

LUCIANO NEVES DA SILVA



**CONCEITOS DE ESPÉCIES EM LIVROS DIDÁTICOS
DE BIOLOGIA**

**CASCAVEL
2019**





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS / CCET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA



NÍVEL DE MESTRADO E DOUTORADO / PPGCEM
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA
LINHA DE PESQUISA: EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

CONCEITOS DE ESPÉCIES EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA

LUCIANO NEVES DA SILVA

CASCADEL – PR

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS / CCET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

**NÍVEL DE MESTRADO E DOUTORADO / PPGECEM
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA
LINHA DE PESQUISA: EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**

CONCEITOS DE ESPÉCIES EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA

LUCIANO NEVES DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática – PPGECEM da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE – *Campus* de Cascavel, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências e Educação Matemática.

Orientadora: Fernanda Aparecida Meglhioratti

CASCADEL – PR

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

da Silva, Luciano Neves
Conceitos de espécies em livros didáticos de Biologia
/ Luciano Neves da Silva; orientador(a), Fernanda
Aparecida Meglhioratti, 2019.
170 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, 2019.

1. Epistemologia da Biologia. 2. Ensino de Biologia. 3. Conceito de Espécie. I. Meglhioratti, Fernanda Aparecida . II. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS / CCET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

NÍVEL DE MESTRADO E DOUTORADO / PPGECEM
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA

LINHA DE PESQUISA: EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

LUCIANO NEVES DA SILVA

CONCEITOS DE ESPÉCIES EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA

Esta dissertação foi aprovada para a obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências e Educação Matemática e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática – Mestrado e Doutorado, Área de Concentração em Educação em Ciências e Educação Matemática, linha de pesquisa Educação em Ciências, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.



Professora Dra. Fernanda Aparecida Meglhioratti
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Orientadora



Professor Dr. Eliseu Vieira Dias
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - (UNIOESTE)
Membro



Professora Dra. Bettina Heerd
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)
Membro convidado



Rosana Franzen Leite
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE/TOLEDO)

Cascavel, 08 de novembro de 2019

À minha família dedico.

AGRADECIMENTOS

Expresso aqui os agradecimentos após o findar de uma empreitada como esta, que, pode-se dizer, é a concretização de um sonho e, ao mesmo tempo, o início de um novo ciclo na minha vida enquanto profissional. Embora as palavras pareçam ser insuficientes ao tentar expressar a minha gratidão, desejo que essas mesmas palavras transmitam o meu sentimento de agradecimento e reconhecimento. Dessa forma, deixo o meu muito obrigado a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a concretização desta pesquisa.

A tia Célina e tio João, minha família mundonovense, que me acolheram e me apoiaram quando apresentei o meu desejo de partir para cursar o mestrado.

À minha mãe, Maria, e à tia Cecília pelo apoio, pelo incentivo e pelo caloroso afeto, embora estivéssemos distantes, muito obrigado.

Ao primo Bruno Rafael, que me ensinou a entender o sentido de um irmão.

Ao amigo Pe. Ryszard Szydowski, SVD, a quem carinhosamente chamamos de padre Ricardo, pelo incentivo, pelo apoio desde o início dessa jornada acadêmica.

À Profa. Dra. Vanessa Daiana Pedrancini, que contribuiu muito na minha formação durante a graduação e colaborou no meu projeto de pesquisa.

À minha família cascavelense, tio Júlio, tia Eunice, primas e primos, Grazielle, Juliane, Eduardo, Edilson e Miguel, pela acolhida, pelo apoio e por dividir os finais de semana no Lago Municipal e os almoços em família, meu muito obrigado.

À Profa. Dra. Fernanda Aparecida Meghioratti, pela sua laboriosa orientação, pela dedicação, pela visão de ciência, pela amizade e pelo incentivo que muito contribuíram e foram essenciais para a elaboração desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Celso Aparecido Polinarski pela partilha do seu conhecimento, pela sua alegria e amizade, além, claro, da infinita fábrica de ideias que se tornava a sala de professores de Biologia com a sua presença.

Às Profas. Dras. Bettina Heerdt, Rosana Franzen Leite e ao Prof. Dr. Eliseu Vieira Dias por aceitarem o convite e participarem da banca de defesa desta dissertação. Agradeço pela valiosa contribuição por meio da leitura da pesquisa, da crítica e das sugestões.

Às professoras e aos professores de quem fui aluno durante o período das disciplinas, obrigado pela partilha do vosso conhecimento e da vossa contribuição

para a minha formação.

Aos colegas e amigos e amigas, pela amizade construída durante o período das disciplinas e fortalecida durante a participação nos eventos do PPGECEM, no Grupo de pesquisa GECIBIO e grupo de estudos. Nominalmente, a Kassiana Silva Miguel, Alessandra Crystian Engles dos Reis, Simone Domingues Garcia, Solange Bencke, Saulo César Seiffert Santos, Cléria Wendling, Mariana Bolake, Luciana Del Castanhel Peron, Dalméri Tomko e Fernando Bertusso.

Ao secretário do programa PPGECEM, Ailton Souza dos Santos, pela dedicação e pelo empenho na sua função e pronta atenção às minhas solicitações ou necessidades.

Aos revisores Sérgio Ferreira Mendes e Henrique Farias pela diligência na revisão textual em português e inglês, respectivamente.

Ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná agradeço pela estrutura e pelo apoio oferecidos durante a realização do trabalho.

da SILVA, Luciano Neves. **Conceitos de espécie em livros didáticos de Biologia**. 2019. 170 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, 2019.

RESUMO

O conceito de espécie é uma temática central no contexto evolutivo, provocando longas discussões acadêmicas, tanto no campo da Biologia como no da Filosofia. Para a Biologia, o conceito de espécie possibilita recuperar e compreender a complexidade dos organismos vivos, além de entender que a percepção de um entendimento único da biodiversidade se mostra inviável. Para o Ensino de Biologia, o conceito de espécie permite pensar a dinâmica da ciência e a complexidade da diversidade biológica. Logo, o conceito de espécie é uma temática relevante para o Ensino de Biologia; desse modo, realizamos esta pesquisa com o objetivo de analisar o(s) conceito(s) de espécie(s) nos livros didáticos e seu respectivo manual do professor de Biologia aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) do ano de 2018. De cunho qualitativo, com base na análise de conteúdo, estudamos nas dez coleções aprovadas pelo PNLD/2018 de Biologia os livros para os 2º e 3º anos, sendo selecionados os capítulos que abordavam os conteúdos de classificação dos seres vivos, Genética, Evolução e Ecologia, capítulos esses que poderiam abordar a temática de conceitos de espécies. Identificamos ao todo onze conceitos de espécies. O conceito biológico de espécie foi encontrado nas dez coleções, e o conceito filogenético de espécie em cinco. Conceitos como o ecológico, o evolutivo e o tipológico apareceram em duas coleções; os conceitos de espécie de coesão, fenético, genético, morfológico, de reconhecimento e nominalista em apenas uma coleção. Foram encontradas atividades que abordavam a temática do conceito de espécies, com foco no conceito biológico de espécie; as atividades de especiação mostraram-se intimamente ligadas ao conceito de espécie. No manual do professor, foram identificados subsídios para se trabalhar o conteúdo de conceito de espécie em três coleções e propostas de atividades em quatro coleções. Conclui-se que a apresentação de um único conceito de espécie ocorre principalmente nos livros didáticos para o 2º ano e a abordagem de mais de um conceito de espécie fica reservada aos livros para o 3º ano. Na abordagem do conceito biológico de espécies, é afirmado que se trata de um conceito didático e que permite desenvolver o conteúdo de classificação e origem dos seres vivos. O conceito filogenético, que é abordado em metade das coleções, relaciona-se com a influência da sistemática filogenética. A apresentação de múltiplos conceitos de espécies é definida como alternativa às limitações do conceito biológico de espécie, mas não só isso, pois a abordagem de outros conceitos de espécies permite ao estudante perceber a dinâmica da construção do conhecimento científico, reconhecendo-a como uma construção humana, suas conquistas e limitações, além de compreender que, para recuperar e conhecer a biodiversidade, são necessárias múltiplas ferramentas, nesse caso, múltiplos conceitos de espécies.

Palavras-chave: Epistemologia da Biologia; Ensino de Biologia; Conceito de Espécie; Livro Didático.

da SILVA, Luciano Neves. **Species concepts in Biology textbooks**. 2019. 170 f. Dissertation (Master of Science Education and Mathematical Education) - Graduate Program in Science Education and Mathematical Education, Western Paraná State University – UNIOESTE, Cascavel, 2019.

ABSTRACT

In the evolutionary context, the species concept is a central theme, causing long academic discussions both in the Biology and Philosophy fields. For Biology, the species concept makes it possible to recover and understand of organisms, in addition to understanding that the perception that a unique understanding of biodiversity is not feasible. For Biology teaching, the species concept allows thinking about the science dynamics and the complexity of biological diversity. Therefore, the species concept for the Biology teaching is a relevant theme, so we conducted this research in order to analyze the species of concept(s) in textbooks, and their respective teacher's manual of Biology approved in the National Textbook Program (PNLD) of 2018. Of a qualitative nature and based on the Content Analysis, we studied the textbooks for the 2nd and 3rd years of High School in the ten approved collections by PNLD/2018 of Biology, selecting the chapters that approached the contents of classification of living beings, Genetics, Evolution, and Ecology, chapters which could address the theme of species concepts. We identified 11 (eleven) species concepts in total. The biological species concept was found in the ten collections and the phylogenetic species concept in five collections. Concepts such as the Ecological, Evolutionary, and Typological appeared in two collections, and the Cohesion, Phenetic, Genetic, Morphological, Recognition, and Nominalist Species concepts in only one collection. Activities that approached the theme of the species concept were also found, presenting the focus on the biological species concept. The speciation activities were closely linked to the species concept. In the teacher's manual, subsidies were identified for working on the content of the species concept in three collections, and proposals for activities in four collections. We concluded that the presentation of a single species concept occurs mainly in textbooks for the 2nd year, and the approach of more than one species concept is reserved for the book for the 3rd year. In the approach of the biological species concept, it is stated that it is a didactic concept and that it allows developing the content of the classification and origin of living beings. For the Phylogenetic concept, approached in half of the collections, the influence of the Phylogenetic Systematics is related. The presentation of multiple species concepts is defined as an alternative to the limitations of the biological species concept, but not only to this. The approach of other species concepts allows the student to perceive the dynamics of the construction of scientific knowledge, recognizing it as a human construction, its achievements, and limitations, in addition to understanding that to recover and learn about biodiversity, multiple tools are needed, in this case, multiple species concepts.

Keywords: Biology Epistemology; Biology Teaching; Species Concept; Textbook.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. OS CONCEITOS DE ESPÉCIE EM OBRAS DE REFERÊNCIA.....	34
QUADRO 2. SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DE ANÁLISE DE CONTEÚDO	74
QUADRO 3. COLEÇÕES ANALISADAS.....	75
QUADRO 4. GUIA DE CONCEITOS DE ESPÉCIE PARA ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS	79
QUADRO 5. SÍNTESE DOS RESULTADOS ORGANIZADOS QUANTO À EXISTÊNCIA DO POSICIONAMENTO DO (S) AUTOR (ES) DOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA EM RELAÇÃO À DELIMITAÇÃO DE UM CONCEITO DE ESPÉCIE.....	85
QUADRO 6. CONCEITOS DE ESPÉCIES IDENTIFICADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS	93
QUADRO 7: QUANTIDADE DE PARÁGRAFOS E NÚMEROS DE PALAVRAS QUE SÃO DEDICADAS NOS LIVROS DIDÁTICOS PARA OS CONCEITOS DE ESPÉCIES.....	96
QUADRO 8. ATIVIDADES DE ENSINO PROPOSTAS NOS LIVROS DIDÁTICOS	117
QUADRO 9. RELAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS E OS CONCEITOS DE ESPÉCIE	150

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DO ÍNDICE UTILIZADO PARA REPRESENTAR AS COLEÇÕES E SUAS UNIDADES ANALISADAS.	81
FIGURA 2: SÍNTESE DAS SUBCATEGORIAS ELABORADAS A PARTIR DA SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS ORGANIZADOS NA CATEGORIA 01.	84
FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO DE UM CLADOGRAMA.	88
FIGURA 4: AS SUBCATEGORIAS DOS CONCEITOS DE ESPÉCIE	92
FIGURA 5: CATEGORIA 3. PROPOSTAS DE ENSINO OU ATIVIDADES RELATIVAS AO CONCEITO DE ESPÉCIE NOS LIVROS ANALISADOS	115
FIGURA 6: QUESTÃO RELACIONADA AO CONCEITO DE ESPÉCIE	118
FIGURA 7: ATIVIDADE DE CONCEITO DE ESPÉCIE.	119
FIGURA 8: ATIVIDADE QUE ABORDA O CONTEÚDO DE ESPECIAÇÃO	122
FIGURA 9: ATIVIDADE DE ESPECIAÇÃO.	124
FIGURA 10: ATIVIDADE DE ESPECIAÇÃO.....	125
FIGURA 11: ATIVIDADES DE ESPECIAÇÃO.....	126
FIGURA 12: ATIVIDADES DE ESPECIAÇÃO.....	126
FIGURA 13: ATIVIDADES DE ESPECIAÇÃO.....	128
FIGURA 14: ATIVIDADE DE ESPECIAÇÃO ALOPÁTRICA.	129
FIGURA 15: ATIVIDADE QUE ABORDA O CONTEÚDO DE ESPECIAÇÃO	132
FIGURA 16: ATIVIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS.....	133
FIGURA 17: ATIVIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS.....	134
FIGURA 18: ATIVIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS.....	136
FIGURA 19: ATIVIDADE DE CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS.....	136
FIGURA 20: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	138
FIGURA 21: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	140
FIGURA 22: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	140
FIGURA 23: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	141
FIGURA 24: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	142
FIGURA 25: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	143
FIGURA 26: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	144
FIGURA 27: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	146
FIGURA 28: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	146
FIGURA 29: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	147
FIGURA 30: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	147
FIGURA 31: ATIVIDADE DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA.	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EJA	Educação de jovens e adultos
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
ESO	Ensino secundário obrigatório
FNDE	Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação
INL	Instituto Nacional do Livro
INTERNET	Rede mundial de computadores
LITUs	Unidades taxonômicas menos inclusivas
MEC	Ministério da Educação
NdC	Natureza da ciência
NRE	Núcleo Regional de Educação
OCNEM	Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNBE	Programa Nacional Biblioteca da Escola
PNLA	Programa Nacional do Livro Didático para a Alfabetização de Jovens e Adultos
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEF	Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
SERP	Sistema Específico de Reconhecimento de Parceiros
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 A HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA E A PROBLEMÁTICA DO ENSINO DO CONCEITO DE ESPÉCIE	19
1.1. História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Biologia	19
1.2. Histórico da origem dos sistemas de classificação	26
1.3. Uma explicação para a diversidade biológica: a especiação.....	31
1.4. Os conceitos de espécie	33
1.4.1. Conceito agamospecífico	38
1.4.2. Conceito biológico	39
1.4.3. Conceito ecológico	42
1.4.4. Conceito evolutivo	43
1.4.5. Conceito filogenético	45
1.4.6. Conceito genético.....	47
1.4.7. Conceito morfológico.....	51
1.5. Pesquisas no ensino de biologia: os conceitos de espécie	53
CAPÍTULO 2 O LIVRO DIDÁTICO NO ENSINO DE BIOLOGIA.....	61
2.1. O Programa Nacional do Livro Didático	62
2.2 Relação entre o Guia do Programa Nacional do Livro Didático e o Conceito de Espécie.....	67
2.3 Relação entre o Livro Didático e o Conceito de Espécie	69
CAPÍTULO 3 ASPECTOS METODOLÓGICOS E O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	72
3.1 A natureza da metodologia utilizada na pesquisa	72
3.2 A questão de pesquisa, os objetivos e as hipóteses	74
3.3 As fontes e contexto da coleta de informações	75
3.4 Processo de organização e análise dos livros didáticos.....	76
CAPÍTULO 4 RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO DOS LIVROS DIDÁTICOS	83
4.1. Categoria 1: Posicionamento do (s) autor (es) em relação à delimitação de um conceito de espécie no livro.....	83
4.2. Categoria 2: Tipos de conceitos de espécie apresentados.....	91
4.2.10. Conceitos de espécie apresentados sem discussão.....	113
4.3. Categoria 3: Propostas de ensino ou atividades relativas ao conceito de espécie nos livros analisados	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	151
REFERÊNCIA	157
APÊNDICE	169

INTRODUÇÃO

Nesta introdução gostaríamos de conduzir o leitor por um breve percurso, no qual expomos os principais assuntos a que nos dedicamos para que a presente dissertação pudesse concretizar-se. Dentre os diversos caminhos possíveis por onde começar, iniciamos pelo conceito de espécie. A Biologia apresenta-se como uma ciência complexa, na qual são contemplados diferentes olhares teóricos para seus objetos de estudo. O interesse humano, desde muito cedo, esteve voltado para a compreensão da diversidade da vida e concentrou-se também na possibilidade de classificar, ordenar e agrupar toda essa diversidade, que se encontra em todos os ambientes observáveis.

Com o objetivo de reunir dados e sistematizar a diversidade da vida na Terra, foram estruturadas, ao longo do tempo, diversas formas de classificação. Muitos estudiosos dedicaram-se e propuseram-se a ordenar a vida existente na Terra por meio das classificações, com a pretensão de apreender e compreender a diversidade de formas de vida.

Dentre as formas de classificação, um conceito tem sido utilizado especificamente para a definição das unidades fundamentais da diversidade de formas de vida: trata-se do conceito de espécie, que, em muitas áreas da Biologia, ocupou e ainda ocupa espaço nas discussões acadêmicas.

O conceito de espécie permeia a discussão científica nos âmbitos biológico, epistemológico e filosófico, suscitando novos debates e embates, levando cientistas de diferentes formações ao estudo e à reflexão dessa temática, buscando dar uma definição a algo que, como já apontara Darwin (1856), parecia ser “indefinível”. No entanto, a discussão do conceito de espécie acontece, e os impasses, as incertezas e as certezas são depurados ao longo do tempo.

A importância da temática é inegável, pois é por meio dela que acontece a sistematização da representação da diversidade da vida. O conceito de espécie é considerado, atualmente, a unidade básica da classificação, da biodiversidade (CLARIDGE; DAWAH; WILSON, 1997), sendo sua compreensão, portanto, fundamental para o entendimento de um campo da Biologia, por sua vez, essencial, considerado o elo de integração das disciplinas biológicas, que é a evolução.

O conceito de espécie pode parecer contraditório ou até mesmo controverso, dados os diferentes modos como são abordados, revelando, assim, um enfoque

pluralista do conceito. Diversos trabalhos que buscaram agrupar os conceitos de espécies evidenciam essa pluralidade: Mayden (1997) agrupou 22 conceitos; já Zachos (2016), quase duas décadas depois, apontou em seu agrupamento 32. Tal pluralidade revela uma necessidade teórica para descrever, classificar e agrupar as diferentes formas de vida existentes na Terra. Portanto, cada conceito de espécie representa a linguagem de uma área do conhecimento biológico, representando, assim, seu modo operacional de entender a diversidade biológica e trabalhar com ela.

Poderíamos perguntar-nos o que cabe ao ensino de um conceito tão amplo como o de espécie. Não há, certamente, respostas prontas e acabadas, mas é possível afirmar que o ensino do conceito de espécie no Ensino Médio, principalmente na disciplina de Biologia, proporcionará ao estudante contato com o processo de construção do conhecimento científico. Conhecer como a pluralidade e a diversidade de ideias permeiam o campo científico possibilita aos estudantes enxergarem a Ciência como uma construção humana, sujeita à aprovação ou à contestação das comunidades científicas, passível de modificação e alterações de seus conceitos.

O ensino de conceito de espécie pode proporcionar o desenvolvimento do pensamento lógico por meio de atividades desenvolvidas durante seu estudo, como, por exemplo, as atividades de classificação, comparação, dedução e elaboração de sistemas que representem a diversidade dos seres vivos. Trabalhos esses que constituem atividades desenvolvidas no estudo da classificação dos seres vivos pela Sistemática e suas escolas de Taxonomia. Portanto, é possível relacioná-los com o pensamento de Sanmartí (2002), que destaca a importância do desenvolvimento do pensamento lógico.

Nossa motivação em estudar a temática do conceito de espécie dá-se a partir da relevância do conceito para o ensino de Biologia, principalmente para o estudo do conteúdo de Evolução e, entendendo que na Educação Básica brasileira, tanto nas etapas do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, o livro didático constitui um recurso didático para o estudante e para o professor, consideramos ser fundamental compreender como os conceitos de espécie são apresentados nesse material.

