

DESAFIOS E POTENCIALIDADES NO ENSINO DE ECOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

DIFFICULTIES AND POTENTIALITIES OF TEACHING ECOLOGY IN BASIC EDUCATION

RETOS Y POTENCIALIDADES EN LA ENSEÑANZA DE ECOLOGÍA EN EDUCACIÓN BÁSICA

João Pedro Ocanha Krizek¹; Marcus Vinicius Dias Vieira Muller²

Resumo

O ensino-aprendizado de ecologia apresenta desafios particulares. Somando-se a isso, a escassez de trabalhos que debatam essa questão contribui para uma defasagem no ensino dessa ciência. Portanto, pretendemos discutir nesse artigo alguns dos desafios do ensino de ecologia e estratégias que podem favorecer o ensino de conteúdos ecológicos na Educação Básica. Entre os desafios, discutimos aqueles proporcionados pela própria definição de ecologia, pelo conteúdo que deve ser ensinado, pela onipresença de erros conceituais e pela maneira de se ensinar a teoria ecológica. Já entre as estratégias que podem ser utilizadas no ensino de ecologia, propomos quatro: o ensino de cima para baixo, o uso de estudos de caso, o apelo à biofilia e a utilização de materiais de divulgação científica.

Palavras-chave: Educação ecológica; Desafios de aprendizagem; Estratégias de Ensino; Educação Básica.

Abstract

The teaching and learning of ecology presents particular difficulties. Also, the scarcity of papers that discuss this issue contributes to a gap in the teaching of this science. Therefore, we intend to discuss in this article some of the difficulties that exist in the teaching of ecology and some strategies that can favor the teaching of ecological contents in Basic Education. Among the difficulties, we discussed those provided by the very definition of ecology, by the content that must be taught, by the ubiquity of conceptual errors, and by the way of teaching ecological theory. Among the strategies and potentials that can be used in teaching ecology, we propose four: top-down teaching, the use of case studies, the appeal to biophilia, and the use of scientific dissemination materials.

Keywords: Ecological education; Learning difficulties; Teaching Strategies; Basic education.

¹ Licenciando em Ciências Biológicas. Membro do Grupo de Pesquisa Interdisciplinar em Meio Ambiente, Ensino, Tecnologia e Cidade (AMBIENTEC). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus São Paulo. São Paulo, SP - Brasil. **E-mail:** jpokrizek@gmail.com

² Licenciando em Ciências Biológicas. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus São Paulo. São Paulo, SP - Brasil. **E-mail:** marcusvdmuller@gmail.com



Resumen

La enseñanza-aprendizaje de la ecología presenta desafíos particulares. Además, la escasez de artículos que discutan este tema contribuye a un vacío en la enseñanza de esta ciencia. Por ello, pretendemos discutir en este artículo algunos de los retos de la enseñanza de la ecología y algunas estrategias que pueden favorecer la enseñanza de contenidos ecológicos en Educación Básica. Entre los desafíos, discutimos los que brinda la propia definición de ecología, el contenido que debe enseñarse, la ubicuidad de los errores conceptuales y la forma de enseñar la teoría ecológica. Entre las estrategias que se pueden utilizar en la enseñanza de la ecología, proponemos cuatro: la enseñanza de arriba hacia abajo, el uso de estudios de caso, la apelación a la biofilia y el uso de materiales de divulgación científica.

Palabras clave: Educación ecológica; Desafíos de aprendizaje; Estrategias de enseñanza; Educación básica

1 Introdução

A ecologia é a ciência que estuda a distribuição e abundância dos organismos e as interações que determinam esses fatores (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Trata-se da ciência referente à economia da natureza – a investigação das relações totais dos organismos tanto com seu meio orgânico quanto com o seu ambiente inorgânico –, constituindo-se, portanto, o estudo de todas as inter-relações complexas denominadas por Darwin como as condições da “luta pela existência” (HAECKEL, 1869).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento com caráter normativo que orienta a elaboração de currículos para as diferentes fases da Educação Escolar Básica de estados, municípios e da rede privada (BRASIL, 2019). Entretanto, neste documento, o ensino das ciências com enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) é entendido de modo reducionista devido ao pouco esclarecimento da ação antrópica nos desastres ecológicos e ao desconsiderar as demandas político-sociais no processo histórico das ciências (SIPAVICIUS; SESSA, 2019). Ao se realizar uma busca pela palavra “ecologia” na BNCC, é possível observar que este termo aparece explicitamente apenas uma única vez ao longo de todo o documento. Além disso, devido à flexibilização da organização curricular do Ensino Médio prevista na própria BNCC, a disciplina de ecologia se apresenta como um itinerário formativo de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias – ou seja, o aprofundamento formalizado da temática ecológica é despojado da formação geral básica passando a ser considerada como um conjunto de conhecimentos optativos na formação do aluno de Ensino Médio, a depender da realidade local e dos anseios da comunidade escolar.

Apesar do exposto, Lacreu (1998) apresenta uma das mais pertinentes justificativas para o ensino de ecologia:

Os cidadãos têm poucas ferramentas que permitam exercer um verdadeiro controle no cuidado do ambiente. Se não conhecemos a profundidade das relações na natureza, se não compreendemos até que ponto os diversos fatores se integram entre si, jamais as decisões relevantes passarão por nossas mãos e sempre haverá aqueles que pretendem vender “espelinhos ecológicos” enquanto são responsáveis pelos maiores desastres ecológicos do planeta.



O ensino-aprendizado de ecologia envolve sutileza e complexidade particulares, em parte porque busca generalizações, ao mesmo tempo em que se defronta com infundáveis singularidades: milhões de espécies distintas, com histórias de vida diferentes, assumem a forma de incontáveis bilhões de indivíduos geneticamente distintos, os quais interagem entre si e com seu ambiente físico-químico em um mundo variado e em constante transformação. Muito da beleza do ensino de ecologia consiste no seu objetivo de desenvolver a compreensão de problemas básicos de um modo que aceita a singularidade e a complexidade, porém sincronicamente buscando padrões e previsões para essa complexidade, em vez de ser submetida a ela (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010).

Estudos sobre os processos de ensino-aprendizagem de conceitos ecológicos é um dos assuntos de alta relevância para a ampliação das reflexões sobre o ensino de ecologia. A escassez de trabalhos gera como consequência a defasagem na compreensão de conceitos e ainda ocasiona obstáculos para o professor no ensino dessa ciência (BERZAL DE PEDRAZZINI; BARBERÁ, 1993). Portanto, pretendemos discutir nesse estudo os desafios para o ensino de ecologia na Educação Básica e as potencialidades que podem favorecer o ensino de conteúdos ecológicos.

2 Desafios para o ensino de ecologia

2.1 Desafios acerca da natureza da ecologia

A ecologia é uma ciência complexa que compreende várias áreas e diversos significados. Autores como Lago e Pádua (1992) e Manzochi (1994) dividem a ecologia em quatro grandes áreas – nomeadas de “ecologia natural”, “ecologia social” (ou “humana”), “ecologismo” e “conservacionismo” –, às quais acrescentamos mais uma – intitulada “ecologia profunda” (NAESS, 1973) (Tabela 1). As duas primeiras apresentam um caráter mais teórico-técnico-científico (SCHRÖTER, 2018) e as três últimas apresentam objetivos mais práticos de atuação social (LAGO; PÁDUA, 1992). Tais áreas foram surgindo informalmente conforme a reflexão ecológica se desenvolvia historicamente (LAGO; PÁDUA, 1992), sendo a distinção entre essas cinco áreas nem sempre reconhecida com clareza, existindo intersecções entre elas.

