9. As pessoas estavam doentes quando tomaram vacina. Deve estar ocorrendo algum problema na eficácia do sistema de saúde na aplicação de vacinas.
10. A vacina é a melhor forma de se imunizar, o aumento dos casos deve estar ocorrendo por que as pessoas não têm vacinado seus filhos.

Uma forma de explorar as hipóteses, inicialmente, é estimular uma discussão para categorizar as hipóteses em alguns grupos. Esse processo, anterior à análise mais aprofundada de dados, tem como objetivos: i) ajudar os estudantes a observar similaridades ou diferenças em pressupostos que sustentam as hipóteses levantadas; ii) fundir ou descartar hipóteses em uma análise preliminar; iii) gerar oportunidades para uma compreensão geral do conjunto de hipóteses de todo o grupo. Essa categorização pode ocorrer de diferentes formas. Nesse caso, propomos um quadro em que as propostas de explicação são analisadas a partir de quatro categorias. Utilizamos algumas das hipóteses sugeridas para exemplificar este processo:

-/-	-/+	+/-	+/+
Porque as vacinas não funcionam	Porque a vacina pode funcionar, mas causar outras doenças (autismo, gripe, câncer)	Minha avó se vacinou contra a gripe e ficou doente mesmo assim	Deve estar ocorrendo algum problema na eficácia do sistema de saúde na aplicação de vacinas
Serve como forma de controlar a população	Alimentação saudável e atividades físicas já são suficientes para não adoecer	Houve surto de febre amarela recentemente, não me vacinei e também não adoeci	O aumento dos casos deve estar ocorrendo por que as pessoas não têm vacinado seus filhos

Quadro 6.1 Análise prévia das propostas de explicação. Fonte: os autores.

O quadro elaborado pelo professor contendo as hipóteses dos alunos será sinalizado com os sinais de positivo (+) e negativo (-), indicando:

-/- Quando a hipótese considera que a vacina não possui nenhum efeito positivo. Nesse caso, não tomar vacina não possui relação direta com os surtos de sarampo.

-/+ Quando a hipótese considera que os efeitos negativos não compensam os positivos. Nesse caso, não tomar vacinas pode até ter relação com o retorno do sarampo, mas não é determinante para que as pessoas considerem sua relevância.

+/- Quando a hipótese considera que podem existir efeitos positivos, mas não vale a pena se vacinar. Nesse caso, não tomar vacinas pode ter relação com o retorno do sarampo, mas também poderia gerar outras consequências negativas.

+/+ Nesse caso, a explicação tem como base a ideia de que as vacinas são efetivas na imunização contra o sarampo.

Atividade 3: Trabalho com dados – analisando diferentes fontes de informação

A partir do processo de categorização das propostas explicativas, a atividade 3 envolve o trabalho com dados. As hipóteses serão discutidas para análise dos surtos de sarampo e sua possível relação com a vacinação ou com a falta dela. Em uma sala de aula cujos estudantes já estejam familiarizados com discussões socio científicas e a abordagem investigativa, o professor pode orientá-los a levantar argumentos contra e a favor das vacinas. Nesse caso, é importante que o professor possa acompanhar os estudantes no processo de levantamento de fontes como artigos em revistas científicas, reportagens que citam os estudos nos quais estão baseados, dentre outros. Caso contrário, os dados podem ser disponibilizados pelo professor para que os grupos possam se organizar, ler e analisar as informações.

Para este momento, sugerimos que a turma seja dividida em grupos que representam as categorias de hipóteses propostas anteriormente. Nesse sentido, cada grupo assumirá, a princípio a análise de um tipo de categoria de hipótese, com o objetivo de analisar possíveis evidências e argumentos capazes de sustentá-la. Uma proposta para desenvolver a atividade é distribuir todas as fontes entre os grupos. Cada grupo deverá entrar em contato com todo o conjunto de dados e selecionar aquelas fontes que seriam capazes de sustentar a hipótese em análise. Apresentamos o quadro a seguir, um exemplo de algumas sugestões de fontes de acordo com as quatro categorias de hipóteses propostas:

-/-	-/+	+/-	+/+
<p>Texto em blog:</p> <p>Os Amish não têm Autismo, e eles não são vacinados!</p> <p>https://pt.prepareforchange.net/2016/04/18/os-amish-nao-tem-autismo-e-eles-nao-sao-vacinados/</p>	<p>Reportagem:</p> <p>Menino que morreu após tomar vacina contra o tétano avisou a mãe que estava passando mal</p> <p>https://g1.globo.com/pr/nordeste/noticia/2018/11/30/menino-que-morreu-apos-tomar-vacina-contra-o-tetano-avisou-a-mae-que-estava-passando-mal.ghtml</p>	<p>Texto em site de divulgação científica:</p> <p>Alumínio presente em vacinas causa autismo? Checagem</p> <p>https://drauziovarella.uol.com.br/cheagens/aluminio-presente-em-vacinas-causa-autismo-checagem/</p>	<p>Artigo em periódico científico:</p> <p>Eventos adversos de vacinas e as consequências da não vacinação: uma análise crítica</p> <p>https://scielosp.org/article/rsp/2018.v52/40/pt/</p>

Quadro 6.2: Algumas fontes para análise das hipóteses. Fonte: os autores.

Observe que, além de relacionar as informações às hipóteses, indicamos os tipos de fontes em cada caso: texto em blog, reportagem, site de divulgação científica e artigo em periódico científico. A proposta é que esta atividade seja finalizada com uma caracterização de cada uma dessas fontes. Para isso, após a construção do quadro, o professor poderá solicitar que os grupos discutam o modo como cada fonte apresentou suas ideias. Uma sugestão é a produção de uma atividade escrita com respostas a algumas questões, seguida de uma discussão com toda a turma para socializar as análises. Sugestão de questões:

1. Qual é a estrutura geral do texto analisado? Isto é, como os autores organizam a apresentação de ideias?
2. Quem são os autores? Pesquise dados gerais sobre a formação dos autores e sua possível relação com a temática discutida no texto.
3. Ao longo do texto, são citados evidências e dados para sustentar as ideias? Quais?
4. Ao longo do texto, são citadas instituições científicas ou cientistas? Se sim, quais? Pesquise se essas instituições e cientistas existem e quais suas áreas de expertise.
5. Vocês considerariam que este é um bom texto para informar a população sobre o assunto? Justifique sua resposta.

Atividade 4: Segue o fio - divulgando o que aprendemos

Nesta atividade, o professor irá desenvolver a atividade “*Segue o fio*”. Essa atividade recebeu este nome em referência ao dialeto utilizado pelos jovens na rede social *Twitter* (www.twitter.com.br), na qual a expressão é utilizada para se criar uma *thread de tweets*. Cada grupo deverá simular o modelo de *thread de tweets* e escrever em pequenos papéis sequenciais explicando e correlacionando cada evidência encontrada.

Uma *thread* é uma sequência de *tweets* que segue uma lógica sobre determinado assunto, a fim de explicá-lo melhor para o público. O objetivo dessa atividade é aproximar o tema da aula com o cotidiano dos alunos, que está intimamente ligada ao uso de redes sociais na internet, bem como divulgar o que a turma construiu ao longo da sequência. Além disso, algumas regras devem ser estabelecidas:

- Até 10 *tweets* por grupo, respeitando os limites de 280 caracteres;
- Explicação para o público em geral, adaptando a linguagem científica, trazendo maior fluidez e facilidade de entendimento;
- Quaisquer outras regras que o professor julgar necessário no momento da atividade;
- Cada grupo deverá fazer sua própria *thread*. Desse modo, haverá sequências de *tweets* para cada uma das categorias de hipóteses.

Após a produção de cada *thread*, cada grupo deverá apresentá-la à turma. Para que os estudantes visualizem melhor a relação entre as hipóteses e as evidências, a proposta é que o quadro elaborado na atividade 2 (Quadro 1) seja retomado. Cada *tweet* produzido pelos estudantes deverá ser recortado e colado no quadro correspondente à sua hipótese. Veja o modelo a seguir como exemplo:

Quadro 6.3: Análise das hipóteses utilizando os *tweets*.

-/-	-/+	+/-	+/+
(colar os tweets aqui)			
----	----	----	----
.	.	.	.
----	----	----	----
.	.	.	.
----	----	----	----
.	.	.	.
----	----	----	----
.	.	.	.
----	----	----	----

A proposta é que o grupo discuta as ideias a partir do quadro e decida qual delas deverá ser postada na internet. Essa decisão deve ser tomada com base nas discussões que a turma realizou ao longo das atividades anteriores. A postagem pode ser realizada nas redes sociais oficiais da própria escola ou do professor como forma de divulgação.

Por fim, para concluir a sequência, cada grupo deverá redigir um texto de caráter informal que pudesse ser enviado a um grupo de *WhatsApp* da família ou publicado em outras redes sociais. No texto, o grupo deve indicar a função da vacinação, os possíveis efeitos colaterais e os perigos para toda população de alguns indivíduos não se vacinarem. Ao final do texto, os alunos devem colocar as fontes utilizadas de consulta.

Referências

- Bragazzi, N. L., Barberis, I., Rosselli, R., Gianfredi, V., Nucci, D., Moretti, M., . . . Martini, M. (2017). How often people google for vaccination: Qualitative and quantitative insights from a systematic search of the web-based activities using Google Trends. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 13, 464-469. doi:10.1080/21645515.2017.1264742
- Conrado, D. M., & Nunes-Neto, N. (2018). *Questões sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Edufba.
- Crutzen, R., de Nooijer, J., Brouwer, W., Oenema, A., Brug, J., & de Vries, N. K. (2011). Strategies to facilitate exposure to internetdelivered health behavior change interventions aimed at adolescents or young adults: A systematic review. *Health Education & Behavior*, 38, 49-62. doi:10.1177/1090198110372878

- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals: *Review of Research in Education*, 32, 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Feinstein, N. W., & Waddington, D. I. (2020). Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. *Educational Psychologist*, 55(3), 155–166.
- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(u), 687–719. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>
- Hodson, D. (2018). Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões socio científicas. In Conrado, D. M., & Nunes-Neto, N. (2018). *Questões sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Edufba. 574 p.
- Jiang, S., & Beaudoin, C. E. (2016). Smoking prevention in China: A content analysis of an anti-smoking social media campaign. *Journal of Health Communication*, 21, 755-764. doi:10.1080/10810730.2016.1157653
- Kelly, G. J., & Licona, P. R. (2018). Epistemic practices and science education. In M. R. Matthews (Ed.), *History, philosophy and science teaching: New perspectives* (pp. 139-165). In *History, Philosophy and Science Teaching*. Cham, Switzerland: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-62616-1>
- Lima, N. W. et al. Educação em Ciências nos Tempos de Pós-Verdade: Reflexões Metafísicas a partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour. (2019). *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 155–189.
- Melo, L. W. S. de; Passos, M. M.; Salvi, R. F. (2020). Análise de Publicações 'Terraplanistas' em Rede Social: Reflexões para o Ensino de Ciências sob a Ótica Discursiva de Foucault. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 275–294.
- Munford, D., & Lima, M. E. C. de C. e. (2007). Ensinar ciências por investigação: Em qué estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 9(1), 89–111. <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95, 601–626.
- Reece, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. Tradução: Anne D. Villela et al. 10. ed. –

Porto Alegre: Artmed, 2015.