O livro didático, embora não seja o único recurso, é um dos mais presentes em sala de aula (CARNEIRO; SANTOS; MÓL, 2005) e constitui-se como recurso valioso da aprendizagem no contexto escolar (ROMANATTO, 2004). Assim, a

investigação de livros didáticos tem sido relevante pelo fato de esses serem utilizados em grande escala nas escolas públicas brasileiras (DALAPICOLLA; SILVA; GARCIA, 2015), sendo necessário compreender as múltiplas facetas da utilização desse material didático em sala de aula (RODRIGUES, 2014).

O conceito de espécie tem sido discutido ao longo de décadas no âmbito da Filosofia da Biologia, da Filosofia da Ciência e em diversas áreas da Biologia, no entanto, tem presença pequena na literatura para o Ensino de Biologia, como pode ser visto a partir dos trabalhos de Soares et al. (2007); Rôças, Monteiro e Siqueira-Batista (2008); Jiménez Tejada, González García e Shome (2012); Nyléhn e Ødegaard (2018). Portanto, com nossa pesquisa, esperamos contribuir com a discussão do conceito de espécie no âmbito do Ensino de Biologia.

Compreendendo a importância do livro didático e do conceito de espécie no Ensino de Biologia, buscamos responder ao seguinte questionamento: *Como é(são) abordado(s) o(s) conceito(s) de espécie(s) nos livros didáticos e seu respectivo manual do professor¹ de Biologia do Ensino Médio aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018?* Para responder ao questionamento apresentado, foi estabelecido como objetivo geral *analisar o(s) conceito(s) de espécie(s) nos livros didáticos e seu respectivo manual do professor de Biologia aprovados no PNLD do ano de 2018* e, como objetivos específicos: (i) identificar os conceitos de espécie abordados nos livros didáticos de biologia investigados; (ii) identificar o posicionamento implícito ou explícito dos autores de cada coleção quanto ao conceito de espécie adotado, bem como a escola taxonômica; e (iii) identificar propostas de ensino e atividades relacionadas aos conceitos de espécie no manual do professor de cada livro didático analisado.

No projeto de pesquisa elencamos inicialmente três hipóteses possíveis: (i) encontrar livros didáticos que abordassem os conceitos tradicionais de espécie, como os conceitos tipológico, fenético e biológico; (ii) encontrar livros didáticos que apresentassem os conceitos de espécie apenas para descrever os organismos apresentados nos conteúdos ao longo do corpo do texto; e (iii) encontrar nos

¹Os livros didáticos que investigamos nesta pesquisa são as obras destinadas ao professor, portanto, apresentam, além do conteúdo, um documento, geralmente denominado manual do professor, com informações adicionais e complementares dos conteúdos e da etapa de ensino que contempla. Dessa maneira, quando nos referimos ao manual do professor, estamos tratando de um material que é anexo ao livro didático e não outra obra à parte, separada.

manuais do professor atividades com propostas de ensino para o conceito de espécie.

A pesquisa foi organizada em quatro capítulos. No primeiro, apresentamos a História e a Epistemologia da Biologia e a problemática do ensino do conceito de espécie, bem como os conceitos de espécies. No segundo capítulo, apresentamos o livro didático como um recurso e sua relação com o Ensino de Biologia; no terceiro, os aspectos metodológicos e o desenvolvimento da pesquisa. E, por fim, no quarto capítulo, são apresentados os resultados da análise dos livros didáticos. Após a apresentação dos resultados, há os apontamentos nas considerações finais, que são expostos a partir da síntese dos resultados obtidos de nossa pesquisa.

CAPÍTULO 1

HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA E A PROBLEMÁTICA DO ENSINO DO CONCEITO DE ESPÉCIE

O conceito de espécie e os problemas de espécies são algumas das temáticas da Biologia que mais se têm debatido. As respostas às perguntas sobre o que é uma espécie, de que maneira existem e como podem ser definidas, reconhecidas e delimitadas, pertencem ao domínio da Epistemologia/Filosofia e da Biologia, sendo de grande importância para os biólogos (ZACHOS, 2016). Os estudos estão se multiplicando desde a segunda metade do século XX, envolvendo estudiosos de vários campos da Biologia, como a Zoologia, a Botânica, a Filosofia da Biologia e a Sistemática (AMORIN, 1994), estudiosos que dedicam décadas de suas vidas acadêmicas à busca do entendimento do conceito de espécie.

Nesta pesquisa, ressaltamos a importância da articulação das áreas de História e Epistemologia da Biologia e o Ensino de Biologia, enfatizando aspectos dessa integração relativos ao conceito de espécie. Para tanto, neste capítulo discutimos inicialmente a importância da História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Biologia; em seguida, apresentamos as dificuldades para delimitar o conceito de espécie. Por último, apresentamos como as pesquisas na área de ensino têm abordado a problemática.

1.1 História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Biologia

O Ensino de Ciências começou a ser repensado no final da segunda metade do século XX por meio da reaproximação com o campo da História e Filosofia da Ciência, estabelecendo uma compreensão contextual e humana da Ciência, entendendo-a como uma construção coletiva, rica em divergências e articulada aos fatores sociais (ASSIS, 2014; MATTHEWS, 1995).

A inclusão da perspectiva histórica no Ensino de Ciências foi defendida por pesquisadores da área da própria área (CARNEIRO; GASTAL, 2005; MATTHEWS, 1995). Em alguns países, como os Estados Unidos, desde o final da segunda metade do século XX, já havia a recomendação da inclusão de aspectos de História e Filosofia das Ciências nos currículos das etapas dos ensinos Fundamental e Médio (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

É visível o consenso estabelecido entre pesquisadores de Didática das Ciências no que concerne à inclusão de elementos de História e Filosofia das Ciências nos currículos escolares e em cursos de formação de professores (CARNEIRO; GASTAL, 2005). Tal consenso também se estabelece nos livros didáticos, em que existe certa preocupação em trazer dentre os conteúdos abordados aspectos históricos na introdução de conceitos científicos (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Para a adoção de uma perspectiva histórica no ensino de Biologia, como já afirmavam Carneiro e Gastal (2005), são necessárias algumas mudanças, como repensar os cursos de formação continuada e formação inicial de professores, além de concentrar esforços na produção de materiais curriculares que proporcionem aos professores possibilidades de trabalhar essa abordagem com seus alunos. Quanto à forma de abordagem histórica, essa deveria centrar-se nas rupturas epistemológicas, favorecendo o entendimento de que a produção do conhecimento não acontece de maneira linear.

Apesar da ampla indicação na área de Ensino de Ciências para a inclusão de aspectos históricos e epistemológicos no ensino de Biologia, Augusto e Basilio (2018), em uma pesquisa do tipo estado da arte realizada em teses e dissertações, apontam que as investigações que analisaram concepções de alunos e professores a respeito dos aspectos da Natureza da Ciência concluíram estes apresentam uma visão positivista e empirista da Ciência, o que não é compatível com o debate atual da História e Filosofia das Ciências.

Atualmente, esse debate propõe uma perspectiva integradora, incluindo aspectos do pensamento epistemológico racionalista e do relativismo, a ponto de superar as contradições que existem entre essas duas correntes de pensamento e contemplar a explicação da dinâmica da construção do conhecimento científico (HARRES, 2003).

Por meio do escopo da História, Filosofia e Sociologia da Ciência são apresentadas algumas respostas para superar um quadro de crise do ensino contemporâneo de Ciências, no qual Matthews (1995, p. 165) aponta que trazer a abordagem da História, Filosofia e Sociologia da Ciência para o Ensino de Ciências proporciona:

[...] humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde formulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de maior compreensão da estrutura das ciências, bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

No início do século XXI, há uma maior atenção quanto à incorporação mais ampla das temáticas de História, Filosofia e Sociologia de Ciências no Ensino de Ciências, pois se reconhece que elas contribuem para uma compreensão mais rica e abrangente das questões estabelecidas em seu campo de ensino e são importantes para articular as contribuições histórico-filosóficas (MATTHEWS, 1995).

A defesa da abordagem da história e sua contribuição para o Ensino de Ciências deve-se ao fato de que ela:

[...] (1) motiva e atrai os alunos; (3) humaniza a matéria [**isto é, o assunto**]; (3) promove uma compreensão melhor dos conhecimentos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência - a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia científicista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente (MATTHEWS, 1995, p. 172-173, *grifo nosso*).

Matthews (1995) aponta que a História da Ciência pode preparar os professores para trabalhar com resultados que, de certo modo, podem parecer diferentes da teoria ou do conceito que está sendo ensinado. Da mesma maneira, a Filosofia da Ciência pode ser um auxílio na interpretação dos resultados para seus alunos.

Quanto à formação de professores de Ciências, considera-se necessário que o professor detenha conhecimento crítico de sua disciplina, mesmo que tal conhecimento não seja utilizado em pedagogia, pois Matthews (1995, p. 188) afirma que “[...] há mais em um professor do que apenas aquilo que se pode ver em sala de aula”.

No âmbito brasileiro, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) recomendavam que a História e Filosofia das Ciências estivessem incorporadas ao

currículo desde o Ensino Fundamental. o documento apontava ainda que o ensino de elementos da História e Filosofia das Ciências favorece a compreensão da Ciência como uma construção humana, e não como uma verdade pronta e acabada.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) expressavam que se espera uma maior criticidade dos estudantes do Ensino Médio, podendo o ensino de História e Filosofia da Biologia possibilitar-lhes a compreensão da existência de uma grande rede de relacionamentos entre a produção científica e o contexto político, econômico e social que influenciam no sucesso ou no fracasso das teorias científicas.

No mesmo documento é apontado ainda que, por meio da História e Filosofia da Biologia, é possível “[...] verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associadas a seu momento histórico” (BRASIL, 1999, p. 14).

As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias afirmavam que o ensino da disciplina de Biologia deveria enfrentar o desafio de possibilitar ao estudante a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico, ainda mais se tratando do Brasil, país com uma das maiores biodiversidades do planeta (BRASIL, 2006).

Como maneira de enfrentar determinados desafios e contradições, de acordo com as OCNEM, o Ensino de Biologia deveria estar pautado na alfabetização científica, implicando que o estudante adquira “[...] um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico e a compreensão sobre o impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos e a sociedade.” (BRASIL, 2006, p. 18). Ainda que não exista apenas um método científico, pode-se pensar na diversidade metodológica que há na construção do conhecimento biológico.

Nas OCNEM apontava-se que a contextualização das aulas pode ser o ponto de partida a ser explorado pelo professor no Ensino de Biologia, somada à abordagem interdisciplinar dos conteúdos; o documento explicava que, para que a interdisciplinaridade dos conteúdos aconteça, é necessário estabelecer vínculos com outras disciplinas, como, por exemplo, a História, que possibilita ao estudante entender o processo de produção do conhecimento científico como fruto de contextos históricos e sociais. Portanto, o professor pode identificar os possíveis

vínculos entre as disciplinas e estabelecer pontos de interesse comum para a investigação em sala de aula. Um aspecto lembrado nas OCNEM é a orientação para que se evite o erro de supor que apenas a informação científica é suficiente para permitir a tomada de decisão e a emissão de julgamento, destacando a necessidade de o professor mediar o diálogo entre a informação científica, os valores e as crenças dos estudantes (BRASIL, 2006).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) evidencia a abordagem cultural, histórica e social da Ciência como aspecto relevante (BRASIL, 2018). No Ensino Médio, a base está organizada em quatro áreas do conhecimento: (i) Linguagens e suas Tecnologias; (ii) Matemática e suas Tecnologias; (iii) Ciências da Natureza e suas Tecnologias; (iv) Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Contudo, os componentes curriculares obrigatórios são apenas Língua Portuguesa (na área Linguagens e suas Tecnologias) e Matemática (na área Matemática e suas Tecnologias), não sendo especificados os componentes curriculares obrigatórios nas áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Cada área do conhecimento tem competências específicas, sendo que cada competência possui um conjunto de habilidades (BRASIL, 2018). A seção para área Ciências da Natureza e suas Tecnologias da BNCC aponta que a contextualização social, histórica e cultural da Ciência e da tecnologia é fundamental para que estas sejam reconhecidas como empreendimentos humanos e sociais.

Indica-se que a contextualização histórica da Ciência não pode limitar-se, por exemplo, a nomes de cientistas e datas históricas da Ciência, mas deve ir além, apresentando os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, portanto, carregadas de facetas que são comuns às sociedades humanas, como impasses e contradições, influenciando e sendo também influenciadas pelas “[...] condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura [...]” (BRASIL, 2018, p. 550).

Propõe-se realizar a comparação de diferentes explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas, assim como reconhecer os limites explicativos das Ciências, permitindo, dessa maneira, que o estudante possa compreender a dinâmica da construção do conhecimento científico (BRASIL, 2018).

Compreendemos que os conhecimentos da história de uma ciência, e, no caso específico, da Biologia, podem auxiliar o professor a compreender as diferentes formas de como determinado fenômeno foi explicado ao longo do tempo. Além

disso, conhecer aspectos da epistemologia pode facilitar a compreensão de que existem fenômenos que são explicados por uma pluralidade conceitual, sendo que, muitas vezes, não é possível a adoção de um único conceito (ASSIS, 2014), proporcionando uma fundamentação sólida e atualizada do ensino (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

No caso da presente dissertação, dirigimos nosso olhar para a diversidade de conceitos de espécie utilizados ao longo do conhecimento biológico e para a pluralidade conceitual aceita na atualidade. A Biologia é uma ciência complexa, que contempla diferentes olhares teóricos. Assim, alguns conceitos de espécie são mais utilizados em determinadas áreas de estudo ou para identificar com mais facilidade determinados grupos de organismos.

O conceito de espécie é empregado para a produção do conhecimento científico em laboratórios das mais variadas áreas biológicas e na discussão teórica da Biologia e, dessa forma, é útil para o aprendizado de conteúdos da disciplina de Biologia, como, por exemplo, para a compreensão da organização e da classificação dos seres vivos, conteúdo estudado no Ensino Médio.

A discussão do conceito de espécie no ambiente acadêmico revela a importância que possui a temática, pois seu debate acontece nos âmbitos biológico, epistemológico e filosófico, com reflexões nas seguintes temáticas: a história e o desenvolvimento do conceito de espécie (WILKINS, 2010; ZACHOS, 2016), o problema da espécie (MAYR, 1957; RICHARDS, 2010), a ontologia e a metafísica da espécie (SLATER, 2013; STAMOS, 2003), a evolução e conservação das espécies (CLARIDGE; DAWAH; WILSON, 1997) e o debate entre as espécies e teorias da Sistemática (WHEELER; MEIER, 2000).

A Epistemologia da Ciência compreende o estudo de como determinadas áreas científicas produzem conhecimentos, seus fundamentos e metodologias. A Epistemologia da Biologia tem a preocupação de compreender o(s) objeto(s) de estudos de Biologia e como essa ciência é autônoma em relação às outras áreas científicas, a suas metodologias de pesquisa e a sua fundamentação e discussão conceitual.

A Epistemologia é apontada em Maricato e Caldeira (2017) como uma parte da filosofia que aborda as relações entre o sujeito e o objeto do conhecimento, portanto, a Epistemologia da Biologia procura compreender como o sujeito conhece os objetos dessa ciência em particular. Assim, os estudos em

Epistemologia/Filosofia da Biologia fornecem a compreensão dos conceitos fundamentais que sustentam a ciência em questão, sendo um instrumento para a compreensão dos fundamentos da Biologia e para seu ensino.

Temáticas como a diversidade e a evolução dos organismos, das populações e das espécies são tópicos discutidos pela filosofia da Biologia, aponta Chediak (2008), portanto, o conceito de espécie é um tópico eminente a ser abordado nessa área.

A discussão dos conceitos de espécie, que atualmente se multiplicaram em número, mas que, no entanto, possuem o mesmo objetivo – abarcar o maior número de organismos vivos sob sua tutela –, é uma temática à qual a Epistemologia da Biologia pode trazer contribuições para compreender como acontece o processo de estabelecimento dos conceitos de espécie; qual a influência tais conceitos espécie na Sistemática moderna, bem como quais influências a Sistemática exerce sobre os conceitos de espécie; a importância do conceito de espécie na preservação da biodiversidade; a articulação da Epistemologia da Biologia, da História e Filosofia da Biologia e do Ensino de Biologia, apresentando formas de tornar didático o conceito de espécie (NYLÉHN; ØDEGAARD, 2018).

A epistemologia apresenta-se como elemento que aborda uma visão contextualizada da produção de conceitos, que nos permite situar alguns pressupostos didáticos. Para Oliveira, Rocha e Caldeira (2017), a epistemologia para a temática da evolução biológica tem sido subsídio fundamental, transitando entre o contexto da produção do conhecimento, as questões fundamentais da evolução biológica e o que foi mantido e refutado enquanto teoria. Portanto, a epistemologia enquanto recurso didático pode ser subsídio para que haja o trânsito entre diferentes contextos históricos da produção do conhecimento científico, auxiliando na compreensão do processo gradativo da construção das teorias e dos conceitos das Ciências Biológicas.

O ensino do conceito de espécie no Ensino Médio deve ser identificado em sua pluralidade e diversidade de ideias, bem como apresentar a diversidade de organismos que se busca abarcar em cada conceito de espécie. Trata-se de uma oportunidade de apresentar uma visão da ciência como uma construção humana, sujeita à aprovação ou à contestação de determinadas comunidades científicas, passível de modificação, apresentando mudanças que ocorrem na maneira de formular os conceitos científicos, assim como possibilitar que o estudante entre em

contato com discussões que são atuais no cenário científico e, desse modo, prever como será a abordagem da unidade da classificação nas próximas gerações.

Pode-se apontar que o ensino do conceito de espécie proporciona o desenvolvimento do pensamento lógico, com ações de classificar, comparar, deduzir, comuns em atividades desenvolvidas no estudo da classificação dos seres vivos e da Sistemática. O desenvolvimento dessas atividades no ensino de ciências é corroborado por Sanmartí (2002) ao destacar a importância do desenvolvimento do pensamento lógico, das atitudes científicas e do despertar da consciência para a conservação do meio ambiente.

Após a explanação do conteúdo ao qual nos propomos dedicar, de acordo com o título deste capítulo, apresentamos como aconteceu a seleção de conteúdos para a elaboração de nosso referencial teórico.

A leitura do capítulo do livro *A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem*, de Mayden (1997), que integra a obra *Species of biodiversity*, organizada por Claridge, Wilson e Dawah (1997), possibilitou-nos organizar os passos seguintes. A partir da lista de espécies apresentada no trabalho de Mayden (1997), identificamos as referências para cada conceito de espécie apresentado. A obra *Species concepts in Biology: historical development, theoretical foundations and practical relevance*, de Zachos (2016), contribuiu para reforçar a pesquisa por trabalhos de referência, além de atualizar a lista de conceitos de espécies que conhecíamos a partir de Mayden (1997).

A seguir, discutimos brevemente a problemática do conceito de espécie na Biologia de modo articulado aos aspectos da Sistemática, trazendo um histórico de pluralidade conceitual para explicar o fenômeno da diversidade biológica. Depois, apresentamos alguns estudos que buscam articular o ensino de Biologia e o conceito de espécie.

1.2 Histórico da origem dos sistemas de classificação

Classificar e nomear os seres vivos sempre fez parte do esforço humano na constante busca de identificar as diferenças e as semelhanças entre plantas, animais e demais seres vivos (AMORIM, 1994). O ato de classificar pode ser entendido como o agrupamento de objetos em um conjunto maior e mais inclusivo, ou, de maneira alternativa, pode ser entendido como a subdivisão de um conjunto maior em subconjuntos menores (ELDREDGE; CRACRAFT, 1980).

O processo de classificação é uma atividade bastante antiga dentro da história humana (ELDREDGE; CRACRAFT, 1980), que se desenvolveu ao longo do tempo por meio da dedicação de estudiosos, filósofos e amadores que se aplicaram em classificar, ordenar e nomear os seres vivos (MAYR, 1977). Os filósofos gregos forneceram a base das ideias das quais derivaram as visões de classificações constituídas posteriormente (ELDREDGE; CRACRAFT, 1980).

A filosofia do essencialismo, que tem sua origem nos filósofos gregos Platão e Aristóteles, sustentava a ideia de que uma coleção de objetos podia ser definida como um conjunto, que os gregos chamavam de “espécie”, quando cada membro do conjunto compartilhava a mesma essência (ELDREDGE; CRACRAFT, 1980).

