



ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Condições para implementação em sala de aula



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

Ensino de ciências por investigação : condições para im-
plementação em sala de aula / Anna Maria Pessoa de
Carvalho, (org.). -- São Paulo : Cengage Learning,
2013.

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-85-221-1418-4

1. Ciências - Estudo e ensino 2. Prática de ensino
3. Sala de aula - Direção I. Carvalho, Anna Maria
Pessoa de.

13-00300

CDD-507

índice para catálogo sistemático:

1. Ciências : Estudo e ensino 507

Ensino de Ciências por investigação:

condições para implementação
em sala de aula

Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.)

Carla Marques Alvarenga de Oliveira

Daniela Lopes Scarpa

Lúcia Helena Sasseron

Luciana Sedano

Maíra Batistoni e Silva

Maria Candida Varone de Moraes Capecchi

Maria Lucia Vital dos Santos Abib

Viviane Briccia

 **CENGAGE**
Learning

Austrália • Brasil • Japão • Coreia • México • Cingapura • Espanha • Reino Unido • Estados Unidos

Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula
Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.)

Gerente Editorial: Patrícia La Rosa

Supervisora Editorial: Noelma Brocanelli

Supervisora de Produção Editorial: Fabiana Alencar Albuquerque

Editor de Desenvolvimento: Fábio Gonçalves

Analista de Conteúdo e Pesquisa: Milene Uara

Editora de Direitos de Aquisição e Iconografia: Vivian Rosa

Copidesque: Luicy Caetano de Oliveira

Revisão: Olivia Frade Zambone e Maria Alice da Costa

Diagramação: Cia. Editorial

Capa: Sérgio Bergocce

Ilustrações do Capítulo 6: Weber Amendola de Oliveira

© 2014 Cengage Learning Edições Ltda.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro poderá ser reproduzida, sejam quais forem os meios empregados, sem a permissão, por escrito, da Editora. Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Para informações sobre nossos produtos, entre em contato pelo telefone **0800 11 19 39**

Para permissão de uso de material desta obra, envie seu pedido para **direitosautorais@cengage.com**

© 2014 Cengage Learning. Todos os direitos reservados.

ISBN-13: 978-85-221-1418-4

ISBN-10: 85-221-1418-8

Cengage Learning

Condomínio E-Business Park
Rua Werner Siemens, 111 – Prédio 20 – Espaço 04
Lapa de Baixo – CEP 05069-900
São Paulo – SP
Tel.: (11) 3665-9900 – Fax: (11) 3665-9901
SAC: 0800 11 19 39

Para suas soluções de curso e aprendizado, visite **www.cengage.com.br**

Impresso no Brasil.

Printed in Brazil.

1 2 3 4 5 6 7 13 12 11 10 09

Apresentação | VII

1 O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas | 1

Anna Maria Pessoa de Carvalho

2 Problematização no ensino de Ciências | 21

Maria Candida Varone de Moraes Capecchi

3 Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor | 41

Lúcia Helena Sasseron

4 O que se fala e se escreve nas aulas de Ciências? | 63

Carla Marques Alvarenga de Oliveira

5 Ciências e leitura: um encontro possível | 77

Luciana Sedano

6 Por que os objetos flutuam? Três versões de diálogos entre as explicações das crianças e as explicações científicas | 93

Maria Lucia Vital dos Santos Abib

7 Sobre a natureza da Ciência e o ensino | 111

Viviane Briccia

8 A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades | 129

Daniela Lopes Scarpa e Maíra Batistoni e Silva

GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A.; FERREIRA-GAUCHÍA, C. Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In: VICENTINI, M.; SASSI, E. (Eds.). *Connecting research in Physics education with teacher education*. ICPE, 2008. Disponível em: <<http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>>. Acesso em: 19 nov. 2012.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, v. 14, n. 5, p. 541-566, 1992.

HODSON, D.; HODSON, J. Science education as enculturation: Some implications for practice. *School Science Review*, v. 80, n. 290, p. 17-24, 1998.

KHALICK, A.-E.; LEDERMAN, N. G. Improving Science teachers' conceptions of nature of Science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2000.

PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SASSERON, L. H. *Alfabetização científica no Ensino Fundamental – Estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. São Paulo, 2008. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

TOULMIN, S. T. *La comprensión humana*. Madri: Alianza Editorial, 1977.

A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades

Daniela Lopes Scarpa
Maíra Batistoni e Silva

Introdução

Os conteúdos de Biologia estão presentes de maneira bastante intensa na disciplina Ciências Naturais do Ensino Fundamental. Esse aspecto é evidenciado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental do primeiro e segundo ciclos (Brasil, 1997) nos blocos temáticos sugeridos: *ambiente; ser humano e saúde; e recursos tecnológicos*.

Para o desenvolvimento do bloco temático *ambiente* são trabalhados, com frequência, conteúdos como cadeias e teias alimentares, níveis tróficos (produção, consumo e decomposição), ciclo dos materiais e fluxo de energia, dinâmica de populações e ecossistemas. Para o estudo das questões ambientais, se faz necessária uma abordagem que leve em consideração as relações de interdependência entre seres vivos e ambiente, objetos de estudo de um ramo importante da Biologia, a ecologia.

No que se refere ao bloco *ser humano e saúde*, importa abordar as relações fisiológicas e anatômicas de cada sistema e entre sistemas para que o aluno compreenda o corpo humano como um todo integrado que interage com o ambiente biológico, natural, social e cultural.

Conteúdos relacionados aos avanços tecnológicos na área da medicina, agricultura, criação de animais e alimentação, em associação a aspectos éticos, estão presentes no bloco *recursos tecnológicos* e também envolvem conceitos estudados pela Biologia.

Os temas e conteúdos exemplificados anteriormente são trabalhados, com frequência, nos cinco primeiros anos do Ensino Fundamental e estão contidos

em diversas coleções didáticas aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). Mas, como estes assuntos podem ser trabalhados de tal forma que contribuam para que os estudantes compreendam a natureza da Ciência e se aproximem dos objetivos da alfabetização científica?

Este texto procura responder a essa questão, propondo o ensino por investigação como metodologia privilegiada para que os conteúdos de Biologia sejam mais integrados, relevantes, contextualizados e contribuam de modo efetivo para o aprendizado de habilidades envolvidas no fazer científico.

Embora os objetivos de Ciências Naturais para os dois primeiros ciclos do Ensino Fundamental, de acordo com os PCNS, englobem habilidades relativas à atividade científica, tais como observar e identificar características; realizar experimentos simples; elaborar classificações; formular perguntas e suposições; organizar e registrar informações; comunicar de diversos modos perguntas; suposições; dados e conclusões utilizando as informações obtidas para justificar suas ideias, alguns pesquisadores da área de ensino de Ciências e Biologia apontam para o caráter descritivo, memorístico e descontextualizado adotado por professores desta disciplina. Especialmente com relação às Ciências Naturais do Ensino Fundamental, Krasilchik (2004) afirma que:

Em geral, não se nota preocupação com aspectos importantes, como as relações que dinamizam o conhecimento, os métodos e os valores das ciências biológicas. São apresentados e cobrados conhecimentos factuais, muitas vezes irrelevantes e desconexos às outras áreas da disciplina Ciências e às demais disciplinas do currículo.

Muitas vezes são feitas menções ao cotidiano nas salas de aula de Ciências, utilizando-se a linguagem científica para descrever situações próximas dos alunos, como nomear cientificamente agentes infecciosos e processos de desenvolvimento de doenças, acreditando que, desse modo, por si só já se constitui um ensino mais contextualizado. No entanto, tal aspecto não torna o ensino de Ciências mais relevante e significativo para o indivíduo, já que continua sem explorar as dimensões sociais nas quais os fenômenos se inserem.