- Santos, W. L. P. dos, Mortimer, E. F., Santos, W. L. P. dos, & Mortimer, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência—Tecnologia—Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 2(2), 110–132. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>
- Scheiner, S. M. (2010). Toward a conceptual framework for biology. *The Quarterly review of biology*, vol. 85, n. 3, p. 293–318. DOI: 10.1086/655117.
- Xu, Z., Ellis, L., & Umphrey, L. R. (2019). The Easier the Better? Comparing the Readability and Engagement of Online Pro- and Anti-Vaccination Articles. *Health Education & Behavior*. DOI:10.1177/1090198119853614



7. Introduzindo *trade-offs* na educação básica: uma sequência de atividades sobre os lagartos *Uta stansburiana*

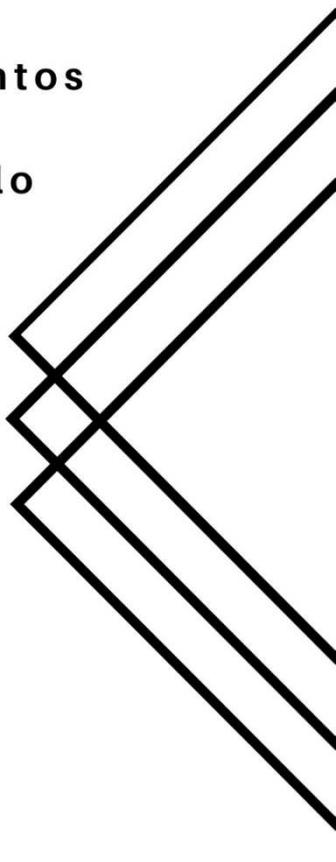
Fernando Marques dos Santos

Uschi Wischhoff

Luis Felipe dos Santos Melo

Carla Fabrine de Carvalho

Luiz Gustavo Franco



Introdução

Nesta sequência apresentamos quatro atividades investigativas, a partir da análise de um curioso fenômeno observado entre os lagartos da espécie *Uta stansburiana*.

Por meio da investigação, pretende-se explorar práticas investigativas, como elaboração de hipóteses, análise de dados, uso de evidências e elaboração coletiva de conclusões. Este processo permitirá a construção de conhecimentos conceituais relacionado ao fenômeno de *trade-offs* (conflitos).

Esse fenômeno é relevante na biologia devido à sua ubiquidade em processos de alocação de tempo e recursos em diferentes alternativas morfológicas, fisiológicas ou comportamentais dos indivíduos. Descreve inúmeras estratégias de história de vida (e.g., R- ou K-estrategistas), como maior alocação em qualidade ou quantidade dos filhotes, reprodução atual ou futura, investimento em crescimento ou reprodução, semelparidade ou iteroparidade. De um ponto de vista mais amplo, permite ainda o entendimento de diferentes estratégias de forrageamento ótimo, compensação entre risco e recompensa e outras estratégias descritas em teoria dos jogos ligadas à biologia.

Para isso, propomos a análise do caso da espécie *Uta stansburiana*. Essa espécie de lagarto possui três tipos de machos: o primeiro, mais valente, tem maior potencial de atrair fêmeas, porém possui um maior risco de perder sua paternidade. O segundo, dissimulado, possui pequeno poder atrativo de fêmeas, mas é capaz de realizar cópulas extrapar com fêmeas monopolizadas pelo primeiro tipo. Um terceiro tipo, o vigilante, forma casais monogâmicos e não perde sua fêmea de vista. Ele é capaz de prevenir a perda de sua fêmea para o primeiro tipo e a perda de sua paternidade para o segundo tipo.

Portanto, os estudantes poderão construir conhecimentos acerca do princípio “Há conflitos (*trade-offs*) entre as funções orgânicas”. Este princípio se insere no domínio “Indivíduos e as causas de sua estrutura, função e variação” da teoria dos organismos (Scheiner, 2010).

Atividade 1: Conhecendo o Fenômeno e Elaborando explicações

Começaremos contando uma história inquietante:

“Um pesquisador estava trabalhando com uma coleção de lagartos coletada em outro país. Ele percebeu que havia três espécies muito parecidas, descritas em 1850. Nessa coleção, os animais ficam mergulhados em potes com formalina, sendo um pote por espécie, com uma etiqueta do nome da espécie, data e local de coleta. Cada indivíduo tem uma etiqueta com um número único, chamado de número de tombo e com o seu sexo registrado. Num pote, havia machos e fêmeas da espécie de papo amarelo. Num segundo, machos e fêmeas da espécie de papo laranja. No último pote, havia apenas machos de papo azul. O pesquisador ficou intrigado pela ausência de fêmeas de papo azul e resolveu

viajar ao país de origem para coletar essas fêmeas e suprir a falha.”

Encerraremos a história com o seguinte fenômeno a ser explorado:

“Chegando no local de coleta, que fica nos Estados Unidos, Califórnia, o pesquisador não encontrou fêmeas azuis. Ao contrário, ele observou os machos azuis cruzando com fêmeas amarelas e laranjas. Além disso, o mesmo ocorria com os machos amarelos e laranjas, ou seja, as três cores de machos cruzavam com as duas cores de fêmeas.”

Em seguida à história, iremos propor aos alunos a pergunta:

“Por que as fêmeas das espécies laranja e amarela cruzam com machos de todas as três espécies?”

A questão poderá ser escrita no quadro ou entregue a turma em arquivo escrito para que possam iniciar suas discussões. A proposta é que a turma seja dividida em pequenos grupos (de cerca de 5 alunos). Cada grupo discutirá possíveis explicações e deverá propor, em uma folha, cerca de quatro hipóteses. Em seguida, os grupos devem transcrever as hipóteses no quadro para uma discussão com toda a turma. Nesse momento, pode haver uma mediação do professor de modo a não haver hipóteses repetidas e com atenção à possibilidade de sugerir alterações ou possíveis fusões entre hipóteses similares. Ainda propomos uma análise em que os estudantes poderão analisar se as explicações apresentadas seriam, de fato, hipóteses. Conforme indicado a seguir, apresentamos algumas explicações que não respondem efetivamente à questão proposta.

É importante também que todos os grupos estejam atentos às hipóteses uns dos outros e não apenas às suas próprias hipóteses. Uma sugestão é solicitar o registro de todo o conjunto de hipóteses dos outros grupos em suas respectivas folhas.

Frente à pergunta sobre o fenômeno, os estudantes podem apresentar as diferentes hipóteses. Apresentamos aqui algumas possibilidades para a proposição de um material a ser trabalhado posteriormente:

14. Todas as cores são da mesma espécie.
15. As fêmeas se confundem porque não enxergam cores.
16. Ocorre hibridização entre as espécies.
17. Cruzam, mas não geram filhotes (mecanismos pós-copulação de evitar hibridização).
18. Faltam machos da própria espécie.
19. Os lagartos gostam de cruzar.

20. A fêmea quer a ajuda de mais de um macho para cuidar dos filhotes.
21. Os híbridos são filhotes melhores.
22. Como não existem fêmeas azuis, os machos azuis têm que cruzar com as outras cores.
23. As fêmeas azuis eram mais frágeis e foram dizimadas na região, restando apenas amarelas e laranjas para os machos azuis copularem.
24. Os machos sofrem uma modificação, no qual eles se tornam azuis após a cópula.
25. Os machos possuem diferentes períodos ao longo do ano em que copulam com as fêmeas, se revezando.
26. Cada macho possui uma cor diferente, que absorve mais o calor do sol em diferentes partes do dia.

Propusemos aqui uma série de possibilidades. Observe, porém, que deliberadamente introduzimos um erro na história motivadora ao sugerir que se tratava de três espécies diferentes. Apenas a hipótese 1 seria verdadeira, pois apesar das variações na coloração, os lagartos são da mesma espécie. Dessa forma, esta proposta pode gerar uma boa oportunidade para que os estudantes discutam noções acerca do conceito biológico de espécie, conforme veremos a seguir.

Colocamos as hipóteses 3, 9, 10, 12 e 13 como possibilidades de serem levantadas pelos alunos, mas, na verdade, elas não respondem à pergunta diretamente. Essas hipóteses partem do pressuposto que são espécies diferentes e apenas repetem o que já foi descrito no fenômeno. No momento da apresentação das hipóteses, todos podem discutir se elas estão efetivamente respondendo à pergunta e, caso haja acordo, algumas hipóteses podem ser suprimidas das etapas posteriores. Nesse caso, é importante que a turma possa discutir se as hipóteses levantadas são, de fato, hipóteses. Após a definição das hipóteses, encerra-se a atividade 1.

Atividade 2: Análise de gráficos e textos

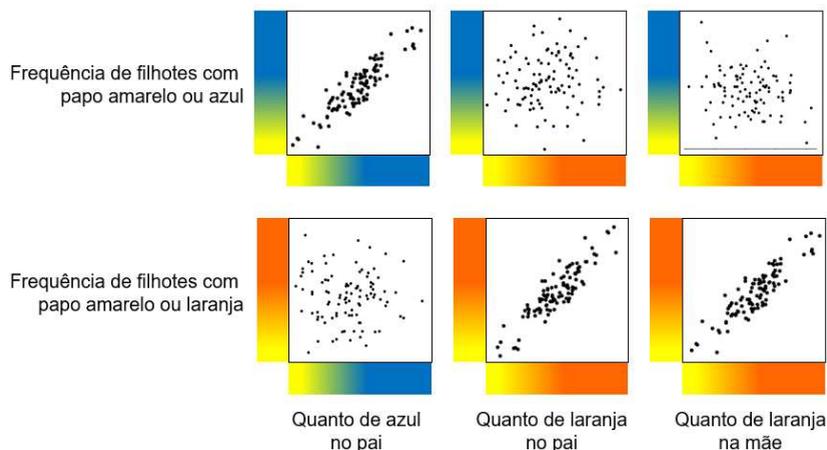
Para investigar as hipóteses, propomos dois caminhos. O primeiro seria envolver os próprios estudantes na elaboração de um planejamento e levantamento de dados. A partir das hipóteses, os grupos deveriam pensar em possíveis dados que seriam capazes de sustentar cada uma delas. Nesse caso, o professor poderia auxiliar os grupos na seleção de fontes confiáveis de pesquisa, mas o planejamento seria liderado pelos próprios estudantes. Sugerimos este caminho para aquelas turmas mais enculturadas em atividades investigativas em aulas de ciências. Isto é, aqueles estudantes que já estão mais inseridos na lógica de investigação com maior autonomia.

Como sabemos, grande parte das turmas com as quais trabalhamos ainda não têm essa aproximação com o ensino por investigação. Nesses casos, os estudantes poderão interpretar evidências a partir de um material que o próprio professor irá levar, ou seja, trabalhar com dados secundários selecionados. Os textos serão apresentados como pequenos textos, adaptados a partir de várias fontes e/ou transformados em figuras ou gráficos.

A seguir, elaboramos quatro gráficos e seis breves textos que poderão ser utilizados pelos professores a partir de referências confiáveis acerca do fenômeno investigado (Ehrlich, Dobkin & Wheye, 1988; Sinervo et al., 2000a; 2000b; Sinervo, Bleay, & Adamopoulou, 2001; Zani 2008; Scheiner, 2010; Deep-Look, 2016; Wikipedia, 2019). Para observação das imagens em cores, consulte a versão online do livro.