Por definição, a essência constituía uma lista de propriedades mantidas em um conjunto de similaridades, que justificava a aplicação de um nome ao conjunto de objetos. As essências eram consideradas entidades reais na natureza, e não artefatos elaborados pelo pensamento humano; dessa maneira, conseqüentemente, os grupos caracterizados pelas essências em questão eram tidos como grupos naturais (ELDREDGE; CRACRAFT, 1980).

A história da Biologia contada na obra *Historia de la Biología* é considerada a “história padrão” desse ramo da Ciência, dada a importância e a abrangência desse escrito. Publicado originalmente em inglês, em 1931, foi traduzido para o idioma espanhol, sendo publicado em 1947; elaborado por Charles Joseph Singer (1876-1960), britânico, doutor em Literatura e Medicina, ele se dedicou a contar a história da ciência, da tecnologia e da medicina. *Historia de la Biología* é uma publicação extensa que, com uma linguagem simples e quase duas centenas de ilustrações, apresenta uma visão crítica da origem e do desenvolvimento histórico dos problemas biológicos, sendo esse seu principal objetivo, como afirma Singer (1947) no prefácio da primeira edição. Organizada em três partes, a obra apresenta na primeira, *A antiga Biología*, a visão mais antiga sobre o assunto; a segunda parte é dedicada aos *Fundamentos históricos da Biología moderna* e a terceira evidencia a *Emergência dos principais temas da Biología contemporânea*. Portanto, faz uma incursão na história, partindo do ano 460 a.C. até o final do século XIX da era atual.

Para a elaboração de nosso referencial teórico, *Historia de la Biología* forneceu-nos um recorte amplo da história da origem dos sistemas de classificação, da classificação formal, da definição de gênero e de espécie e uma síntese da obra de personagens que deram sua contribuição ao desenvolvimento de sistemas de

classificação dos seres vivos. Dessa forma, os próximos parágrafos que apresentamos, em que fazemos uma ligação entre os principais autores de sistemas de classificação que são, de certa forma, os primórdios da taxonomia e têm sua origem no trabalho de Singer (1947).

O problema da “classificação natural”, ou seja, a descoberta de “grupos naturais”, sempre atraiu o interesse de naturalistas e biólogos desde a época de Aristóteles (ELDREDGE; CRACRAFT, 1980). No tempo de Aristóteles (384-322 a.C.) havia uma concepção bem elaborada da natureza das espécies, no entanto, faltava ainda uma metodologia que possibilitasse a classificação de grande número de espécies (SINGER, 1947).

O problema da classificação natural reflete a curiosidade da humanidade em reconstruir a história da vida (ELDREDGE; CRACRAFT, 1980). No entanto, ainda no século XVI, os naturalistas apenas classificavam as plantas em uma ordem lógica. A exploração de novas regiões do planeta, porém, evidenciou que cada região apresenta plantas e animais distintos (SINGER, 1947).

A primeira obra que apresenta um esforço da classificação formal de plantas surge em 1570, na qual *Mathias de l’Obel* (1538-1616) ordenou as plantas de acordo com suas estruturas, considerando a forma da folha como base para sua classificação (SINGER, 1947). No entanto, foi *Andrea Cesalpini* (1519-1603) que empreendeu um trabalho maior e classificou as plantas de acordo com suas flores e frutos, o que resultou na obra *De Plantis*, em 1583, influenciando o trabalho de Joachim Jung (1587-1657), John Ray (1627-1705) e Carl von Linné.

A obra de Kaspar Bauhin (1560-1624), à qual o autor se dedicou durante quatro décadas, consistiu em apresentar claramente os conceitos de gênero e espécie de plantas, apresentando ainda mais de 6 mil espécies (SINGER, 1947).

Abandonando os estudos de Matemática para dedicar-se à Medicina, Joachim Jung acaba adotando a tradição botânica cesalpina. Jung possui vasta visão biológica e grande conhecimento de classificação, que é traduzido em sua terminologia. A maior realização de Jung é a definição clara do estudo da Botânica, nas áreas que hoje conhecemos como “[...] morfologia, fisiologia, sistemática e ecologia” (SINGER, 1947, p. 202).

Dedicando-se a expedições de história natural pelo continente europeu e Inglaterra, o naturalista John Ray apresentou, em 1660, uma descrição completa das plantas que ocorrem nos arredores de Cambridge. A obra *Catálogo prático das*

plantas da Grã-Bretanha (1697) tornou-se referência para todos botânicos do país por décadas.

A maior obra de Ray é a *Historia generalis plantarum* (três volumes, Londres, 1686-1704), que apresenta uma compilação de tudo o que se conhecia então da “[...] estrutura, fisiologia, distribuição e os hábitos das plantas” (SINGER, 1947, p. 204). A última obra de Ray, *Synopsis methodica animalium quadrupedum et serpentini generis* (1693), é a primeira classificação sistemática de animais que os organizava conforme as características de seus dedos e de sua dentição.

O botânico Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708) sempre manifestou entusiasmo pelo estudo da natureza. Viajou por toda a Europa e por regiões do Oriente. Sua importância advém de ser considerado antecessor de Carl von Linné, tanto no desenvolvimento da nomenclatura binomial como do método de descrição das plantas.

O sueco Carl von Linné (1770-1778) (nas próximas citações, usaremos a forma aportuguesada do nome, Lineu), enquanto estudava em Uppsala, por meio das obras francesas de botânica, foi estimulado a estudar os órgãos sexuais das flores. Lineu convenceu-se da importância desse estudo para as plantas, chegando a conceber a ideia de estabelecer um sistema de classificação baseado nos órgãos sexuais.

Sua obra mais famosa, *Systema Naturae* (1735), foi publicada pela primeira vez na Holanda. No entanto, a obra foi ampliada e modificada, sendo a décima edição, de 1758, considerada a de maior importância para os biólogos. Publicou ainda outras obras botânicas, como *Fundamenta botanica* (1736), *Genera Plantarum* (1737) e *Classes Plantarum* (1738).

Lineu elaborou classificações de plantas e animais, assim como de minerais e de algumas enfermidades. O método de descrição formal dos seres vivos atribuído a Lineu, utilizado ainda nos dias atuais, foi denominado de “nomenclatura binomial”. Para cada planta e animal, Lineu atribuiu uma determinada situação em seu sistema, portanto, isso significou colocá-los “[...] primeiro em uma *Classe*, após em uma *Ordem*, depois em um *Gênero* e, finalmente em uma *Espécie*” (SINGER, 1947, p. 209). A divisão dos seres vivos em gêneros e espécies e o sistema binomial são as mais duradouras contribuições do naturalista sueco, que não foi o único a apresentar essas ideias, mas, claramente, foi seu maior propagador.

Lineu acreditava que as espécies eram constantes e invariáveis, pois, para ele, existiam tantas espécies quantas haviam sido criadas, não podendo, logo, haver novas espécies.

Após o marco da obra *Systema Naturae* (1735-1758), na qual naturalistas buscavam referências para suas obras de botânica e zoologia, e após a morte de Lineu, em 1778, seus sucessores passaram a buscar a descrição de novos gêneros e espécies, baseando-se especialmente nas partes externas dos seres vivos, descuidando-se dos estudos anatômicos e fisiológicos, como aponta Singer (1947). Nomes da chamada “História Natural” surgem nos anos que se seguiram a Lineu, tais como Gilbert White (1720-1793), Charles Waterton (1782-1865), Bernard de Jussieu (1699-1777), Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836), Augustin Pyramus de Candolle (1778-1841) e Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), mas o trabalho e as obras dos sucessores de Lineu não serão abordados nesta dissertação. Continuaremos, a seguir, apresentando os sistemas modernos de classificação, buscando expor como acontece a dedicação ao trabalho de classificação dos seres vivos.

A Biologia desempenha papel crucial na organização e na sistematização do conhecimento da natureza (AMORIM, 1994). Assim, a classificação biológica, por meio da Sistemática, que outrora se preocupava com a denominação correta de plantas e animais baseando-se em caracteres morfológicos, atualmente se apresenta bem desenvolvida, ainda baseando-se na morfologia externa, mas com o apoio de vários outros conhecimentos, como, por exemplo, a citologia, a anatomia, a embriologia, a ecologia, a genética e a química, associadas a técnicas computacionais e aparelhos ópticos de precisão (PIRANI, 2005).

A Sistemática objetiva a descrição da diversidade biológica e a elaboração de um sistema geral de referências que possibilite a compreensão dessa mesma diversidade por meio do estudo das relações de parentesco entre as espécies (PIRANI, 2005). Logo, essas relações consistem no objeto de estudo da Sistemática, e as classificações, que se constituem em operações conceituais, representam o resultado da sistemática e constituem o objeto de estudo da taxonomia (PABÓN-MOURA; GONZÁLEZ, 2018). Portanto, a taxonomia é a ciência que descreve, nomeia e classifica os organismos, sejam eles vivos ou extintos (AMORIM, 1994).

1.3 Uma explicação para a diversidade biológica: a especiação

O conceito de espécie é um modelo explicativo criado pela atividade humana com objetivo de representar as observações realizadas na natureza. Esses modelos podem descrever os aspectos relacionados ao conceito de espécie, por exemplo, pelo quadro teórico do pluralismo, que possibilita a compreensão do mesmo processo de maneiras diferentes. Portanto, na Biologia, sustenta-se o pluralismo sobre a natureza das espécies (SANTILLI, 2018).

Ao discutir a temática das espécies, somos levados ao seguinte questionamento: as espécies existem ou são construções de nossas mentes, existindo apenas na imaginação humana? (KUNZ, 2012). Mishler (1999) aponta para a não existência de acordo sobre o que é uma espécie e sobre se as espécies são construções artificiais, ou ainda, se as espécies realmente existem.

Atualmente, muitos biólogos e filósofos compartilham a opinião de que um conceito monista, isto é, um conceito único de espécie, não pode existir (WILSON, 1999² *apud* KUNZ, 2012), sendo, portanto, a espécie vista de modo pluralista, significando que ela depende inteiramente do conceito com o qual as classificações e as demarcações são realizadas (KUNZ, 2012).

Kunz (2012) e Mayden (1997) questionam se há apenas um conceito de espécie verdadeiro, se há espécies na natureza e se a palavra “espécie” pode representar vários elementos de modo simultâneo. Com a opinião dividida, certos taxonomistas e filósofos da biologia apontam que as espécies não existem na natureza (WILSON, 1999), e outros, por sua vez, as consideram como reais (MAYR, 2000; GHISELIN, 1997; KUNZ, 2012).

Considerando a possibilidade da existência das espécies, Coyne e Orr (1998) apontam que elas são entidades reais na natureza e não apenas uma divisão subjetiva realizada pelo homem com a intenção de explicar o que constitui um contínuo entre organismos. Diversas características que reforçam a afirmação das espécies, como elementos naturais, podem ser destacadas, por exemplo, a monofilia, a descendência genealógica e o fluxo gênico (KUNZ, 2012).

De acordo com Coyne e Orr (1998), a maior evidência da realidade das espécies é a existência de grupos distintos que vivem em simpatria³ e que podem

²WILSON, R. A. **Species**: New Interdisciplinary Essays. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1999.

³Simpatria: grupos de organismos que vivem separados por lacunas genéticas e fenéticas (COYNE; ORR; 1998).

ser consistentemente reconhecidos por meio da observação (COYNE; ORR, 1998). Nesse contexto, a diversidade na natureza possui a propriedade de ser descontínua, consistindo em unidades distintas, que são as espécies. Mayr (1977) afirma que explicar a origem das espécies é um dos maiores problemas da evolução, sendo que o estudo da estrutura populacional da espécie foi a solução para a formulação adequada do problema da especiação.

O surgimento de novas espécies tem sido explicado a partir da chamada “especiação”. Os modos de especiação, tidos como hipotéticos, podem ser classificados por diversos critérios, que incluem, por exemplo, a origem geográfica das barreiras à troca gênica, as bases genéticas das barreiras geográficas e as causas da evolução dessas barreiras (FUTUYMA, 2013).

A especiação é um evento necessário para a origem de uma nova espécie, podendo ser distinguida em três tipos de configurações de barreiras reprodutivas de origem geográfica e quatro tipos de configurações de especiação por bases genéticas e causais (RIDLEY, 2007; FUTUYMA, 2013).

O primeiro tipo de especiação constituído de barreiras reprodutivas de origem geográfica é a especiação alopátrica, que é a evolução das barreiras reprodutivas em populações que são impedidas de manterem contato por conta de uma barreira geográfica e, dessa forma, não podem trocar genes; é a especiação mais aceita pelos biólogos (RIDLEY, 2007).

A especiação alopátrica é ainda separada em duas outras configurações: (i) a por vicariância (na qual há divergência de duas grandes populações) e (ii) a peripátrica (na qual ocorre a divergência de uma pequena população de uma forma ancestral amplamente distribuída).

O segundo modo de especiação geográfica é a parapátrica, na qual populações adjacentes, espacialmente distintas, entre as quais há algum fluxo gênico, divergem e tornam-se reprodutivamente isoladas uma da outra.

E o terceiro modo de especiação compreende a especiação simpátrica, que é a evolução das barreiras reprodutivas dentro de uma única população, que inicialmente se acasalava aleatoriamente (populações pan-míticas) (FUTUYMA, 2013).

A especiação alopátrica, parapátrica e simpátrica constituem um *continuum*, diferindo no nível inicial do fluxo gênico entre as populações que são divergentes. As causas da evolução das barreiras reprodutivas geográficas são a deriva genética e a

seleção natural das alterações genéticas que aparecem por meio de mutação (FUTUYMA, 2013).

A origem de novas espécies por meio de bases genéticas e causais é apresentada em quatro configurações, de acordo com Futuyma (2013), sendo: (i) divergência genética (que consiste na substituição de alelos), na qual estão agrupadas a deriva genética, o deslocamento de pico (deriva genética somada à seleção natural) e a seleção natural (abrangendo a seleção ecológica e a seleção sexual); (ii) a incompatibilidade citoplasmática; (iii) a divergência citológica (como a poliploidia e o rearranjo cromossômico) e (iv) a especiação recombinante.

A maioria das bases genéticas e causais que promovem a origem de novas espécies também pode agir em um contexto geográfico, seja esse alopátrico⁴, parapátrico⁵ ou simpátrico⁶. Certas bases causais, classificadas como “divergência genética”, podem ser aplicadas à incompatibilidade citoplasmática, divergência citológica e especiação recombinante (FUTUYMA, 2013).

Apontados aspectos da história da classificação dos seres vivos e dos processos de especiação, com os quais novas espécies podem surgir, vamos apresentar, no tópico seguinte, os conceitos de espécies. Apresentamos uma lista que permite uma visão geral dos principais conceitos aceitos pela comunidade científica e uma breve explanação de alguns deles, que optamos por explorar neste trabalho.

1.4 Os conceitos de espécies

E de fato existe ‘algo natural e algo belo’ em cada conceito de espécie, que juntos em sua diversidade revelam um mundo conceitual rico e tão deslumbrante, à sua maneira, quanto qualquer coisa a ser encontrada no mundo biológico. (STAMOS, 2003, p. 355).

A presente seção estrutura-se a partir da temática central deste trabalho, que é o conceito de espécie. Buscamos apresentar uma lista de conceitos de espécie

⁴Alopátrico: quando as espécies vivem em locais separados (RIDLEY, 2007), isto é, é um processo de especiação, em que uma espécie é separada por isolamento geográfico, após um longo período, tornando-se espécies diferentes (LIMA; SILVA FILHO; ARAÚJO, 2016).

⁵Parapátrico: quando as populações ou espécies ocorrem em áreas geográficas contíguas, não sobrepostas entre si (VON MAY et al., 2012).

⁶Simpátrico: quando os organismos vivos vivem na mesma região geográfica (RIDLEY, 2007), portanto, é a ocorrência de espécies no mesmo hábitat e lugar, com sobreposição na distribuição de espécies (LIMA; SILVA FILHO; ARAÚJO, 2016).

relacionados à categorização de obras de referências para a discussão da temática. Em seguida, expomos a motivação que nos levou a definir apenas sete conceitos como categorias *a priori* para a análise dos dados coletados nos livros didáticos.

O Quadro 1 compila os diversos conceitos de espécie apresentados em obras de referência, publicadas no período entre 1997 e 2016. Nas mais recentes constam atualizações, como a inclusão de novos conceitos.

Mayden (1997)	Weeler; Meier (2000)	Wilkins (2010)	Zachos (2016)
1. Agamoespécies	1. Biológico	1. Conceitos de isolamento reprodutivo	1. Agamoespécies
2. Biológico	2. Hennigiano	1.1 Reconhecimento	2. Biológico
3. Coesão	3. Filogenético (por Mishler e Theriot)	1.2 Genéticos	3. Biossimilaridade
4. Cladístico	4. Filogenético (por Wheeler e Platnick)	1.3 Biológicas ou Bioespécies (por Jerry Coyne e Allen Orr)	4. Cladístico
5. Composto	5. Evolutivo	2. Conceitos evolutivos de espécie	5. Coesão
6. Ecológico		2.1 Linhagens	6. Compiloespécies
7. Unidades evolutivas significativas		2.2 Evoespécies	7. Fitness diferencial
8. Evolutivo		3. Conceitos filogenéticos de espécie	8. Ecológico
9. Concordância genealógica		3.1 Filoespécies	9. Unidades evolutivas significativas
10. Genético		3.2 Hennigiano ou internodal	10. Evolutivo
11. Cluster genotípico		3.3 Sinapomórfico	11. Genealógico
12. Hennigiano		3.4 Autapomórfico (ou diagnóstico)	12. Concordância genealógica
13. Internodal		4. Outros conceitos de espécie	13. Geral de linhagem
14. Morfológico		4.1 Ecológicos	14. Genético
15. Não dimensional		5. Conceitos “deformados”	15. Gênico
16. Fenético		5.1 Agamoespécies	16. Cluster genotípico
17. Filogenético		5.2 Notoespécies	17. Hennigiano
17.1 Versão de diagnóstico		5.3 Compiloespécies	18. Internodal

continua

continuação

17.2 Versão de monofilia	5.4 Unidade taxonômica operacional e conceito fenético de espécie (fenoespécies)	19. Unidades taxonômicas menos inclusivas
17.3 Versão de diagnóstico e monofilia	6. Negadores de espécie: "nominalismo" puro ou eliminativismo	20. Morfológico
18. Politético	6.1 Convencionalismo: taxonômico	21. Não dimensional
19. Reconhecimento	6.2 Unidades taxonômicas menos inclusivas	22. Notoespécies
20. Competição reprodutiva	7. Conceitos de espécie na paleontologia (paleoespécies)	23. Fenético
21. Sucessivo	7.1 Cronoespécies (conceito sucessivo de espécie)	24. Filogenético de diagnóstico
22. Taxonômico		25. Filogenético de monofilia
		26. Filofenético
		27. Pragmático
		28. Reconhecimento
		29. Competição reprodutiva
		30. Sucessivo
		31. Taxonômico
		32. Unificado

Quadro 1. Os conceitos de espécie em obras de referência

Fonte: Quadro elaborado pelo autor, baseado em Mayden (1999), Weeler e Meier (2000), Wilkins (2010) e Zachos (2016).

Existe um número considerável de conceitos de espécies na literatura acadêmica, que, no entanto, não é exato, pois o reconhecimento de um ou outro conceito não é unânime entre os biólogos. A apresentação dos conceitos de espécie varia de autor para autor, seguindo critérios pessoais para sua elaboração.

O Quadro 1 representa, de maneira condensada, os principais conceitos de espécie, que foram compilados de obras com destaque no ambiente acadêmico, graças à tentativa de seus autores de reunir, em uma única obra a síntese geral, os nomes de seus principais proponentes, os conceitos equivalentes dos conceitos de espécie utilizados pelas ciências taxonômica, filosófica e demais campos científicos que se utilizam do arcabouço teórico construído em torno do conceito de espécie.

Na primeira coluna do Quadro 1 é apresentada a perspectiva de Mayden (1997) em seu trabalho *A hierach species concepts*, publicado no livro *Species: the units of biodiversity*, no qual foram compilados os conceitos de espécie mais usuais

da época. Foram organizados 22 conceitos, classificados em primários e secundários⁷. Os conceitos secundários seriam conceitos operacionais e apenas um poderia encaixar-se na categoria de conceito primário, sendo este o conceito evolutivo, que é um conceito teórico e, portanto, há dificuldades para se trabalhar com ele na prática.

A segunda coluna do Quadro 1 apresenta os conceitos de espécie discutidos em Weeler e Meier (2000) na obra *Species concepts and phylogenetic theory*, em que é apresentada, na primeira parte, a discussão do conteúdo teórico dos conceitos de espécie. Em seguida, na segunda parte, a crítica aos mesmos conceitos, de modo que cada ponto considerado uma fraqueza ou uma inconsistência seja apresentado claramente. Na terceira parte são apresentadas as defesas para os conceitos de espécie, com objetivo de esclarecer o entendimento dos pontos mais questionados e na tentativa de refutar as críticas apresentadas na segunda parte. A obra traz uma rica contribuição para o entendimento dos conceitos de espécie, apresentado uma visão ampla dos principais pontos positivos e negativos dos conceitos.