Muitas vezes, essa aparente contextualização é colocada apenas como um pano de fundo para encobrir a abstração excessiva de um ensino puramente conceitual, enciclopédico, de cultura de almanaque. Nessa visão, são adicionados cada vez mais conteúdos ao currículo, como se o conhecimento isolado por si só fosse a condição de preparar os estudantes para a vida social. (Santos, 2007, p. 4 e 5)

Na tentativa de superar os aspectos negativos dessa realidade constatada em muitas salas de aula de Ciências, as pesquisas indicam a necessidade de focar os

objetivos do ensino de Ciências no desenvolvimento de habilidades pelos alunos de acordo com o almejado pelos princípios da alfabetização científica.

Alfabetização científica e ensino de Ciências por investigação

Desenvolver as habilidades que permitam ao indivíduo maior familiaridade com as inovações científicas e tecnológicas presentes em seu cotidiano é uma das preocupações do ensino de Ciências no enfoque da alfabetização científica.

Em consonância a essas preocupações, a Unesco (2005) apresenta como relevante o envolvimento social na formação científica e tecnológica do cidadão:

[...] o ensino de Ciências é fundamental para a população não só ter a capacidade de desfrutar dos conhecimentos científicos e tecnológicos, mas para despertar vocações a fim de criar estes conhecimentos. O ensino de Ciências é fundamental para a plena realização do ser humano e a sua integração social. Continuar aceitando que grande parte da população não receba formação científica de qualidade agravará as desigualdades do país e significará seu atraso no mundo globalizado. (Unesco, 2005, p. 2)

Sasseron e Carvalho (2008) organizam as distintas abordagens do que os pesquisadores consideram a alfabetização científica em três *eixos estruturantes*: (i) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; (ii) compreensão da natureza da Ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e (iii) entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Nesse sentido, para que se atinjam os objetivos da alfabetização científica, é necessário envolver essas diferentes e igualmente importantes dimensões da Ciência.

As autoras apresentam sequências didáticas elaboradas com o objetivo de abordar na primeira etapa do Ensino Fundamental os três eixos da alfabetização científica. Para a análise, elas criaram, com base na literatura e em dados, indicadores de alfabetização científica. Tais indicadores evidenciam o modo como um aluno reage e age quando se depara com algum problema durante a investigação; enfim, quais são as habilidades desenvolvidas pelos alunos durante a aplicação das sequências. Os indicadores são organizados em três grupos: um deles relaciona-se ao trabalho com os dados obtidos em uma investigação (organizar, classificar e seriar os dados de pesquisa); o segundo grupo engloba dimensões relacionadas à estruturação do pensamento (raciocínio lógico e raciocínio pro-

porcional); e o terceiro grupo está ligado à compreensão da situação analisada (levantamento de hipótese, teste de hipótese, justificativa, previsão, explicação).

Ao apresentar como objetivo geral do ensino de Ciências a alfabetização científica, não basta apenas propiciar acesso ao fenômeno e mostrá-lo aos alunos. É necessário que haja uma introdução na forma como esses modelos são construídos e no modo particular de representar o mundo típico da Ciência.

Ao se considerar a investigação uma das características centrais da produção do conhecimento científico, utilizá-la nas aulas de Ciências é uma maneira de ensinar não só conteúdo científico, mas também as características que compõem a natureza desse conhecimento, além de utilizar a linguagem argumentativa, contemplando os três eixos estruturantes da alfabetização científica.

Das várias definições do ensino de Ciências por investigação, Jorde (2009) aponta quatro características essenciais que possibilitam diversas práticas. Para esse autor, o ensino de Ciências por investigação é o que envolve os alunos em: 1) atividades de aprendizagem baseadas em problemas autênticos; 2) experimentações e atividades práticas, incluindo a busca de informações; 3) atividades autorreguladas, isto é, que priorizam a autonomia dos alunos; e 4) comunicação e argumentação.

Jiménez-Aleixandre e Fernández-López (2010) argumentam que o ensino de Ciências por investigação é o que promove o desenvolvimento de processos associados à produção do conhecimento científico, especificamente, *produção, validação e comunicação*. Para os autores, esses três processos e suas práticas associadas podem ser utilizadas como estruturas para desenhar, caracterizar e analisar propostas de ensino. Nesse contexto, o ensino de Ciências por investigação é aquele que possibilita ao aluno, no que diz respeito ao processo de produção do conhecimento, identificar padrões a partir de dados, propor explicações com base em evidências, construir modelos, realizar previsões e rever explicações com base em evidências; em relação ao processo de validação do conhecimento, selecionar evidências para justificar uma explicação, construir argumento para relacionar dados e conclusões e empregar dados para tomar decisões; e, no que se refere ao processo de comunicação, discutir, escrever e comunicar aos colegas o conhecimento científico.

Nesse mesmo trabalho, os autores destacam que os estudantes desenvolvem essas práticas quando planejam e executam uma investigação, diferentemente de outras atividades nas quais os estudantes têm pouca ou nenhuma responsabilidade pelas decisões tomadas. Porém realizar uma investigação efetiva exige a mediação constante do professor, isto é, os alunos têm papel ativo, mas não realizam a investigação sozinhos. O nível de mediação e direcionamento do

professor pode variar bastante, conforme seus objetivos educacionais, disponibilidade de tempo, conceitos a ser trabalhados, características dos estudantes, relações em turma e experiência do docente.

Em concordância com a visão construtivista de ensino de Ciências que prevê que a função do professor é a mesma de um pesquisador-orientador que guia seus alunos em seus estudos e os ajuda a entender, complementar ou até mesmo questionar resultados de experimentos, é possível se pensar em um *continuum* fundamentado no nível de mediação do professor para categorizar diferentes atividades de ensino com base em investigação. Há desde investigações para confirmação de determinada ideia, em que o problema, os procedimentos e as possíveis soluções são fornecidos pelo professor, até investigações abertas, na qual os estudantes têm a oportunidade de elaborar a questão, planejar os métodos de investigação e comunicar suas conclusões.

Levando-se em conta esses pressupostos, há na literatura sobre ensino de Ciências diversos trabalhos que propõem estruturas para o planejamento de sequências de atividades baseadas em investigação. Erduran (2006), por exemplo, descreve uma estrutura que consiste em *previsão - observação - explicação*, na qual os estudantes são instigados a argumentar, ao defender suas explicações, utilizando evidências empíricas. Neste mesmo artigo, a autora apresenta a estrutura das *teorias concorrentes*, em que os alunos devem avaliar quais das teorias apresentadas explicam de modo mais adequado determinado fenômeno e justificar tal escolha. Neste último caso, a História da Ciência tem papel central na elaboração das sequências didáticas.

Já Guisasola et al. (2006) propõem um modelo denominado *Developing guided research*, o qual se assemelha aos demais já apresentados (definição de problema e estratégia para resolvê-lo, coleta e análise de resultados e elaboração de explicação), porém traz uma novidade: os estudantes devem utilizar o novo conhecimento produzido na investigação em uma nova situação ou em situações mais complexas, nas quais poderão analisar as limitações de suas explicações.

Nessas e em outras pesquisas sobre o ensino de Ciências por investigação, os objetivos educacionais estão de acordo com o almejado pela alfabetização científica: ensinar conceitos e a natureza do conhecimento científico e promover a argumentação. Diferentemente do que é praticado na Ciência escolar, na qual as atividades dos estudantes são estruturadas com base no raciocínio por leis e símbolos manipulados para resolver problemas bem-definidos que produzem significados fixos e conceitos imutáveis, o ensino de Ciências por investigação teria o papel de propiciar o desenvolvimento de um raciocínio com base em modelos causais por meio de situações-problema, cujas resoluções

produzem significados negociáveis e uma compreensão socialmente construída (Munford e Lima, 2007).

Por essas características, o ensino de Ciências por investigação também está de acordo com uma concepção construtivista de educação, a qual valoriza os processos comunicativos que ocorrem em sala de aula e o papel das interações entre os sujeitos na construção de significados.

Para Vygotsky (1998), qualquer aprendizado é parte integrante do desenvolvimento das funções psicológicas que caracterizam o indivíduo humano e pressupõe uma natureza social. Porém o autor diferencia a formação dos conceitos em situações cotidianas e em situações de aprendizagem sistematizada, de escolarização: apesar de constituir um único processo de formação de conceitos e de se influenciarem mutuamente, há diferenças quanto à gênese e ao funcionamento dos conceitos espontâneos e dos não espontâneos (científicos).