No entanto, lembramos que estes recursos devem ser elaborados de acordo com as hipóteses dos alunos. A partir dessas hipóteses é que o professor terá maior clareza sobre que conjunto de dados deverá ser disponibilizado ao grupo.

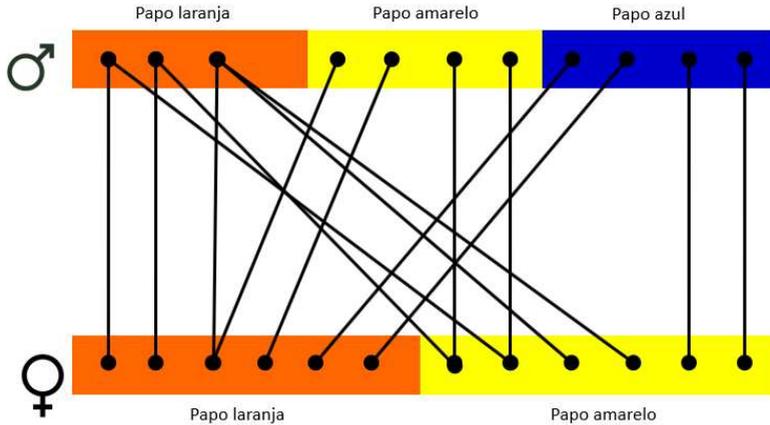
Figura 1: Herdabilidade da cor do papo



Fonte: Imagem elaborada pelos autores a partir dos resultados de SINERVO, B.; BLEAY, C.; ADAMOPOULOU, C. Social causes of correlational selection and the resolution of a heritable throat color polymorphism in a lizard. *Evolution*, vol. 55, n. 10, p. 2040–2052, 2001. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2001.tb01320.x.

Figura 2: Acasalamentos de diferentes cores

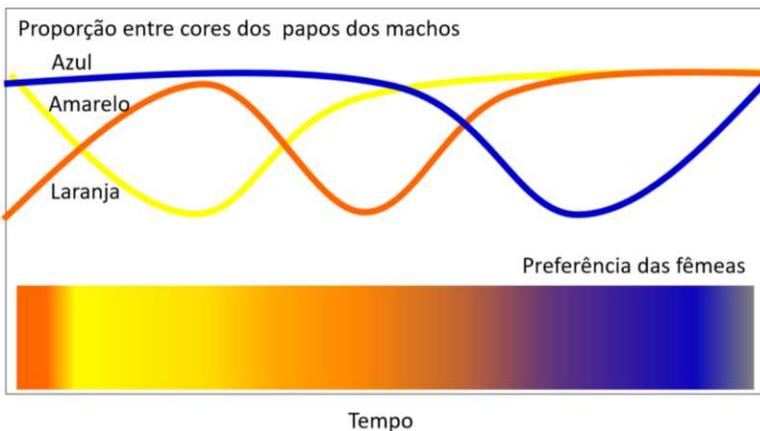
Um pesquisador amostrou o número de indivíduos em uma determinada área (representados pelos pontos), e os cruzamentos observados (as linhas).



Fonte: Imagem elaborada pelos autores

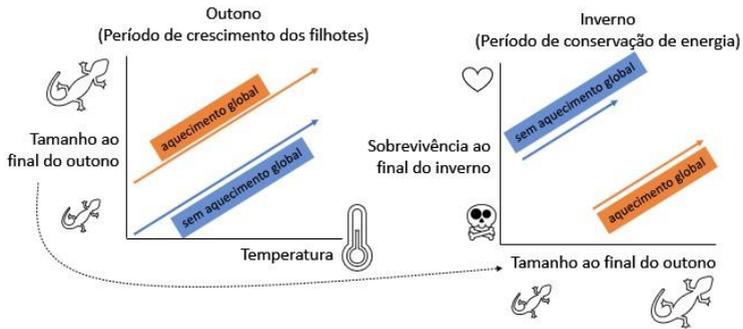
Figura 3: A preferência das fêmeas

A preferência das fêmeas pela cor do papo dos machos de acordo com a frequência de cada variante de macho.



Fonte: Imagem elaborada pelos autores

Figura 4: Efeitos do aquecimento global em uma espécie de lagarto



- O aquecimento global permite um maior crescimento no outono, o que aumenta a sobrevivência
- Porém, o aquecimento global causa maior mortalidade no inverno devido à perda desnecessária de energia

Fonte: Imagem elaborada pelos autores

Texto 1: Comportamentos dos machos de diferentes cores



Macho de papo laranja:
Agressivo
Defende um amplo território, com pedras grandes ou várias pedras
Acasala com duas ou mais fêmeas por vez (forma haréns)

<https://www.flickr.com/photos/joshuatreenp/36876256835>



Macho de papo amarelo:
Não defende território
Furtivo e discreto

<https://www.flickr.com/photos/20868483@N00/2596393130/>



Macho de papo azul:
Defende um pequeno território
Acasala com uma fêmea por vez e a defende de outros machos
Coopera com outros machos de papo azul para proteger suas fêmeas

<https://www.flickr.com/photos/gregthebusker/49920502432>

Texto 2: Visão de répteis

As cobras têm bastonetes e cones nos olhos, assim como nós, embora em números diferentes. Elas não têm a mesma diversidade de gotículas de óleo em seus fotorreceptores que mamíferos e pássaros têm; portanto, enquanto elas têm visão colorida, não é tão ampla quanto a nossa. Elas têm um filtro amarelo que, preenchendo a lente, absorve a luz ultravioleta, protegendo os olhos.

Lagartos (incluindo lagartixas) e retinas de tartarugas contêm gotículas de óleo multicoloridas em seus fotorreceptores, para que possam perceber a cor. As proteínas opsinas nos cones dos olhos são "calibradas" para detectar diferentes comprimentos de onda. Em muitas espécies, isso permite que vejam os comprimentos de onda mais altos, além do escopo da visão humana, sem auxílio: na faixa de UV (ultravioleta).

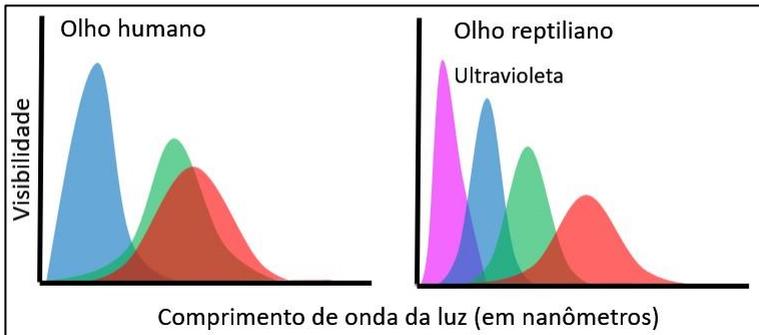


Figura adaptada pelos autores.

Fontes:

- Sinclair, Sandra. 1985. *How Animals See: Other Visions of Our World*. Croom Helm, London.
- Grace, Michael S. 1997, *The visual system and non-visual photoreception*. In: *The Biology Husbandry, and Health Care of Reptiles*. Lowell Ackerman, DVM, ed. Vol. I, pp. 325-341. Publication TFH, Neptune City, NJ.

Texto 3: A descoberta de uma nova espécie: o pedreiro de Minas Gerais

Pesquisadores de Minas Gerais descobriram uma nova espécie de pássaro na região da Serra do Cipó. Inicialmente, pensaram que fosse o pedreiro (*Cinclodes pabsti*), que é encontrado em serras do sul do país. serras do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cinclodes_pabsti_espinhacensis - Cipo Cinclodes; Santana do Riacho, Minas Gerais, Brazil.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cinclodes_pabsti_espinhacensis_-_Cipo_Cinclodes;_Santana_do_Riacho,_Minas_Gerais,_Brazil.jpg)

Porém, análises de DNA indicaram que eram espécies diferentes. O *Cinclodes espinhacensis*, a espécie descrita, chamado também de pedreiro-do-espinhaço é um pássaro grande, com cerca de 22 centímetros de comprimento. Muito similar ao *C. pabsti*. A cor e o padrão das penas de ambos são muito similares. Isso fez com que pensassem que pudesse ser a mesma espécie.

Texto 4: Cuidado parental em répteis

Os filhotes da maioria das espécies de répteis eclodem muito depois que a mãe põe os ovos. No entanto, alguns lagartos os protegem, e as pítonas incubam seus ovos por um tempo. Os filhotes das cobras que carregam seus ovos dentro do corpo até a eclosão (ovovivíparas) também não recebem cuidados dos pais após a eclosão. Entre os répteis, apenas os crocodilos e seus parentes cuidam de ovos e filhotes. Por outro lado, quase todas as aves fornecem cuidados prolongados aos seus filhotes. As exceções são os parasitas de ninho, como o cuco ou gaudério, que botam seus ovos nos ninhos de outras espécies.

Texto 5: Regulação da temperatura dos répteis



<https://pixabay.com/pt/photos/iguana-marinha-ilhas-gal%C3%A1pagos-256008/>

Os répteis, em geral, são ectotérmicos, isto é, usam fontes de calor externo para termorregulação. Para isso, as estratégias termorreguladoras dos répteis são normalmente comportamentais.

O lagarto, por exemplo, para se esquentar, o coloca-se em uma posição de ângulo reto ao Sol, geralmente ficando sobre superfícies inclinadas e em direção à luz solar. Eles ainda pressionam o seu corpo, o que facilita a obtenção de calor por condução. Como estratégia de resfriamento, o lagarto se posiciona paralelamente ao Sol. Procura regiões de sombra e chega a ocupar uma posição ereta, o que reduz a recepção de calor por meio da condução das superfícies.

Em locais de clima quente, muitos dos répteis são noturnos evitando aquecimento. O aumento da temperatura também é controlado pelo comportamento de ofegar. Isso libera calor por meio da evaporação. Já em locais de clima temperado, répteis são capazes de suportar o frio entrando em torpor com a queda da temperatura.

Texto 6: Reprodução assexuada e hibridização



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinese_Water_Dragon_\(Physignathus_cocincinus\) - Khao_Yai_National_Park - 3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinese_Water_Dragon_(Physignathus_cocincinus) - Khao_Yai_National_Park - 3.jpg)

Nova descoberta: fêmea de lagarto gera filhotes sem a presença de macho.

O fenômeno chamado de partenogênese corresponde à criação de embriões pela fêmea sem a necessidade da presença de um macho para a fertilização. Isto é, novos filhotes são gerados de forma independente.

Este fenômeno é observado em alguns grupos de invertebrados, como pulgas de água, afídeos e abelhas e alguns vertebrados como salamandras e peixes. Entre os répteis, a primeira espécie em que a partenogênese foi observada foi no dragão-d'água-chinês (*Physignathus cocincinus*) registrada pela primeira vez por cientistas americanos.

A dinâmica do trabalho com os dados será realizada inicialmente com a análise e interpretação dos três primeiros gráficos (Figuras 1, 2 e 3) e os dois primeiros textos (1 e 2). Estes dados serão importantes para que os estudantes possam compreender melhor as dinâmicas reprodutivas observadas na espécie investigada. Já as outras figuras e textos poderão variar, dependendo dos tipos de hipóteses que os estudantes formularem.

Na proposta que apresentamos aqui, consideramos alguns dados como efeitos da temperatura global, fenômeno da partenogênese, regulação de temperatura, cuidado parental. Essas escolhas se devem aos tipos de hipóteses que elencamos e que demandariam analisar esses tipos de dados para uma avaliação das propostas com base em evidências. Porém, conforme já indicamos, essas são apenas sugestões que a turma pode ou não precisar utilizar em sua própria investigação.