Os conceitos de espécie, por sua vez, diferentemente da organização de Mayden (1997), estão apresentados de acordo com seu principal proponente. Na discussão desses conceitos, os quais podemos denominar de “conceitos base”, é trazida a discussão de outros conceitos relacionados.

A terceira coluna do Quadro 1 apresenta os conceitos organizados por Wilkins (2010) na obra *Species: a history of the idea*, na qual se apresenta o histórico da constituição do conceito de espécie, relatando a trajetória do desenvolvimento do conceito na era clássica da Ciência até os debates modernos acerca do conceito de espécie. Wilkins (2010) apresenta uma lista de conceitos, assim como fez Mayden (1997), no entanto, ao modo de Weeler e Meier (2000), os reúne em grupos, determinando conceitos correlacionados com a teoria básica do conceito principal. Dessa forma, são apresentados 22 conceitos de espécie agrupados em sete grupos.

Na quarta coluna, por fim, a obra *Species concepts in Biology: historical development, theoretical foundations and practical relevance*, de Zachos (2016), que

⁷Conceito primário e conceito secundário representam a hierarquia estabelecida por Mayden (1997) para organizar sua lista de conceitos de espécie. Os secundários seriam os conceitos ditos operacionais, ou seja, que também são reconhecidos como critérios de espécie, como os conceitos morfológico, biológico, ecológico, de reconhecimento etc. O conceito primário seria, portanto, o inverso dos secundários, isto é, não é considerado um conceito operacional, logo, não pode ser tido como critério de espécie. O conceito primário relaciona-se com a ontologia das espécies, contribuindo para a estruturação das ideias e das percepções a respeito das espécies na natureza.

apresenta uma nova compilação de conceitos de espécie, trazendo atualizações, como os novos conceitos surgidos nos últimos anos, e discutindo as fronteiras abertas recentemente, a partir da discussão e da aplicação prática do conceito de espécie. Nessa lista, os conceitos estão organizados como no trabalho de Mayden (1997), com a apresentação do resumo da teoria central de cada conceito, seus principais proponentes e os conceitos de espécie que se correlacionam.

As listas de conceitos de espécie de Zachos (2016) e Mayden (1997) reconhecem a sobreposição teórica de vários conceitos e apresentam os conceitos em ordem alfabética. Zachos (2016) reúne informações de 33 conceitos de espécies e sugere que, em grande parte, eles são conceitos práticos e poucos seriam os conceitos teóricos de espécie.

Entendemos que existe uma diversidade de conceitos de espécie e que alguns acabam por sobrepor-se. Logo, a partir da análise da diversidade de conceitos propostos por diferentes autores, destacamos aqueles que correspondem a nomes de conceitos que também podem servir para nomear grupos de conceitos. Para tanto, baseamo-nos na discussão dos conceitos de espécie dos autores Mayden (1997); Wheler e Meyer (2000); Wilkins (2010) e Zachos (2016).

A escolha dos conceitos de espécie foi delimitada pensando-se na possibilidade de contemplar as principais variedades teóricas e também inferir que pelo menos alguns dos conceitos escolhidos poderiam ser citados nos livros didáticos. Primeiro, porque a sobreposição dos conceitos de espécies ocorre em alguns conceitos, pois trabalham com o mesmo fenômeno, indivíduos ou populações de organismos vivos; segundo, porque as propriedades teóricas estendem-se além dos limites estabelecidos pelos cientistas; terceiro, porque os conceitos de espécie são originados com base em um conceito anterior, por exemplo, o conceito de reconhecimento tem bastante similaridade com a teoria do conceito biológico, que, por sua vez, tem bastantes informações semelhantes ao conceito genético; quarto, porque os conceitos são elaborados com a finalidade de atender ao objetivo e/ou problema de pesquisa de uma determinada escola de taxonomia ou outra área da Ciência, quando os conceitos disponíveis naquele momento, por exemplo, não conseguem mais dar conta dos objetivos ou dos problemas encontrados pelos cientistas dessa área em questão.

Os conceitos de espécie apresentados no Quadro 1 ilustram a diversidade de conceitos aceitos no momento, no entanto, não se espera que todos sejam

abordados em sala de aula, uma vez que podem ultrapassar o aprofundamento necessário do tema para a etapa de ensino, que, em nossa pesquisa, trata-se do Ensino Médio. Portanto, espera-se, com a lista, contribuir com o argumento da amplitude do debate e da existência de múltiplos conceitos de espécie.

Após essa breve explanação, apresentamos cada um dos sete conceitos que selecionamos, trazendo como referência a(s) obra(s) dos autores principais de cada conceito de espécie. Os conceitos apresentados são: (i) agamospecífico, (ii) biológico, (iii) ecológico, (iv) evolutivo, (v) filogenético, (vi) genético e (vii) morfológico.

1.4.1 Conceito agamospecífico

Organismos assexuados e outros seres vivos que apresentam em algum momento de seu ciclo de vida reprodução assexuada em suas mais variadas formas são costumeiramente identificados e classificados com auxílio de critérios do conceito agamospecífico (ZACHOS, 2016).

Referência para a classificação de organismos uniparentais, o artigo de Turesson (1929) traz reflexões do conceito de natureza, da definição de espécies e da fronteira existente entre os diversos grupos de indivíduos. As unidades de organismos são definidas em três grupos, denominados de (i) ecoespécies, (ii) agamospécies e (iii) coenoespécies.

A necessidade de aproximar e reescrever a realidade subjacente ao conceito de espécie conduziu a uma longa série de definições que são atribuídas ao grupo que estuda a fisiologia e a teoria da descendência. A questão não é mais exclusivamente o grau de semelhança morfológica entre indivíduos no complexo de individualidade. A definição de espécies baseia-se também em critérios como fertilidade em cruzamentos entre indivíduos da mesma espécie, conexão genética entre si ou ancestralidade comum.

No decorrer do século XIX, afirmava-se que o conceito de espécie deveria ser abrangente o tanto quanto possível. Havia, porém, a preocupação se a definição de espécie correspondente à existente na natureza era possível, e se era possível compreender seu sentido de modo conceitual (TURESSON, 1929).

Turesson (1929) afirma que as contribuições dos campos da genética, da citologia e da ecologia racial esbarraram em obstáculos metodológicos da

sistemática, mas que também trouxeram contribuições, mesmo que tímidas, para a questão da tentativa de obter-se entidades biológicas reais.

Dentre as unidades de espécies apresentadas por Turesson (1929), destacamos o termo agamoespécies, que se tornará, posteriormente, por meio de Cain (1954), o termo comum para táxons de espécies assexuadas. Agamoespécies são uma população apomítica (relativo à apomixia), em que seus constituintes devem ser considerados como possuidores de origem comum, quando são analisados por critérios morfológicos, citológicos ou outros, por exemplo, *Alcheiwillia vulgaris*, *Antennaria alpina* etc. (TURESSON, 1929).

Atualmente, o conceito agamo específico é um conceito guarda-chuva para linhagens assexuadas e de organismos uniparentais que são combinados por espécies baseadas em similaridades morfológicas ou genéticas (ZACHOS, 2016). O diagnóstico dá-se por meio da morfologia ou dos cromossomos (CAIN, 1954). Para Cain (1954), as agamoespécies são formas às quais o conceito biológico de espécie não ser aplicado, porque não possuem uma verdadeira reprodução sexual.

Os autores de referência para esse conceito de agamo espécie são principalmente Turesson (1929), Cain (1954) e Eigen (1993). Alguns nomes de conceitos relacionados são: agamotáxon, microespécies, paraespécies, pseudoespécies e quasespécies.

1.4.2 Conceito biológico

Um dos maiores divulgadores e proponentes do conceito biológico de espécie foi o ornitólogo alemão Ernst Mayr (1904-2004), que, no entanto, viveu grande parte de sua vida nos Estados Unidos. Teve uma longa vida e extensa produção acadêmica, dedicando décadas de sua vida ao estudo de variados temas, entre eles o conceito de espécie e de evolução (POLISELI; OLIVEIRA; CHRISTOFFERSEN, 2013).

Vários de seus trabalhos são referência, em especial para o conceito biológico de espécie. Embora possam parecer trabalhos antigos, pois alguns datam das décadas de 1930, 1940 ou 1950, são produções bastante atuais e que fornecem contribuições elementares para os estudos.

Em *Speciation phenomena in birds* (MAYR, 1940) destaca-se o fenômeno da especiação em aves. Na discussão de seu trabalho, que foi originalmente apresentado em um simpósio sobre especiação no ano de 1939, Mayr inicia logo nos primeiros momentos a discussão do que se trata a especiação e afirma que, inevitavelmente,

surge a seguinte questão: “Que é uma espécie?”. De acordo com Mayr (1940), o questionamento tem incomodado taxonomistas, biólogos e naturalistas, como Lineu, que estabeleceu a propagação do conceito de espécies. Para Lineu, a espécie era uma unidade que poderia ser definida em uma base morfológica.

Atualmente, é consenso que a definição de espécie por meio de caracteres morfológicos seja insuficiente, sendo necessário utilizar dados genéticos, moleculares, filogenéticos e da ecologia de populações para a classificação adequada de organismos em uma determinada espécie (ZACHOS, 2016). Em áreas como a paleontologia, em que a descrição e a definição de uma espécie são dificultadas, pois, para a atividade de classificação, o paleontólogo possui, na maioria das vezes, pequenos fragmentos de um fóssil, os métodos tipológicos são necessários.

Mayr (1940) buscou diversas definições correntes para a espécie e trouxe, principalmente, a definição de que espécies são populações naturais geneticamente distintas e isoladas reprodutivamente. Cada indivíduo, exceto se forem gêmeos idênticos, possuem enorme possibilidade de serem geneticamente distintos de todos os outros membros de sua própria espécie. Essa possibilidade ocorre por conta da quase infinita possibilidade de combinações de alelos, logo, a distinção genética não possui grande valor na definição de uma espécie. No entanto, o ornitólogo afirma que é mais difícil ainda fornecer a condição de isolamento reprodutivo, que raramente pode ser testada.

Alguns critérios gerais para a definição de espécies usualmente utilizados são apresentados em Mayr (1940) e são tidos como insuficientes para definir espécies. O primeiro critério são os caracteres morfológicos que descrevem estruturas, proporções, padrões de cores, entre outros; os caracteres morfológicos não são valores decisivos na definição de espécies, uma vez que não é possível diferenciar caracteres específicos e subespecíficos. O segundo critério é a distinção genética na definição de espécie, no entanto, sabe-se que todos os indivíduos são geneticamente diferentes. O terceiro critério é a ausência de hibridação, mas sabe-se, porém, que algumas espécies de animais são capazes de gerar híbridos em cativeiro, mas nunca se cruzam na natureza, ou seja, não geram híbridos em ambiente selvagem. Ainda de acordo com Mayr (1940), nenhuma definição bem-sucedida de espécies deve colocar muito destaque aos três critérios citados.

De acordo com Orr (2004), Ernst Mayr trouxe três contribuições para o estudo genético da especiação. A primeira foi a codificação do que é entendido atualmente

por espécie, com a argumentação de que as espécies são mais bem definidas pelo conceito biológico de espécies, o qual as entende como grupos de populações naturais que se reproduzem real ou potencialmente e são reprodutivamente isoladas de outros grupos. A segunda contribuição é o argumento de que o isolamento reprodutivo geralmente envolve alopatria⁸, embora a especiação simpátrica⁹ também possa ocorrer, o isolamento reprodutivo geralmente parece evoluir em alopatria. A terceira reivindicação foi que a deriva genética¹⁰ desempenha um papel crítico na especiação. As grandes populações sofrem de inércia evolutiva, na qual as forças conservadoras do fluxo gênico¹¹ e da epistasia¹² impedem, ou tornam difícil, a evolução de novas morfologias ou novos complexos genéticos coadaptados em grandes espécies geograficamente espalhadas.

Orr (2004) afirma que Mayr ajudou a compreender que, para entender a origem das espécies, é necessário entender a origem do isolamento reprodutivo e relata ainda que os problemas a serem solucionados no campo da especiação são: a) encontrar os genes que causam o isolamento reprodutivo e b) identificar as forças evolutivas que motivaram sua divergência.

A teoria moderna da evolução incorpora a complexa matriz do conhecimento biológico centrada no entendimento da evolução por meio da seleção natural articulada com a genética (HEY; FITCH; AYALA, 2005).

Na obra *Systematics and the origin of species* (MAYR, 1942), o pensamento populacional foi adotado amplamente, e, conseqüentemente, a variação dentro e entre as populações foi estabilizada, conduzindo ao desenvolvimento do conceito biológico de espécie, à adoção generalizada de espécies politípicas¹³ e ao estudo de espécies no espaço e no tempo como sistemas adaptados.

⁸Alopatria é a condição em que as espécies vivem em locais separados. Oposto do termo simpatria, que explica a existência de determinada espécie em uma mesma região geográfica (RIDLEY, 2007).

⁹Especiação simpátrica é a especiação de *populações* cujos âmbitos geográficos possuem sobreposições (RIDLEY, 2007).

¹⁰A deriva genética são mudanças aleatórias nas frequências gênicas de uma população (RIDLEY, 2007).

¹¹O fluxo gênico é a movimentação de genes para uma população, por meio de intercruzamento ou por migração e intercruzamento (RIDLEY, 2007).

¹²Epistasia é a interação de genes de dois ou mais *locos*, de tal modo que os fenótipos diferem dos que seriam esperados se esses *locos* se expressassem independentemente (RIDLEY, 2007).

¹³Espécies politípicas são espécies que apresentam grande variabilidade intraespecífica, formando, por conseguinte, numerosas subespécies (VANNUCCI, 1957).

O conceito biológico de espécie enfatiza espécie como comunidade de populações, isolamento reprodutivo e as interações ecológicas de populações simpátricas que não pertencem à mesma espécie.

1.4.3 Conceito ecológico

Van Valen (1976), em seu artigo *Ecological species, multispecies and oaks*, apresenta o que ele chama de revisão conceitual, e não uma proposta permanente. Para ele, uma “espécie é uma linhagem (ou um conjunto de linhagens estreitamente relacionado) que ocupa uma zona adaptativa minimamente diferente daquela de qualquer outra linhagem em seu alcance e que evolui separadamente de todas as linhagens fora de seu alcance” (VAN VALEN, 1976, p. 233).

Uma linhagem é um clone (ou uma cópia) ou uma sequência de populações ancestral-descendente; entende-se por clone os indivíduos com baixa ou nenhuma variação genômica e intraespecífica. Uma população é um grupo de indivíduos em que indivíduos adjacentes, pelo menos ocasionalmente, trocam genes entre si de forma reprodutiva, e que indivíduos adjacentes o fazem com mais frequência do que com indivíduos de fora da população.

De acordo com Van Valen (1976), as linhagens estão intimamente relacionadas se tiverem ocupado a mesma zona adaptativa desde o último ancestral comum. Se sua zona adaptativa mudou desde então, eles estão intimamente relacionados se as novas adaptações foram transferidas entre as linhagens em vez de serem originadas separadamente em cada uma.

O grau de diferença nas zonas adaptativas requeridas varia de caso a caso. As zonas adaptativas são igualmente geográfica e temporal. Em casos de variação geográfica ou temporal da zona adaptativa de uma espécie, pode ocasionalmente acontecer que outras espécies que vivam na mesma zona sejam mais semelhantes entre si de forma adaptativa do que, por exemplo, com outros indivíduos da mesma espécie que vivem em uma zona adaptativa diferente.

As populações simpátricas com fenótipos semelhantes, mas isoladas (espécies-irmãs), apresentam um problema, porém elas não persistiriam juntas se não ocupassem zonas adaptativas minimamente diferentes. Um critério operacional para a ocupação de diferentes zonas adaptativas é uma diferença no fator regulador final, ou fatores da densidade populacional. Algumas espécies, portanto, ocupam mais de uma zona adaptativa.

O isolamento reprodutivo das populações alopátricas é de menor importância evolutiva e precisa de pouca consideração no conceito ecológico; as espécies são mantidas na maior parte do tempo ecologicamente isoladas, e não reprodutivamente isoladas. No entanto, Van Valen (1976) afirma que o isolamento reprodutivo incompleto das espécies permite uma melhor adaptação evolutiva.

O conceito ecológico de espécie trata o fluxo gênico de maneira diferente, em razão de ele ser simpátrico ou alopátrico. Os táxons mais elevados podem quase sempre enquadrar-se na definição do [conceito ecológico de espécie] (VAN VALEN, 1976).

1.4.4 Conceito evolutivo

O trabalho *The Species Concept*, de George Gaylord Simpson, apresentado em 1951, é tido como referência para o conceito evolutivo de espécies. Simpson (1951, p. 285, *tradução nossa*) aponta que os conceitos de espécies são uma temática central para os estudos evolutivos e, de fato, para todo o pensamento biológico.

O autor afirma que o conceito tipológico de um grupo taxonômico ao grupo corresponde a um padrão morfológico abstrato ou ideal. A variação pode ser tratada por um padrão fixo ou intuitivo para permitir desvios do padrão, caso em que o agrupamento é arbitrário. O conceito tipológico é pré-evolutivo, e não evolutivo, estando ainda subjacente a uma grande parte da prática taxonômica, mas agora é raramente favorecido, em teoria. A maioria dos dados utilizados na prática taxonômica é morfológica.

Desse modo, Simpson (1951) afirma que, de tempo em tempo, os taxonomistas práticos sugerem que a classificação deva ser morfológica. Mas também apresenta que uma classificação puramente morfológica seria baseada estritamente em graus de diferenças morfológicas entre organismos, e isso é realmente impraticável.

No processo de classificação, os caracteres são sempre selecionados, ponderados e interpretados; a base usual e significativa para a seleção de caracteres, ponderação e interpretação é filogenética. Mesmo a classificação tipológica, mais estritamente morfológica que outras, requer a definição do

morfotipo¹⁴ de caracteres em um grupo já estabelecido por razões que, na prática não são puramente morfológicas.

Tipológica ou não, a classificação morfológica prática começa com algum tipo de agrupamento e, na maioria das vezes, é uma tentativa de reconhecer o que é (chamado ou não) de uma população geneticamente definida. O ponto fundamental para a taxonomia aqui é a ideia moderna do que são populações, e não espécimes, que estão sendo classificadas, de modo que Simpson (1951) recomenda insistentemente os conceitos de população em taxonomia.

Simpson (1951) argumenta ainda que, se a classificação começar com populações, as definições de categoria no nível de espécies e abaixo delas devem referir-se a populações biologicamente significativas.

A atenção a essas populações são a base e a justificativa para as definições neontológicas¹⁵ usuais da categoria de espécie em termos de isolamento reprodutivo e intercruzamento, ou seja, de fatores genéticos.

A base para a definição de uma categoria é bastante diferente da evidência disponível para a decisão de se um determinado grupo atende a essa definição. Embora a evidência usada na prática seja principalmente a morfológica, é necessário incluir outros tipos de dados. Por exemplo, uma definição genética de uma espécie como um grupo, real ou potencial, que se reproduz, reprodutivamente isolado de outros grupos, de forma não arbitrária, tanto em sua inclusão quanto em sua exclusão. Nessa situação, seus critérios seriam continuidade reprodutiva e descontinuidade (SIMPSON, 1951).

Simpson (1951) aponta que a definição genética das espécies é consistente com a evolução, no entanto, expressa o desejo de uma definição teórica que seja ainda mais ampla e que relacione as espécies com os processos evolutivos que as produziram. Portanto, o autor apresentou a definição de espécies como “uma espécie evolutiva é uma linhagem, isto é, uma população de ancestral-descendente, que evolui separadamente das outras, possuindo o seu próprio papel e tendências evolutivas” (SIMPSON, 1951, p. 289).

¹⁴Morfotipo são indivíduos com variações morfológicas e/ou cromáticas pertencentes à mesma espécie (GALVÃO, 2014).

¹⁵Neontologia: área da Biologia que enfoca o estudo dos organismos vivos atuais. É a contraparte da Paleontologia (MARTINS JUNIOR; VASCONCELOS, 2011).

Atualmente, Wiley e Mayden (2000, p. 73) definem o conceito evolutivo de espécie da seguinte maneira: “espécies são linhagens, indivíduos ontológicos que existem ao longo do tempo, delimitadas por eventos de especiação”.