Enquanto os conceitos espontâneos são gerados a partir da experiência pessoal da criança com os signos, os científicos aparecem de forma deliberada, planejada e orientada. Para que ocorra o desenvolvimento de conceitos científicos, o aprendizado deve focar naquilo que a criança consegue realizar com a ajuda de outro mais competente, ou seja, deve-se estabelecer uma *zona proximal de desenvolvimento* na qual, por meio da *mediação* do professor ou de outras crianças, seja possível ao sujeito resolver problemas que sozinho não conseguiria. Assim, embora a aprendizagem, em ambos os casos seja dependente do contato com o outro, no primeiro caso, este pode ou não estar presente fisicamente no processo; já no segundo caso, a presença de um indivíduo mais experiente da cultura (professor ou outros alunos) é essencial para que ocorram os avanços que não ocorreriam de forma espontânea.

Em consequência, é na interação que a significação se produz, e o outro tem um papel mediador fundamental na aprendizagem. Esse desenvolvimento é possibilitado por estratégias didáticas que favoreçam a cooperação, a negociação, a argumentação em sala de aula.

Etapas do ensino de Ciências por investigação

Inspirados por historiadores e filósofos da Ciência, que, a partir da década de 1950, começaram a defender que o conhecimento científico é influenciado pelas teorias que o investigador possui e são compartilhados por uma comunidade científica, alguns autores da área da educação em Ciências sugerem que os currículos de Ciências deveriam incorporar os procedimentos e práticas científicos para a construção de modelos explicativos sobre o mundo natural.

Nesse sentido, a investigação científica, com todas as suas características, deveria estar mais presente no ensino de Ciências.

Em países da América do Norte e da Europa, o ensino de Ciências por investigação é uma metodologia bastante discutida e consagrada nos documentos oficiais, que chamam a atenção de que fazer e compreender a investigação científica envolve o desenvolvimento de habilidades como observação, inferência, levantamento e teste de hipóteses, utilizando-se das teorias científicas para construir explicações (Munford e Lima, 2007). Nos parâmetros curriculares norte-americanos, as etapas essenciais presentes no ensino por investigação são:

- o engajamento em perguntas de orientação científica;
- a utilização de evidências para responder às questões;
- a formulação de explicações a partir das evidências;
- a avaliação dessas explicações à luz de outras alternativas, especialmente as científicas;
- a justificativa e a comunicação das explicações propostas.

No Brasil, o Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (LAPeF) elaborou diversas sequências didáticas que trabalham conceitos físicos, como pressão, sombra, luz, densidade, equilíbrio, voltados para os primeiros ciclos do Ensino Fundamental.¹ As atividades de conhecimento físico são desenvolvidas em etapas bem-definidas com o intuito de que as habilidades envolvidas em uma investigação científica sejam exercitadas pelos alunos.

Na primeira etapa, o professor propõe o problema físico e disponibiliza os materiais necessários para a sua resolução. O problema deve ser uma pergunta simples, objetiva e desencadear a ação dos estudantes sobre o material de experimentação para resolvê-lo. Em seguida, os alunos em grupos manipulam o material a fim de conhecê-lo melhor. Cabe ao professor, nesse momento, verificar se os grupos entenderam o problema proposto. Familiarizados com os objetos, os alunos buscam a solução do problema por meio da ação sobre eles. Depois que os alunos chegam à resolução do problema, o professor convida-os a organizar a sala para realizar uma discussão, que se inicia com o relato voluntário de *como* fizeram para resolver o problema. Somente depois de esgotados

¹ Os vídeos das atividades estão publicados em http://paje.fe.usp.br/estrutura/index_lapef.htm. Acesso em: 26 nov. 2012. Para outras atividades e materiais produzidos pelo LAPeF, acessar <http://www.lapef.fe.usp.br/index.html>.

os relatos, o professor pergunta *por que* os materiais sofreram determinadas reações quando manipulados com o objetivo de proporcionar uma reflexão sobre tais relações de causa e efeito. Nem todos os alunos chegam às mesmas explicações e não há necessidade de uma resposta padronizada. Em seguida, o professor aproveita situações familiares dos alunos para contextualizar o problema e relacioná-lo com o cotidiano. Por fim, os alunos são convidados a registrar, na forma de texto e/ou desenho, como resolveram o problema e por que obtiveram tais resultados.

É muito interessante verificar, na aplicação dessas atividades, como os estudantes interagem com os objetos e também entre si na resolução do problema. Ao estimular a cooperação entre os integrantes do grupo e entre os grupos, as investigações possibilitam que, mesmo aquelas crianças com dificuldades em aprender Ciências da maneira tradicional, conseguem produzir significados nas aulas de Ciências, por meio do estabelecimento de zonas proximais de desenvolvimento, e se apropriar de conceitos e processos típicos da natureza da Ciência.

Enquanto atividades de investigação são desenvolvidas para o conhecimento físico no Brasil, são poucas as iniciativas que contemplam os conteúdos de Biologia do currículo de Ciências de maneira investigativa, ou seja, que proporcione o desenvolvimento de habilidades envolvidas nas atividades científicas específicas dessa área do conhecimento. Acredita-se que a falta de iniciativas desse tipo possa refletir dificuldades relacionadas à própria natureza do conhecimento biológico.

Ensino de Biologia por meio da investigação: dificuldades

Nada em biologia faz sentido exceto à luz da evolução.

A epígrafe desse tópico é o título dado por Dobzhansky (1973), importante biólogo ucraniano da primeira metade do século XX, a um artigo sobre a importância da evolução como uma teoria unificadora para a biologia, teoria que explica tanto a diversidade como a unidade das formas de vida no planeta.

A Biologia somente passou a ser considerada uma ciência unificada durante o século XX, quando a teoria da evolução dos seres vivos (principalmente o conceito de seleção natural proposto por Charles Darwin [1809-1913]), com o desenvolvimento da genética molecular (com as explicações sobre hereditariedade), passou a oferecer possibilidades de releituras em todos os campos da Biologia. A ecologia, a citologia, a fisiologia, por exemplo, incorporaram me-

todologias experimentais mais sofisticadas e explicações evolutivas para seus dados de pesquisa. Antes disso, predominavam os ramos mais descritivos da História Natural (conhecidos como zoologia e botânica), e os estudos em citologia, embriologia e fisiologia com tradições mais experimentais (Marandino, Selles e Ferreira, 2009).

Apesar de seu estabelecimento como Ciência autônoma se dar apenas em meados do século XX, a origem da Biologia remonta à Antiguidade Clássica, quando filósofos gregos encaravam os fenômenos biológicos de perspectivas da medicina e da história natural. A observação e a descrição foram e ainda são métodos essenciais no desenvolvimento dessas áreas. Assim, a partir da observação e descrição de animais domésticos no que se refere a comportamento individual, nascimento, crescimento, nutrição, doença, morte e sua comparação com animais selvagens e com o ser humano, os gregos antigos contribuíram para a pesquisa na anatomia e medicina. A tradição descritiva predominou nas ciências biológicas durante muito tempo e, ainda, é considerada extremamente importante para sustentar os estudos comparativos que embasam as explicações causais sobre a evolução dos seres vivos (Mayr, 1998).

Pelo fato de nem sempre os problemas biológicos poderem ser resolvidos por meio de experimentos controlados em laboratório, a Biologia foi considerada uma ciência de menor importância, já que o experimento é visto por alguns filósofos da Ciência e, mesmo pelo público em geral, como o método científico capaz de “provar” fenômenos e permitir a construção de explicações.

Atualmente, no entanto, pesquisadores concordam que, embora a metodologia experimental tenha um papel fundamental em várias áreas da Biologia, o método observacional-comparativo é extremamente importante no fornecimento de hipóteses e respostas para muitos problemas biológicos.