Tabela 1: Diferentes áreas ecológicas.

1) Ecologia natural	Ecologia sistêmica	Autoecologia
		Demoecologia
		Sinecologia
	Ecologia evolutiva	
2) Ecologia social	Ecologia cultural	Etnobiologia
		Sociobiologia
		Ecologia aplicada
3) Ecologismo		
4) Conservacionismo		
5) Ecologia profunda		

Fonte: Dos autores, a partir de Naess (1973), Lago e Pádua (1992), Manzochi (1994) e Schröter (2018).

A **ecologia natural** é aquela mais próxima do âmbito acadêmico e é com a sua definição que abrimos a introdução. Trata-se de um campo verdadeiramente ativo de investigação desde 1920 e pode ser interpretada como uma “história natural autoconsciente” (MAYR, 2008). Tem como objetivo entender o funcionamento dos biosistemas (sobretudo aqueles acima do nível dos indivíduos, na hierarquia biológica) e compreender as leis que regem a dinâmica da vida na natureza. É nesse sentido que Ernst Mayr (2008, p. 278) considera que, “dentre todas as disciplinas biológicas, a ecologia é a mais heterogênea e também a mais completa”. Edward O. Wilson manifestou um pensamento semelhante no prólogo de Odum e Barrett (2015, p. XI, grifo do autor):

A ecologia foi e permanece como a disciplina que remete aos mais altos e complexos níveis de organização biológica. Foi e permanece como um estudo do holismo e da emergência, das propriedades da vida vistas de cima para baixo. Mesmo os mais obstinados cientistas de laboratório, focados nos níveis menos complexos (e mais acessíveis) das moléculas e das células, sabiam no seu íntimo que, com o tempo, os biólogos deveriam chegar, eventualmente, a esta disciplina. Entender a ecologia por completo seria entender **toda** a biologia, e ser um biólogo completo é ser um ecólogo.

Essa grande área da ecologia pode ser dividida em “ecologia sistêmica” e “ecologia evolutiva”. A ecologia sistêmica, por sua vez, pode ser subdividida em três subcategorias (SCHRÖTER, 2018): “autoecologia” (ou ecologia da espécie, estuda como as espécies reagem separadamente a diferentes condições ambientais e quais os recursos necessários para sua sobrevivência), “demoecologia” (ou ecologia de populações, estuda a variação espaço-temporal no número, na densidade, na composição dos indivíduos e na composição genética de uma população) e “sinecologia” (ecologia de comunidades e ecologia de ecossistemas, estuda a abundância e diversidade de organismos, as interações entre populações e o armazenamento e transferência de energia e matéria). Já a “ecologia evolutiva” visa compreender a importância da seleção natural na ecologia das espécies, as potencialidades e limitações das adaptações como meios de otimização dos organismos aos seus ambientes e as influências dos princípios evolutivos no comportamento dos animais (FOLEY, 1993).



A **ecologia social** surge, historicamente, quando a reflexão ecológica e acadêmica deixa de focar apenas o mundo natural e passa a incluir os múltiplos aspectos das relações homem-ambiente. Aqui, os focos não são tanto o ecossistema, mas o **noossistema** – isto é, a ecologia social inclui não somente o estudo da estrutura e funcionamento dos ecossistemas, como também as influências sociais, políticas, econômicas e culturais sobre os sistemas ecológicos (BARRETT, 1984). O meio ambiente é compreendido não como um sistema isolado, mas como um sistema influenciado pela cultura de uma comunidade, resultante de um processo de interação entre o sociocultural (gerado pelo homem) e a natureza (D'ÁVILA; MACIEL, 1992). Essa grande área do pensamento ecológico se aproxima intimamente do campo das ciências sociais e humanas e pode ser subdividida nas seguintes abordagens: “ecologia cultural” (ou “antropologia ecológica”, estuda a evolução cultural diante das pressões ecológicas); “etnobiologia” (ou “etnoecologia”, estuda a relação entre sociedades humanas/grupos culturais e as plantas e os animais de seus ambientes); “sociobiologia” (objetiva entender as bases biológicas, genéticas, dos comportamentos culturais e sociais dos animais, inclusive dos humanos); “ecologia aplicada” (estuda os impactos ambientais causados pela ação humana e objetiva a preservação, a conservação e a restauração da fauna e da flora).

O **conservacionismo** se pauta na percepção da destrutividade ambiental a partir de ações humanas. Tem como pano de fundo a ecologia social, mas apresenta caráter mais prático que esta. Apresenta um conjunto de estratégias e planos de ação que visam à conservação dos ecossistemas e à preservação dos recursos naturais (LAGO; PÁDUA, 1992; MOTOKANE; TRIVELATO, 1999). No meio acadêmico, o conservacionismo assume a forma da biologia/ecologia da conservação, uma ciência assumidamente normativa; no meio social, deu origem ao movimento composto por inúmeros grupos e entidades voltados para a luta em defesa do ambiente natural.

O **ecologismo** se apresenta como um projeto político de transformação social, que se diferencia do conservacionismo por assumir que a crise ambiental não poderá ser concretizada apenas com medidas parciais de conservação e preservação ambiental, mas sim através de uma ampla mudança na política, no sistema econômico, na cultura e na maneira como os homens se relacionam entre si e com o meio natural (LAGO; PÁDUA, 1992). O ecossocialismo (LÖWY, 2013) é a principal ideologia política pautada no ecologismo.

A **ecologia profunda** toma a forma de uma filosofia ética-ambiental, formalizada pelo filósofo e ecologista norueguês Arne Naess (1973). Segundo adeptos desse pensamento, para evitarmos uma catástrofe ecológica, devemos reconhecer, antes de tudo, que somos parte da natureza, e não entidades separadas dela. A noção da relação homem-natureza é substituída pela noção de “pensar como uma montanha”, formulada pelo ecologista norte-americano Aldo Leopold (1966). Leopold atirou em uma fêmea de lobo numa montanha: “Alcançamos a velha loba a tempo de ver um brilho verde selvagem morrendo em seus olhos. Percebi, e sei desde então, que havia algo de novo naqueles olhos, algo conhecido apenas pela loba e pela montanha”. Nesse sentido, Leopold (1966) chegou à ideia de que devemos “pensar como uma



montanha” – isto é, devemos reconhecer não apenas as nossas necessidades humanas perante a natureza, mas as de todo o mundo natural. Essa noção se pauta na constatação de que, devido à complexidade dos processos ecológicos, não percebemos as implicações mais amplas de nossas ações e consideramos apenas seus benefícios próprios e imediatos. A ecologia profunda desempenha uma posição importante na filosofia ambiental e no ativismo ecológico.