Wiley e Mayden (2000) apresentam os princípios operacionais do conceito evolutivo e algumas consequências de sua adoção para a sistemática filogenética e para a biodiversidade:

- 1) a precisão vale mais que o rigor¹⁶, embora ambas devam ser maximizadas;
- 2) existem verdadeiras entidades biológicas presentes na natureza que merecem a atenção dos sistematas. Isto é, alguns táxons são reais;
- 3) há pseudoentidades existentes na taxonomia que merecem a atenção dos biólogos apenas na medida em que sua natureza é revelada. Isto é, alguns táxons são artificiais;
- 4) para os sistematas, os conceitos e suas definições associadas, caracterizações, corolários e implicações relativas aos táxons são úteis apenas na medida em que nos guiam em direção a uma estimativa mais exata de tipos, números e regularidades de entidades biológicas de interesse sistemático;
- 5) definições precisas ou “seguras” devem ser rejeitadas, apesar de seu encanto operacional, se nos impuserem estimativas imprecisas da biodiversidade;
- 6) estimativas filogenéticas de diversidade biológica são tão precisas quanto o conceito empregado para acessar essa diversidade.

Por meio dos pontos elencados acima, observa-se um conceito evolutivo de espécie bastante teórico, fazendo jus ao enunciado proposto por Mayden (1997).

1.4.5 Conceito filogenético

O conceito filogenético de espécies é apresentado em três versões em Mayden (1997) e em duas formas em Weller e Platnick (2000) e Zachos (2016). Apresentaremos apenas a versão de diagnóstico do conceito filogenético, pois a

¹⁶São conceitos utilizados na Genética, na Biologia Molecular e em outras áreas, quando empregam métodos de análise estatística. A precisão é uma medida de dispersão de estimativas independentes repetidas de posições genômicas ou efeitos genéticos dos alelos, representada por medidas inversas. O rigor é uma medida de quão próximas as estimativas estão dos valores reais (PATERSON, 1997).

segunda versão do conceito – o conceito filogenético de monofilia –, em Mayden (1997) e Zachos (2016), e a terceira versão, que é o conceito filogenético de diagnóstico e monofilia, encontrado em Mayden (1997), são consideradas similares operacionalmente, pois, embora sejam diferentes em alguns aspectos teóricos, como aponta Mayden (1997), todos os conceitos filogenéticos identificam espécies por meio de caracteres diagnósticos e monofiléticos.

O conceito filogenético de espécies tem sua origem nos escritos de Willi Henning (1966) e influenciou na subsequente transformação da teoria filogenética (WHEELER; PLATNICK, 2000).

A definição para espécies no conceito filogenético é que as elas são definidas como a menor agregação de populações (sexuais) ou linhagens (assexuais) diagnosticáveis por uma única combinação de estados de caracteres (WHEELER; PLATNICK, 2000).

As espécies filogenéticas são ao mesmo tempo as unidades básicas da nomenclatura científica formal, a classificação lineana e a evolução orgânica. Sob diversos processos evolutivos, variando de formas assexuadas clonais a organismos sexualmente reprodutivos, espécies filogenéticas representam produtos do processo evolutivo.

Sugere-se que o conceito filogenético de espécie pode resultar em um grande número de espécies, se comparado ao conceito biológico (WHEELER; PLATNICK, 2000); a questão do número de espécies é mais ameaçadora quando os organismos assexuados são considerados. Os autores perguntam-se se é aconselhável reconhecer cada forma clonal caracterizada por uma mutação; o que pode, certamente, resultar em uma grande explosão de nomes para organismos assexuados. Afirmam ainda que pode ser interessante saber se a reprodução assexuada produz mais espécies do que a reprodução sexuada.

Wheeler e Platnick (2000) trazem que o conceito filogenético de espécies fornece os elementos para a análise cladística, criando a base para descobrir os detalhes dos padrões que as hipóteses dos mecanismos evolutivos podem explicar.

De acordo com Wheeler e Platnick (2000), o processo de evolução tornou-se um clichê infeliz em livros didáticos de Biologia, perpetuando um desleixo no uso da palavra evolução, contribuindo para a confusão semântica. Os autores esclarecem que os padrões evolutivos são resultados cumulativos de inúmeros tipos de processos que atuam isoladamente e em combinação, mas não há “definições de evolução”.

A deriva genética, a seleção sexual, a alopatria, a simpatria alocrônica, os astroblemas¹⁷ gigantes na superfície da Terra e a sorte pura e simples podem ser todos processos evolutivos (WHEELER; PLATNICK, 2000). Por fim, afirmam que, felizmente, o resultado líquido dos processos evolutivos tem sido um padrão único de ancestralidade comum, recuperável pelas relações hierárquicas entre os caracteres das espécies e a combinação única de estados característicos que as distinguem (filogenéticas).

As espécies filogenéticas são reconhecidas por combinações únicas de caracteres constantemente distribuídos, independentemente do processo ou dos processos evolutivos responsáveis pela especiação. Desse modo, compreende-se que as espécies filogenéticas são os menores grupos de organismos dos quais os padrões históricos de ancestralidade comum podem potencialmente ser recuperados (NIXON; WHEELER, 1992¹⁸ *apud* WHEELER; PLATNICK, 2000) e que não podem ser divididos em unidades menores com propriedades similares (WHEELER; PLATNICK, 2000).

1.4.6 Conceito genético

No artigo *Mendelian Populations and their Evolution*, de Theodosius Dobzhansky, publicado em 1950, explanam-se conceitualmente as populações mendelianas. Dobzhansky (1950) afirma que a teoria da evolução orgânica é a maior generalização que emergiu das Ciências Biológicas. Para ele, o mundo vivo que se via era o resultado de um longo desenvolvimento histórico, encenado durante aproximadamente 1 bilhão de anos da existência do planeta Terra e que continua ocorrendo. Nos dias de hoje, sabe-se que esse tempo é maior, com as primeiras células surgido entre 3 bilhões e 3,5 bilhões de anos atrás (RIDLEY, 2007). A diversidade orgânica pode ser vista como resposta da matéria viva à diversidade de ambientes existentes no mundo.

A respeito dos apontamentos de Darwin, Dobzhansky (1950) relata que a sobrevivência diferencial das variantes mais bem adaptadas e a eliminação das menos adaptadas podem acontecer. No entanto, o autor afirma que Darwin

¹⁷Astroblemas são estruturas geológicas encontradas na superfície da Terra, caracterizadas pela cicatriz de uma cratera de impacto, após essa cratera sofrer modificações por processos erosivos (CROSTA, 2006).

¹⁸NIXON, K. C.; WHEELER, Quentin D. Extinction and the origin of species. In: NOVACEK, M. J.; WHEELER, Q. D. (Eds.). **Extinction and Phylogeny**. Columbia University Press: New York, 1992. p. 119–143.

percebeu que o processo que ele mesmo havia postulado pode ocorrer apenas em espécies que possuem um suprimento de variações hereditárias aptas para sobrevivência nos ambientes existentes.

As ideias de hereditariedade apresentadas por Mendel indicam que a reprodução sexual não desgasta e nem uniformiza, mas, pelo contrário, conserva a variabilidade hereditária. Logo, afirma Dobzhansky (1950), as frequências de cada alelo e de cada variante do cromossomo no *pool* gênico¹⁹ permanecem constantes de geração em geração, a menos que a mutação, a seleção ou a deriva genética intervenham de modo a alterar as frequências.

Dobzhansky (1950) apresenta que, em geral, o modo de estudar uma espécie, ou parte dela, é determinar os modos ou médias de quantas características forem possíveis, em uma amostra tão grande quanto possível de seus representantes. O sistema resultante das médias é considerado uma propriedade comum da espécie como um todo e, acredita-se, pelo menos por implicação, em caracterizar o tipo ideal de espécie.

A hereditariedade genética, assim como as médias de caracteres, não possui significado real, pois não é propriedade de nenhum objeto espaço-temporal. Entretanto, chama atenção para o fato de que deveria ser estabelecido como um princípio, de que, nos seres vivos, a diversidade e a variabilidade são mais fundamentais do que os tipos e as médias (DOBZHANSKY, 1950).

Espécies e raças são categorias de classificação de prática sistemática feitas pelo homem. Dobzhansky (1950) afirma que é conveniente delimitar espécies e raças de modo que elas possam coincidir com determinadas entidades espaço-temporais, que são sistemas integrados de genótipos ligados por terem acesso a conjuntos genéticos comuns. Portanto, o autor ressalta que é preciso distinguir entre categorias sistemáticas e entidades espaço-temporais subjacentes, podendo ser possível denominar os últimos como populações mendelianas.

A definição de populações mendelianas é uma comunidade reprodutiva de indivíduos sexuais e de fertilização cruzada que compartilham um mesmo conjunto genético (*pool* genético). A apreensão das populações mendelianas é dificultada por conta da natureza complexa da maioria delas.

¹⁹*Pool* gênico é o total de alelos (A ou a) presentes em uma população (RIEGER; MICHAELIS; GREEN, 2012).

Os grupos supraespecíficos, como subgênero, gênero, reino etc., não possuem *pools* genéticos comuns e, conseqüentemente, não possuem realidade biológica de populações mendelianas. As unidades pan-míticas²⁰ são integradas em sistemas mais ou menos complexos de populações mendelianas, que culminam em espécies (DOBZHANSKY, 1950).

As populações mendelianas podem ser reconhecidas como entidades separadas, mesmo que sejam geneticamente similares, pois as populações mendelianas geneticamente semelhantes podem estar isoladas em uma ilha ou por outros meios, por exemplo. “Uma população mendeliana é uma comunidade reprodutiva de indivíduos sexuais e de fertilização cruzada que compartilha um *pool* genético comum” (DOBZHANSKY, 1950, p. 405, *tradução nossa*). Afirma-se que o estudo das populações mendelianas é dificultado pelo fato de elas não serem fixas e estáticas, pois são entidades dinâmicas que sofrem mudanças evolutivas.

Uma população mendeliana pode ser dividida ao longo do tempo em duas ou mais populações derivadas, por outro lado, populações distintas podem fundir-se e formar uma população mendeliana (DOBZHANSKY, 1950). A dificuldade operacional encontrada na delimitação de raças, espécies e outras populações mendelianas são, portanto, resultado inevitável da continuação do processo evolutivo. As populações mendelianas são a forma de integração mais fundamental que se tem adotado para os organismos de reprodução sexuada.

A vida evoluiu como uma hierarquia de níveis integrativos: genes, cromossomos, células, indivíduos, várias ordens de populações mendelianas e comunidades bióticas (DOBZHANSKY, 1950). Sugere-se que as espécies sejam populações mendelianas reprodutivamente isoladas e afirma-se que o processo de especiação deve ser considerado uma adaptação evolutiva que permite o desenvolvimento de uma diversidade orgânica imensa, particularmente a diversidade de espécies simpátricas. O isolamento reprodutivo entre as populações é o critério para o reconhecimento das entidades específicas com significado biológico.

A literatura de Taxonomia e Sistemática que aborda as questões de espécies, modelos de especiação e se as espécies existem na natureza é volumosa (BAKER; BRADLEY, 2006). As definições de espécies incluem uma grande disparidade em relação a complexidade, critérios e aplicações.

²⁰As unidades pan-míticas são consideradas as menores populações mendelianas (WRIGHT, 1943 *apud* DOBZHANSKY, 1950).

De acordo com Baker e Bradley (2006), a complexidade da definição dos conceitos de espécie não é assunto novo, mas que é tratado desde a primeira metade do século XX; os autores relatam a aplicabilidade do conceito de espécie genético para compreender a biodiversidade de mamíferos e consideram esse o que melhor descreve essa biodiversidade.

A definição do conceito de espécie genético apresentada por Baker e Bradley (2006) é que as espécies genéticas são como um grupo de populações naturais de cruzamento geneticamente compatíveis, sendo geneticamente isolado de outros grupos. A definição de conceito proposta por eles considera que a especiação é a acumulação de mudanças genéticas em duas linhagens (BATESON, 1909²¹ *apud* BAKER; BRADLEY, 2006) que produzem isolamento genético e proteção da integridade dos dois conjuntos genéticos (*gene pools*), que possuem destinos evolutivos independentes.

Logo, o processo de especiação depende da divergência em genes, do genoma e da estrutura do cromossomo (CHECK, 2005²² *apud* BAKER; BRADLEY, 2006), existindo novas espécies quando a integridade de dois conjuntos genéticos (*gene pools*) é protegida como consequência de diferenças genéticas em seus respectivos genomas.

O isolamento genético é a principal característica do conceito de espécie genético, porque membros de populações de cruzamento que não possuem isolamento genético ou reprodutivo são reconhecidos como coespecíficos e porque populações reprodutiva e geneticamente isoladas são reconhecidas como espécies distintas; essas definições sobrepõem-se aos conceitos genético e biológico.

Sob o conceito de espécie genético, o isolamento genético resulta em dois genomas divergentes a ponto de serem geneticamente distintos e não mais compartilharem um destino evolutivo comum (BAKER; BRADLEY, 2006).

O conceito de espécie genético na versão de Baker e Bradley (2006) é apresentado por eles como a melhor definição para descrever a variação presente na natureza. A definição extensa do conceito apresentada pela dupla baseia-se em oito pontos: (i) especiação genética; (ii) definição genética de espécies; (iii) filogrupos geneticamente definidos; (iv) evidência de proteção ou integridade de conjunto

²¹BATESON, W. Heredity and variation in modern lights. In: **Darwin and modern science**. Seward, A. C. (ed.). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1909, p. 85-101.

²²CHECK, E. Patchwork people. **Nature**, Londres, n. 7062, p. 1084–1086, 2005.

genético (*gene pools*) na presença de hibridação; (v) significância de diferenciação genética em filogrupos que não são morfologicamente distintos; (vi) a maneira como os dados genéticos possuem melhor resolução do que outros dados de Sistemática; (vii) a maneira como os avanços nos métodos genéticos resultarão em perfis de DNA que serão usados para definir as espécies e os limites de espécies; (viii) a aplicação dos dados genéticos. Nessa definição, a especiação é um processo genético, e o *status* de uma espécie é mais bem decidido com dados genéticos.

A diversidade de entidades biológicas na natureza pode causar dificuldades à aplicação de vários conceitos de espécies, porque os exemplos não são totalmente claros (MAYDEN, 1997). Nesse contexto, as decisões tomadas sob o conceito de espécie genético serão baseadas em conjuntos de dados maiores e mais complexos, envolvendo múltiplos marcadores mitocondriais e nucleares, que serão mais resolutivos. No entanto, Baker e Bradley (2006) declaram que ainda poderão ocorrer incongruências.

As consequências da implantação do conceito de espécie genético apontado por Baker e Bradley (2006) são: a) que o número de espécies reconhecidas por meio do conceito será maior que o número de espécies reconhecidas por meio do conceito biológico de espécie; b) implicações para táxons (taxa) zoológicos maiores, supondo a subestimação da biodiversidade para invertebrados ser significativamente maior do que para mamíferos, que já foram intensivamente estudados; c) o nível de investigação necessário para implementar o conceito de espécies genético, em que o nível de estudo genético proposto para cada espécie exigirá uma grande quantidade de mão de obra e recursos.

1.4.7 Conceito morfológico

A definição do conceito morfológico de espécie é apresentada por Cronquist (1978²³ *apud* WILKINS, 2009, p. 157, *tradução nossa*), que define: “espécies são os grupos menores, que são consistentes e persistentemente distintos e distinguíveis por meios comuns”.

Wilkins (2009, p. 157, *tradução nossa*) apresenta que o “diagnóstico das espécies sempre desempenhou um papel fundamental no debate, mas, no entanto, poucos autores até recentemente sugeriram que o diagnóstico seja suficiente [...]”,

²³CRONQUIST, A. Once again, what is a species? In: **BioSystematics in Agriculture**. KNUSTON, L.; MONTCLAIR, N. J. (Eds.). Allehekd Osmun, 1978.

sendo que, provavelmente, nem no conceito de espécie taxonômico apenas o diagnóstico de espécies seria suficiente. Zachos (2016) discute que o reconhecimento de espécies proposto por Cronquist (1978) depende do que é considerado “meio comum”, como é trazido na definição do conceito, pois, atualmente, ou em breve, poderá incluir dados genômicos, o que, em 1978, não era possível.

O conceito de espécie morfológico é o mais amplamente difundido na prática taxonômica, desde pelo menos a época de Aristóteles, passando por Lineu, até o momento presente (ZACHOS, 2016).

De acordo com Mayden (1997), o conceito morfológico de espécies é considerado provavelmente o mais sensível e o método comumente mais utilizado para definição de espécies por taxonomistas, biólogos em geral e leigos. Isso ocorre porque, na maioria das situações envolvendo populações alopátricas, pouca ou nenhuma informação está disponível em relação à independência reprodutiva, portanto, a distinção morfológica serve como substituto à independência da linhagem.

Nos dias atuais, existe o emprego, de modo simultâneo, de vários conceitos de espécies (MAYDEN, 1997). Mishler e Donoghue (1982) afirmam que são necessários vários conceitos de espécies para capturar de maneira adequada a complexidade de padrões e a diversidade biológica. Para exemplificar o emprego de vários conceitos de espécies, são apresentadas três situações diferentes, cada uma com um tipo diferente de organismo:

- i) para o fungo *Trichoderma harzianum* que, para sua classificação, estudiosos utilizam os conceitos de espécie filogenético, biológico e agamoespécie. No entanto, a adoção de um conceito de espécie ou outro acontece por conta da natureza dos fungos, que exploram estratégias diferentes de reprodução – como principalmente sexual, exclusivamente assexuada e assexuada e sexuada –, conduzindo, portanto, a sobreposição de conceitos de espécies (DRUZHININA et al., 2010);
- ii) para estudar a especiação em patógenos empregam-se os conceitos biológico, filogenético, fenético e fenotípico de forma separada ou em combinação (TIBAYRENC, 2006). Os conceitos de espécie são combinados de modo que a definição de uma espécie apresente uma base evolutiva firme e uma clara relevância médica, por exemplo, no caso da Microbiologia; portanto, tendo, desse modo, uma postura pragmática; e

iii) para a classificação de plantas é comum o uso dos conceitos de espécie biológico, filogenético e taxonômico. Para grupos mais conhecidos e objeto de estudos diversos, é comum utilizar os conceitos biológico e filogenético. No entanto, para grupos com poucos estudos, e sobre os quais há carência de informações, é utilizado o conceito taxonômico, como apontam Kataoka et al. (2017).

Finalizada a exposição dos conceitos de espécie selecionados dentre a extensa lista de conceitos disponível, para direcionar nosso olhar ao livro didático, passamos para o tópico seguinte, no qual abordaremos como os conceitos de espécie estão presentes no ensino de Biologia. Buscamos conhecer os trabalhos que abordaram a temática do conceito de espécie e trazer os resultados obtidos a partir de tais estudos.

1.5 Pesquisas no ensino de Biologia: os conceitos de espécie

Considerado um dos problemas de maior destaque e discussão dentro da Biologia, o conceito de espécie no Ensino de Ciências é uma temática que, aos poucos, vai ganhando espaço com a publicação de estudos em eventos científicos, periódicos e teses de programas de pós-graduação. As pesquisas publicadas em periódicos da área de Educação e Ensino revelaram-se escassas, tanto no âmbito nacional como no internacional. Discutimos, a seguir, algumas dessas pesquisas.

Foi vislumbrado o estado do conhecimento como ponto de partida, no qual se buscou inicialmente por pesquisas realizadas sobre livros didáticos de Biologia que abordassem o conceito de espécie e estivessem publicadas em periódicos avaliados pela *Qualis* Capes, no estrato A1, evento de classificação do quadriênio 2013-2016, na plataforma Sucupira, no período 2007-2018. No entanto, diante do resultado em que não se localizou nenhum trabalho com o primeiro recorte, optamos em selecionar as pesquisas que investigaram nos livros didáticos de Biologia conteúdos gerais da disciplina de Biologia, como, por exemplo, Genética, Evolução etc. O resultado dessa pesquisa culminou na elaboração de um artigo que buscou refletir as principais temáticas da disciplina de Biologia e de linhas da área de Ensino de Biologia abordadas em livros didáticos destinados aos estudantes matriculados na etapa do Ensino Médio. Nessa avaliação, nenhum trabalho de pesquisa articulando conceito de espécie e livro didático de Biologia foi encontrado.

Continuamos a busca de trabalhos que abordassem o conceito de espécie, dessa vez, sem delimitar o *Qualis* do periódico ou o ano de publicação. Utilizando os termos de busca “conceito de espécies”, “livro didático” e “ensino de Biologia” e suas formas nos idiomas inglês e espanhol na base de dados Portal de Periódicos e na ferramenta de busca *Google Scholar*. Foram encontrados quatro trabalhos: Rôças, Monteiro e Siqueira-Batista (2008); Jiménez Tejada, González García e Hódar (2009); Shome (2012); Nyléhn e Ødegaard (2018).