Por fim, o texto 3, sobre a descoberta de uma nova espécie de pássaro,

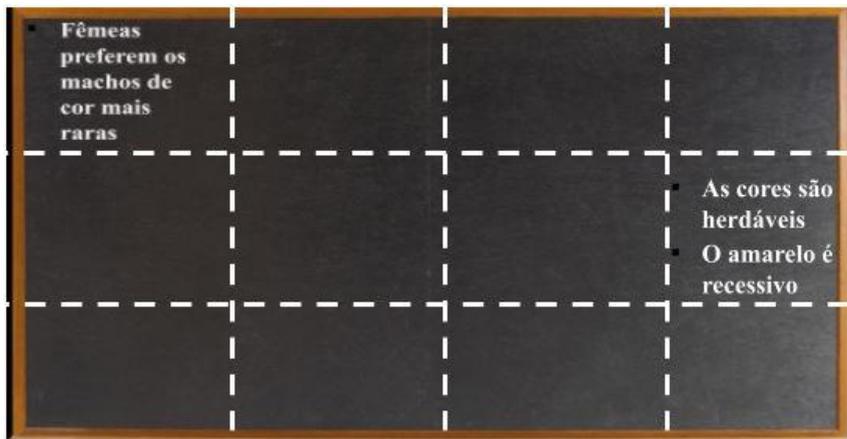
também pode ser importante ao oferecer oportunidades para uma discussão sobre o que é uma espécie e que, nem sempre é fácil diferenciar espécies distintas. No caso do lagarto investigado, todavia, o caso é o oposto: podem parecer espécies diferentes, mas os lagartos pertencem à mesma espécie e é justamente isso que permite a reprodução entre lagartos de diferentes cores de papo. Uma proposta seria usar este texto para estimular os estudantes a pensar sobre o que é uma espécie durante a análise dos dados.

Desse modo, sugerimos que a atividade 2 seja realizada aos poucos, de modo que a turma possa compreender cada dado (figuras e textos) e, somente a partir daí, possam partir para uma análise mais aprofundada das hipóteses iniciais.

Atividade 3: Hipóteses e suas evidências

Cada grupo irá interpretar e discutir, dentro do grupo, as informações apresentadas.

- 1) O quadro negro será dividido em 12 seções. Cada seção será referente a um cartão. Cada grupo resumirá a informação principal (evidência) que interpretaram dos seus cartões em apenas uma frase cada. A informação extraída deve ser relevante para o julgamento das hipóteses, mas o mérito da relevância não deve ser debatido nesse momento.



- 2) Após o grupo escrever sua frase, deverá apresentar oralmente:
 - a. As informações presentes no cartão.
 - b. Como chegaram à informação escrita no quadro.
- 3) Os outros alunos, em especial o grupo que interpretou o mesmo cartão, podem concordar, discutir ou propor uma outra frase, que será adicionada na mesma seção.
- 4) Uma via dos outros cartões restantes será entregue para cada um dos grupos. Os grupos terão um tempo para apreciar as informações na íntegra em casa.

O professor irá propor a retomada do questionamento “*Por que as fêmeas das espécies laranja e amarela cruzam com machos de todas as três espécies?*”. Isso será realizado com a seguinte sequência:

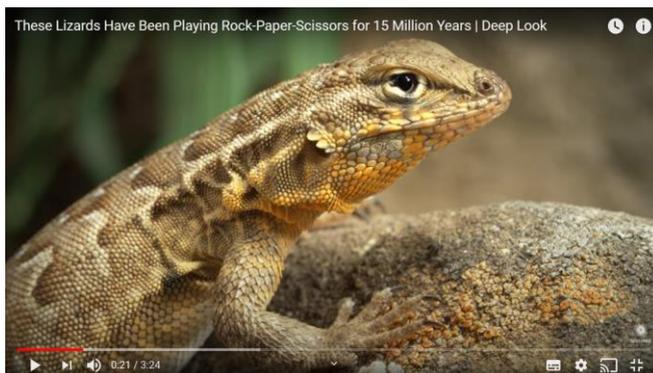
- 1) O professor irá retomar as hipóteses sugeridas até o momento e irá perguntar se os alunos gostariam de acrescentar alguma após a coleta das evidências.
- 2) As hipóteses serão examinadas uma de cada vez. Para cada hipótese, serão atribuídos 3 grupos para relacionar as evidências que a suportem e 3 grupos para relacionar as evidências que a refutem.
- 3) Caso os grupos entrem em discordância sobre a relação entre as hipóteses e evidências, eles deverão debater, com mediação do professor.
- 4) Será anotado num quadro um (+) para evidências que dêem suporte às hipóteses e um (-) para evidências que as refutem. Abaixo, um quadro elaborado considerando as evidências dos cartões e hipóteses exemplo que trouxemos. Nesse quadro consideramos que cada cartão gerou uma evidência. Porém as evidências podem surgir da relação de mais de um cartão, ou que, um cartão contenha mais de uma evidência.

		Evidências												Suporte	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Hipóteses	1			+		+	+							-	2+
	2				-										1-
	3													+	1+
	4					-									1-
	5						-								1-
	6														
	7									-					1-
	8														
	9														
	10														
	11					-									1-
	12														
	13														

Atividade 4: Finalização e mecanismos de compensação (*trade-offs*)

Uma vez definida a hipótese mais provável na atividade anterior – isto é, que as fêmeas cruzam com todos os tipos de macho porque são todos da mesma espécie – a atividade de fechamento será dedicada nos seguintes aspectos:

- 1) A importância da quebra de paradigmas na ciência. Especificamente sobre o fato de a história ter sido apresentada declarando que os indivíduos eram espécies diferentes. Porém após a investigação foi descoberto a informação era falsa.
- 2) Será apresentado um vídeo educativo sobre a dinâmica das cores do papo na espécie intitulado “These Lizards have been playing rock-paper-scissors for 15 million years”.



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

- 3) O professor irá propor uma discussão com alunos sobre porque uma cor não se sobressai às outras. Será introduzida a ideia de mecanismos de compensação.
- 4) O professor encerrará com uma apresentação/discussão sobre os principais mecanismos de compensação, com enfoque em estratégias de história de vida r e k.

Momentos propícios para que o professor promova discussões entre os estudantes:

O primeiro momento quando haverá oportunidade para discussão será o momento de proposição das hipóteses. Os alunos terão que refletir sobre a história contada e discutir, em grupo, quais podem ser as causas. Cada grupo terá que levantar pelo menos duas hipóteses e argumentar com a turma o porquê de acharem que ela é verdadeira.

O segundo momento será quando os alunos apresentarem sua interpretação dos cartões. Os alunos ouvintes, ou principalmente o grupo que possui o mesmo cartão podem discordar ou propor uma nova perspectiva.

O terceiro momento será após a leitura e análise dos dados secundários, quando eles irão retomar a hipótese para refutá-la ou confirmá-la, podendo propor novas hipóteses. Nessa ocasião o professor deve discutir a importância de questionar verdades aparentemente pré-estabelecidas, destacando o teor mutável da Ciência e estimulando a investigação e senso crítico nos alunos.

Será também apresentado aos alunos um vídeo didático, no qual será realizada a explicação de forma que o professor irá interpretar, junto aos alunos, a conclusão alcançada. Consolidando o conhecimento de forma que contemple os diversos perfis de aprendizado apresentados em uma sala de aula.

Referências

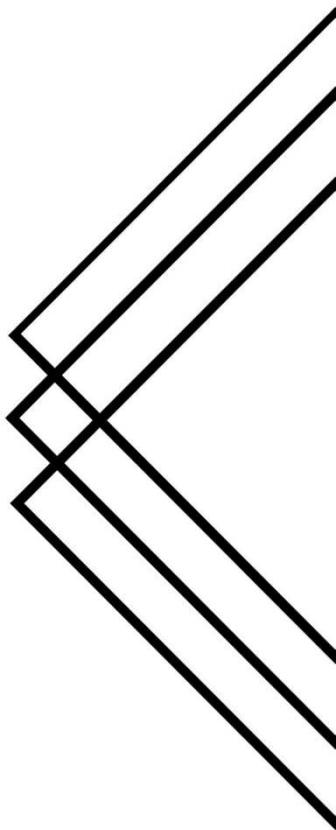
- BBC. The Side-Blotched Lizard. In: BBC's Life in Cold Blood. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=YkSdLk3M5ew>>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- Deep Look. These lizards have been playing rock-paper-scissors for 15 million years. 17 maio 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=rafdHxBwIbQ>>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- Ehrlich, P. R., Dobkin, D. S. & Wheye, D. Parental care. 1988. Disponível em: <https://web.stanford.edu/group/stanfordbirds/text/essays/Parental_Care.html>. Acesso em: 03 dez. 2019.
- Scheiner, S. M. (2010). Toward a conceptual framework for biology. *The Quarterly review of biology*, vol. 85, n. 3, p. 293–318. DOI: 10.1086/655117.

- Sinervo, B., Miles, D. B.; Frankino, W. A., Klukowski, M. & Denardo, D. F. (2000). Testosterone, endurance, and Darwinian fitness. Natural and sexual selection on the physiological bases of alternative male behaviors in side-blotched lizards. *Hormones and behavior*, vol. 38, n. 4, p. 222–233. DOI: 10.1006/hbeh.2000.1622.
- Sinervo, B., Svensson, E. & Comendant, T. (2000). Density cycles and an offspring quantity and quality game driven by natural selection. *Nature*, vol.406, p. 985–988.
- Sinervo, B., Bleay, C.; Adampoulou, C. (2001). Social causes of correlational selection and the resolution of a heritable throat color polymorphism in a lizard. *Evolution*, vol. 55, n. 10, p. 2040–2052. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2001.tb01320.x.
- Wikipedia. Common side-blotched lizard. *Wikipédia: a enciclopédia livre*. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Common_side-blotched_lizard>. Acesso em 01 dez. 2019.
- Zani, P. A. (2008). Climate change trade-offs in the side-blotched lizard (*Uta stansburiana*). Effects of growing-season length and mild temperatures on winter survival. *Physiological and biochemical zoology: PBZ*, vol. 81, n. 6, p. 797–809. DOI: 10.1086/588305.



8. Por que as baleias voltaram para o ambiente aquático? Uma investigação evolutiva

**Vinicius Borges
Luiz Gustavo Franco**



Introdução

A sequência didática em questão apresenta uma proposta acerca do tema “evolução das baleias”, investigando possíveis fatores relacionados ao retorno do grupo ao ambiente marinho durante sua história evolutiva. A proposta é usar este fenômeno com o objetivo de trabalhar “padrões intergeracionais das características dos organismos, incluindo suas causas e consequências” a partir do uso do princípio “todos os organismos se relacionam por meio de ancestrais comuns” (Scheiner, 2010).