Devido à diversidade de sentidos que a ecologia pode assumir, geralmente ela apresenta diferentes significados para diferentes pessoas. Booth e Sinker (1979) argumentam que isso é resultado da complicada natureza do assunto e das lacunas em nossa compreensão e, também, devido aos ecólogos se especializarem em diversas áreas. Contin e Motokane (2012) evidenciaram que diferentes alunos apresentam diferentes concepções de ecologia. Além disso, várias “ecologias” são ensinadas ao longo do processo de escolarização:

Tais subdivisões nos fornecem um parâmetro de reflexão sobre as diferentes abordagens que estão à disposição das professoras e professores quando ensinam ecologia. Quando pensamos nas diferentes ecologias muitas questões podem surgir: será que os professores e professoras organizam seus trabalhos em função das diferentes abordagens que escolhem? Como escolhem as diferentes abordagens? Quais são as sequências didáticas que organizam para chegar aos objetivos planejados? As sequências didáticas têm características específicas em função do tipo de abordagem? (MOTOKANE; TRIVELATO, 1999, p. 6).

Diante do exposto, uma das principais dificuldades enfrentadas pelos professores de ecologia é a definição do que deve ser ensinado e aprendido pelos alunos (BOOTH; SINKER, 1979). Ainda, é necessário que o professor tenha conhecimento das diferentes concepções dos estudantes para que possa ter clareza dos seus objetivos pedagógicos e de como organizar os conteúdos para atingi-los (MOTOKANE; TRIVELATO, 1999).

2.2 Desafios acerca do que ensinar em ecologia

Apesar do mundo vivo conter regularidades, estas são, em sua maioria, não universais e sempre contam com exceções. As regularidades são probabilísticas e restritas no tempo e no espaço. Essa constatação fornece a base para a argumentação de autores que, como Smart (1963), Beatty (1995) e Mayr (2008), sustentam que existem poucas leis universais – se é que há alguma – nas ciências biológicas. É muito comum que ecólogos usem a palavra “lei” ou “princípio” – como em “lei do mínimo de Liebig” e “princípio de Gause” – para se referir a uma proposição lógica que é aberta a confirmação ou falseamento observacional e que pode ser utilizada em explicações e previsões. Mas poucas regularidades observadas nos sistemas ecológicos – se alguma – satisfazem a rigorosa definição de lei adotada pelas ciências físicas. Isso justifica o porquê de, nas ciências biológicas (ecologia inclusa), os conceitos terem um papel muito maior que o das leis na formação de teorias (MAYR, 2008).

Devido ao seu papel de destaque na ecologia, a compreensão de conceitos exerce uma posição central no ensino desta ciência. Assim como os avanços mais recentes na ecologia se devem à proposta de novos conceitos (MAYR, 2008), um aprendizado mais completo de ecologia deve se pautar na compreensão adequada de seus principais conceitos. Nesse sentido, diversos autores têm mostrado sua preocupação diante de quais conceitos devem ser ensinados em ecologia. Cherrett (1989), por exemplo, a partir de uma pesquisa realizada com os membros da Sociedade Ecológica Britânica, desenvolveu uma lista com os cinquenta conceitos ecológicos mais importantes. Embora a terminologia possa variar, outros autores (e.g. ODUM, 1992; SPONSEL, 1987) possivelmente concordam com a lista de Cherrett (1989). Dos cinquenta conceitos listados, pelo menos os vinte mais importantes (Tabela 2) são reconhecidos e endossados pela maioria dos professores de ecologia e educadores ambientais como essenciais à alfabetização ambiental (MUNSON, 1994).

Tabela 2: Os vinte conceitos ecológicos mais importantes.

1º) Ecossistema	11º) Teias alimentares
2º) Sucessão	12º) Adaptação ecológica
3º) Fluxo de energia	13º) Heterogeneidade ambiental
4º) Conservação de recursos	14º) Diversidade de espécies
5º) Competição	15º) Regulação dependente da densidade
6º) Nicho	16º) Fatores limitantes
7º) Ciclo da matéria	17º) Capacidade de suporte
8º) Comunidade	18º) Rendimento máximo sustentável
9º) Estratégias de história de vida	19º) Ciclos populacionais
10º) Fragilidade dos ecossistemas	20º) Interações predador-presa

Fonte: Cherrett (1989).

Munson (1994) alerta que a perspectiva construtivista sustenta a importância de que os alunos tenham um conhecimento significativo desses importantes conceitos ecológicos (AUSUBEL; SULLIVAN; IVES, 1980) e, ainda, que alunos e adultos ambientalmente alfabetizados devem apresentar a capacidade de usar e aplicar os conceitos ecológicos básicos ao considerar problemas ou questões ambientais.

A Tabela 3 representa uma base para o ensino de ecologia que pode auxiliar os professores de biologia que atuam em nível de Ensino Médio na construção de seu conteúdo programático. Entretanto, seria irreal sugerir que se trata de uma lista perfeita, bem como suscitar que cada um dos alunos compreenderá todos os conceitos listados. Essa tabela foi planejada tendo como referência os princípios ecológicos já listados por Booth e Sinker (1979) e os vinte conceitos de Cherrett (1989). É importante salientar que a lista de conceitos presentes na Tabela 3 foi planejada tendo como alvo alunos de Ensino Médio – e, mesmo assim, essa lista deve ser flexibilizada de acordo com a escola, com o meio social ao qual o aluno pertence e com os objetivos de ensino.

Tabela 3: O que ensinar em ecologia.

O ensino de ecologia deve considerar os seguintes elementos:

- I. Desenvolvimento do conhecimento de conceitos (C)
 - II. Desenvolvimento do conhecimento e da capacidade de usar modelos (M)
 - III. Desenvolvimento do conhecimento de teorias (T)
 - IV. Desenvolvimento de habilidades científicas (HC) e matemáticas (HM)
-

A lista de conceitos, modelos, teorias e habilidades podem incluir:

- 1. Conceito de ecologia (C)
 - 2. Populações, comunidades e ecossistemas (C)
 - 3. Ambiente (C); Fatores abióticos e bióticos do ambiente (C); Habitat (C); Condições e recursos (C); Nicho ecológico (C); Adaptações ecológicas a ambientes aquáticos, terrestres e variáveis (C); Plasticidade dos indivíduos e populações ao ambiente (C, T)
 - 4. Heterogeneidade ambiental (C); Biomas terrestres e aquáticos (C); Grandes ecossistemas do Brasil (C)
 - 5. Fluxo de energia e de matéria (C); Produção primária, consumo e decomposição (C); Cadeias e teias alimentares (M); Pirâmides de número e de energia (M)
 - 6. Ciclos biogeoquímicos (C)
 - 7. Interações entre espécies (C): Neutra (C); Competição (C); Cooperação (mutualismo, comensalismo) (C); Predador/presa (C); Parasita/hospedeiro (C)
 - 8. História de vida das espécies (C): Observação de atributos reprodutivos, fisiológicos, etológicos etc. (HC); Construção de tabelas de vida (HC, HM); Estratégias de história de vida (C)
 - 9. Regulação das populações: por fatores abióticos – fatores limitantes (C, T) e por interações bióticas – incluindo regulação dependente da densidade (C, T); Capacidade de suporte (C); Ciclos populacionais (C)
 - 10. Sucessão (C, T)
 - 11. Diversidade de espécies (C, HM)
 - 12. Fragilidade dos ecossistemas (C); Alterações antrópicas (C); Noossistema (C) Conservação de recursos (C); Rendimento máximo sustentável (C); Mudança climática global (C)
-

Fonte: Dos autores, a partir de Booth e Sinker (1979) e Cherrett (1989).