Também decidimos fazer a busca de trabalhos nas Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), um encontro brasileiro que reúne pesquisadores das áreas de Educação em Biologia, Física e Química e demais áreas relacionadas. As atas do ENPEC foram pesquisadas de 1997 (primeira edição) a 2017. Posteriormente, foi feita uma revisão, pois, em 2019, foi realizada mais uma edição do evento. Apenas um trabalho que abordava o conceito de espécie foi encontrado (SOARES et al., 2007). Havia algumas pesquisas que abordam a palavra “espécie”, mas não a relacionavam a um conceito de espécie específico (por exemplo: espécie humana, espécie de planta, espécie animal) e, portanto, foram descartadas. As pesquisas selecionadas foram lidas integralmente, com o objetivo de conhecer os detalhes do estudo e identificar o(s) conceito(s) de espécie citados. Esse levantamento buscava compreender o que se investigava na área de ensino em relação ao conceito de espécie. As pesquisas encontradas são apresentadas em ordem cronológica a seguir.

Nas atas do ENPEC encontramos a pesquisa “Estudos preliminares sobre o perfil conceitual de espécie”, dos pesquisadores brasileiros Soares et al. (2007), na qual buscaram compreender como os estudantes dos três anos de Ensino Médio de uma escola privada em Belo Horizonte - MG compreendiam o conceito de espécie, valendo-se da noção de perfil conceitual e perfil epistemológico bachelardiano. Foi conceituado o conceito tipológico ou essencialista de espécie, a visão nominalista das espécies e a visão darwiniana para a interpretação das espécies. A partir de questionários com situações-problema buscaram acessar o perfil conceitual de espécie que os estudantes possuem. Após a aplicação dos questionários, foram elaboradas categorias: artificialismo²⁴ (capacidade de reproduzir e gerar indivíduos

²⁴A categoria foi denominada de artificialismo ao basear-se em uma ideia de Charles Darwin presente na obra *On the origin of species* (1859), na qual dizia que os naturalistas tratavam as espécies da mesma forma que os gêneros (que são construções artificiais e não existem na natureza).

férteis); relacional (relaciona-se com ancestrais, ações evolutivas e sem fronteiras definidas); essencialismo macro (propriedades morfológicas macroscópicas); essencialismo micro (propriedades morfológicas microscópicas) e nominalismo (criação da Biologia, conceito elaborado pelo cientista etc.).

Os resultados apontaram cinco zonas de perfil conceitual, sendo a zona “essencialismo macro e micro” predominante entre os estudantes dos três anos de ensino. Soares et al. (2007) também afirmam que confirmaram a hipótese inicial formulada de que o conceito de espécie é plural, exibindo um perfil conceitual, como aponta a pesquisa desenvolvida. Esse trabalho é tanto um ponto de partida para o planejamento de atividades com os estudantes como para a elaboração de projetos de formação continuada de professores atuantes ou em formação, pois, a partir do conhecimento de como os estudantes compreendem o conceito de espécie, pode-se contribuir para a delimitação das propostas de trabalho.

Nos periódicos a pesquisa conduzida pelos pesquisadores brasileiros Rôças, Monteiro e Siqueira-Batista (2008), intitulada “O Debate teórico em torno do conceito de espécie: um ‘transdisciplinar’ relato de experiência”, parte da premissa de que as práticas pedagógicas requerem transdisciplinaridade para a construção de conceitos científicos em sala de aula. Portanto, valendo-se do conceito de espécie para o debate, discutiram junto aos licenciandos de Química e Física as variações biológicas e filosóficas, nas quais se buscou a transdisciplinaridade. Os autores relatam que os estudantes foram tomados por certa estranheza ao saberem que participariam de uma aula com professores de três disciplinas diferentes. Três professores estavam envolvidos nas disciplinas de História e Filosofia da Ciência e da Biologia e desenvolveram uma atividade conjunta abordando a construção dos conceitos científicos, utilizando como o tema gerador a concepção de espécie. Os conceitos mais citados pelos estudantes foram o conceito morfológico de espécie e o conceito biológico; também houve citação do conceito ecológico de espécie pelos estudantes. No entanto, a atividade possibilitou-lhes pensar além dos conteúdos específicos da disciplina, podendo estabelecer pontes entre disciplinas diferentes.

Um ponto que pode ser destacado é quando os estudantes foram questionados sobre a demarcação dos limites dos conteúdos disciplinares; reconheceu-se que os conhecimentos das disciplinas envolvidas cruzam-se de uma maneira profunda. O envolvimento dos docentes da disciplina de História e Filosofia da Ciência na atividade de debate é outro ponto a ser destacado, pois representa um exemplo de como

podem ser aproveitados os espaços de discussão em diferentes disciplinas, como Química e Física, integrando também a disciplina da Biologia.

Os pesquisadores espanhóis Jiménez Tejada, González García e Hódar (2009) analisaram *Los conceptos de población y especie en los libros de texto de secundaria* e consideram que os conceitos de população e de espécies representam alguns dos conceitos mais básicos para o ensino e o aprendizado de Biologia, pois permitem uma visão integradora da disciplina. Apontam que os estudantes confundem os conceitos de população e espécie, além de outros, como ecossistema e diversidade. O objetivo do estudo consistiu em conhecer se os conceitos de população e de espécie são definidos nos tópicos a eles relacionados, se ajudam a integrar grande parte das áreas da Biologia e como esses mesmos conceitos são definidos. Foram investigados 31 livros didáticos dos 1º, 2º, 3º e 4º anos do Ensino Secundário Obrigatório (ESO), analisando as unidades de conteúdos que abordavam os tópicos de taxonomia (1º ano), genética (4º ano), evolução (4º ano) e ecologia (1º, 2º e 4º ano). O conceito de população, que é tido como básico na ecologia, e o de espécie foram definidos nos textos em quantidade menor que o desejável, para a unidade de ecologia dos livros dos 2º e 4º anos do ESO. O conceito de população não é definido na unidade de taxonomia de nenhum dos livros do 1º ano, e o conceito de espécie aparece apenas em alguns livros do 1º ano. Na unidade de genética, o conceito de espécie é definido em poucos livros, sendo mais comum sua definição na unidade de evolução, embora não ocorra em todos os livros. O conceito tipológico de espécie é mencionado em 77,8% dos livros didáticos para o 1º ano; a definição de espécie do conceito biológico de espécie está presente em todos os livros didáticos para o 4º ano, no entanto, não aparece em vários livros didáticos para o 1º ano.

Os pesquisadores finalizam o trabalho apontando que o livro didático é bastante difundido entre os estudantes e que uma forma de melhorar o ensino dos conceitos de população e espécie seria por meio dos textos, pontuando a necessidade de oferecer uma visão integradora da Biologia por meio desses dois conceitos (JIMÉNEZ TEJADA; GONZÁLEZ GARCÍA; HÓDAR, 2009). Esse trabalho tem bastante proximidade com nossa pesquisa de mestrado, pois também realizou a análise de livros didáticos, evidenciando os conceitos de espécie.

O trabalho *Exploring Students' Understanding of Species: A Study with Class VIII Students*, desenvolvido pelo pesquisador indiano Saurav Shome e publicado nos

Anais da Conferência *epiSTEME*, realizada em Mumbai, Índia, no ano de 2012, consistiu em um estudo sobre a representação de conceitos de espécies em livros didáticos da etapa de ensino *Middle school* das disciplinas de Geografia e Ciências e as ideias de espécies que os estudantes da Classe VIII apresentam (SHOME, 2012). Ao todo, participaram da pesquisa 37 estudantes, sendo 28 meninos e nove meninas. Os resultados apontaram que os livros didáticos retratam de maneira desigual a diversidade de animais e plantas, tendo os animais maior destaque; os livros didáticos apresentam o conceito biológico de espécie, mas o estudo aponta que as obras não explicam espécies endêmicas, ameaçadas de extinção e extintas.

Quanto aos estudantes, Shome (2012) indica que eles apresentaram visões complexas ou até mesmo híbridas sobre as espécies. A ideia deles acerca da capacidade de intercruzamento e características semelhantes entre os indivíduos de uma categoria de espécies é muito próxima da definição que trazem os livros didáticos, que é o conceito biológico de espécie. Alguns estudantes também expressaram definições de espécie que são próximas do conceito ecológico e do conceito filogenético. Na conclusão, o autor indica que é necessário encorajar e apreciar as múltiplas ideias dos estudantes sobre as espécies e as utilizar como uma plataforma para a discussão em sala de aula.

O trabalho de Shome (2012) é uma aproximação do estudante e do livro didático na busca de compreender a conceituação de espécie e suas aplicações contextuais. A definição dos estudantes indianos para o conceito de espécie foi próxima da definição do conceito biológico que os livros didáticos trazem. É possível estabelecer uma ligação entre os resultados obtidos nos trabalhos brasileiros, como o de Soares et al. (2007) e Rôças, Monteiro e Siqueira-Batista (2008), em que os estudantes apresentaram a definição do conceito biológico. No entanto, os estudantes brasileiros, diferentemente dos indianos, não apontaram as definições dos conceitos filogenético e ecológico, que aparecem nos livros didáticos, porém em menor quantidade que o conceito biológico.

O trabalho *The 'Species' Concept as a Gateway to Nature of Science: Species Concepts in Norwegian Textbooks* foi desenvolvido pelas pesquisadoras norueguesas Nyléhn e Ødegaard (2018); elas afirmam que a Natureza da Ciência (NdC) é um objetivo primário da ciência escolar, apontando ainda que, para um ensino eficaz, é necessária compreensão sofisticada e aprofundada da NdC. Entendendo espécies como um conceito central na Biologia, as pesquisadoras

propõem um exemplo concreto como meio para alcançar maior compreensão dos aspectos da NdC; apontam que as espécies são rotineiramente apresentadas em livros didáticos como entidades fixas com uma única definição, sendo o conceito, no entanto, altamente discutido na Ciência e na Filosofia da Biologia. Nyléhn e Ødegaard (2018) explicam que existe uma infinidade de conceitos de espécie, que refletem as visões e os interesses dos pesquisadores quanto a sua utilidade em diferentes grupos de organismos. No trabalho, as pesquisadoras buscaram identificar como os livros didáticos das escolas primárias e secundárias da Noruega apresentam o conceito de espécie e se os inquéritos ao conceito de espécie podem servir para destacar aspectos da NdC.

Como parte da metodologia da pesquisa, as autoras realizaram uma revisão sistemática da literatura, buscando por trabalhos que relacionassem o conceito de espécies e Educação. Identificaram que o número de trabalhos relacionados ao conceito de espécie em Ciência é superior a 1,3 milhão, conforme as bases de dados que utilizaram. No entanto, associando as palavras “educação” ou “escola” ao termo “conceito de espécie”, o número de trabalhos reduziu-se significativamente. Foram examinados cerca de 2,6 mil artigos encontrados com a combinação de buscadores citados acima e selecionados ao todo dezesseis que abordavam a compreensão de conceitos de espécie e a temática do conceito de espécie entre os estudantes.

Os resultados apontaram que, nos livros didáticos, o conceito biológico de espécie é utilizado como definição principal para espécie, ao passo que o conceito morfológico de espécie é bastante difundido, mas que, no entanto, é apresentado como complemento à definição primária, ou como observação de semelhança de membros da mesma espécie; alguns livros incluíam a definição do conceito filogenético e apenas um citava o conceito ecológico. As autoras também observaram que nenhum livro didático mencionava a existência de diferentes conceitos de espécies.

Como alternativa para aumentar a compreensão da NdC, o estudo sugere que sejam apresentadas as limitações dos conceitos de espécies, pois elas possibilitam alargar as visões de mundo. É indicado também o exercício de categorização como uma tendência inata dos seres humanos, que pode ser aproveitado para relacionar as espécies aos estudantes, estabelecendo a ligação entre a ciência e os seres humanos. Nyléhn e Ødegaard (2018) propõem a formação

de professores como ponto de partida para proporcionar uma visão mais sofisticada da Biologia nas escolas.

O trabalho das pesquisadoras norueguesas é um exemplo da possibilidade de abordagem do conceito de espécie em sala de aula, ao mostrar de forma teórica a aproximação dos objetivos da compreensão da NdC em relação ao conteúdo de conceito de espécie. Representa um subsídio para as propostas de ensino do conceito de espécie, fornecendo justificativas e objetivos claros para essas atividades. Também foi evidenciado que o conceito biológico é o mais adotado nos livros didáticos, sendo que o conceito filogenético é apresentado em poucos livros. O modo de apresentação do conceito morfológico nos livros didáticos funciona como uma complementação ao conceito principal. O conceito morfológico é um conceito histórico, que pode ser mais bem explorado, proporcionando lugar para a discussão dos aspectos da NdC.

Em pesquisa realizada pelo autor desta dissertação, no formato de estado da arte, identificou-se que conteúdos como Genética, Ecologia e Educação Ambiental são as temáticas mais adotadas em pesquisas publicadas em periódicos a respeito do livro didático de Biologia, havendo, portanto, bastante a avançar na investigação dos conteúdos de Evolução, Biologia Celular, Biologia Molecular, Bioquímica, Botânica e Zoologia. O conteúdo de Evolução foi destacado como um tema sensível no Ensino de Biologia e que precisaria ser mais explorado, com o objetivo de consolidar a temática como o eixo integrador dos conteúdos biológicos (SILVA; MEGLHIORATTI, *artigo submetido*). As pesquisas que abordaram conteúdos de Ecologia, Educação Ambiental e Biodiversidade apontaram que os assuntos envolvidos em tais temáticas podem ser estímulos para sensibilizar o estudante, de modo que provoque a mudança de atitudes e conduza-os na construção de valores para a cidadania (SILVA; MEGLHIORATTI, *artigo submetido*).

Na realização do estado da arte, que buscava identificar as principais temáticas estudadas nos livros didáticos de Biologia (SILVA; MEGLHIORATTI, *artigo submetido*), esperávamos encontrar pesquisas que tivessem abordado o conteúdo de conceito de espécie e que, portanto, poderiam nos apontar pistas e proporcionar o conhecimento do estado atual do que foi produzido acerca da temática. Entretanto, para nossa surpresa, não encontramos nenhum artigo publicado a respeito do conceito de espécie em livros didáticos de Biologia. Entendendo que o conceito de espécie é um conceito biológico que tem sido amplamente discutido durante o

século XX, e ainda o é atualmente, a força do debate permanece latente, sendo de grande importância trazer estas discussões para o Ensino de Biologia por meio de pesquisas que apontem a atual abordagem da temática em livros didáticos de Biologia. Ficou destacado em Silva e Meglhioratti (*artigo submetido*) que o professor precisa avaliar o livro didático e diversificar os recursos didáticos utilizados em sala de aula. Além disso, o estudo realizado indicou a relação de dependência do professor em relação ao livro didático, uma vez que este é utilizado para o planejamento didático e para a execução de atividades em sala de aula, além da necessidade de o professor ter uma formação adequada, de modo a consolidar sua autonomia docente (SILVA, MEGLHIORATTI, *artigo submetido*).

Ao chegar ao final deste capítulo, no qual foram apresentados trabalhos desenvolvidos em torno da temática do conceito de espécie, foi possível demonstrar como pode ser múltipla a possibilidade de abordagem do conteúdo. No próximo capítulo apresentamos o livro didático no Ensino de Biologia com o objetivo de trazer apontamentos do papel desse recurso didático e sua presença no trabalho docente como instrumento de apoio para o professor e para o estudante. Buscamos apresentar um breve histórico da construção do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que se tornou responsável pela presença do livro didático em praticamente todas as escolas públicas do Brasil.

CAPÍTULO 2

O LIVRO DIDÁTICO NO ENSINO DE BIOLOGIA

O livro didático ganhou imenso destaque ao disseminar-se amplamente, com presença predominante no universo escolar, influenciando o trabalho pedagógico. Assim, o livro didático é em grande parte responsável pela formação do povo brasileiro, constituindo-se em um dos instrumentos de disseminação de conhecimentos do país (HORIKAWA; JARDINILO, 2010).

Os livros didáticos, “[...] são livros destinados a informar, orientar e instruir o processo de aprendizagem” (SILVA, 1996, p. 13); o livro didático é apresentado por Romanatto (2004) como um recurso da aprendizagem no contexto escolar. Cassab e Martins (2003) afirmam que os professores, ao realizarem a escolha do livro didático, estão atribuindo sentidos a sua prática profissional, ao aprendizado e à Natureza da Ciência e, por fim, a seus alunos.

São preocupações dos professores diante da escolha de um livro didático os seguintes aspectos, que se configuram como critérios de seleção: o conteúdo, sendo, portanto, um livro de qualidade aquele que é [...] “rico em informações” (CASSAB; MARTINS, 2003, p. 3); a ausência de erros conceituais; a adequação da linguagem do texto à faixa etária de seus alunos. A linguagem dos livros didáticos, de acordo com Domingui e Ortigara (2010), possibilita ao estudante o domínio do conhecimento científico.

A escolha do livro didático está condicionada à análise do material impresso, verificando-se que livros didáticos disponibilizados para consultas apenas em meio eletrônico tiveram a menor taxa de escolha por parte dos professores. É apontado ainda que o quesito tempo e a falta de estudo do Guia do Livro Didático, que traz um resumo das obras selecionadas, são fatores que comprometem a seleção do livro pelos professores (SOUZA NETO; OLIVEIRA ALMEIDA; PESSOA, 2015).

A escolha adequada de um livro didático contribui para o sucesso da prática docente e pode ser mediada por uma metodologia de análise categórica (DOMINGUINI; ORTIGARA, 2010). De acordo com Ministério da Educação, o processo de escolha deve ser realizado a partir da reflexão coletiva dos professores e do estudo do Guia do Livro Didático (BRASIL, 2019e).

Existe todo um contexto social e político que envolve a temática do livro didático, sendo regido pela legislação e pelas sociedades civis representadas (CARMO; RIBEIRO, 2014). O PNLD e as políticas de livro didático modificaram de modo positivo o cenário educacional brasileiro (HORIKAWA; JARDINILO, 2010).

Quanto ao impacto do livro didático no mercado editorial, este mercado tem atraído empresas estrangeiras com projetos ambiciosos de expansão em território brasileiro, tudo isto implicando modificações significativas para o currículo desenvolvido nas escolas públicas do Brasil e remodelando o mercado editorial brasileiro (CASSIANO, 2014).

Melo (2016) aponta que, no imaginário social, o professor e o livro didático estão intimamente relacionados, sendo difícil visualizar um sem a presença do outro. Por outro lado, o livro didático “[...] se constitui como uma poderosa ferramenta política, ideológica e cultural no âmbito do processo educativo [...]”, pois reproduz e representa os valores da sociedade atual, aponta Gonçalves (2019, p. 134).

2.1. O Programa Nacional do Livro Didático

O livro didático no Brasil foi, ao longo de décadas, consolidando-se com a criação de órgãos responsáveis pela legalização desse recurso didático, que se tornou um objeto central nos ensinos públicos fundamental e médio brasileiros. Neste tópico apresentamos aspectos da produção e da avaliação dos livros didáticos no contexto brasileiro que culminaram na consolidação do PNLD.

Ao ter como objetivo legalizar e incentivar a produção do livro didático, em 1929, foi criado o Instituto Nacional do Livro (INL). Na década seguinte, por meio do Decreto-Lei nº 1.006, de 30 de dezembro de 1938, foi organizada a Comissão Nacional do Livro Didático, a qual se tornou a primeira política de legislação, controle e produção de livros didáticos (SOARES; SOUZA, 2011). A data da criação do INL passou a ser comemorativa. Desde 2008, o dia 27 de fevereiro é reconhecido como Dia Nacional do Livro Didático (BRASIL, 2019a).

Em 1945 consolida-se a legislação acerca do livro didático, por meio do Decreto-Lei nº 8.460, de 26 de dezembro daquele ano, que estabelece as condições de produção, importação e utilização do livro didático (SOARES; SOUZA, 2011). A partir de 1966 é firmado um acordo entre o Ministério da Educação brasileiro (MEC) e o Ministério da Educação estadunidense com o objetivo de coordenar ações relacionadas ao universo do livro didático, com produção, edição e distribuição.

O MEC, por meio da Portaria nº 35, de 11 de março de 1970, implementou o sistema de coedição de livros em parceria com editoras nacionais, utilizando recursos do INL (SOARES; SOUZA, 2011). A parceria de coedição entre o INL e as editoras nacionais consistia na divisão dos custos de produção dos livros didáticos, quando estes ainda estavam no início do processo de edição (VAHL; PERES, 2017).