Tendo o aluno consolidado a ideia de ancestralidade comum entre os seres vivos, torna-se mais clara a percepção de padrões que se repetem entre os organismos, facilitando o estudo comparado dos caracteres morfológicos, seu comportamento e sua interação com o ambiente a partir da história natural de sua linhagem. Um bom exemplo nesse sentido é a comparação entre o modo de vida de peixes teleósteos e o de tetrápodes que retornaram para a vida aquática, como as tartarugas marinhas e as baleias. Os últimos têm uma interação diferenciada com o ambiente aquático, são seres que respiram através de pulmões, estrutura especializada em trocas gasosas com o ar atmosférico, fazendo com que seja necessário que desloquem na coluna d’água para a superfície para inspirar o ar. Essa dependência do ar atmosférico tem como exigência mudanças na fisiologia e é consequência da história natural do grupo, com a permanência dos pulmões como estrutura respiratória.

A conquista do ambiente terrestre pelos Tetrapoda é amplamente divulgada e há um registro fóssil considerável que marca a transição e características anatômicas dos animais atuais que remontam a ancestralidade comum por sua convergência. Apesar disso, há um enfoque muitas vezes distorcido na divulgação deste processo que atribui à evolução um caráter determinista, em que há um sentido no qual o acúmulo de caracteres segue e uma razão para novidades evolutivas se desenvolverem. É transmitida, assim, a ideia de que ser apto a viver em terra firme é o ápice da evolução e extremamente vantajoso para o animal. Esse ponto de vista exclui o papel do acaso no surgimento dos caracteres e não explica o fato de certas linhagens descendentes do ancestral Tetrapoda terem retornado para a vida aquática.

Ao analisarmos um cladograma, podemos observar que cetáceos (baleias e golfinhos), manatis e tartarugas marinhas são animais estritamente aquáticos e que estão agrupados em táxons de origem estritamente terrestre. É interessante notar que os pulmões permanecem como estrutura respiratória nesses animais, o que interfere diretamente em seu modo de vida, já que intermitentemente ele terá de ir até a superfície para inalar ar atmosférico para as trocas gasosas. Uma modificação anatômica interessante que se desenvolveu como consequência do modo de vida nos cetáceos é o deslocamento das narinas do rosto para a região superior do crânio, permitindo que o animal respire enquanto nada rente a

superfície. Outro argumento que põe em cheque o determinismo em direção ao ambiente terrestre na evolução dos Tetrapoda é o fato de existirem condrictes como o tubarão-epaulette (*Hemiscyllum ocellatum*) e peixes teleósteos como o saltador-do-lodo (*Periophthalmus*) que possuem adaptações para a interação com o ambiente terrestre e nem por isso deram origem a linhagens de animais terrestres.

Estes conhecimentos do domínio conceitual serão explorados por meio desta sequência de atividades de modo articulado a práticas dos domínios epistêmico e social. Especificamente nesta sequência, indicamos algumas práticas que serão centrais: a elaboração de hipóteses capazes de explicar o retorno dos ancestrais das baleias ao ambiente aquático, o levantamento e/ou análise de um complexo banco de dados envolvendo dados anatômicos e comportamentais desses animais, a argumentação em torno do uso desse banco de dados na análise das hipóteses e a construção coletiva de conclusões acerca do fenômeno investigado.

Atividade 1: Contextualizando o fenômeno a partir da observação de animais aquáticos

No intuito de mobilizar o interesse dos alunos para o fenômeno a ser investigado, propomos aqui uma atividade inicial de observação de animais que pode ajudar na introdução do fenômeno. Uma proposta seria uma visita a um Museu de História Natural ou a um centro/instituição de proteção de animais aquáticos/marinhos. Isso vai variar dependendo do contexto e das condições locais. No caso de não haver estas possibilidades, o professor poderá usar vídeos e/ou imagens de alguns animais de interesse, por exemplo, ornitorrinco, ariranha, lobo marinho, hipopótamo e baleia. Nesses vídeos ou imagens, o mais importante é que os estudantes possam observar a morfologia dos organismos.

No caso da visita ao museu ou centro de preservação, é importante que o professor conheça o espaço e planeje o roteiro da visita, tendo em vista a possibilidade de observação de esqueletos e/ou modelos de diferentes mamíferos. É importante também que os estudantes possam observar alguns mamíferos que possuam hábito de vida aquático ou semiaquático. A seguir sugerimos um roteiro que pode ser organizado em dois momentos: a parte 1 seria preenchida durante a atividade de observação e a parte 2 seria discutida e preenchida após a observação.

Parte 1 da proposta de roteiro para a visita ou da observação de vídeos/imagens:

1. Enumere os animais aquáticos vistos no museu (ou no vídeo/imagens). Quais deles são mamíferos?
2. Busque identificar características morfológicas observadas nos mamíferos aquáticos e semiaquáticos ilustrados a seguir que você considere como adaptações para esse modo de vida.

Adaptações do ornitorrinco:



[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ornithorhynchus anatinus.001 -
_Natural History Museum of London.JPG](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ornithorhynchus_anatinus.001_-_Natural_History_Museum_of_London.JPG)

Adaptações da ariranha:

<https://pixabay.com/pt/photos/ariranha-n%C3%A9ria-rato-de-%C3%A1gua-%C3%A1gua-280277/>



Adaptações do lobo-marinho:



https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Lo-bo-marinho_CP.jpg

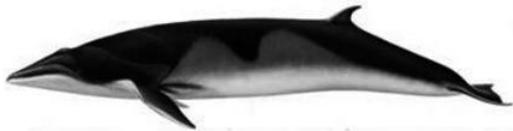
Adaptações do hipopótamo:



<https://pxhere.com/pt/photo/1189290>

Adaptações da baleia:

https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rorcual_austral_3.jpg



A partir desta primeira sistematização de observações, propomos que o professor faça uma discussão inicial, comparando as respostas dos estudantes e dando destaque às adaptações apontadas nos relatórios. A partir desse primeiro levantamento, os estudantes deverão trabalhar em pequenos grupos para discutir e responder às seguintes perguntas:

Parte 2 da proposta de roteiro (após) a visita ou a observação de vídeos/imagens:

1. Faça um levantamento sobre as características dos cetáceos e indique:
 - a) Quais características os cetáceos têm em comum com os demais mamíferos?
 - b) Quais características são exclusivas dos cetáceos em comparação com os demais mamíferos?

2. O crânio fóssil de *Andrewsarchus mongoliensis* representado na imagem abaixo faz parte do acervo do Museu de Ciências Naturais da PUC-Minas. Ao seguir está uma reconstrução aproximada da anatomia externa do animal. O crânio possui marcas que dão pistas a respeito da inserção muscular do animal. Se atente aos detalhes.



Figura 8.1: Crânio fóssil - Museu de Ciências Naturais da PUC-MG. Foto tirada pelos autores



Figura 8.2: Modelo do *Andrewsarchus*.

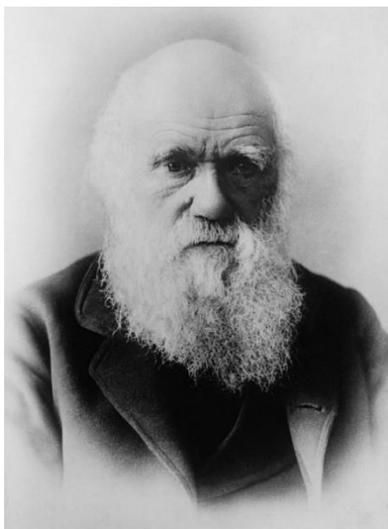
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Andrewsarchus_model.jpg

- a) O crânio do *Andrewsarchus* te lembra o crânio de algum outro animal? Qual?
- b) Observando a reconstrução da anatomia externa do animal (*Andrewsarchus mongoliensis*), o que é possível inferir a respeito do seu modo de vida?

Atividade 2: Elaborando hipóteses sobre a evolução das baleias

A partir da atividade anterior, a proposta é que o professor discuta com os estudantes as respostas da parte 2 do roteiro. Este momento poderá ser utilizado para fazer uma introdução da proposta da atividade 2. A ideia é que o professor introduza a ideia de que o fóssil do *Andrewsarchus* possui características de animais terrestres que são mantidas nas baleias atuais, o que nos diz algo importante sobre a evolução dos cetáceos - o grupo teria se originado a partir de organismos terrestres que gradualmente foram ocupando o nicho aquático e se tornando dependentes dele.

Para isso, o professor irá apresentar o box a seguir aos estudantes. A proposta é que os estudantes leiam em pequenos grupos e discutam:



Charles Darwin (1809-1882)

<https://www.hippopx.com/pt/charles-darwin-scientists-theory-of-evolution-evolution-black-and-white-man-portrait-492293>

que em sua famosa obra Darwin acabou recuando em alguns exemplos. O professor poderá solicitar que os estudantes analisem, em grupos, o texto e opinem sobre a proposta de Darwin acerca da evolução das baleias. A partir dessa discussão, primeiro em pequenos grupos e depois com toda a turma, o professor pode retomar que Darwin apresentou uma primeira ideia de como um animal terrestre poderia ter dado origem a uma baleia.

Com os dados que temos atualmente, sabemos que Darwin se equivocou.

Na famosa obra de Darwin, “A Origem das espécies” (1859), o naturalista apresentou algumas ideias sobre a evolução das baleias.

Na época, os evolucionistas lamarckistas tinham uma explicação: as baleias teriam se originado de uma linha evolutiva diferente dos vertebrados terrestres. A ideia é que teria ocorrido uma origem múltipla de seres vivos.

Para Darwin, porém, haveria outra explicação: uma raça de ursos teria desenvolvido uma boca cada vez maior até o surgimento da baleia conforme a conhecemos.

Esta proposta de Darwin gerou muita polêmica e piadas na época. Darwin, então, retirou essa passagem na segunda edição de seu livro.

Neste pequeno texto há um relato sobre as propostas sobre a evolução das baleias na época de Darwin. Observamos

As baleias não possuem grau próximo de parentesco com os ursos. Mas, tendo em vista os dados que tivemos acesso até agora, será que a explicação dos lamarkistas é a mais adequada? Esse mistério será desvendado pela turma. A ideia é que os estudantes pensem sobre a seguinte questão:

“Por que as baleias voltaram para o ambiente aquático durante sua história evolutiva?”

Entendemos que é possível que em algum ponto dessas discussões planejadas tanto na atividade 1 quanto na atividade 2, essa pergunta já possa ter surgido entre os próprios estudantes. Neste caso, é uma boa oportunidade de valorizar a agência epistêmica dos alunos, dar visibilidade à questão e iniciar a próxima etapa do trabalho: a elaboração de hipóteses. Caso contrário, o próprio professor pode introduzir a questão para a turma.

A ideia é que os estudantes continuem trabalhando em pequenos grupos. Neste momento, o comando será de cada grupo elaborar três possíveis hipóteses para explicar o motivo pelo qual os ancestrais das baleias foram gradualmente deixando de ser animais terrestres e assumindo um modo de vida estritamente aquático. Sugerimos aqui três hipóteses por grupo apenas como uma sugestão para que dentro de cada grupo haja construção de explicações concorrentes, aumentando a diversidade de possibilidades e levando os participantes de cada grupo a pensar em alternativas explicativas.

Abaixo foram listadas algumas hipóteses prováveis que podem surgir nas discussões em grupo e orientar o trabalho posterior. Pensar nessas possibilidades é importante para que os próximos passos das atividades sejam propostos, tendo em vista o contexto de cada turma:

Hipótese 1: É possível que o ancestral terrestre da baleia precisasse mergulhar na água para escapar de predadores ou capturar alimento e ao longo da evolução eles foram ficando cada vez mais dependentes da água.