Para alunos de Ensino Fundamental, a lista de conceitos a serem ensinados e abordados deve ser outra. Um grande problema enfrentado no ensino de ecologia para crianças pertencentes aos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental é que ele muitas vezes se pauta na perspectiva do adulto (professor), e não da criança (aluno):

Ensinar as crianças muito cedo sobre conceitos abstratos como destruição da floresta tropical, chuva ácida, buracos de ozônio e caça de baleias pode levar à dissociação da natureza e à abstração prematura. Quando pedimos às crianças que lidem com problemas além de suas habilidades cognitivas, compreensão e controle, elas podem ficar ansiosas, desconectadas e desenvolver uma fobia para as questões. No caso de questões ambientais, a biofobia – um medo do mundo natural e problemas ecológicos [...] – pode se desenvolver. (WHITE; STOECKLIN, 2008, p. 2, tradução nossa).

Estudar estratégias de história de vida, regulação das populações, capacidade de suporte e rendimento máximo sustentável pode ser perfeitamente apropriado para alunos de Ensino Médio, mas provavelmente é inadequado para o desenvolvimento intelectual e cognitivo de alunos de Ensino Fundamental.



2.3 Desafios proporcionados por erros conceituais

Equívocos conceituais claramente constituem empecilho para o aprendizado de ecologia. Para citar um conceito muitas vezes mal compreendido, consideramos aqui o caso do **amensalismo**. Diversos livros didáticos brasileiros de biologia para Ensino Médio, assim como a maioria das páginas não especializadas da *internet*, definem “amensalismo” como uma relação em que uma população provoca danos em uma população competidora ao produzir uma substância prejudicial e liberá-la no ambiente (isto é, uma relação +/-). Entretanto, esta definição se refere ao conceito de **alelopatia**, um tipo de competição por interferência (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). De fato, o amensalismo, muitas vezes resultante de competição assimétrica, ocorre quando uma população é prejudicada enquanto a outra não é totalmente afetada (isto é, uma relação 0/-) (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007; CAIN; BOWMAN; HACKER, 2018). Possíveis exemplos de amensalismo ocorrem quando pequenas plantas lenhosas crescem debaixo de árvores altas e quando grandes pastejadores amassam e matam acidentalmente pequenas plantas e insetos sob seus pés.

Outro equívoco conceitual em ecologia ocorre entre os significados de **colônia** e **sociedade**. É muito comum que os apresentem como conceitos mutuamente exclusivos – o que evidencia uma compreensão inadequada do real significado desses termos. Geralmente se considera “colônias” como agrupamentos intraespecíficos de indivíduos fisicamente unidos, enquanto “sociedades” são interpretadas como agrupamentos intraespecíficos de indivíduos com relativa independência e mobilidade: “Estas últimas características distinguem sociedade de colônia, na qual os indivíduos são fisicamente unidos” (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 345). De acordo com essa aceção popular, abelhas formam sociedades, mas não colônias. Trata-se de um tremendo equívoco. Caso uma análise na literatura sociobiológica seja feita, encontrar-se-á que uma colônia se refere a um caso particular de sociedade:

Sociedade: um grupo de indivíduos pertencentes à mesma espécie e organizados de forma cooperativa. [...] A comunicação recíproca de natureza cooperativa, transcendendo a mera atividade sexual, é o critério intuitivo essencial de uma sociedade. (WILSON, 1980, p. 7, tradução nossa).

Colônia: no uso biológico estrito, uma sociedade de organismos altamente integrados, seja pela união física dos corpos ou por divisão em zooides ou castas especializadas [...]. No vernáculo e até em algumas descrições técnicas, uma colônia pode significar quase qualquer grupo de organismos, especialmente se eles estiverem fixos em uma localidade. Na sociobiologia, no entanto, a palavra é mais restrita às sociedades de insetos sociais, juntamente com as massas fortemente integradas de esponjas, sifonóforos, briozoários e outros invertebrados “coloniais”. (WILSON, 1980, p. 8, tradução nossa).

Confusões conceituais como essas não são comuns somente em ecologia, mas também em outras ciências da vida, sobretudo na biologia evolutiva, a ciência-base de toda a biologia. Para expor mais um exemplo, citamos agora o conceito de **analogia**. É comum que livros didáticos e videoaulas na *internet* considerem-no como o oposto de **homologia**, o que se revela um erro grave. Nesses casos, tal conceito é confundido com outro, o de **homoplasia** – este sim denominando estruturas adquiridas independentemente em dois ou mais grupos, como resultado de convergência evolutiva, paralelismo ou reversão (AMORIM, 2002). Portanto, o que geralmente se ensina como “analogia” trata-se de “homoplasia”. “Analogia”, por sua vez, refere-se a qualquer “relação de semelhança existente entre duas estruturas que desempenham a mesma função em um organismo, as quais **podem ou não** ser homólogas” (AMORIN, 2002, p. 147, grifo nosso).

Utilizamos esses três exemplos para demonstrar que nem sempre os verdadeiros significados de determinados conceitos biológicos são compreendidos, mesmo por aqueles que são considerados “especialistas”; além disso, tal exemplificação evidencia que nem sempre os materiais didáticos disponíveis ao professor são os mais adequados em termos conceituais. Isso exige que o professor tenha um domínio teórico satisfatório acerca dos conceitos que ensina, bem como evite o uso de recursos que apresentem significados incorretos acerca de um determinado conceito.

2.4 Desafios acerca de como ensinar ecologia

De acordo com Seniciato e Cavassan (2009), os desafios em se ensinar ecologia são vários, entre eles: (1) ensinar ecologia de um modo reflexivo, cuja finalidade seja associar valores aos conhecimentos específicos; e (2) superar a falta de interesse dos alunos, seja pela falta de entusiasmo, seja pela inadequação às condições oferecidas em aulas de campo.

Em todos os níveis da Educação Básica, o ensino de Ecologia ainda é muitas vezes realizado por meio de metodologias tradicionais baseadas na memorização dos conceitos previamente estabelecidos. Este modelo de ensino leva à baixa aprendizagem e não favorece a habilidade de decidir sobre questões sociocientíficas e ambientais. Um modo de superar essa situação é recorrendo à teoria de David Ausubel (2003).

De acordo com a teoria ausubeliana, o ponto de partida de uma aula deve ser o conjunto de conhecimentos que o aluno traz consigo. Esse conjunto de conhecimentos compõe a chamada “estrutura cognitiva” e, de acordo com o autor, é o elemento mais importante que o professor deve levar em consideração no ato de ensinar (AUSUBEL, 2003; RONCA, 1994). É nesse sentido que Ronca (1994, p. 92) faz a seguinte afirmação:

O professor deve estar atento tanto para o conteúdo como para as formas de organização desse conteúdo na estrutura cognitiva. O conteúdo que é assimilado pela estrutura cognitiva assume uma forma hierárquica, onde conceitos mais amplos se superpõem a conceitos com menor poder de extensão.