A observação conduziu à descoberta de faunas e floras estranhas, e tornou-se a base da biogeografia; a observação revelou a diversidade da natureza orgânica e conduziu ao estabelecimento da classificação dos seres vivos e à teoria da ascendência comum; a observação conduziu aos fundamentos da etologia e da ecologia. A observação, na biologia, forneceu, provavelmente, mais conhecimentos do que todos os experimentos juntos. (Mayr, 1998, p. 49)

Fundamenta-se, nesse ponto, uma das dificuldades de se propor atividades de investigação com temas de Biologia: nem todos os conteúdos biológicos trabalhados nos currículos de Ciências são passíveis de experimentos clássicos. Talvez poucos deles sejam. No entanto, é comum a concepção de que o ensino de Ciências por investigação envolve necessariamente atividades práticas ou experimentais.

Depois da publicação de *A origem das espécies*, em 1859, em que Darwin introduz o conceito de seleção natural para explicar como ocorre o processo de evolução dos seres vivos, ficou evidente que muitos conceitos básicos das ciências físicas não eram aplicáveis à Biologia e que esta possuía princípios e conceitos específicos (Mayr, 2005).

Um desses princípios é a propriedade emergente dos sistemas biológicos, isto é, tais sistemas são tão ricos e complexos que novas propriedades surgem quando são analisados em níveis mais abrangentes de integração. Por esse motivo, a compreensão do funcionamento de determinado sistema biológico não pode se dar de modo completo pela análise de suas partes. Para o desenvolvimento de atividades experimentais em sala de aula, esse princípio pode tornar-se um problema, pois o número de variáveis passível de ser analisado no espaço e no tempo da sala de aula é muito restrito quando comparado à complexidade dos sistemas biológicos; além disso, as interações entre seus componentes não pode ser negligenciada, pois são essenciais para a compreensão da Biologia.

Por exemplo, não podemos concluir sobre a dinâmica de uma comunidade biológica, analisando as populações que a constituem separadamente; a *relação presa-predador* interferirá em propriedades importantes das populações que participam dessa interação, como seu tamanho e distribuição. Outro exemplo refere-se ao estudo do corpo humano; é essencial que os alunos compreendam as relações entre os diferentes órgãos e sistemas que funcionam de forma integrada; mas como fazê-lo experimentalmente sem esbarrar em questões éticas fundamentais, como o uso de seres vivos como cobaias ou mesmo a experimentação com seres humanos?

O processo evolutivo dos seres vivos é resultado de uma interação de diversos fatores, até o acaso. As variações genéticas nas populações podem surgir por mutações ao acaso, por exemplo. Entender o papel do acaso no processo evolutivo dos seres vivos e redimensionar a importância de relações estritamente casuísticas é, portanto, essencial para que os alunos desenvolvam as habilidades das atividades científicas específicas da Biologia. Porém, ao priorizar o ensino por investigação, é difícil estabelecer atividades de experimentações práticas em que se evidencie o papel do acaso, pois o número de amostragens deve ser grande, o que é muito difícil de garantir na escala temporal e espacial com a qual normalmente se trabalha nas salas de aula.

Também em relação à necessidade de várias amostragens em experimentos biológicos, podemos associar a ideia de biopopulação, que, de acordo com Mayr (2005), é um conceito fundamental para a Biologia. Enquanto o mundo inanimado pode ser constituído por classes em que os membros de cada uma

podem ser considerados idênticos ou com variações irrelevantes, em uma biopopulação, ao contrário, cada indivíduo é único. Dessa forma, vamos considerar que, para a compreensão da Biologia como uma ciência autônoma, os alunos precisam entender que as propriedades das populações mudam de acordo com os indivíduos que as constituem e, além disso, os processos observados em um indivíduo podem não ocorrer da mesma forma em outro. Esse tipo de compreensão sobre a dinâmica das populações, assim como da importância do acaso nos processos evolutivos, só pode ser alcançado experimentalmente com a análise de diversos indivíduos.

Destacando apenas esses princípios e conceitos da Biologia já podemos identificar algumas dificuldades de se propor um ensino por investigação com atividades práticas ou experimentais sobre temas biológicos.

Apesar de os Parâmetros Curriculares Nacionais Norte-Americanos para o ensino de Ciências (NRC, 1996) indicar que uma pergunta de orientação científica deve levar a investigações empíricas, à coleta e ao uso de dados para desenvolver explicações para fenômenos, a palavra *empírica* pode ser lida de diversas formas. Não necessariamente os dados de uma investigação precisam ser originados em uma experimentação. Estes podem ser coletados a partir de observações do mundo natural, de comparações entre fenômenos, de fontes de pesquisas diversas (livros, internet, filmes), de jogos ou simulações entre outros, dependendo da pergunta inicial e também do tipo de resposta que se quer alcançar.

Niko Tinbergen enfatizou, em 1963, que há quatro maneiras diferentes de responder à questão “por quê?” em Biologia: em termos funcionais, causais, de desenvolvimento e de história evolutiva. Por exemplo, ao se perguntar “Por que algumas espécies de passarinhos cantam na primavera?”, poderia ser respondido de diversas maneiras:

1. No que se refere a funcionalidade, cantam para atrair parceiras para o acasalamento.
2. Em termos causais, cantam porque o aumento da duração da fase clara do dia desencadeia mudanças nos níveis hormonais.
3. No que se refere a desenvolvimento, cantam porque eles aprenderam os cantos de seus pais e vizinhos.
4. Em termos evolutivos, cantam porque tal comportamento foi selecionado em seus ancestrais, pois aumentava a sobrevivência e o sucesso reprodutivo dos indivíduos que cantavam.

Sem especificar qual o tipo de resposta esperado, qualquer uma das listadas anteriormente é válida para a pergunta “Por que algumas espécies de passarinhos cantam na primavera?”, pois são explicações que abrangem diferentes níveis de análise no tempo e no espaço. Considera-se que a compreensão, por parte dos alunos, de que as perguntas do tipo “por quê?”, possibilitam investigações em diferentes escalas temporais e/ou espaciais, é uma habilidade relacionada às atividades científicas da Biologia que deve ser valorizada ao se propor atividades de ensino por investigação.

Dessa forma, caso parta do pressuposto de que a investigação pode acontecer em diferentes escalas, deve-se admitir também que a forma de se obter dados será distinta para cada uma delas e que, na maioria das vezes, não será possível realizar uma experimentação (para o período de aula, processos que demoram apenas algumas horas já são difíceis de serem abordados com experimentações, além disso, no espaço da sala de aula, muitos processos biológicos não podem ser experimentados, seja porque a escala espacial é muito pequena e não pode ser observada a olho nu, ou muito grande e não cabe no espaço da escola ou de seus arredores).

Essa ideia está de acordo com alguns pesquisadores da área de ensino de Ciências que defendem a necessidade de uma proposta metodológica pluralista para a educação científica, pois partem do pressuposto de que todo processo de ensino-aprendizagem é altamente complexo, mutável no tempo, envolve múltiplos saberes e está longe de ser trivial (Laburu, Arruda e Nardi, 2003).

Acredita-se que, apesar das dificuldades muitas vezes resultantes das características da Biologia como uma Ciência autônoma, o ensino por investigação poderia ampliar as fontes potenciais de dados para os estudantes, ao incorporar a noção de pluralismo metodológico. Acredita-se também que mesmo as atividades investigativas possam se utilizar de uma diversidade de modalidades didáticas, já que cada situação exige uma solução própria e a variação, além de contribuir para que os estudantes desenvolvam diferentes habilidades das ciências biológicas, pode atrair o interesse dos alunos.

Ensino de Biologia por investigação: dois exemplos

Apresenta-se aqui duas iniciativas interessantes que tentam transformar o ensino de Biologia em algo mais dinâmico, interessante, criativo e investigativo e buscam superar as dificuldades discutidas anteriormente.