Hipótese 2: É possível que o alimento na terra firme estivesse escasso e a presa preferencial das baleias terrestres primitivas vivesse na água. Ela passaria a ter hábitos aquáticos para ocupar o nicho vago e a seleção natural atuaria modificando a morfologia da espécie, favorecendo aquela mais hidrodinâmica, que facilitaria a captura de presas.

Hipótese 3: Pela semelhança entre os ossos dos hipopótamos e das baleias terrestres, dá para imaginar que sua locomoção da terra não é fácil. Olha como o hipopótamo prefere estar sempre dentro da água. Quando entramos na água, parece que estamos mais leves. Esse animal deve ter voltado para água para favorecer sua locomoção.

Hipótese 4: As baleias são animais migratórios. O mar é tão grande, tem mais lugares para esses bichos migrarem, tem menos obstáculos. É bom que o animal se reproduza, migre e se espalhe por todo o mundo. A chance de encontrar um novo nicho em aberto, uma fonte inexplorada de presas por exemplo, é maior.

Hipótese 5: Comparando os ancestrais terrestres das baleias com as baleias atuais, dá para perceber que o animal foi ficando cada vez maior! Só em um espaço grande como o oceano cabe um bicho enorme desse jeito.

Hipótese 6: É possível que uma daquelas baleias terrestres fósseis cruzou com um réptil marinho. Ou ainda pode ter acontecido um cruzamento entre uma baleia terrestre e um tubarão!

Atividade 3: Trabalho com dados a partir de um levantamento sobre a história evolutiva dos cetáceos

Na atividade anterior podem ter surgido hipóteses bastante diferentes daquelas que indicamos. Nesta sequência, sugerimos seis hipóteses como possibilidades, mas é importante que o professor esteja atento à necessidade do trabalho com outros dados para que outras hipóteses sejam analisadas. Isto é, os dados a seres analisados na atividade 3 estão relacionados às possíveis hipóteses levantadas pela turma na atividade 2.

Nesta atividade, sugerimos que o professor retome as hipóteses e proponha uma análise prévia, pois propostas bastante similares poderiam ser fundidas e/ou alteradas a partir dessa discussão inicial. Isso ajudaria o grupo a ter uma visão geral do conjunto de hipóteses levantado por todos os colegas e exercer, mais uma vez, este movimento de refletir sobre cada hipótese, pensar melhor no significado de cada uma e em possíveis problemas e/ou inconsistências. Assim, neste momento a ideia é que o grupo sistematize as hipóteses de trabalho que serão analisadas na investigação.

Em turmas mais enculturadas em práticas investigativas, sugerimos que o professor promova a participação e envolvimento dos alunos com a seguinte pergunta: “quais evidências precisamos buscar a fim de analisar para cada uma dessas hipóteses?”. A ideia, neste caso, é que os próprios estudantes possam pensar e sugerir formas de análise das hipóteses. Observe alguns exemplos de ideias que podem surgir neste momento para as hipóteses que levantamos na atividade anterior:

Para a hipótese 1, seria importante levantar dados sobre os hábitos de um possível ancestral terrestre dos cetáceos. A partir desses dados, tentar encontrar evidências de que o animal apresentava o hábito de mergulhar e de possíveis

predadores que seriam uma ameaça para esse animal.

Para a hipótese 2, seria necessário verificar nos dados do registro fóssil de que ocorreu algum fenômeno que justifique a escassez de alimentos (um processo de extinção entre o Eoceno e Oligoceno, por exemplo). Outra possibilidade que poderia ajudar seria enumerar os possíveis fósseis competidores em terra e na água (aqueles com dentição semelhante e que provavelmente ocupavam o mesmo nicho); além de comparar com dados a respeito da dieta dos cetáceos fósseis.

Para a hipótese 3, seria importante levantar informações sobre a locomoção dos cetáceos terrestres e tentar identificar dados indicando possíveis limitações dessa locomoção. Outro tipo de dado que poderia ajudar seria explicar o motivo pelo qual o hipopótamo seria favorecido no ambiente aquático.

Para a hipótese 4, seria importante encontrar dados dos oceanos no passado, tendo em vista os movimentos tectônicos e/ou mapas contendo os achados fósseis representativos do grupo dos cetáceos de um mesmo tempo geológico e comparar com os tempos subsequentes a fim de observar se houve a dispersão e o sucesso reprodutivo. Isso poderia ajudar a perceber se, de fato, houve uma expansão no ambiente marinho.

Para a hipótese 5, seria necessário encontrar dados para demonstrar que animais marinhos tendem a ser maiores que animais terrestres. Seria importante, no entanto, levantar possíveis dados contraditórios, como a existência de uma megafauna terrestre e a contradição do hipopótamo não ter se tornado estritamente aquático como as baleias.

Para a hipótese 6, uma forma viável seria utilizar dados da literatura científica que demonstrem a ocorrência de hibridismo em animais de espécies diferentes, com características morfológicas muito distintas (um terrestre e outro aquático – será que isso acontece atualmente?) e uma distância de parentesco muito grande (como entre baleias e tubarões). Observação: Isso não ocorre! E essa é uma ótima oportunidade para esclarecer algumas dúvidas a respeito de reprodução sexuada animal.

Essas são apenas sugestões de possíveis dados que os estudantes poderão levantar para discutir suas hipóteses. Nossa proposta é que os grupos se organizem para fazer tais levantamentos e dar prosseguimento às análises de cada hipótese. É importante que o professor possa orientá-los, especialmente no que diz respeito à qualidade das fontes de busca. Outro aspecto relevante nesse caso é que o professor oriente os estudantes a buscar também dados que possam

enfraquecer suas hipóteses e não apenas aquelas que lhes pareçam corroborá-las. As hipóteses 5 e 6 trazem exemplos de como isso poderia ser feito.

Este processo entre o momento de levantamento de explicações e trabalho com dados é bastante dinâmico. Observe que nesta sequência selecionamos seis possíveis evidências e que, a partir delas, indicamos alguns possíveis caminhos a serem seguidos no levantamento de dados. Apesar disso, é possível que apareçam propostas de explicação distintas, o que irá demandar outras buscas e análises.

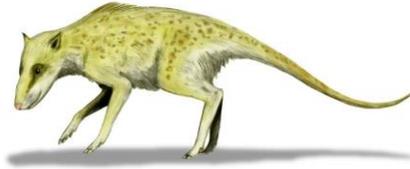
Em alguns casos, os estudantes podem ainda não ter um contato tão expressivo com a abordagem investigativa. Nesses casos, o próprio professor pode providenciar o conjunto de dados para ajudar nas análises. A proposta é que o professor faça adequações em seu planejamento, dependendo do contexto da turma.

Para o caso de fornecer os dados para a análise, sugerimos a seguir um conjunto de dados secundários elaborados a partir de artigos científicos, materiais de divulgação científica, sites de museus e universidades. Propomos a confecção de cartões informativos contendo dados importantes para a discussão das hipóteses com informações escritas de maneira direta e objetiva. Esta é apenas uma estratégia de apresentação dos dados.

Além da produção de cards, o professor e a turma poderiam optar por outras formas de representá-los e comunicá-los. Em nossas experiências em salas de aulas, temos utilizados diferentes estratégias: memes em redes sociais, murais na sala de aula, cartazes, pequenos vídeos, produção de fichas e outros. A proposta é que os estudantes tenham acesso a este conjunto de dados de forma que possam analisá-los, discuti-los e usá-los como fonte de evidências.

Entendemos ainda que pode ser necessário produzir novos cards, dependendo das hipóteses levantadas. É aconselhável, também, que o professor leve material adicional para a confecção de novos cartões, uma vez que há a probabilidade de a turma precisar de evidências adicionais para a discussão e ainda não contempladas. Para nossa proposta, apresentamos 8 cartões que o professor poderá usar.

CARD 1: O fóssil de *Indohyus*



Este é um modelo a partir do fóssil de *Indohyus*, um artiodátilo digitígrado nativo do sul da Ásia (Caxemira, Índia). Um digitígrado é um animal que fica de pé e/ou caminha sobre ou dedos dos pés, como cães, gatos e outros mamíferos. O *Indohyus* viveu em torno de 50 milhões de anos atrás.

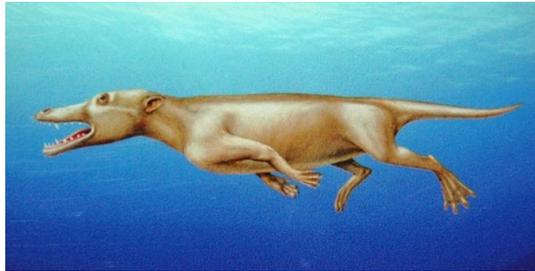
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indohyus_BW.jpg

Semelhanças morfológicas deste fóssil com as baleias:

- 1) Sua bula timpânica é espessada;
- 2) Arranjo dos dentes incisivos é anteroposterior;
- 3) A coroa dos pré-molares é posterior;
- 4) Composição dos dentes similar (comparação por isótopo estável de oxigênio);
- 5) Aumento da densidade óssea em consequência de osteosclerose. A osteosclerose permite que alguns animais aquáticos sejam caminantes de fundo (hipopótamos) e outros que mantenham a flutuabilidade na água (peixe-boi).

Fonte: Thewissen, J. G. M., Cooper, L. N., Clementz, M. T., Bajpai, S., & Tiwari, B. N. (2007). Whales originated from aquatic artiodactyls in the Eocene epoch of India. *Nature*, 450(7173), 1190–1194. doi:10.1038/nature06343

CARD 2: O fóssil Pakicetus



O Pakicetus é um fóssil de cetáceo extinto semiaquático. Viveram há cerca de 48,5 milhões de anos. Uma análise da composição de isótopos de oxigênio no seu esmalte dental indica sua similaridade com o *Indohyus*.

<https://www.flickr.com/photos/jsigeology/32335202935>

Fontes: Sanderson, K. The land-based ancestor of whales. Publicação online em 19 de dezembro de 2007. *Nature*. doi:10.1038/news.2007.388

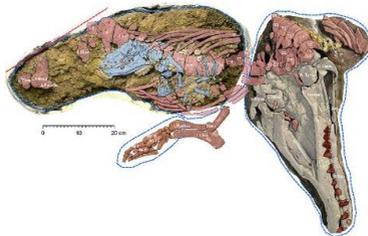
Thewissen, J. G. M., Cooper, L. N., Clementz, M. T., Bajpai, S., & Tiwari, B. N. (2007). Whales originated from aquatic artiodactyls in the Eocene epoch of India. *Nature*, 450(7173), 1190–1194. doi:10.1038/nature06343

CARD 3: O fóssil *Maiacetus inuus*



Este é o modelo do fóssil *Maiacetus inuus*, encontrado em rochas marinhas no Paquistão e viveu há cerca de 47 milhões de anos. O animal retém os membros posteriores e não é completamente aquático. Observe na imagem abaixo que a fêmea reteve o feto preservado no registro fóssil encontrado.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maiacetus_NT.jpg



O feto se posiciona com a cabeça voltada para o canal do parto. Essa é uma característica de animais terrestres. Provavelmente, o animal ia até a terra para dar a luz. Nas baleias atuais, a cauda do feto está voltada para o canal do parto.

https://zh.wikipedia.org/wiki/File:Adult_female_and_fetal_Maiacetus.jpg

Fonte: Gingerich, P. D, et al. (2009). New Protocetid Whale from the Middle Eocene of Pakistan: Birth on Land, Precocial Development, and Sexual Dimorphism. *PLoS ONE*, 4(2), e4366.