Para Ausubel (2003), o armazenamento de informações pela mente humana é altamente organizado. O autor utiliza o conceito de “aprendizagem significativa” para se referir ao processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do aluno de uma forma não arbitrária e substantiva (RONCA, 1994). Nesse sentido, para que ocorra a aprendizagem significativa, o novo conceito ecológico a ser trabalhado pelo professor deve interagir com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel (2003) define como “conceito subsunçor” ou, simplesmente, subsunçor, existente na estrutura cognitiva do aluno (BARROS; ARAÚJO, 2016). Portanto, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em subsunçores relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aluno (BARROS, ARAÚJO, 2016).

Segundo a teoria ausubeliana, caso o aluno não consiga estabelecer uma ligação dos conceitos adquiridos tem-se, então, o diagnóstico de que a aprendizagem foi puramente mecânica; somente quando o aluno tem a capacidade de “ancorar” os novos conceitos aos conceitos subsunçores é que estará formando uma estrutura cognitiva de aprendizagem (AUSUBEL, 1965; 2003; BARROS, ARAÚJO, 2016). Todavia, também podem existir situações na qual a nova informação aprendida é uma extensão, elaboração ou qualificação dos conceitos já previamente compreendidos (AUSUBEL, 1965; 2003; RONCA, 1994).

É importante destacar que, para que haja a aprendizagem significativa, o processo de mediação deve sempre estar plenamente presente, já que ela somente ocorre quando se estabelece uma ligação entre o que vai ser aprendido e aquilo que o aluno já sabe (AUSUBEL, 1965; 2003). Além disso, a estabilidade na memória de um conceito ecológico é ampliada pela ancoragem na estrutura cognitiva: “O estabelecimento de uma rede de conceitos interligados e com níveis de inclusividade diferenciados aumenta a resistência ao esquecimento” (RONCA, 1994, p. 93). Ademais, o domínio e a compreensão de conceitos ecológicos mais amplos influenciam, em longo prazo, no desempenho do aluno nessa área do conhecimento.

Pautando-se nos textos de Ausubel (1965) e Ronca (1994), pode-se constatar que três fatores colaboram decisivamente para a aquisição de uma estrutura cognitiva adequada: i) o uso, no ensino de ecologia, dos conceitos e princípios que tenham o maior poder de extensão; ii) o “ancoramento” em subsunçores ecológicos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno; iii) o emprego de estratégias que apresentem e ordenem a sequência do conteúdo ecológico de forma a aumentar a clareza e estabilidade na estrutura cognitiva dos alunos.

Tais constatações fundamentam o ensino ecológico de cima para baixo (defendido adiante), bem como o uso de recursos didáticos como mapas conceituais – os quais são propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa e que pode ser utilizada em diversas situações, para diferentes finalidades: instrumento de

análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação etc.³ (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993).

Além da sustentação teórica obtida da teoria ausubeliana, os desafios acerca de como ensinar ecologia podem ser superados ou, pelo menos, atenuados com uma série de estratégias, dentre as quais algumas são apresentadas aqui.

3 Potencialidades no ensino de ecologia

3.1 Ensino de cima para baixo

Uma possível maneira de se ensinar ecologia é partindo de uma temática geral para conceitos específicos – o que Wilson (2008) chamou de **ensino de cima para baixo**. O professor pode começar sua aula chamando a atenção para uma questão ampla, que seja do interesse dos alunos e relevante para a vida deles. A partir de então, o professor pode se aprofundar nas explicações causais, aumentando, progressivamente, os detalhes técnicos e filosoficamente polêmicos, com o objetivo não de apenas ensinar, mas também de provocar:

Não ensine de baixo para cima, com uma introdução do tipo “Vamos aprender um pouco disso e também um pouco daquilo, e depois combinar esses conhecimentos para formar um quadro geral”. Não pinte o quadro em pequenas pinceladas pontilhistas, para alunos que se entendiam facilmente. Em vez disso, mostre o quadro inteiro, o mais depressa possível; mostre qual o motivo de sua importância naquele momento e durante toda a vida deles. Passe a dissecar esse conjunto e chegue finalmente aos alicerces. (WILSON, 2008, p. 150, grifo do autor).

Consideremos o seguinte tema: extinção. Não inicie analisando as causas do processo. Em vez disso, pergunte: “Por que as espécies desaparecem?”. “Quais fatores determinam que isso ocorra?”. “Talvez 99% de todas as espécies que já existiram extingiram-se⁴. O que essa informação nos diz sobre esse o processo de extinção?”. “A espécie humana entrará em extinção em algum momento futuro?”. “Por que algumas espécies entram em extinção e outras não?”. “Alguns biólogos estimam que a taxa de extinção atual, somente entre aves e mamíferos, é cerca de cem vezes acima do normal e que a perda atual de espécies florestais é no mínimo mil vezes acima do esperado⁵. O que será que está acontecendo?”. “Muitas espécies de animais e plantas estão correndo risco de desaparecer em virtude do comportamento destrutivo da nossa espécie frente à natureza. Mas e antes do *Homo sapiens*, como as espécies se extinguiam?”. “Como podemos explicar a extinção conjunta de predadores e presas?”. “Por que algumas extinções parecem afetar poucas espécies enquanto outras podem afetar mais da metade da vida na Terra?”.

³ Devido à abrangência das questões pertinentes ao uso de mapas conceituais e da riqueza de trabalhos que abordam suas potencialidades, não discutiremos seu uso como estratégia de ensino no presente artigo.

⁴ Referência da afirmação: Dawkins (2009).

⁵ Referência da afirmação: Quammen (2008).



Com esses questionamentos, o professor provoca seus alunos, fornecendo-lhes uma nova orientação para olhar um processo ecológico (no caso, a extinção de espécies), desafiando ideias comuns e convicções confortáveis e impulsionando-os em suas próprias buscas intelectuais (WILSON, 2008).

3.2 *Uso de estudos de caso*

O uso de estudos de caso na educação científica pressupõe o aluno como sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem e visa à aproximação dos alunos com problemas reais, de maneira que venham a adquirir conhecimento científico e tecnológico sobre a temática em questão e o desenvolvimento do pensamento crítico (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007). O papel principal do professor nesse método consiste em auxiliar o aluno a trabalhar com determinados fatos e com a análise de um problema a fim de considerar, então, as possíveis soluções e consequências de suas ações (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007).

Herreid (1998) elaborou um esquema de classificação delineando os seguintes formatos para a aplicação dessa estratégia pelo professor no ensino de ciências: **estudo de caso de tarefa individual** (o caso tem o caráter de uma tarefa que o aluno deve solucionar e que implica na elaboração posterior de uma explicação histórica dos eventos que conduziram à sua resolução); **estudo de caso de aula expositiva** (o caso tem a característica de uma história [caso] contada pelo professor aos seus alunos, de maneira muito elaborada e com objetivos específicos); **estudo de caso de discussão** (o caso é apresentado pelo professor como um dilema e os alunos são questionados a respeito das suas perspectivas e sugestões com relação à resolução do caso); **estudo de caso de atividades em pequenos grupos** (os casos são histórias que devem ser analisadas por grupos pequenos e solucionadas, e dizem respeito ao contexto social e/ou profissional em que os alunos estão imersos).