Nessa direção, o Instituto de Ecologia e Biodiversidade do Chile (Instituto de Ecología y Biodiversidad – IEB²) apresenta uma proposta pedagógica enfocada nas ciências naturais e ecologia intitulada *Enseñanza de la Ecología en el patio de la escuela* (Arango, Chaves e Feinsinger, 2009). Levando-se em conta iniciativas locais de observação do pátio e arredores da escola, considerado um ambiente rico em animais, vegetais e interações ecológicas, que muitas vezes recebe pouca atenção, os autores propõem um ciclo de indagação como ferramenta de investigação e ensino: elaboração de uma **pergunta** que surge da observação do entorno, seguida da **ação** – uma forma de coletar evidências para responder à pergunta com a elaboração de desenhos experimentais, coleta e análise de dados e, finalmente, a **reflexão** – etapa de avaliação dos resultados obtidos e dos passos anteriores e realização de possíveis extrapolações que possam conduzir a um novo ciclo de indagações.

Por meio dessa proposta, é possível explorar conteúdos da ecologia de maneira interdisciplinar com outras ciências naturais, matemática, ciências sociais, línguas e outras, e, à medida que os ciclos de indagação vão favorecendo a construção do conhecimento, do raciocínio e do pensamento crítico, os estudantes podem reconhecer as consequências das ações humanas em seu entorno e no planeta e se tornam mais aptos a tomar decisões.

Para entender melhor as etapas envolvidas no ciclo de indagação, vamos analisar um exemplo de atividade de investigação sobre conteúdos de Biologia adequada para os primeiros ciclos do Ensino Fundamental e inserida no bloco temático *ambiente*.³

Título: Investigação da distribuição de minhocas no pátio da escola

Inquietude: as minhocas são animais de corpo mole que vivem enterradas no solo na maior parte do tempo. À medida que cavam, “comem” o solo. Isso significa que o solo entra pela boca da minhoca e seu sistema digestório processa os pequenos pedaços de matéria em decomposição (por exemplo, fragmentos muito finos de folhas) em material ainda menor, transformando-os em nutrientes. O que sobra sai pela outra extremidade da minhoca. Com essa ação, as minhocas fertilizam e arejam o solo, contribuindo significativamente para sua fertilidade. Será possível que as minhocas, como a maioria dos seres vivos, prefiram certas condições de habitat e clima? Se for assim, quais seriam essas preferências? Será possível que prefiram o solo pisoteado ao solo não pisoteado para viver?

Pergunta: Nesta manhã, como varia o número de minhocas encontradas em buracos de 30 × 30 × 20 cm, entre zonas de solo pisoteado e zonas de solo não pisoteado pelo pátio de nossa escola?

Desenho e metodologia: o professor divide o grupo em equipes de três ou quatro alunos. Inicialmente, metade das equipes é responsável por setores do pátio que não estão pisoteados (por exemplo, o jardim ou os lados de um caminho) e a outra metade é responsável por áreas pisoteadas (como a trilha de um caminho ou um campo de

² Disponível em: <<http://www.ieb-chile.cl>>. Acesso em: 26 nov. 2012.

³ Essa atividade foi extraída de Arango, Chaves e Feinsinger, 2009.

futebol). Cada equipe define uma zona de aproximadamente um metro de diâmetro, separada por, no mínimo, dois metros das demais zonas. No meio de sua zona, a equipe cava um buraco recolhendo o solo escavado em baldes ou plásticos. A equipe contabiliza todas as minhocas que encontraram na terra escavada e registra o número encontrado. Agora, cada equipe busca e investiga uma segunda zona com o mesmo procedimento, mas alterando o tipo de solo. Quer dizer, as equipes que antes trabalharam com zonas de solo pisoteado agora trabalham com zonas de solo não pisoteado e vice-versa. Desse modo todas as equipes podem aprender sobre os dois tipos de solo e seus habitantes.

As regras: para cada uma das zonas (casos/amostras), os grupos de alunos cavam um buraco de 30 × 30 cm de superfície e 20 cm de profundidade: unidade padrão. As minhocas encontradas nessas amostras são contabilizadas e mantidas com terra úmida para não morrerem até que todas as amostras de solo sejam registradas. Ao terminar, as equipes devolvem cuidadosamente as minhocas ao solo considerando o local que mais se assemelha ao da coleta. Finalizado o trabalho, os grupos reúnem-se para resumir e registrar os dados, discutir o observado e preparar a apresentação para toda a classe. Os dados podem ser apresentados no formato de tabela ou gráficos de diversos tipos (barras, por exemplo).

Pontos de partida para a reflexão: algumas questões podem orientar a análise dos dados encontrados. Muitas delas levam a novas perguntas e novas investigações.

- O que dizem os resultados em relação à pergunta? Há mais minhocas por amostra nas zonas de solo pisoteado ou não pisoteado?
- A diferença entre o que foi encontrado nas duas classes de solo foi relevante ou reduzida?
- Ao selecionar somente os resultados das zonas de solo pisoteado, o número de minhocas variava entre um e outro buraco ou sempre era o mesmo?
- As minhocas tinham preferências explícitas por um tipo de solo ou houve exceções?
- Caso haja exceções, que outros fatores não contemplados na pergunta poderiam ter ocasionado essa variação entre as amostras de uma mesma classe de solo?
- O desenho experimental é o melhor possível?
- O que teria acontecido se todas as zonas escolhidas de solo não pisoteado estivessem de um lado do pátio e as de solo pisoteado estivessem do lado oposto? Esse desenho seria melhor ou pior?
- As amostras tiveram um tamanho apropriado? Seria possível desenhar uma investigação para selecionar o melhor tamanho para as amostras? Como seria tal investigação?
- Como as características do solo, como a disponibilidade de ar, a unidade, a dureza podem receber interferência do pisoteio? Como investigar isso? Qual solo parecia mais duro? Qual parecia mais úmido? Como poderia ser medido? Que outras características do solo poderiam afetar a abundância das minhocas?
- Pode-se especular sobre âmbitos mais amplos, para além dos buracos analisados? Em uma horta ou jardim de flores, que efeito teria sobre as minhocas compactar o solo com os pés ou com uma pá? Será que as plantas crescem em solos compactados ou não compactados? Será que todas as plantas se comportariam de modo semelhante? Como esse aspecto poderia ser investigado?
- Mudando de escala, será que a presença de turistas afetaria os seres vivos que habitam reservas naturais? Como as minhocas e outros animais do solo seriam afetados por diferentes práticas agrícolas?

Vejamos as características da pergunta que é o ponto de partida da investigação. É uma pergunta passível de resposta e que exige a elaboração de um desenho experimental para ser respondida. Na própria pergunta já está claro o que se vai comparar, o que se vai observar e registrar e também o tempo e o espaço em que a investigação está restrita. É simples e direta, não utilizando lin-

guagem demasiado científica e não exigindo o uso de tecnologias sofisticadas para ser respondida.

Outra característica importante é o fato de não haver uma resposta conhecida. Além de favorecer os alunos a se engajarem na busca de soluções, esse aspecto revela uma concepção de ensino-aprendizagem na qual um dos objetivos do ensino de Ciências é promover uma crescente autonomia dos estudantes na tomada de decisões sobre o processo de resolução de problemas.

Apesar de não haver resposta conhecida, a pergunta inicial deve ter como resposta uma descrição de *como* as minhocas se distribuem entre zonas de solo pisoteado e zonas de solo não pisoteado. Questões do tipo “*por quê?*” vão surgir na fase de reflexão, na qual o professor pode realizar extrapolações que possam conduzir a um novo ciclo de indagações.

O mesmo conteúdo conceitual poderia ser abordado de maneira descritiva e memorística. Uma aula expositiva poderia ser imaginada na qual o professor apresentaria aos alunos as preferências das minhocas por determinados tipos de solo, já explicando as razões pelas quais esse ser vivo se distribui dessa maneira. Nesse caso, a resposta à questão sobre qual seria o padrão de distribuição desses seres vivos entre diferentes classes de solo teria uma única resposta correta com base na autoridade do professor ou do material didático.

Ao se esquivar de enunciados em que somente há uma resposta correta ou problemas tão abertos que só podem verificar aquilo que o professor espera que eles saibam (como em um jogo de adivinhação), perguntas, como a exemplificada na atividade anterior, incentivam a cooperação entre os alunos na realização das tarefas e a manifestação de diferentes pontos de vista na interpretação e análise dos dados.