CARD 4: Predadores do *Indohyus*

Possíveis predadores do *Indohyus*. Fósseis datados do período Eoceno:

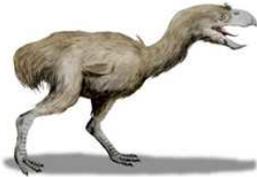


Aves de rapina *Masillarraptor* Messel,
Alemanha (Mayr, 2006)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Masillarraptor_restoration.jpeg

Artiodátilo carnívoro *Mesonyx* Nei Mongol,
China (Jin, 2012)

<https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mesonyx.jpg>



Aves do terror *Eleutherornis* Lissieu, França
(Gaillard, 1936)

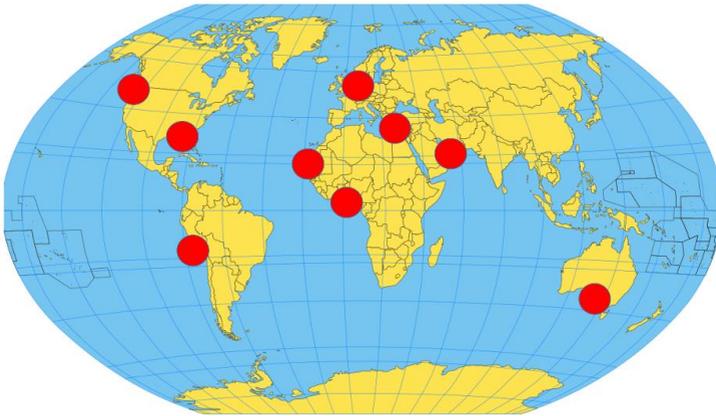
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paraphysornis_BW-2r.jpg

Fontes: Angst, D., Buffetaut, E., Lécuyer, C., & Amiot, R. (2013). "Terror Birds" (Phorusrhacidae) from the Eocene of Europe Imply Trans-Tethys Dispersal. *PLoS ONE*, 8(11), e80357.

Jin, X. "New mesonychid (Mammalia) material from the Lower Paleogene of the Erlian Basin, Nei Mongol, China". (2012) *Vertebrata Palasiatica*. 50 (3): 245–257.

Mayr, G. A new raptorial bird from the Middle Eocene of Messel, Germany. (2006). *Historical Biology*, 2006; 18(2): 95–102

CARD 5: Reconstrução paleogeográfica



No mapa estão marcados os principais locais em que foram encontrados fósseis de cetáceos e seus ancestrais entre os períodos Eoceno e Oligoceno.

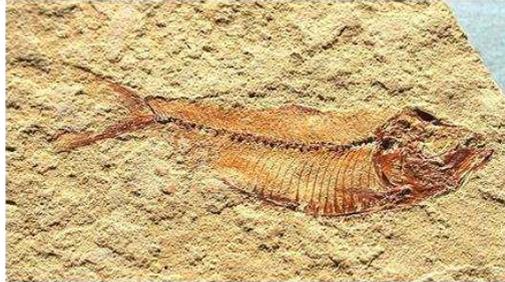
Observe a associação desses animais com a água.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_map_blank.svg

Fonte: Reconstrução dos autores a partir da arte de Vinícius Anelli, palestra do doutor em paleontologia Estevan Eltink.

<http://www.ead.hemocentro.fmrp.usp.br/joomla/index.php/noticias/adotepauta/638-reconstruindo-o-passado-a-historia-evolutiva-das-baleias>.

CARD 6: As presas dos ancestrais dos *Pakicetus*



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Knightia_01.jpg

Os fósseis marinhos mais comuns da época do Eoceno são de pequenos peixes, como *Knighitia* (na figura) e *Enchodus*, abundantes nos lagos e rios da América do Norte correspondentes a bacias sedimentares atuais.

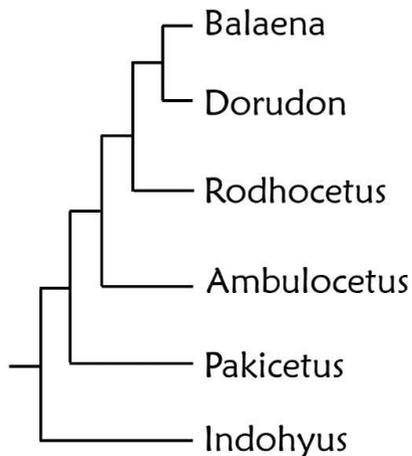
Os *Pakicetus* têm dentes com cúspides (as saliências elevadas de um dente) altas e separadas de outras cúspides por vales profundos. Também apresentam um desgaste dentário incomum, com grandes áreas polidas no esmalte, causadas pelo contato entre os dentes. Esse padrão de desgaste tem sido correlacionado à ingestão de peixes.

Os *Pakicetus* têm hábito alimentar diferente dos *Indohyus*, principalmente em relação ao processamento do alimento e ao tipo de presas.

Fontes: Strauss, Bob. "Understanding Prehistoric Life During the Eocene Epoch." *ThoughtCo*, Jan. 19, 2019, [thoughtco.com/the-eocene-epoch-1091365](https://www.thoughtco.com/the-eocene-epoch-1091365). Último acesso em 16/06/2019 às 13:05.

Thewissen, J.G.M., Cooper, L.N., George, J.C. et al. *Evo Edu Outreach* (2009) 2: 272. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0135-2>

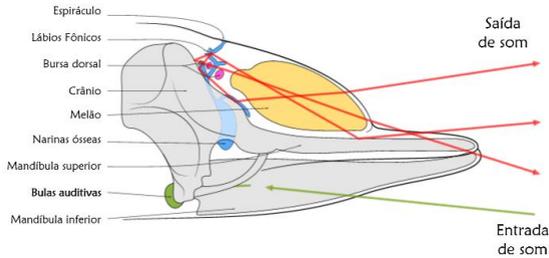
CARD 7: Relações evolutivas entre os cetáceos



O registro fóssil da história dos cetáceos é bastante completo, com formas intermediárias temporalmente coerentes, de forma a construir uma sequência lógica. Dessa forma, há propostas de relações evolutivas como esta observada ao lado. Nessa proposta, é possível notar relações entre ancestrais com mudanças graduais na morfologia, sem grandes saltos.

Fonte: Imagem elaborada pelos autores a partir de Prothero, D.R.; Foss, S.E. *The Evolution of Artiodactyls*. (2007) The Johns Hlopkins University Press

CARD 8: Audição dos cetáceos



A audição é o sentido dominante para as baleias e eles usam sua audição como usamos nossa visão. Estalos subaquáticos, vocalizações/canções e ecolocalização permitem que elas se comuniquem uns com os outros, se orientem, naveguem pelo oceano e encontrem comida.

Há dados sobre o desenvolvimento dos ossos do ouvido do feto das baleias. Esses dados indicam uma grande semelhança na orelha média dos fetos de baleias e dos fetos de mamíferos terrestres. À medida que o desenvolvimento do feto avança, há a formação da bula timpânica, que é típica dos cetáceos.

Fonte: Frost, E. Keeping an Ear Out for Whale Evolution. (2015). <https://ocean.si.edu/ocean-life/marine-mammals/keeping-ear-out-whale-evolution>.

Observe que é um conjunto bastante complexo de dados. Dessa forma, sugerimos que os estudantes possam ler e analisar o conjunto de dados em um primeiro momento para garantir a compreensão das informações, nem sempre de fácil compreensão. A proposta neste caso, é uma atividade em que os estudantes possam compartilhar dúvidas sobre o conteúdo dos cards.

Em algumas experiências pedagógicas que fizemos utilizando esse tipo de estratégia, uma proposta interessante foi fornecer os cartões para que os estudantes pudessem levar para casa e estudá-los, fazer anotações nos cartões, marcar dúvidas ou sublinhar no texto aquilo que acharam mais interessante. Em um segundo momento, já em sala, pode haver uma discussão do professor com toda a turma fazendo perguntas e explicando melhor o que significa cada cartão, tirando dúvidas e tornando as informações mais claras. O trabalho investigativo, nesse momento, envolve o contato com um conjunto de dados disponíveis sobre o tema e a compreensão desses dados.

É importante lembrar também que é possível que nem todos os cartões aqui propostos sejam necessários e que sejam necessários outros. Isso vai depender das hipóteses levantadas na atividade anterior. É o processo de levantamento de hipóteses que irá direcionar o trabalho com os dados.

Atividade 4: Processo de análise dos dados

A partir do contato com o conjunto de dados ou do levantamento realizado pelos próprios estudantes, esta atividade propõe uma análise das hipóteses à luz das evidências.

A proposta é que os estudantes discutam as relações entre hipótese e evidência e registrem essa discussão em um diagrama de hipóteses. Como temos indicado ao longo deste material, esta é apenas uma sugestão de ferramenta para esse registro. Assim, as relações entre hipóteses e evidências poderiam ser construídas de outras formas por meio de outros recursos. Nesta sequência, propomos o uso de um diagrama para analisar cada hipótese, conforme o modelo a seguir:

Hipótese: _____	
Dados que fortalecem a hipótese:	Dados que enfraquecem a hipótese:

Figura 8.3: Modelo para o Diagrama de hipóteses. Fonte: elaborado pelos autores.

A orientação para a realização dessa atividade será retomar o conjunto de dados da atividade anterior e colar os cartões. Aqueles cartões que trazem evidências capazes de corroborar com uma determinada hipótese deverão ser colados no campo esquerdo do diagrama. Já aqueles cartões que trazem evidências capazes de refutar ou enfraquecer uma determinada hipótese deverão ser colados no campo direito do diagrama.

Um elemento importante deste momento é a argumentação entre os colegas de grupos. A ideia é que os estudantes possam discutir e expor suas ideias que justifiquem o porquê consideram que um cartão deveria ser colado no diagrama e de que lado.

Atividade 5: Aprofundando as análises e construindo conclusões

Ao final da atividade de discussão das evidências, os diagramas de toda a turma serão compartilhados. Isso pode ser feito por meio de um “varal” de diagramas. A ideia é que a análise de cada hipótese fique enfileirada e os estudantes tenham uma visão das análises de toda a turma. Nossa proposta é que esse primeiro impacto visual poderá fornecer algumas percepções, por exemplo, sobre aquelas hipóteses que receberam mais cartões corroborando ou refutando.

Esta análise inicial pode parecer mais superficial, porém, a ideia é gerar um impacto visual e, a partir daí, percorrer o varal com os estudantes chamando a atenção para os detalhes, consensos e possíveis controvérsias.

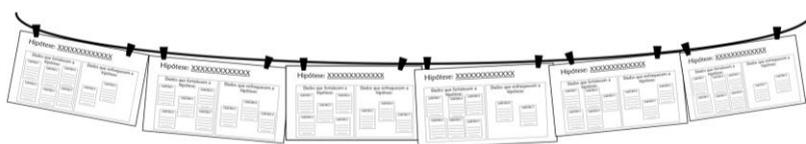


Figura 8.4: Varal de diagrama de hipóteses. Fonte: elaborado pelos autores.

No varal representado na figura, por exemplo, os estudantes já poderiam visualizar algumas conclusões importantes para uma determinada hipótese. Primeiramente, fica claro que a hipótese em análise teve mais dados capazes de corroborá-la do que enfraquecê-la. Além disso, seria possível observar também que há alguns dados que foram analisados de modo consensual. Suponhamos que todos os grupos tenham considerado que as evidências 1 e 3 fortalecem a hipótese e que a evidência 2 enfraquece a hipótese.