Posteriormente, desenvolve-se o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (PNLEF) e, desde 1976, o Estado passa a adquirir grande parte da produção de livros didáticos e distribuí-la para as escolas dos Estados federativos (SOARES; SOUZA, 2011).

O PNLD é o maior programa de distribuição gratuita de livros didáticos do mundo, atendendo estudantes da rede pública de ensino (SOARES; SOUZA, 2011), o que torna o governo brasileiro o maior comprador de livros didáticos do país (CASSIANO, 2014). O recurso para atender toda a demanda do programa é proveniente do Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE), sendo responsável também pela logística do programa (BRASIL, 2019b). O Ensino Fundamental foi o primeiro e, durante muito tempo, o único nível de ensino a ser beneficiado com obras de PNLD.

O Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) foi instituído por meio da Resolução 38, de 15 de outubro de 2003 e consistiu na distribuição de livros didáticos para a etapa de ensino que ainda não era atendida pelo programa, sendo implementado de forma gradual (BRASIL, 2003).

Entre os anos de 2004 e 2005, foram distribuídos, inicialmente, livros didáticos de Português e Matemática apenas para o primeiro ano do Ensino Médio e para as regiões Norte e Nordeste do país. Em 2006, foi universalizada a distribuição de livros didáticos de Português e Matemática; já no ano de 2007, a disciplina de Biologia passa integrar a lista de livros didáticos distribuídos pelo PNLEM. Em 2008, as disciplinas de Química e História passam a fazer parte do conjunto de livros distribuídos nas escolas públicas de todo o país (EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011).

Em 2007 também passou a ser atendida a etapa de Educação de Jovens e Adultos (EJA) por meio do Programa Nacional do Livro Didático para a Alfabetização de Jovens e Adultos (PNLA) (BRASIL, 2019a).

Por meio do Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, ocorreu a unificação do PNLD e do Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE), passando a constituir o Programa Nacional do Livro e do Material Didático; no entanto, continua sendo

designado com a sigla PNLD. Dessa forma, o PNLD tem seu escopo de ação ampliado, com a possibilidade de incluir, além de livros didáticos e obras literárias, outros materiais de apoio à prática educativa (BRASIL, 2019b).

O processo de avaliação pedagógica dos livros didáticos inicia-se no ano de 1996, sendo realizado por equipes de especialistas de cada área, que avaliam as coleções e elaboram pareceres sobre os livros didáticos inscritos no programa (SOARES; SOUZA, 2011), surgindo, dessa forma, o Guia de Livros Didáticos. Quando a primeira avaliação dos livros didáticos foi estabelecida, ocorreu certa espetacularização da temática, pois a constatação de grande quantidade de problemas nas obras avaliadas, como erros conceituais e metodologias de ensino consideradas ultrapassadas, por exemplo, foram apresentadas na imprensa (MELO, 2016).

O processo de avaliação das coleções didáticas encaminhadas para a análise é realizado por meio da coordenação do MEC, responsável pelo PNLD, no qual profissionais atuantes em escolas e universidades de diversas áreas específicas participam da avaliação dos livros, utilizando critérios pré-estabelecidos (BRASIL, 2017).

Para ilustrar o processo de avaliação das coleções didáticas, apresentamos a organização da equipe responsável pela área de Biologia. A instituição responsável pela avaliação foi a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), que foi selecionada pela Chamada Pública nº 42/2016. Pertencente à comissão técnica, o responsável pela disciplina de Biologia era um professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a equipe de avaliadores consistiu de um grupo composto por professores universitários [em maior número] e professores da educação básica [em menor número] de várias regiões do país (BRASIL, 2017a).

Por fim, quando as coleções já estão aprovadas, é elaborado o Guia do PNLD, disponibilizado durante o período de escolha dos livros didáticos, fomentando e orientando a escolha dos livros ao apresentar uma visão geral dos livros didáticos selecionados na avaliação (BRASIL, 2017).

Além do Guia do PNLD que chega às escolas, as editoras, cujo principal cliente são as instituições de ensino, são impulsionadas a enviar remessas das obras selecionadas, permitindo que os professores tenham acesso ao material completo, e não apenas ao parecer do Guia do PNLD (SOUZA NETO; OLIVEIRA ALMEIDA; PESSOA, 2015). Há também outros problemas, como a não leitura da resenha, algumas obras não chegam até a escola, a preferência tradicional do

professor, o processo de escolha por um Núcleo Regional de Educação (NRE) ou Coordenadorias Regionais de Educação (CRE), por exemplo.

O Guia do PNLD é um documento oferecido pelo Ministério da Educação, por meio do PNLD, consistindo em recurso na efetivação da escolha de uma obra. O Guia traz resenhas e informações de cada obra aprovada para a disciplina em questão e também apresenta análises, reflexões e orientações relativas ao conteúdo e à estrutura das obras e seu potencial para a prática pedagógica (BRASIL, 2019d).

O Guia do PNLD destina-se aos professores da Educação Básica para orientar no processo de escolha das obras a serem utilizadas nas escolas e aos pesquisadores e demais interessados em compreender e acompanhar as ações relativas aos livros didáticos e ao próprio PNLD, o que possibilita a discussão da temática em cursos de formação de professores, bem como nas licenciaturas. Por meio do Guia, o MEC também espera facilitar e promover o debate público e social do PNLD como política pública de Estado (BRASIL, 2019d).

Após a avaliação pedagógica, é aberto o período de escolha do livro didático, sendo oferecidos para visualização, em versão digital, os livros didáticos e literários aprovados no Guia Digital do PNLD. Em seguida, cada escola ou Secretaria de Educação, por meio de diretores e professores, realiza a escolha da obra que esteja mais próxima de seu projeto político-pedagógico (BRASIL, 2018c). A versão digital, assim como versões físicas das obras, é disponibilizada para a consulta e, dessa maneira, oferece mais clareza para a escolha do livro didático. Na versão digital do Guia de Livros Didáticos disponibiliza-se ao professor a visualização do conteúdo completo do Manual do Professor que acompanha a versão da obra destinada ao docente (BRASIL, 2019d).

A execução do (PNLD) é de responsabilidade do Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE), que possui as atribuições de compra e distribuição dos livros didáticos em todo o território nacional (MELO, 2016).

Considerando o PNLD que ocorreu em 2018, em que foram atendidos todos os alunos do Ensino Médio, foram repostos livros consumíveis para todas as séries do Ensino Fundamental, da Educação de Jovens e Adultos (EJA) e da Educação do Campo e mais livros adicionais para cobrir a demanda de novas matrículas. Foram beneficiadas 117.566 escolas, atendendo mais de 31 milhões de estudantes e distribuídos mais de 153 milhões de exemplares de livros didáticos (BRASIL, 2019).

É possível acessar os valores e a quantidade de escolas e alunos atendidos, bem como a quantidade de livros adquiridos por meio do PNLD²⁵.

Antes de 1985, o livro didático era descartável, podendo o aluno realizar as atividades diretamente nas páginas da obra; no entanto, era feito com material de baixa qualidade, pois se esperava, com essa prática, aumentar a tiragem e reduzir os custos da produção. A partir de 1985, o livro didático passou a ser reutilizável, dessa forma, o que permitiu seu uso por um período letivo maior (FREITAS; RODRIGUES, 2008). Atualmente, faz parte dos critérios de avaliação a análise do material e da durabilidade dos livros, segundo a orientação de que as edições devem ser produzidas com estrutura física resistente, permitindo sua utilização por três anos consecutivos (BRASIL, 2018c).

O livro didático é um recurso utilizado pelo professor no âmbito escolar (CARNEIRO; SANTOS; MÓL, 2005), logo, os professores e os livros são como parceiros no processo de ensino (GARCIA; GARCIA; PIVOVAR, 2007). O professor deve ter uma formação que lhe permita usar o livro como um dos possíveis instrumentos de ensino (CARNEIRO; SANTOS; MÓL, 2005).

O livro didático tem se tornado objeto de estudo em diversas pesquisas que buscam compreender sua importância, assim como seu uso em sala de aula (RODRIGUES, 2014).

Neto e Fracalanza (2003) abordaram os resultados de uma pesquisa que tratou dos usos que os professores fazem do livro didático. De acordo com a classificação dos dados da pesquisa, o uso do livro didático pelos professores pode ser organizado em três grupos, constituídos da seguinte maneira:

- i) uso simultâneo de vários livros didáticos, com o objetivo de elaborar o planejamento anual de suas aulas, bem como para o preparo das aulas durante o período letivo;
- ii) utilizado como apoio às atividades de ensino-aprendizagem, como leitura de textos, realização de atividades e fonte de imagens para as atividades escolares;
- iii) fonte bibliográfica, tanto para complementar o próprio conhecimento como para as pesquisas escolares de seus alunos.

²⁵Dados Estatísticos do Programa Nacional do Livro Didático. Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

Desse modo, o uso do livro didático pelos professores caracteriza-se como material bibliográfico de apoio ao trabalho docente e como recurso para as atividades realizadas por seus alunos (NETO; FRACALANZA, 2003).

Considerando o ensino experimental como promotor de uma aprendizagem crítica e contextualizada, o livro didático deve apresentar atividades experimentais no desenvolvimento dos conteúdos como uma forma de contextualizar os conceitos abordados. Goldbach et al. (2009) apontam que o livro didático é uma fonte de propostas de atividades práticas, embora os resultados indiquem que a distribuição na quantidade de atividades práticas muda de livro para livro. Portanto, conforme afirmam Goldbach et al. (2009), os professores precisam ter fontes alternativas como meio para contornar a situação apresentada.

2.2 Relação entre o Guia do Programa Nacional do Livro Didático e o conceito de espécie

Desde que a etapa do Ensino Médio passou a ser contemplada com obras didáticas do PNLD, a partir do ano de 2003, o Guia do PNLD é elaborado com o objetivo de apresentar resenhas dos livros didáticos aprovados e informações relacionadas ao processo de análise das publicações e/ou das coleções. Dessa forma, buscamos conhecer os Guias do PNLD de edições anteriores à de 2018; assim encontramos o Guia do Livro Didático para a disciplina de Biologia nos anos de 2009, 2012 e 2015 e identificamos se o conceito de espécie se fazia presente no guia.

O primeiro documento é intitulado Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM/2009); nele é apresentado o contexto educacional da época e as perspectivas em que o livro didático se inseria naquele momento. Temáticas como a formação de espécies e espécies ameaçadas de extinção são explicitadas nos textos de análise das obras, mas não são destacadas no texto inicial do documento (BRASIL, 2008).

O segundo documento é denominado de Guia de Livros Didáticos (PNLD/2012) e destaca a atualidade de então, em que todas as disciplinas do Ensino Médio eram abrangidas pelo PNLD. Um pouco mais adiante, são apresentados critérios específicos eliminatórios para o componente curricular Biologia. Os pontos 4 e 5 traziam pressupostos como a organização dos conteúdos em torno de temas estruturadores do conhecimento biológico, dentre tantos, a

identidade dos seres vivos e diversidade biológica e a construção de uma visão de que o conhecimento biológico e as teorias em Biologia se constituem em modelos explicativos, respectivamente (BRASIL, 2011).

O terceiro Guia de Livros Didáticos (PNLD/2015) debruça-se sobre as tecnologias de informação e comunicação (TICs) como aliadas no processo de aprendizagem (BRASIL, 2014) e trazem como pressupostos para o componente curricular Biologia praticamente os mesmos destaques do Guia de Livros Didáticos/2012.

O quarto Guia de Livros Didáticos (PNLD/2018) aponta que as conexões do conhecimento biológico com o cotidiano dos estudantes principalmente estão cada vez mais valorizadas. No tópico *A Biologia no Ensino Médio* delinea-se um histórico da Biologia enquanto conhecimento construído ao longo do tempo, relacionando o desenvolvimento do Ensino Médio e, ao mesmo tempo, o conhecimento biológico. No tópico *Coleções Aprovadas* destaca-se a diversidade de temáticas trazidas nas coleções do PNLD em questão; aponta que existem temas tradicionais nos livros de Biologia cuja revisão está em discussão na comunidade científica, portanto, trata-se de uma oportunidade para explorar os aspectos da produção científica em sala de aula. Como exemplo dessa revisão conceitual promovida pela comunidade científica, dentre outros, apresenta-se o conceito de espécie, indicando que, havia pouco tempo, ele tinha uma definição mais precisa do que possui atualmente, levando-se em conta os avanços científicos sobre a temática (BRASIL, 2017). Assim, indica-se que a apresentação de um conceito único e fechado de espécie, aplicável a todos os seres vivos por parte dos materiais didáticos, deve ser entendida pelos professores e professoras, além de um erro ou desatualização, mais uma oportunidade de trabalhar a Biologia como uma ciência aberta e em constante revisão.

Enquanto o Ensino de Biologia tomava forma no Brasil, a partir da segunda metade do século XX, a ausência de publicações brasileiras era total, sendo necessário recorrer a obras estrangeiras (BIZZO, 2004). A consolidação das obras didáticas voltadas para o Ensino de Biologia acontece de maneira gradativa, partindo de obras traduzidas até chegar à elaboração e à produção por editores brasileiros. Tudo isso ocorre em meio aos processos de reformas instauradas no sistema educacional brasileiro, que, de certo modo, acabariam por exigir material didático que atendesse as especificidades da realidade nacional.

Nos dias atuais, o livro didático no Ensino de Biologia ainda ocupa espaço de destaque nas salas de aula, pois, como a disciplina Biologia é um componente curricular reconhecido no Ensino Médio, os livros didáticos também se desenvolveram, articulando a Biologia, a vida e suas dimensões (BRASIL, 2017). Logo, destaca-se a atenção que o livro didático recebe, por meio de atividades de pesquisa, que objetivam em grande parte investigar a abordagem de um determinado conteúdo, como em Wirzbicki, Araújo e Del Pino (2014), Ocelli e Valeiras (2013), Megid Neto e Francalanza (2003), que os resultados possam colaborar com o ensino do conteúdo analisado. Na BNCC, pressupõe-se superar a fragmentação disciplinar do conhecimento, promovendo o estímulo à aplicação do conhecimento escolar no cotidiano e a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende na escola (BRASIL, 2018). Desse modo, os livros didáticos deverão passar por reestruturação para adequar-se à proposta, pois o Ensino Médio será organizado por áreas do conhecimento, como Ciências da Natureza e suas Tecnologias, por exemplo, objetivando a integração de dois ou mais componentes do currículo. Portanto, esperam-se mudanças quanto à organização e à estrutura dos livros didáticos.

2.3 Relação entre o livro didático e o conceito de espécie

O conceito de espécie é uma temática que pode ser abordada com os conteúdos de classificação dos seres vivos, quando se tratar de Sistemática e Taxonomia, e em Evolução, nos tópicos para os processos de especiação. Portanto, o conceito de espécie é um conteúdo que pode ocupar diversos espaços nos livros didáticos. Considerando que cada conteúdo é adaptado de acordo com o nível de ensino, por exemplo, o ensino de classificação dos seres vivos, de Sistemática e de Taxonomia geralmente ocorre na etapa do 2º ano do Ensino Médio, e os conteúdos evolutivos e o processo de especiação ficam reservados ao 3º ano. Desse modo, é fácil observar que o conceito de espécie poderá estar presente em etapas distintas do Ensino de Biologia. Essa característica permite que os conceitos de espécies possam ser abordados com diferentes níveis de complexidade nos livros didáticos, apresentando abordagens que se complementem para cada nível de ensino.

As pesquisas que se dedicaram ao estudo do conceito de espécie apontam para a apresentação poucos conceitos (SHOME, 2012) ou ainda para a ideia de que espécies representam entidades fixas, com uma única definição (NYLÉHN;

ØDEGAARD, 2018). Entretanto, o conceito de espécie é central na Biologia, sendo amplamente discutido pela Ciência e pela Filosofia da Biologia, como em Mayden (1997), Wilkins (2000) e Zachos (2016); dessa maneira, contrastam-se os resultados das poucas pesquisas dedicadas a estudar o conteúdo nos livros didáticos. Possivelmente, a abordagem do conceito de espécie nas obras didáticas, tal como é destacado pelas pesquisas, ocorra por conta de uma demora na transposição desse saber para os livros didáticos; a transposição didática é uma ferramenta que possibilita analisar a passagem do saber sábio (dos cientistas) para o saber a ensinar (escolar, o mesmo presente nos livros didáticos) e, por meio deste, ao saber ensinado (que acontece em sala de aula). Essa passagem do saber sábio ao saber ensinado entende-se como um processo de transformação dos conhecimentos (MENDES, 2011). A transposição didática é um instrumento teórico divulgado por Chevallard (1991) a partir da idealização de Verret (1975).

Considerando a necessidade de os conhecimentos biológicos precisarem passar pelo processo de transposição didática para estarem adequados ao público a que eles se destinam, que são os estudantes da etapa do Ensino Médio, a temática do conceito de espécie também sofre a transformação enquanto saber sábio para o saber a ensinar e, posteriormente, em saber ensinado.

De acordo com Mendes (2011), a abordagem dos conteúdos fundamentada na História e Filosofia da Ciência auxilia na transposição didática dos conceitos, pois ela fornece elementos para a reflexão crítica do Ensino de Ciências, e, portanto, da Biologia. Dessa maneira, seria necessário, como afirma Servat (2014), voltarmos para o passado e entrar no mundo do pesquisador. Assim, o estudante tem a oportunidade de superar a visão idealista da ciência, compreendendo como os fatores sociais, econômicos e culturais influenciam a pesquisa científica e rompem com a ideia de neutralidade da ciência. Diante dessas perspectivas, esse movimento nos ajudaria a compreender o motivo de as espécies serem apresentadas como uma forma fixa, com uma única definição (NYLÉHN; ØDEGAARD, 2018), ou, ainda, entender o porquê de determinados conceitos de espécies serem mais aplicáveis a organismos sexuais e nem tanto a organismos assexuais, ou porque certos conceitos de espécies são mais teóricos e outros tendem a serem mais práticos, como já apontado em Mayden (1997) e reafirmado em Zachos (2016), por exemplo.

Possivelmente, a resistência em considerar-se a Ciência como resultado de processos históricos, dinâmica, hipotética e sujeita a modificações, tal como aponta

Servat (2014), pode ser o principal motivo de o conceito de espécies ainda ser abordado, como apontado nas pesquisas, por meio de uma única definição.

Encerramos o segundo capítulo, no qual foram abordados o livro didático, suas facetas históricas, bem como o que esse recurso representa para o Ensino de Biologia. No próximo capítulo, buscamos representar os aspectos metodológicos que foram a base para o desenvolvimento de nossa pesquisa.

CAPÍTULO 3

ASPECTOS METODOLÓGICOS E O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Neste capítulo serão abordados aspectos da metodologia e do desenvolvimento da análise dos dados da pesquisa; abordaremos ainda a natureza, o problema, a questão e a hipótese da pesquisa. Além disso, apresentar-se-ão nossas fontes, instrumentos e contexto da pesquisa, bem como o processo de organização e análise das informações e as etapas e os passos da análise dos livros didáticos. Por último, apresentamos o guia de conceitos de espécie desenvolvido para a análise dos livros didáticos.

3.1 A natureza da metodologia utilizada na pesquisa

A pesquisa desenvolvida é de ordem qualitativa, característica que possui importância no campo de estudo das Ciências Sociais e Humanas (DESLANDES; GOMES; MINAYO, 2009).

Os dados de nossa pesquisa constituíram-se da análise dos livros didáticos, sendo essa conduzida com o referencial da análise de conteúdo, que é uma dentre muitas possibilidades de tratamento do *corpus* extraído dos documentos da pesquisa (BAUER; GASKELL, 2002). Por fim, a pesquisa compreende-se como um *estudo epistemológico*, pois os julgamentos envolvidos na análise e os resultados estão relacionados ao olhar do investigador, que, por sua vez, está inserido em uma esfera de conhecimento particular (FRANZOLIN; BIZZO, 2007). Dessa forma, o olhar do pesquisador possui importância significativa na apreensão dos resultados.

A análise de conteúdo constitui um conjunto de técnicas de análise das comunicações, objetivando, sobretudo, sua interpretação. Por meio da análise de conteúdo é possível enriquecer a exploração do material investigado, provocando o aumento das possibilidades de descoberta. As hipóteses, na forma de questões ou de afirmações provisórias, têm a função de direção, conduzindo para o método de análise que culminará na confirmação ou na invalidação de tais afirmações (BARDIN, 1977).

Na análise de conteúdo, os objetivos a serem alcançados dependem do tipo de fala, isto é, dos materiais que o pesquisador vai analisar e do tipo de interpretação que

será feita, como aponta Bardin (1977). Portanto, trata-se de técnica que precisa ser reinventada a cada momento; essa reinvenção se faz necessária, pois os documentos a serem analisados podem ser diferentes, da mesma forma que os procedimentos a serem adotados variam de pesquisador para pesquisador.