Uma vez que se tenha o cuidado na elaboração da situação-problema de acordo com as características apontadas anteriormente, os alunos são estimulados a colher dados que servirão de evidências para apoiar suas respostas. Para isso, terão de construir um desenho experimental, planejando passo a passo o que será realizado. No desenho, algumas decisões terão de ser tomadas e detalhadas com relação à pergunta: quantas amostras serão analisadas; o que se vai medir e como serão as feitas as medidas; durante quanto tempo entre outros aspectos. Além disso, o plano deve prever como os dados serão registrados, organizados e classificados para que possam ser apresentados na sala de aula, importantes indicadores do processo de alfabetização científica.

A terceira etapa da atividade, chamada reflexão, requer que os estudantes tomem consciência dos resultados da investigação, com uso do raciocínio lógico para tecer explicações sobre o fenômeno encontrado. Nesse momento,

eles são convidados pelo professor, que atua como mediador e orientador, a propor explicações que justifiquem os resultados encontrados. Assim como a pergunta inicial não tem uma resposta conhecida, nessa etapa as explicações também não são preestabelecidas pelo professor, isto é, não há uma resposta certa, o importante é como o aluno justifica suas conclusões. Apesar disso, do ponto de vista do conhecimento biológico (de acordo com a classificação de Tinbergen, 1963), são esperadas respostas como: “As minhocas preferem solos não pisoteados para conseguir mais alimentos” (funcional), “Foram encontradas mais minhocas em solos não pisoteados porque a locomoção é facilitada” (causal), “Tem mais minhoca no solo não pisoteado porque seus pais já viviam neste tipo de solo” (desenvolvimento), ou ainda, “Tem mais minhoca nos solos não pisoteados, pois estes têm as melhores condições para a sobrevivência destes animais, que acabam deixando mais descendentes do que as minhocas que vivem nos solos pisoteados” (história evolutiva). Como vimos anteriormente, qualquer uma dessas respostas é válida, porém essa atividade não pretende obter respostas para *o porquê*, o que pode ser desenvolvido em outra atividade por meio de outras estratégias.

Nessa proposta, habilidades como propor explicações com base em evidências, selecionar evidências para justificar uma explicação, construir argumentos para relacionar dados e conclusões e empregar outros dados para tomar decisões são privilegiadas. O desenho experimental e a forma de organização dos dados também são confrontados, de maneira que não somente os conteúdos conceituais sejam objeto de reflexão, mas todas as etapas da investigação científica. Finalmente, implicações mais amplas do estudo, considerando-se outros tempos e espaços, são discutidas, o que pode levar a novas perguntas e hipóteses.

Todas as etapas dessa atividade podem ter diferentes níveis de direcionamento e mediação do professor conforme o contexto. Com relação à pergunta, por exemplo, os estudantes podem engajar-se em uma questão dada pelo professor ou podem propor sua própria pergunta de investigação. Essa variação dependerá de vários fatores, como a faixa etária dos estudantes, seu nível de autonomia e compreensão das características de uma investigação científica, a experiência do professor nesse tipo de atividade, disponibilidade de tempo, o tema e conceitos a serem trabalhados. Esse raciocínio se aplica também à elaboração do desenho experimental, que pode ser realizado completamente pelos estudantes ou o professor pode se utilizar de dados fictícios ou reais e orientar sua análise. Enfim, há várias possibilidades de aplicação e adaptação da atividade para as diversas realidades de sala de aula.

Apesar desse exemplo de atividade de ecologia por investigação envolver experimentação, a natureza dos resultados e da análise é diferente de atividades de investigação sobre o conhecimento físico. Neste último caso, após os grupos de alunos conseguirem obter o efeito desejado, em todas as vezes que o experimento é repetido, o efeito obtido e, por consequência, a resposta ao problema, é exatamente a mesma, não há a possibilidade de variação e/ou exceções.

De outro modo, nas questões de reflexão da atividade proposta é vislumbrada a possibilidade de haver exceções. Como um dos resultados esperados, não é possível aos alunos concluir: *todas* as minhocas vivem neste ou naquele tipo de solo. A Biologia e, especialmente, a Ecologia, possuem um olhar probabilístico, estatístico para o mundo. Assim, somente se pode tecer conclusões concretas para a maior parte das minhocas e naquelas condições específicas: em determinado horário da manhã, em uma amostra de solo com tamanho determinado, entre outras. Daí a importância dessas informações constarem da pergunta, orientando o olhar e a análise.

A existência das exceções não invalida os dados ou os resultados, pelo contrário, é necessário reconhecer os limites e as generalizações possíveis de realizar com essa metodologia. Assim, o momento da reflexão propicia a discussão sobre a natureza dessa Ciência, demonstrando uma de suas diferenças fundamentais com relação às ciências físicas e contemplando os objetivos da alfabetização científica.

A seguir, um exemplo de atividade de investigação que permite abordar outras especificidades da Biologia.

Título: Os seres que vivem aqui são os mesmos que vivem lá?

Inquietude: as crianças são expostas e conhecem diversos animais desde cedo. É muito comum nos livros de literatura infantil e em desenhos animados que os animais sejam alocados todos juntos em um mesmo habitat genericamente chamado floresta ou mata. No entanto, aos poucos torna-se evidente que nem todos aqueles animais conhecidos vivem no mesmo lugar. Elefante e girafa vivem na Savana africana. Onça-pintada só há na Mata Atlântica do Brasil. Que outros seres vivos somente existem aqui no Brasil ou na África? Por que essas diferenças acontecem?

Pergunta: Dos vinte animais apresentados, quais deles você distribuiria no diorama que representa uma floresta de Mata Atlântica brasileira? E quais deles você distribuiria no diorama de uma floresta de Savana africana?

Desenho e metodologia: o professor divide o grupo em equipes de quatro ou cinco alunos. A primeira tarefa dos grupos é construir dois dioramas, um que represente a Mata Atlântica e outro que represente a Savana. Os dioramas devem apresentar nesse momento somente a vegetação desses biomas.⁴ Para realizar essa etapa, os alunos terão de pesquisar as características desses ambientes e tomar decisões sobre o que vão representar.

⁴ Para um exemplo de diorama, acesse: <<http://www.cienciaemrede.com.br/destaque/o-curioso-caso-do-sapo-da-caatinga-modelo-de-diorama-do-incttox/>>.

A segunda etapa é responder à questão, inserindo os animais apresentados em cada um dos dioramas. Para isso, eles também terão de realizar uma pesquisa sobre a distribuição de animais nos biomas.

As regras:

a) Sobre dioramas:⁵ do grego, *día* significa através e *horama* significa para ver. Assim, diorama significa “para ver através”. Nos museus de história natural, os dioramas são os cenários nos quais são representadas cenas reais de espécies animais e vegetais no ambiente natural. São considerados de grande valor educativo nos museus e, alguns autores defendem seu uso como ferramenta pedagógica também na escola por sensibilizar o público para a conservação, propiciar o contato com diversos ambientes (muitos deles que as pessoas não poderiam nunca visitar) em tempos diferentes (possibilitando a comparação do passado com o presente) e gerar discussões sobre conceitos biológicos (Oliveira; Monaco, 2010).

Na escola, a construção de dioramas difere um pouco do museu, por não ser necessária a atenção para as escalas originais e também pelo uso de material bastante simples, de papelaria. A estrutura do cenário é feita em uma caixa de papelão e, para a construção dos ambientes, podem ser utilizados os seguintes materiais: cartolinas de diferentes cores; papel de diferentes tipos e cores (como o crepom); canetas, lápis e giz de diversas cores; barbante; cola; tesoura; massa de modelar; folhas secas, galhos, flores e frutos de jardim; conchas e corais; miniaturas de plantas e animais.