Essa análise inicial teria o objetivo de estabelecer os consensos entre os colegas e dar visibilidade a possíveis discordâncias. Desse modo, o objetivo não seria apenas fazer um levantamento quantitativo para saber quais são as hipóteses mais fortes ou mais frágeis. Por isso, é importante aprofundar na discussão. Esse momento envolveria uma discussão com toda a turma a partir de uma análise mais detalhada do varal. Suponhamos que apenas um grupo considerou que a evidência 4 seria capaz de enfraquecer determinada hipótese. Todos os outros grupos consideraram que esta evidência fortalecia a hipótese. Nesse caso, os grupos deveriam se explicar e argumentar indicando o que levou cada um deles a fazer esta interpretação.

Em algumas experiências que temos acompanhado em sala de aula, essa estratégia envolve, muitas vezes, uma retomada da análise realizada na atividade anterior e, em geral, a reconsideração do que se havia pensado. Isto é, o grupo discordante poderia ter feito alguma análise inadequada, não entendido a evidência em questão, ou desconsiderado algum outro elemento presente nos

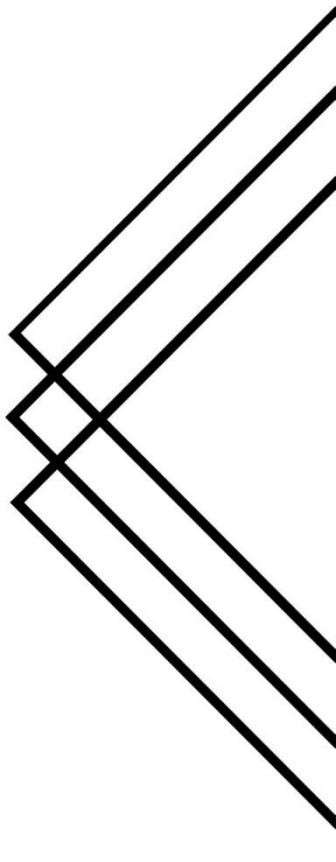
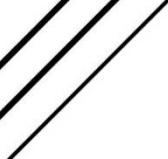
dados. Em outros casos, porém, o processo torna-se mais complexo e produtivo. Por exemplo, quando um ou dois grupos discordantes constroem uma argumentação bem fundamentada e conseguem convencer alguns colegas de outros grupos, gerando uma tensão maior em torno da interpretação de uma evidência. Esses momentos têm indicado oportunidades ricas para o engajamento e apropriação de práticas dos domínios epistêmico e social da ciência em sala de aula.

Para finalizar a sequência, após a discussão em torno de cada hipótese, os estudantes devem sistematizar de alguma forma as conclusões compartilhadas com seus grupos. Uma proposta é a escrita compartilhada de um texto dissertativo em formato online, de modo que o professor possa acompanhar a escrita, avaliar as contribuições dos membros e perceber como o grupo construiu consensos em torno do fenômeno investigado. Novamente, esta é apenas uma sugestão de estratégia para sistematizar as ideias dos estudantes, mas há diversas outras possibilidades e caberia ao professor pensar em possíveis adequações dependendo do contexto da turma.

Referências

- Angst, D., Buffetaut, E., Lécuyer, C., & Amiot, R. (2013). "Terror Birds" (Phorusrhacidae) from the Eocene of Europe Imply Trans-Tethys Dispersal. *PLoS ONE*, 8(11), e80357. doi:10.1371/journal.pone.0080357
- Frost, E. (2015). Keeping An Ear Out For Whale Evolution. <https://ocean.si.edu/ocean-life/marine-mammals/keeping-ear-out-whale-evolution>.
- Gaillard C. (1936). Un oiseau gé'ant dans les de'po'nts e'ocenes du Mont-d'Or lyonnais. *Compte Rendus Académie Sci* 202: 965–967.
- Gingerich, P. D.; ul-Haq, M.; von Koenigswald, W.; Sanders, W. J.; Smith, B. H.; Zalmout, I. S. (2009). New Protocetid Whale from the Middle Eocene of Pakistan: Birth on Land, Precocial Development, and Sexual Dimorphism. *PLoS ONE*, 4(2), e4366. doi:10.1371/journal.pone.0004366
- Jin, X. (2012). New mesonychid (Mammalia) material from the Lower Paleogene of the Erlian Basin, Nei Mongol, China. *Vertebrata Palasiatica*, 50(3), 245–257.
- Mayr, G. (2006). A new raptorial bird from the Middle Eocene of Messel, Germany. *Historical Biology*, 18(2): 95–102
- Sanderson, K. (2007). The land-based ancestor of whales. *Nature*. doi:10.1038/news.2007.388
- Scheiner, S. M. (2010). Toward a conceptual framework for biology. *The Quarterly review of biology*, vol. 85, n. 3, p. 293–318. DOI: 10.1086/655117.

- Strauss, B. (2019). Understanding Prehistoric Life During the Eocene Epoch. *ThoughtCo*, [thoughtco.com/the-eocene-epoch-1091365](https://www.thoughtco.com/the-eocene-epoch-1091365).
- Thewissen, J.G.M., Cooper, L.N., George, J.C. et al. (2009). *Evo Edu Outreach*, 2: 272. <https://doi.org/10.1007/s12052-009-0135-2>
- Thewissen, J. G. M., Cooper, L. N., Clementz, M. T., Bajpai, S., & Tiwari, B. N. (2007). Whales originated from aquatic artiodactyls in the Eocene epoch of India. *Nature*, 450(7173), 1190–1194. doi:10.1038/nature06343.



Autores

Ana Clara Campideli Santana

Doutoranda em Fisiologia pela Universidade Federal de Minas Gerais, bióloga licenciada pela mesma universidade. Desenvolve pesquisa na área de Fisiologia de Órgãos e Sistemas, com ênfase em Neuroendocrinologia e Reprodução. Participa de projetos de interface entre a UFMG e escolas de ensino básico, visando o letramento científico.

Ana Paula Souto Silva Teles

Docente licenciada em Biologia, com mestrado, doutorado e pós-doutorado em Educação. Toda a formação foi realizada na Universidade Federal de Minas Gerais. Seus principais temas de interesse são: argumentação no Ensino de Ciências, etnografia na educação, ensino por investigação e questões teóricas e metodológicas da pesquisa.

Carla Fabrine de Carvalho

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente, é mestranda no programa de pós-graduação em Tocoginecologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Cid Oliveira de Queiroz

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Desenvolve atividades de pesquisa no Laboratório de Virologia Básica e Aplicada da mesma universidade.

Daniel Marchetti Maroneze

Licenciado e bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), mestre e doutor em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente, é Professor do Colégio Técnico da UFMG (COLTEC) e orienta no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO).

Danielle Diniz Galvão

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente, é professora - Colégio Tiradentes da Polícia Militar e possui experiência na área de Educação. É mestre em ensino de Biologia pela UFMG, com pesquisa relacionada à educação nutricional sob viés investigativo.

Danusa Munford

Possui Bacharelado e Licenciatura, em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo, mestrado em Biologia Genética também pela USP, doutorado em *Curriculum and Instruction* na Pennsylvania State University e pós-doutorado na Ohio State University. É professora titular do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do ABC.

Enrico Giovanelli Tacconi Gimenez

Licenciando em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Trabalhou nas áreas de genética e imunologia e atua na área de Biologia Molecular.

Fernando Marques-Santos

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais e mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Paraná. É Doutor em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre também pela UFMG.

Iago José da Silva Domingos

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Desenvolve atividades de pesquisa no Laboratório de Vírus da UFMG, com trabalhos no ramo de pesquisa em ecoepidemiologia de doenças virais.

Kely Cristina Nogueira Souto

Possui graduação em Pedagogia pela UFMG e graduação em Psicologia pelo Centro Universitário Newton Paiva. Doutora em Educação pela UFMG e mestre em Estudos Linguísticos pela mesma universidade. Concluiu o Pós-doutoramento no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. É professora da Escola de Educação Básica e Profissional da UFMG (Centro Pedagógico).

Luís Felipe dos Santos Melo

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (2021) e Especialista em Geoprocessamento pela University of California Davis (2021). Atuou em pesquisas relacionadas à Socioecologia e, atualmente, trabalha como analista ambiental.

Luiz Gustavo Franco

Licenciado em Ciências Biológicas, mestre e doutor em educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente, é professor da UFMG no Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino, desenvolvendo pesquisas na área de educação em ciências.

Maristela de Oliveira Poletini

Professora no Departamento de Fisiologia e Biofísica da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência na área de Fisiologia, com ênfase em Neuroendocrinologia. Desenvolve projeto de extensão de interface universidade/escola que objetiva promover o letramento científico na educação básica.

Samantha Maia Meireles

É professora de ciências da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte desde 2012. Possui graduação em Ciências Biológicas pela UFMG e mestrado em Educação pela mesma universidade na linha de pesquisa de Educação e Ciências. Atua principalmente nos seguintes temas: ensino aprendizagem de ciências, leitura de textos, ensino fundamental.

Santer Alvares de Matos

Licenciado em Ciências da Natureza e professor do Núcleo de Ciências do Centro Pedagógico da UFMG. Possui experiência na área de Educação, atuando principalmente no ensino e aprendizagem de ciências, tecnologias digitais da informação e comunicação, formação de professores e popularização da ciência.

Thalita de Oliveira Carneiro

Graduada em Ciências Biológicas/Licenciatura pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Desenvolve projetos ligados à docência e pesquisas relacionadas à educação científica. Atualmente, é mestranda em educação pela UFMG na área de educação em ciências.

Rosilene Siray Bicalho

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre e Doutora em parasitologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professora no Colégio Técnico da UFMG. Atua na educação básica, profissional e de Jovens e Adultos como docente e pesquisadora.

Uschi Wischhoff

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal do Paraná e doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela UFMG. Atualmente cursa Licenciatura em Ciências Biológicas também na UFMG. Sua pesquisa se concentra nas áreas de Ecologia comportamental e de populações.

Vanessa Cappelle

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Mestre e Doutora em Educação pela Faculdade de Educação desta mesma instituição. Atua como Técnicas em Assuntos Educacionais na Pró-Reitoria de Extensão da UFMG e orienta no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO).

Vinicius Borges

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atuou em projetos de ensino e em pesquisas em diferentes laboratórios das áreas de Tecnologia Farmacêutica, Biotecnologia e Interação Microrganismos-Hospedeiro.

(Org.)

Luiz Gustavo Franco

ENSINANDO BIOLOGIA POR INVESTIGAÇÃO

PROPOSTAS PARA INOVAR A CIÊNCIA NA ESCOLA

Este livro é fruto do projeto “Desenvolvendo práticas científicas nos Anos Finais do Ensino Fundamental: proposta de uma análise ao longo do tempo”, desenvolvido na Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. Dentre as metas do projeto, a produção de materiais didáticos inovadores tem como objetivo divulgar propostas investigativas e favorecer o desenvolvimento de “espaços da ciência” na escola.

As sequências apresentadas neste livro oferecem alternativas ao ensino pautado meramente na transmissão de conteúdos científicos, visam promover uma postura mais ativa dos estudantes e buscam a construção de visões mais complexas sobre a ciência na escola.