Para a elaboração de um “bom caso” é essencial que o professor incorpore os seguintes elementos: narrar uma história; despertar o interesse pela questão; deve ser atual; produzir empatia para com as personagens centrais; incluir diálogos; ser relevante ao leitor; ter utilidade pedagógica; provocar um conflito; forçar uma decisão; ter generalizações; deve ser curto (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007). Durante o processo de construção de um estudo de caso, o professor deve seguir as etapas a seguir: a escolha do assunto principal a ser destacado no caso (este deve ser relevante dentro do contexto da disciplina, e estar relacionado com questões atuais, como aquecimento global e desastres ambientais); a elaboração de uma sequência de todos os conceitos/habilidades/attitudes que se pretende abordar através da aplicação do caso; a elaboração de uma lista dos possíveis personagens do caso; a elaboração de uma série de questões para discussão em sala de aula (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007).

Para fins de exemplificação, consideramos aqui um estudo de caso de discussão acerca das diferentes hipóteses para a extinção do Cretáceo-Paleógeno (K-Pg). Nesse exemplo hipotético, o professor poderia despertar o interesse dos alunos pelo processo de extinção em massa narrando a história do desaparecimento dos grandes dinossauros, animais que costumam produzir empatia nas crianças e nos adolescentes, além de invocar temas de fascínio fundamental de nossa cultura – sexo, drogas e violência.

De acordo com Gould (2004), três são as principais propostas acerca da extinção dos dinossauros (não avianos). A primeira proposta, a “hipótese do sexo”, pauta-se na suposição de que os testículos dos dinossauros funcionavam apenas numa faixa muito estreita de temperatura. Segundo essa hipótese, um aumento da temperatura global no final do Cretáceo fez com que os testículos dos dinossauros parassem de funcionar, ocasionado na extinção desses animais a partir da esterilização dos machos (COLBERT; COWLES; BOGERT, 1946). A segunda proposta, a “hipótese das drogas”, pauta-se no fato de que muitas espécies de angiospermas contêm agentes psicoativos, os quais são evitados pelos mamíferos em virtude de seu sabor amargo. Nessa hipótese, os dinossauros não tinham como sentir o amargor nem possuíam fígados eficientes para eliminar a toxicidade das substâncias ingeridas e morreram de overdoses maciças (defendida por R. Siegel e citada em GREENBERG, 1983). A terceira proposta, a “hipótese do desastre”, pauta-se na ideia de que um grande asteroide chocou-se com a Terra há cerca de 65 milhões de anos, provocando uma enorme nuvem de poeira que bloqueou a entrada de luz solar. Tal acontecimento impediu o processo de fotossíntese e a temperatura global diminuiu tão drasticamente que os dinossauros acabaram sendo extintos (ALVAREZ *et al.*, 1980). As evidências dessa proposta são principalmente duas: i) a descoberta de uma fina camada de irídio nas rochas que se formaram no fim do Cretáceo⁶; ii) a descoberta de uma enorme cratera soterrada em Chicxulub, no Estado de Iucatã, México, medindo quase 200 km de diâmetro (ALVAREZ, 1982).

Nesse estudo de caso, o professor pode provocar o conflito ao relatar o dilema da existência de diferentes explicações para a extinção do K-Pg. A história é apresentada pelo professor com esse dilema e os alunos podem ser questionados a respeito das suas perspectivas e de sugestões com relação a cada uma das hipóteses. O professor pode orientar que os alunos busquem evidências que apoiem ou pareçam refutar cada uma das três propostas e, atuando como mediador, pode elaborar uma série de questões para discussão em sala de aula, tais como: “Além de especulativa, qual critério vocês acham que uma hipótese deve ter para ser levada em conta?”. “Pois bem, a ciência trabalha com propostas averiguáveis. As hipóteses atendem a esse critério?”. “Podemos ter certeza completa de que uma dessas hipóteses é a correta? E de que uma delas está errada?”. “Boas hipóteses científicas são expansivas, sugerindo ampliações que esclarecem assuntos relacionados e até mesmo outros mais distantes. Qual dessas hipóteses atende melhor a esse critério?”.

⁶ O irídio é um elemento raro no planeta Terra, mas é encontrado frequentemente em asteroides.

Além de abordar questões da Natureza da Ciência (KRIZEK; GERALDINO, 2020), o professor pode abordar cada uma das hipóteses em específico:

Como seria possível decidirmos se a hipótese dos testículos fritos é certa ou errada? Teríamos que saber coisas que o registro fóssil não oferece. Quais temperaturas eram ótimas para os dinossauros? Eles podiam evitar a absorção de excesso de calor ficando na sombra ou em cavernas? A que temperaturas seus testículos deixavam de funcionar? Os climas do fim do cretáceo foram quentes o suficiente para empurrar as temperaturas internas dos dinossauros até esse teto? Testículos simplesmente não se fossilizam, e mesmo que o fizessem, como poderíamos inferir as suas tolerâncias de temperatura? (GOULD, 2004, p. 392).

Tais questionamentos levam à conclusão de Gould (2004, p. 392) de que a hipótese do sexo é uma “especulação curiosa que não leva a lugar algum”. A partir da discussão dessa hipótese, os alunos poderão perceber que é difícil propor quaisquer argumentos definidos contra essa ideia, já que ela é simplesmente inaveriguável (GOULD, 2004). A hipótese das drogas também carece de respeitabilidade, já que não explica a extinção dos amonites ou do plâncton oceânico e também não pode ser averiguada (fígados não se fossilizam). Todavia, através da pesquisa realizada pelos alunos e da mediação realizada pelo professor, aqueles poderão perceber que, ao contrário das duas propostas anteriores, a hipótese do desastre tem fundamentos sólidos de indícios e pode ser posta a “exame, expandida, refinada e, se for incorreta, rejeitada” (GOULD, 2004, p. 393).

Pretendemos mostrar que, a partir de um único estudo de caso bem planejado e conduzido, o professor pode abordar discussões tanto do âmbito da ecologia quanto da Natureza da Ciência, conduzindo seus alunos em direção ao verdadeiro letramento científico.

3.3 Apelo à biofilia

O ingrediente fundamental para o amor ao estudo é a paixão por determinado assunto. A partir desta defesa, Wilson (2008, p. 145) recorda-nos o seguinte:

O conhecimento acompanhado por emoções agradáveis permanece dentro de nós. Ele vem à tona e, quando é lembrado, desperta outras conexões da memória criando a metáfora – a linha de frente do pensamento criativo. Em contraste, aquele aprendizado que se dá por meio da memorização rotineira desaparece rapidamente, tornando-se um amontoado confuso de palavras, fatos e historietas.

Uma possível forma de despertar a paixão pelas aulas de ecologia é apelar para a **biofilia**. Derivado de *bios* e *philia*, palavras gregas para “vida” e “amor”, respectivamente, o termo designa uma orientação psicológica de ser atraído por organismos vivos e elementos da natureza. Wilson (1984) utiliza o conceito para descrever as conexões que os seres humanos buscam inconscientemente com o resto da vida. Em outras palavras, a biofilia se refere às atrações e sentimentos positivos que as pessoas têm em relação a organismos, espécies, *habitats* e paisagens do ambiente natural. Ao que tudo indica, ela se enquadra como um



universal humano, isto é, um sentimento encontrado em todas as sociedades humanas (WILSON, 1984; PINKER, 2004).