Os animais fornecidos pelo professor na segunda etapa podem ser miniaturas plásticas dos animais ou animais construídos em massinha de modelar. É importante que não sejam escolhidos somente mamíferos, répteis ou aves, mas animais menos conhecidos das crianças, como insetos, aracnídeos, vermes, animais marinhos entre outros. Além disso, é importante que as mesmas categorias de animais estejam disponíveis para os dois ambientes.

b) sobre as pesquisas: o professor deve orientar os estudantes a pesquisar em fontes confiáveis. Para isso, deve fornecer livros e textos de referências. Se for acessível na escola, a busca na internet pode também ser utilizada. É importante que o professor oriente os alunos na busca da fonte, no registro das informações relevantes para o tema da pesquisa e, em seguida, na síntese dessas informações, que pode ser realizada na forma de um texto por exemplo. Por último, essas informações devem ser utilizadas para a construção dos dioramas e para responder à pergunta da investigação.

Terminado o trabalho, os grupos se reúnem para resumir e registrar os dados resultantes das pesquisas e que culminaram na produção dos dioramas. Eles vão apresentar seus resultados para toda a classe, justificando suas escolhas. Uma sugestão é que, após o momento da reflexão, cada aluno escreva uma narrativa que conte a história de seus dioramas. Nessa história, ele apresentará os resultados e suas justificativas.

Pontos de partida para a reflexão: algumas questões podem orientar a elaboração de justificativas para as escolhas dos grupos na montagem dos dioramas e na solução do problema.

- Quais foram os critérios escolhidos por seu grupo para a produção dos dioramas de Mata Atlântica e Savana?
- Os critérios dos grupos foram iguais ou diferentes? A que podem ser atribuídas as diferenças?
- O que dizem os resultados em relação à pergunta? Quais animais foram colocados no diorama da Mata Atlântica e quais animais foram colocados no diorama da Savana?
- Algum animal não foi incluso?
- Há outros animais e seres vivos que poderiam ser acrescentados nos dioramas de seu grupo?
- Como seu grupo justifica as escolhas realizadas?
- Houve diferença entre os dioramas construídos pelos grupos? Caso tenha ocorrido, a que pode ser atribuída?
- Como seu grupo explica a diferente distribuição de organismos entre os dois ambientes?
- Por que acontece dessa maneira?

⁵ Para fotos de uma oficina de dioramas com alunos da Universidade Federal do ABC, acesse: <<http://educacao.cientificasociedadeecultura.blogspot.com/2011/07/fotos-dioramas.html>>.

- Como as características dos animais podem estar relacionadas com as características do ambiente? Será que o clima, a temperatura, a umidade, o tipo de vegetação, a presença de outros animais interferem na distribuição dos organismos em um e em outro ambiente? Como poderia ser investigado?
- Será que sempre foi assim? Ou seja, será que no passado bem distante a distribuição dos organismos era a mesma vista hoje em dia? Como isso poderia ser investigado?
- Estudar a distribuição de organismos sobre os diferentes locais do planeta é importante? Por quê?

Uma das características dessa atividade é não estar embasada na realização de experimentação. Para a coleta de dados, tanto para a construção do cenário que representa os biomas quanto para a resolução do problema, não é possível realizar experimentos de laboratório. A escala espacial nesse caso, mesmo para a observação, é muito grande para caber na sala de aula ou no espaço de um laboratório. Assim, optou-se pela proposição de uma pesquisa bibliográfica para a coleta de dados. É importante que no momento de reflexão se discuta que os resultados obtidos dependem das fontes consultadas e, por isso, é necessário que estas sejam confiáveis e também citadas para que o leitor possa, de um lado, avaliar a confiabilidade e, do outro, ter acesso aos originais. É esperado que, mesmo consultando as mesmas fontes, os grupos tomem diferentes decisões na escolha dos locais de Mata Atlântica ou de Savana para compor seus cenários. Isso se deve ao fato de que a leitura dos dados de fontes bibliográficas, especialmente nesse caso que envolve escalas espaciais grandes, depende do olhar do observador. Tanto a Mata Atlântica quanto a Savana são compostas por diversos ecossistemas; por essa razão, a pergunta de investigação foi limitada à porção relativa à floresta desses biomas.

A construção do diorama também é um aspecto diferenciado da atividade. Por meio dessa estratégia, os estudantes têm a possibilidade de lidar com escalas espaciais e temporais grandes de maneira bem concreta. Além disso, é bastante lúdica e envolvente para os alunos do Ensino Fundamental.

Um biólogo ao tentar responder a uma pergunta como “Por que não há elefantes no Brasil?”, pergunta proposta como parte da reflexão da atividade, ele não pode se apoiar em leis universais, como é o caso das ciências experimentais, mas sim tentar criar um cenário que possa explicar os fatos observados naquele caso em particular (Mayr, 2008). Em nossa atividade, os dados são provenientes de pesquisa sobre o que já é conhecido a respeito do assunto, já que trata de uma escala espacial abrangente. Assim, um dos fatos constatados pode ser o de que não há elefantes no Brasil e há elefantes na África. Nesse sentido, a descrição do mundo natural é fundamental nessa etapa do trabalho, visto que pode fornecer evidências sobre as adaptações desses animais e suas interações

com o ambiente e outros seres vivos na construção de justificativas funcionais e causais para o fato observado.

As justificativas corresponderiam ao levantamento de hipóteses que poderão ser testadas por meio de novas observações ou coleta de dados de diferentes fontes. Por exemplo, os alunos poderiam levantar as seguintes hipóteses para explicar por que não há elefantes na Mata Atlântica brasileira: de que o tamanho dos elefantes não permitiria a eles viver em uma floresta mais fechada como a Mata Atlântica; ou de que na Mata Atlântica não haveria alimento disponível para esses animais. Essas hipóteses deverão ser testadas com novas pesquisas sobre os hábitos alimentares dos elefantes, sobre se vivem em florestas fechadas na África e a explicação adotada será a que terá mais evidências em seu favor. Como são possíveis vários tipos de respostas à questão *Por quê?*, pode ser que mais de uma explicação seja apoiada por evidências e possa ser aceita.

Nesse processo, podem surgir questões ou dados que permitam a discussão sobre a evolução desses seres vivos. A pergunta sugerida no momento da reflexão, “Será que sempre foi assim?”, estimula o levantamento de hipóteses e a busca de evidências que comparem o passado com o presente e que fornecem explicações evolutivas para a situação-problema. Mais uma vez, os estudantes devem coletar dados de diversas fontes, mas, nesse caso, a explicação será a construção de uma narrativa histórica, uma narrativa que crie um cenário e que conte a singularidade da história desse ser vivo, ainda que apoiada em evidências materiais. Atualmente, não há elefantes no Brasil, no entanto, fósseis de mastodontes encontrados em diversos estados brasileiros apoiam a hipótese de que esses “parentes” de elefantes já habitaram essas regiões. Esse dado pode levar ao início de outros ciclos de indagação para tentar investigar o porquê de sua extinção.

A construção de narrativas históricas é uma metodologia utilizada pela biologia evolutiva para explicar a origem de eventos únicos. Apesar de não ser possível provar que uma narrativa histórica é “verdadeira”, elas são baseadas em evidências coletadas pelos pesquisadores. A interpretação do papel dessas evidências dependerá do ponto de vista dos cientistas e da comunidade científica, podendo ser testada à luz de novas evidências. Um exemplo de diferentes interpretações para um mesmo fenômeno é o papel atribuído aos fósseis na evolução dos seres vivos. Apesar de, atualmente, ser consenso que os registros fósseis são resquícios de espécies ancestrais, apoiando a ideia de que as espécies variam ao longo do tempo, para o paleontólogo francês Georges Cuvier [1769-1832] os fósseis eram indícios das catástrofes com que Deus dizimava os seres vivos para depois repovoar a Terra com novas espécies diferentes das anteriores. Essa explicação estava de acordo com sua visão de mundo criacionista.

Mesmo sem equivaler a leis causais das ciências experimentais, nas quais teorias gerais são utilizadas para explicar uma universalidade de fenômenos, as narrativas históricas explicam casos únicos e particulares de forma a evidenciar as causas que contribuíram com a ocorrência de eventos posteriores. Assim, a narrativa histórica que explica a extinção dos mastodontes nas Américas pode revelar as causas que explicam o surgimento ou irradiação de outros seres vivos herbívoros na mesma região.