Adicionalmente, a natureza humana é um produto da biologia e do ambiente. Steven Pinker (2004) reúne uma série de evidências de que nossas preferências em relação aos elementos da natureza, apesar de sofisticadas através da experiência e da cultura, são, assim como nossa anatomia e bioquímica, o produto da evolução biológica. Na linha de raciocínio, Wilson (1984) argumenta que a biofilia é inata, uma consequência do processo de seleção natural atuando na linhagem humana, cuja perpetuação dependeu de um reconhecimento prático da biodiversidade. Townsend, Begon e Harper (2010, p. 17) observaram que “os humanos mais primitivos devem ter sido ecólogos ecléticos – guiados pela necessidade de entender onde e quando seu alimento e seus inimigos (não humanos) estavam localizados”.

Tendo meios e tempo de lazer suficiente, a maior parte da população gosta de acampar, fazer trilhas, caçar, pescar, praticar jardinagem, observar pássaros e fazer piqueniques em parques – todas essas atividades são manifestações de nossa biofilia. Da mesma forma, a biofilia explica nosso apego em relação a animais domésticos ou selvagens e a razão de mantermos plantas e flores dentro e ao redor de nossas casas.

As preferências de uma criança se abrem muito cedo para a natureza viva (WILSON, 2008). Caso seja devidamente estimulada nas aulas de ecologia, ela pode fortalecer ainda mais seus laços com as formas de vida não humanas. Wilson (2008, p. 162) dá algumas sugestões para professores que desejem cultivar a competência naturalista em uma criança:

Comece bem cedo; ela já está pronta. Abra as portas para a Natureza, mas não a empurre. Pense nela como um caçador-coletor. Ofereça oportunidades para explorar em espaços abertos naturais, ou então em seus substitutos – em exposições, zoológicos e museus. Dê liberdade para que a criança procure, sozinha ou em um grupo pequeno de indivíduos com interesses afins. Deixe que perturbe um pouco a Natureza, por sua própria conta e sem orientação. Coloque à disposição dela guias de campo sobre as plantas e os animais do lugar; binóculos, e até microscópios, se possível [...]. Incentive e elogie tais iniciativas. Na adolescência, permita que ele ou ela tentem suas aventuras com outros, que explore áreas silvestres [...]. Possibilite que o aprendizado de todas as coisas se dê de acordo com o ritmo de cada um.

Entretanto, faz-se necessária aqui uma advertência: ensinar ecologia através do apelo à biofilia “não é como estudar álgebra ou aprender uma língua estrangeira”:

Seria um erro apresentar uma criança à Natureza caminhando em meio a um parque ou arboreto com plaquinhas que fornecem o nome das espécies de árvores e plantas. A criança é um *selvagem* no melhor sentido da palavra. Ela precisa vibrar com a emoção da descoberta pessoal, precisa andar, mexer e remexer muito por aí e aprender o máximo possível sozinha. (WILSON, 2008, p. 162, grifo do autor).

O desejo de compreender a natureza guiou a evolução humana e permeia o estudo ecológico atualmente. A ecologia é a expressão científica máxima de nossa biofilia e, como tal, este sentimento pode influenciar-nos a valorizar a biodiversidade, a conservar espécies e a proteger os ecossistemas. “Somos mais propensos a proteger o que apreciamos e a apreciar o que compreendemos” (REECE *et al.*, 2015, p. 1277). Dessa forma, o apelo à biofilia, durante as aulas de ecologia, pode atuar como motivação significativa para o desenvolvimento de uma postura ecológica e de uma ética ambiental.

3.4 Utilização de materiais de divulgação científica

A contribuição da divulgação científica para o ensino pode-se efetivar, entre outras formas, a partir dos potenciais benefícios advindos do contato com diferentes formas de dizer e argumentar contidas nestes textos e através da discussão de temas recentes relacionados ao desenvolvimento da ciência e tecnologia, contextualizada no dia a dia da sociedade contemporânea (MARTINS, NASCIMENTO; ABREU, 2004).

Perticarrari *et al.* (2010) demonstram que o uso de textos de divulgação científica no ensino de ecologia é uma ferramenta importante para os alunos realizarem articulações e atribuição de significado aos conceitos ecológicos. Porém, apenas a aplicação de um texto de divulgação científica não é suficiente para garantir uma aprendizagem significativa. O papel do professor no processo é essencial, devendo atuar como mediador, proporcionando condições para que a sala de aula seja um espaço de novas ideias e possibilitando que o aluno alcance níveis cognitivos mais complexos (PERTICARRARI *et al.*, 2010).

De acordo com Aires *et al.* (2003), as seguintes categorias devem ser consideradas durante a seleção de um texto de divulgação científica: linguagem (considera a clareza do texto e a adequação ao público-alvo); precisão científica (avaliação da existência de erros científicos); apresentação (se refere a apresentação geral do texto com referência ao título, ao tamanho do texto, da letra e das ilustrações); metáforas e analogias (se o seu uso facilita ou dificulta a compreensão do texto pelo leitor); abordagem sociológica, histórica e epistemológica (diz respeito à presença de efeitos sociais, a imagem de ciência veiculada no texto e a historicidade de eventos científicos); glossário (diz respeito a definições, conceituações ou referências que devem estar implícitas no texto). Quando alguma destas categorias é negligenciada, o uso de textos de divulgação científica no ensino de ecologia pode ser problemático, comprometendo a formação científica dos alunos.

Com objetivo de auxiliar a escolha de bons materiais de divulgação científica, indicamos os textos das revistas “Ciência Hoje”, “Ciência Hoje das Crianças” e da “Pesquisa FAPESP”, que apresentam textos com diferentes perspectivas e temáticas relacionadas à biologia e ecologia através de uma linguagem acessível. Além disso, recomendamos o uso de textos de divulgadores científicos como, por exemplo, Richard Dawkins, Stephen Jay Gould, Edward Osborne Wilson, entre outros, que tratam de diferentes conceitos científicos e ecológicos de forma ampla, fidedigna e contextualizada.



4 Considerações finais

O aprendizado da ecologia é fundamental não apenas para garantir o bem-estar e o futuro da humanidade, como também para garantir a preservação dos recursos naturais e a conservação dos demais seres vivos da biosfera. Há razões para se desconfiar que a quase indiferença das pessoas em relação ao mundo vivo é, em parte, uma consequência do fracasso do ensino de ecologia (e, em um nível mais amplo, da biologia). Tal fracasso é sustentado por uma série de desafios enfrentados pelos professores no ensino dessa ciência, e alguns desses desafios foram discutidos aqui. Também introduzimos algumas estratégias em potenciais para a aprendizagem ecológica, que vise à formação de uma ética ambiental e de um cidadão crítico.

Referências

- AIRES, J. A. et al. Divulgação científica na sala de aula: um estudo sobre a contribuição da revista Ciência Hoje das Crianças. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., Bauru, 2003. **Atas do...**, Bauru, SP, 2003
- ALVAREZ, L. W. Experimental evidence that an asteroid impact led to the extinction of many species 65 million years ago. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 80, p. 627-642, 1982.
- ALVAREZ, L. W.; ALVAREZ, W.; ASARO, F.; MICHEL, H. V. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. **Science**, v. 208, p. 1095-1108, 1980.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2004. v.3.
- AMORIM, D. S. **Fundamentos de sistemática filogenética**. Ribeirão Preto: Holos, 2002.
- AUSUBEL, D. A cognitive structure view of word and concept meaning. In: ANDERSON, R. C.; AUSUBEL, D. **Readings in the psychology of cognition**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1965.
- AUSUBEL D. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Porto: Alicerce Editora, 2003.
- AUSUBEL, D.; SULLIVAN, E. V.; IVES, S. W. **Theory and problems of child development**. 3.ed. New York: Grune & Stratton, 1980.
- BARRETT, G. W. Applied ecology: an integrative paradigm for the 1980s. **Environmental Conservation**, v. 11, n. 4, p. 319-322, 1984.
- BARROS, A. T. C.; ARAÚJO, J. N. Aula de campo como metodologia para o ensino de ecologia no ensino médio. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 20, p. 80-88, 2016.



- BEATTY, J. The evolutionary contingency thesis. In: WOLTERS, G.; LENNOX, J. (Ed.). **Concepts, theories, and rationality in the biological sciences**. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995. p. 45-81.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BERZAL DE PEDRAZZINI, M.; BARBERÁ, O. Ideas sobre el concepto biológico de población. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 149-159, 1993.
- BOOTH, P. R.; SINKER, C. A. The teaching of ecology in schools. **Journal of Biological Education**, v. 13, n. 4, p. 261-266, 1979.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base nacional comum curricular**. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: abr. 2019.
- CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.
- CHERRETT, J. M. Key concepts: The results of a survey of our members' opinions. In: CHERRETT, J. M. (Ed.). **Ecological concepts**, p. 1-16. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1989.
- COLBERT, E. H.; COWLES, R. B.; BOGERT, C. M. Temperature tolerances in the American alligator and their bearing on the habitats, evolution, and extinction of the dinosaurs. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 86, p. 327-374, 1946.
- CONTIN, C.; MOTOKANE, M. T. A imagem da ecologia em alunos do ensino médio do município de Ribeirão Preto. **Revista do EDICC (Encontro de Divulgação de Ciência e Cultura)**, v. 1, p. 58-66, 2012.
- D'ÁVILA, M. I.; MACIEL, T. Pantanal: um ecodesenvolvimento necessário. In: MACIEL, T. (Org.). **O ambiente inteiro**. A contribuição crítica da Universidade à questão ambiental, p. 69-90. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1992.
- DAWKINS, R. **A grande história da evolução**: na trilha dos nossos ancestrais. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
- FOLEY, R. **Apenas mais uma espécie única**: Padrões da Ecologia Evolutiva Humana. São Paulo: Edusp, 1993.
- GOULD, S. J. Sexo, drogas, desastres e a extinção dos dinossauros. In: GOULD, S. J. **O sorriso do flamingo**: reflexões sobre história natural. São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- GREENBERG, J. Natural highs in natural habitats. **Science News**, p. 300-301, nov. 1983.
- HAECKEL, E. Über entwicklungsgang und aufgabe der zoologie. **Jenaische Zeitschrift für Medizin and Naturwissenschaft**, v. 5, p. 353-370, 1869.

HERREID, C. F. What Makes a Good Case? **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 3, p. 163-165, 1998.

KRIZEK, J. P. O. K.; GERALDINO, C. F. G. Eureka!, barbas e explosões: concepções de ciência e de cientista no Ensino Fundamental II. **REGRASP**, v. 5, n. 4, p. 84-105, 2020.

LACREU, L. I. Ecologia, Ecologismo e Abordagem Ecológica no Ensino das Ciências Naturais: Variações sobre um Tema. In: WEISSMANN, H. (Org.). **Didática das Ciências Naturais - contribuições e reflexões**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1998. Cap. 5, p 127-151.

LAGO, A.; PÁDUA, J. A. **O que é ecologia**. São Paulo: Brasiliense, 1992.

LEOPOLD, A. (1966) Thinking like a mountain. In: LEOPOLD, A. **A sand county almanac with other essays from round river**, p. 129-133. New York, Oxford University Press, 1966.

LÖWY, M. Crise ecológica, crise capitalista, crise de civilização: a alternativa ecosocialista. **CADERNO CRH**, v. 26, n. 67, p. 79-86, 2013.

MANZOCHI, L.H. **Participação do ensino de ecologia em uma Educação Ambiental voltada para a formação da cidadania**: a situação das escolas de segundo grau no município de Campinas. Campinas: Instituto de Biologia, UNICAMP, 1994. 282p. Dissertação de Mestrado.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, T. B. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 1, p. 95-111, 2004.

MAYR, E. **Isto é biologia**: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem**: os mapas conceituais e o Vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOTOKANE, M. T.; TRIVELATO, S. L. F. Reflexões sobre o ensino de ecologia no ensino médio. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999. **Anais do...** Valinhos, 1999.

MUNSON, B. H. Ecological Misconceptions. **The Journal of Environmental Education**, v. 25, n. 4, p. 30-34, 1994.

NAESS, A. The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary. **Inquiry: An Interdisciplinary Journal of Philosophy**, v. 16, n. 1-4, p. 95-100, 1973.

ODUM, E. Great ideas for ecology for the 1990s. **BioScience**, v. 42, n. 7, p. 541-545, 1992.

ODUM, E.; BARRETT, G. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

PERTICARRARI, A. et al. O uso de textos de divulgação científica para o ensino de conceitos sobre ecologia a estudantes da educação básica. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 369-386, 2010.



- PINKER, S. **Tábula rasa**: a negação contemporânea da natureza humana. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- QUAMMEN, D. **O canto do dodô**: biogeografia de ilhas numa era de extinções. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- REECE, J. B. et al. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- RONCA, A. C. C. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas em Psicologia**, v. 2, n. 3, p. 91-95, 1994.
- SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Quim. Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.
- SCHRÖTER, C. **Der "Bodensee-Forschungen" Neunter Abschnitt**: die vegetation des bodensees. London: Forgotten Books, 2018.
- SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. O ensino de ecologia e a experiência estética no ambiente natural: considerações preliminares. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 393-412, 2009.
- SIPAVICIUS, B. K. A.; SESSA, P. S. A Base Nacional Comum Curricular e a área de Ciências da Natureza: tecendo relações e críticas. **Atas de Ciências da Saúde**, v. 7, p. 03-16, 2019.
- SMART, J. **Philosophy and scientific realism**. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1963.
- SPONSEL, L. E. Cultural ecology and environmental education. **The Journal of Environmental Education**, v. 19, n. 1, p. 31-42, 1987.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- WHITE, R.; STOECKLIN, V. L. Nurturing children's biophilia: developmentally appropriate environmental education for young children. **Collage: Resources for Early Childhood Educators**, p. 1-11, 2008.
- WILSON, E. O. **A criação**: como salvar a vida na terra. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- WILSON, E. O. **Biophilia**. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- WILSON, E. O. **Sociobiology**: the abridged edition. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1980.

Recebido em outubro de 2020.

Aprovado em março de 2021.

Revisão gramatical realizada por: Luciana Bastos Ferreira
E-mail: luciana.bastos@ifsp.edu.br