A sugestão de os alunos escreverem uma narrativa que conte a história de seus dioramas tem o objetivo de tornar evidentes ao professor as relações que foram estabelecidas entre os dados, os fatos, as interações e as justificativas elaboradas. Assim como os biólogos criam narrativas históricas, selecionando fatores causais que contribuíram para a ocorrência de eventos posteriores em uma sequência cronológica, os estudantes são convidados a colocar no papel suas respostas e a explicitar o raciocínio que permitiram a eles solucionar o problema da investigação e suas extrapolações.

Considerações finais

Ao longo deste artigo procurou-se defender o ensino por investigação como uma metodologia privilegiada para os conteúdos de Biologia, disciplina presente de maneira intensa nos currículos da disciplina Ciências Naturais do Ensino Fundamental. Acredita-se que a partir da investigação, os alunos possam, além de enxergar os conteúdos específicos da Biologia de forma mais integrada, relevante e contextualizada, desenvolver habilidades envolvidas no fazer científico, o que contribui para sua alfabetização científica.

Destacou-se, ainda, que é frequente documentos oficiais sobre práticas pedagógicas dar margem à interpretação de que o ensino de Ciências por investigação envolve necessariamente atividades práticas experimentais ou mesmo que se restrinja a elas. Essa concepção, a nosso ver equivocada, pode acabar inviabilizando a adoção do ensino por investigação para conteúdos específicos da Biologia, pois essa disciplina possui princípios que a definem como uma ciência autônoma que impossibilitam a abordagem experimental de diversos temas dessa área do conhecimento.

Esses princípios estão associados à teoria da evolução por seleção natural, hoje considerada uma teoria unificadora para a Biologia, pois explica tanto a diversidade como a unidade das formas de vida no planeta. Tais princípios, como a complexidade dos sistemas biológicos, a importância do acaso na evolução dos seres vivos e biopopulação tornam a biologia uma ciência bastante

característica pela ausência de leis universais que geram explicações deterministas para os fenômenos naturais. As regularidades dos fenômenos biológicos são, de acordo com a teoria da evolução por seleção natural, de natureza probabilística e histórica e ocorrem em diversas escalas espaciais (das moléculas de DNA aos biomas) e temporais (dos segundos de uma transformação bioquímica aos milhares de anos para a formação de novas espécies).

Desse modo, as investigações em Biologia não podem ocorrer apenas por meio de experimentações em laboratórios, mas também, e na maior parte das vezes, por observação e comparação e pela construção de narrativas históricas. Da mesma forma, argumenta-se que no ensino de Ciências por investigação, especialmente referente aos conteúdos de Biologia, os dados não precisam ser originados em uma atividade de experimentação. Estes podem ser coletados a partir de observações do mundo natural, de comparações entre fenômenos, de fontes de pesquisas diversas (livros, internet, filmes), de jogos ou simulações entre outros, dependendo da pergunta inicial e também do tipo de resposta que se deseja alcançar.

De acordo com a análise de duas propostas de ensino por investigação para temas biológicos, as atividades experimentais estariam mais presentes quando a pergunta que se pretende responder é do tipo *como*, ou seja, na investigação de fenômenos observáveis que resulta em respostas descritivas. Já quando a pergunta é do tipo *por quê*, ou seja, quando conceitos e teorias mais complexos e mais abstratos são investigados, dificilmente podem ser respondidas por meio de uma experimentação devido, principalmente, às escalas espacial e temporal necessárias para a análise.

Porém enfatizamos que a impossibilidade da realização de uma experimentação não inviabiliza a proposição de atividades de acordo com as propostas de um ensino por investigação. A busca por respostas para questões de investigação do tipo *por quê* pode ampliar as fontes potenciais de dados para os estudantes, o que facilita a incorporação da noção de pluralismo metodológico defendida por pesquisadores da área de educação e procurada por professores que desejam tornar sua prática mais envolvente e produtiva. Nesse sentido, defendemos que atividades investigativas possam se utilizar de uma diversidade de modalidades didáticas, já que cada situação exige uma solução própria e a variação, além de atrair o interesse dos alunos, contribui para que os estudantes desenvolvam diferentes habilidades presentes no fazer das ciências biológicas.

Referências bibliográficas

- ARANGO N.; CHAVES, M. E.; FEINSINGER, Y. P. *Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela*. Santiago: Instituto de Ecología y Biodiversidad – Fundación Senda Darwin, 2009.
- BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais*, Brasília: MEC/SEE, 1997.
- DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, v. 35, p. 125-129, 1973.
- ERDURAN, S. Promoting ideas, evidence and argument in initial science teacher training. *School Science Review*, v. 87, n. 321, p. 45-50, 2006.
- GUISASOLA, J.; FURIÓ, C.; CEBERIO, M. Science education based on developing guided research. In: THOMASE, M. V. *Science Education in Focus*. New York: Nova Science Publishers, p. 173-201, 2006.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, L. What are authentic practices? Analysis of students' generated projects in secondary school. Paper presented at the *NARST Annual Meeting*, Filadélfia, 2010.
- JORDE, D. Inquiry-based science teaching – An overview of what we know and what we do. *ESERA Conference*, 2009.
- KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Edusp, 2004.
- LABURU, C. E.; ARRUDA, S. DE M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.
- MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de Biologia: Histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo: Cortez, 2009.
- MAYR, E. *Isto é Biologia: A ciência do mundo vivo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- _____. *Biologia, ciência única: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- _____. *Desenvolvimento do pensamento biológico: Diversidade, evolução e herança*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. DE C. Ensinar Ciências por investigação: Em que estamos de acordo? *Revista Ensaio*, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.
- NRC. *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press, 1996.
- OLIVEIRA, A. D. DE; MONACO, L. M. Construindo a biodiversidade: Dioramas como ferramentas pedagógicas. In: MARANDINO, M.; MONACO, L. M.; OLIVEIRA, A. D. DE. *Olhares sobre os diferentes contextos da biodiversidade: Pesquisa, divulgação e educação*. São Paulo: GEENF/FEUSP/INCTOX, p. 86-93, 2010.
- SANTOS, W. L. P. dos. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. esp., 2007.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

TINBERGEN, N. On aims and methods of ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, v. 20, p. 410-433, 1963.

UNESCO. *O ensino de ciências: O futuro em risco*. Brasília: Unesco, 2005. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139948por.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2010.

VYGOTSKY, L. S. [1934] *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Condições para implementação em sala de aula

Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.)

Carla Marques Alvarenga de Oliveira • Daniela Lopes Scarpa • Lúcia Helena Sasseron
Luciana Sedano • Maira Batistoni e Silva • Maria Candida Varone de Moraes Capecchi
Maria Lucia Vital dos Santos Abib • Viviane Briccia

Ensino de Ciências por investigação tem por objetivo discutir aspectos importantes do ensino e da aprendizagem dos conteúdos científicos no nível fundamental.

Seus capítulos refletem as pesquisas que as autoras realizaram em salas de aula de escolas oficiais. Foi escrito tendo em vista os cursos de formação inicial e continuada de professores, principalmente, mas não exclusivamente, e para aqueles que irão trabalhar ou já estão trabalhando, nos cinco primeiros anos do ensino fundamental.

Com esta coletânea, o leitor tem amplo material sobre estratégias para o ensino de Ciências, seus fundamentos teóricos e as ações do professor ao conduzi-las. É importante destacar que o propósito desta obra não é levar o professor à mera reprodução das propostas aqui apresentadas, mas propiciar elementos para que reflita sobre suas próprias aulas e elabore seus planos de trabalho.

Aplicações:

Obra indicada para todas as disciplinas que trabalham com o ensino de Ciências nos cursos de Pedagogia e de licenciatura em Ciências, Física, Química e Biologia, como Metodologia do Ensino de Ciências, Prática de Ensino, Instrumentação para o Ensino e outras disciplinas congêneres.

ISBN-13: 978-85-221-1418-4
ISBN-10: 85-221-1418-8