Em um primeiro momento, o tratamento que o pesquisador emprega nas informações contidas nas mensagens pode consistir em uma classificação sistemática dos dados, organizando as informações em determinadas categorias, que recebem os fragmentos das mensagens.

O próximo passo é a inferência, na qual o pesquisador deve tirar proveito do tratamento das mensagens que manipula, inferindo conhecimentos, por exemplo, sobre o emissor das mensagens ou sobre o meio em elas estavam inseridas.

Por fim, a interpretação dos dados que foram trabalhados na investigação consiste na última etapa, resumindo-se na formação de significação a ser produzida para as categorias organizadas, ainda no primeiro momento.

De acordo com Bardin (1977), a análise de conteúdo consta de três etapas e organizam-se em torno de três polos cronológicos: (i) pré-análise; (ii) exploração do material; e (iii) tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

A primeira fase é a pré-análise, que corresponde à etapa da organização; equivale a um período de intuições que objetivam tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, conduzindo a um esquema preciso das operações que se seguirão. A pré-análise possui três missões: (i) escolha dos documentos; (ii) formulação das hipóteses e objetivos; e (iii) elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final.

A segunda fase é a exploração do material, que se fundamenta na administração sistemática das decisões tomadas. Uma fase longa e cansativa, que consiste em operações de codificação, desconto ou enumeração, em função de regras previamente formuladas.

A terceira fase são o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Os resultados brutos são tratados de maneira a serem significativos (falantes) e válidos (BARDIN, 1977). O Quadro 2 resume as etapas de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, que, posteriormente, foram discutidas detalhadamente.

Etapas	Atividades
Pré-análise	Escolha do material didático
	Determinação do problema, da questão de pesquisa
	Fundamentação teórica e demais trabalhos
Exploração do material	Leitura integral dos capítulos selecionados no recorte da pesquisa e dos trechos selecionados do manual do professor
	Investigar o conteúdo dos seguintes capítulos: Classificação dos seres vivos Evolução; Ecologia e Genética e o manual do professor
	Identificação e registro do conteúdo de conceito de espécies;
Tratamento das informações	Contraposição dos conceitos de espécies da literatura com os conceitos identificados no livro didático, a partir do Guia de Conceitos de Espécies;
	Análise de dados
	Formulação de categorias <i>a priori</i> e <i>a posteriori</i>

Quadro 2. Sequência de atividades de análise de conteúdo
Fonte: o autor

Com base no quadro acima, verificam-se as etapas em que foi organizado o desenvolvimento de nossa pesquisa, de acordo com os pressupostos da análise de conteúdo.

3.2 A questão de pesquisa, os objetivos e as hipóteses

A presente pesquisa buscou responder ao seguinte questionamento: *como é(são) abordado(s) o(s) conceito(s) de espécie(s) nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio aprovados pelo PNL D/2018?*

Para responder ao questionamento estabeleceu-se como objetivo geral *analisar o(s) conceito(s) de espécie(s) nos livros didáticos e seu respectivo manual do professor de Biologia aprovados no PNL D do ano de 2018* e, como objetivos específicos: i) identificar os conceitos de espécies abordados nos livros didáticos de biologia investigados; ii) identificar o posicionamento implícito ou explícito dos autores de cada coleção quanto ao conceito de espécie adotado, bem como a escola taxonômica; e iii) identificar propostas de ensino e atividades relacionadas aos conceitos de espécies no manual do professor de cada livro didático analisado.

No projeto de pesquisa elencamos, inicialmente, três hipóteses como possíveis resultados esperados, que eram: i) encontrar livros didáticos que abordassem os conceitos tradicionais de espécies, como os conceitos tipológico, fenético e o biológico; ii) encontrar livros didáticos que apresentassem os conceitos de espécies apenas para descrever os organismos apresentados nos conteúdos ao

longo do corpo do texto; e iii) encontrar nos manuais do professor atividades com propostas de ensino para o conceito de espécie.

3.3 As fontes e o contexto da coleta de informações

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados livros didáticos de Biologia aprovados no PNLD/2018 (BRASIL, 2017) que estão sendo utilizados por alunos e professores em escolas públicas de todo o Brasil durante o triênio 2018-2020. No Quadro 3 são apresentados os títulos das coleções e as informações relacionadas a cada uma. Todas as coleções são organizadas em três volumes, isto é, um livro para cada ano do Ensino Médio.

Coleção		Autores	Editora	Edição	Ano
C1	Biologia	Vivian L. Mendonça	AJS	3 ^a	2016
C2	Bio	Sônia Lopes; Sergio Rosso	Saraiva	3 ^a	2016
C3	#contato Biologia	Marcela Ogo; Leandro Godoy	Quinteto	1 ^a	2016
C4	Biologia - Unidade e diversidade	José Arnaldo Favaretto	FTD	1 ^a	2016
C5	Biologia	César da Silva Júnior; Sezar Sasson; Nelson Calдини Júnior	Saraiva	12 ^a	2016
C6	Ser protagonista – Biologia	Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM.	SM	3 ^a	2016
C7	Biologia Hoje	Sérgio Linhares; Fernando Gewandszajder; Helena Pacca	Ática	3 ^a	2016
C8	Biologia Moderna - Amabis & Martho	José Mariano Amabis; Gilberto Rodrigues Martho	Moderna	1 ^a	2016
C9	Conexões com a Biologia	Miguel Thompson; Eloci Peres Rio	Moderna	2 ^a	2016
C10	Biologia Novas Bases	Nélio Bizzo	IBEP	1 ^a	2016

Quadro 3. Coleções analisadas
Fonte: informações das fichas catalográficas das respectivas coleções

A escolha dos livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD/2018 orientou-se pela ampla utilização do recurso didático por alunos e professores em sala de aula de escolas públicas brasileiras. Foram investigadas as obras de Biologia do 2^o e 3^o ano do Ensino Médio de nove das dez coleções aprovadas pelo

PNLD/2018, obtidas por meio de doações e empréstimos. Apenas uma coleção²⁶ foi investigada exclusivamente em meio virtual, por meio do acesso ao livro digital pela *Internet*.

Buscaram-se, nos livros didáticos de cada ano, as unidades que abordavam as temáticas de classificação dos seres vivos, Genética, Evolução e Ecologia. Dentro de cada uma dessas unidades foram selecionados os capítulos que abordavam os conteúdos de classificação dos seres vivos, Sistemática, Taxonomia, conceito de espécie e especiação.

No manual do professor foram investigadas as seções que correspondiam às mesmas unidades e aos capítulos selecionados para a análise nos livros didáticos. Buscamos por propostas de atividades, listas de conceitos de espécies e comentários que poderiam servir de suporte ao professor ao ministrar suas aulas.

O livro didático para o 1º ano do Ensino Médio não pertence ao recorte de nossa pesquisa, pois os conteúdos abordados no volume para o 1º ano geralmente são: Introdução à Biologia, Bioquímica, Citologia, Reprodução e Embriologia. Conteúdos em que, de modo geral, não é abordado o conceito de espécie.

3.4 Processo de organização e análise dos livros didáticos

Foi realizada uma pré-análise nos livros didáticos que faziam parte de nosso recorte de pesquisa, ainda no segundo semestre de 2017, proporcionando a conclusão de que o conceito biológico de espécie é o conceito mais abordado nos livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio; os resultados dessa primeira análise encontram-se publicados na forma de resumo em evento²⁷. Nesse trabalho, realizamos o primeiro olhar para as dez coleções de Biologia que, naquele momento, eram disponibilizadas em plataforma digital, no site das editoras responsáveis pela publicação; o período compreendia a época de seleção do livro didático pelos professores de Biologia. Foi feita a investigação no livro didático para o 2º ano do Ensino Médio, pois, geralmente, é o volume que aborda o conteúdo de

²⁶A coleção analisada por meio do livro digital está disponível em: <<http://fliphtml5.com/tlcm/jdgt>> (volume do 2º ano) e <<http://fliphtml5.com/tlcm/eiod>> (volume do 3º ano).

²⁷SILVA, Luciano Neves. Os Conceitos de Espécies abordados em Livros Didáticos de Biologia. **Anais**. Simpósio Nacional de Educação, XXVII Semana da Pedagogia e I Mostra da Pós-Graduação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel. Disponível em: <<https://midas.unioeste.br/sgev/eventos/visimposicionacionaldeeducacao/anais>>. Acesso em: 10 set. 2019.

Classificação dos seres vivos. Essa primeira etapa contribuiu para consolidar os objetivos de nossa pesquisa de mestrado.

Para conduzir o olhar do pesquisador para o(s) conceito(s) de espécie nos livros didáticos, foi elaborado um Guia de Conceitos de Espécie descritos na literatura acadêmica, que resume os critérios básicos para a identificação de espécies.

O Guia foi elaborado com base na fundamentação teórica estabelecida nos momentos iniciais da pesquisa; adotou-se a concepção geral de sete conceitos, pois é sabido que muitos sobrepõem-se e possuem relativa proximidade em seu corpo teórico.

Dessa maneira, os conceitos escolhidos representam agrupamentos básicos de conceitos de espécie, nos quais seria possível agrupar pensamentos taxonômicos diferentes e conceitos de espécies que abarcam tanto organismos sexuados como assexuados. Os conceitos estão ordenados em ordem alfabética.

Nosso Guia de Conceitos de Espécie (Quadro 4) é uma síntese dos conceitos de espécie que definimos *a priori* para guiar nosso olhar. No entanto, ficamos abertos à possibilidade de novos conceitos de espécies serem encontrados a partir da análise dos dados.

Durante o desenvolvimento da análise considerou-se também o conteúdo de espécies presentes nos livros didáticos para o 3º ano de cada coleção. Como foi realizada a análise em dez coleções, logo foram analisados dez livros didáticos do 2º e 3º anos do Ensino Médio, totalizando vinte livros didáticos investigados.

Nos livros para o 2º ano analisados foi realizada a leitura do capítulo que aborda a organização dos seres vivos e sua classificação. Esse capítulo permite que ao estudante ter contato com alguns princípios de classificação por meio da abordagem de conteúdos de Sistemática e Taxonomia, sendo apresentadas explicações do significado e a aplicação do “conceito de espécie”. Foram consideradas também as possíveis menções às escolas taxonômicas e sua influência na adoção, de modo especial, de algum conceito de espécie ou vice-versa.

Nos livros didáticos para o 3º ano foram lidos os capítulos que abordam a temática da evolução, da especiação e do(s) conceito(s) de espécie(s), Ecologia e Genética. Nesses capítulos investigaram-se quais conceitos de espécies são apresentados, se o processo de especiação apresentado refletia a teoria de um conceito de espécie de modo especial e se existia menção ou apresentação de

Conceitos	Agamospecífico	Biológico	Ecológico	Evolutivo	Filogenético	Genético	Morfológico
Definição	Agamospécies são uma população apomítica em que seus constituintes devem ser considerados como possuidores de origem comum, quando são analisados por critérios morfológicos, citológicos ou outros (TURESSON, 1929)	Espécies biológicas são grupos de populações naturais que se reproduzem real ou potencialmente e são reprodutivamente isolados de outros grupos (ORR, 2004)	Uma linhagem (ou um conjunto estreitamente relacionado de linhagens) que ocupa uma zona adaptativa minimamente diferente daquela de qualquer outra linhagem em seu alcance e que evolui separadamente de todas as linhagens fora de seu alcance (VAN VALEN, 1976)	Uma espécie evolutiva é uma entidade composta de organismos que mantêm sua identidade de outras entidades através do tempo e do espaço e que têm seu próprio destino evolutivo independente e tendências históricas (WILEY; MAYDEN, 2000)	Espécies são a menor agregação de populações (sexuais) ou linhagens (assexuais) diagnosticáveis por uma única combinação de estados de caracteres (WHEELER; PLATNICK, 2000)	Populações mendelianas são uma comunidade reprodutiva de indivíduos sexuais e de fertilização cruzada que compartilham um mesmo conjunto genético (<i>pool</i> genético) (DOBZHANSKY, 1950)	Espécies são os menores grupos consistente e persistentemente distintos e distinguíveis por meios comuns. (CRONQUIST, 1978)
Palavras-Chave	<ul style="list-style-type: none"> - Linhagens assexuadas - Organismos uniparentais - População apomítica - Ecoespécies - Microespécies 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolamento reprodutivo por alopatria - Deriva genética - Populações simpátricas - Comunidades de populações - Subespécies 	<ul style="list-style-type: none"> - Linhagens - Zona adaptativa - Pode ocorrer táxon sem espécies - Diagnóstico - Reprodutivamente isolados 	<ul style="list-style-type: none"> - Continuidade reprodutiva - Descontinuidade reprodutiva - Táxons reais e artificiais - Entidades tocogenéticas - Destino evolutivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Processos biológicos - Processos filogenéticos - Processos evolutivos - Análise cladística - Caracteres observáveis - Ancestralidade comum 	<ul style="list-style-type: none"> - Reservatórios gênicos (<i>pool</i> gênico) - Populações mendelianas - Isolamento reprodutivo - Isolamento genético - Conjuntos gênicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico - Meio comum - Populações alopátricas - Distinção morfológica - Espécies sexuais e assexuais

continua

continuação

<p>Crítérios</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico por morfologia ou cromossomos - Híbridos são férteis - Isolamento reprodutivo não é limite entre indivíduos - Complexo de espécies mantidas por reprodução assexuada - Apomixia: manutenção de novos genótipos 	<ul style="list-style-type: none"> - Unidade de espécies inclui populações alopátricas: aceita o conceito de subespécie - Espécies como táxons terminais podem ser usadas em análises filogenéticas e biogeográficas - Não fornece informações históricas precisas - Raramente aceita fluxo gênico entre espécies (híbridos) - Populações reprodutivas isoladas: espécies separadas - Cruzamento potencial de populações alopátricas é necessária para o status de espécies - Não estima tempo de origem 	<ul style="list-style-type: none"> - Indivíduos diagnosticamente distintos de outra linhagem - Ocasionalmente reprodutivamente e isolados - Isolamento reprodutivo de populações alopátricas: não é importante - Fluxo gênico: depende se é alopátrico ou simpátrico - Fatores da densidade populacional 	<ul style="list-style-type: none"> - Populações: espécies biologicamente significativas - Populações potencialmente intercruzantes e isoladas de grupos - Altamente preciso - Podem existir táxons reais - Podem existir táxons superficiais - Espécies compartilham autapomorfia - Reprodutivamente isoladas - Compartilham sistema específico de reconhecimento de parceiros (SERP) - Agrupamentos diagnosticáveis 	<ul style="list-style-type: none"> - Populações diagnosticamente distintas: espécies separadas - Não aceita subespécies - Espécies: táxons terminais - Informações históricas precisas - Populações reprodutivamente isoladas: espécies - Populações hibridizantes, diagnosticamente distintas: status espécie - Espécies: táxons terminais - Táxons devem ser monofiléticos 	<ul style="list-style-type: none"> - Populações diagnosticamente distintas: espécies-irmãs - Subespécies: definidas geneticamente - Espécies: táxons terminais - Fluxo gênico entre espécies - Informações históricas precisas - Populações reprodutivamente isoladas: espécies - Populações hibridizantes: status espécies (se houver <i>pools</i> gênicos protegidos) - Cruzamento de populações alopátricas: DNA nuclear e mitocondrial - Determina tempo de origem 	<ul style="list-style-type: none"> - Aceita subespécies - Não fornece informações históricas - Populações reprodutivamente isoladas são espécies separadas - Status de espécies importante pelo cruzamento de populações alopátricas: sim, pela divergência morfológica - Tempo de origem se houver fósseis - Fluxo gênico entre espécies: não direto - Difícil de reconhecer espécies híbridas
<p>Classificação</p>	<p>Prático</p>	<p>Prático</p>	<p>Prático</p>	<p>Teórico</p>	<p>Prático</p>	<p>Prático</p>	<p>Prático</p>

Quadro 4. Guia de Conceitos de Espécie para análise dos livros didáticos
 Fonte: o autor, com base na bibliografia básica para os conceitos de espécies

conceitos de espécies alternativos ao conceito assumido no livro didático (quando fosse o caso).

Os anexos destinados às orientações referentes aos livros para o professor recebem diferentes nomes, conforme a editora: “manual do professor”, “orientações para o professor” e “suplemento para o professor”. Na discussão deste trabalho, adotamos o termo “manual do professor” para fazer referência a esses anexos.

Nesses espaços aprovados pelo PNLD/2018 são apresentados os documentos e legislações nacionais que fundamentam o Ensino Médio e os conteúdos biológicos indicados para cada ano escolar da etapa de ensino. Além disso, são expostos os conteúdos e suas peculiaridades, indicações de *sítes* para pesquisa, livros, obras de referência, filmes e outros recursos. Também são encontrados trechos de artigos científicos publicados que fundamentam a discussão de um tópico em questão.

Nos manuais do professor foram lidos os tópicos que abordavam os mesmos conteúdos investigados no livro didático; por exemplo, para os manuais do professor dos livros do 2º ano foram analisados os textos relacionados à classificação dos seres vivos, à Sistemática e à Taxonomia. Nos manuais do professor dos livros do 3º ano foram analisados os textos relacionados às temáticas de Evolução, Ecologia e Genética, especiação e conceito de espécie. Buscaram-se a presença de conceitos de espécie alternativos e sugestões de trabalho com os alunos e as possíveis implicações da abordagem do conceito de espécie para a compreensão da diversidade da vida na Terra.

A leitura flutuante²⁸ permitiu as primeiras impressões acerca do conteúdo de conceito de espécie, suas definições e funções. Posteriormente, foi realizada a leitura integral (leitura exploratória) de cada livro.

Os capítulos dos livros didáticos para os 2º e 3º anos e o manual do professor dos respectivos livros foram submetidos à análise categórica de conteúdo, conforme os pressupostos elencados por Bardin (1977).

Os textos foram organizados em unidades de registro, que constituem os dados brutos obtidos. Em seguida, as unidades de registro foram organizadas em

²⁸A leitura flutuante é a primeira atividade a ser realizada na etapa da pré-análise. Esse tipo de leitura busca promover o contato com os documentos a serem analisados, bem como conhecer o texto. Recebe esse nome por analogia ao trabalho do psicanalista (BARDIN, 1977).

categorias que agruparam trechos dos conteúdos que possuem características semelhantes (BARDIN, 1977).

Esses trechos agrupados foram confrontados com os conceitos estabelecidos *a priori* do Guia de Conceitos de Espécie. Entretanto, permanecemos abertos para identificar novos conceitos que eventualmente fossem encontrados nos livros didáticos. A partir dessa análise, os dados foram organizados nas seguintes categorias:

- i) “posicionamento do(s) autor(es) em relação à delimitação de um conceito de espécie no livro”, em que inserimos as menções às escolas taxonômicas e ao conceito de espécie;
- ii) “tipos de conceitos de espécies apresentados”, sendo inseridos nessa categoria os textos selecionados de conceitos de espécies que são apresentados nos livros didáticos;
- iii) “propostas de ensino ou atividades relativas ao conceito de espécie nos livros analisados”.

Cada uma das categorias foi organizada em subcategorias que emergiram dos dados analisados, conforme será discutido nos resultados.

Na análise dos dados, as coleções são representadas pela letra **Cn**, em que o **n** representa o número de referência a essa coleção, por exemplo: C1, C2 etc. Para referirmo-nos à série a que o livro didático é destinado, utilizamos o índice **Cmnn**, exemplos: a) livro do 2º ano da coleção 3: C3v2; b) livro do 3º ano da coleção 7: C7v3. Quando nos referimos ao manual do professor, utilizamos o índice **CmnnMP**; por exemplo, se estamos discutindo o manual do professor do livro do 2º ano da coleção 1, usamos a representação C1v2MP, como ilustramos na figura a seguir.

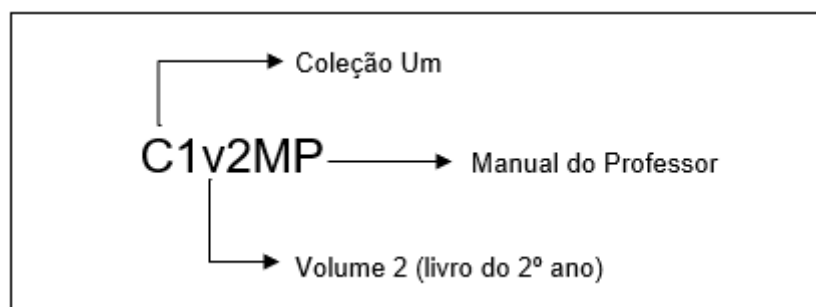


Figura 1: Esquema do índice utilizado para representar as coleções e suas unidades analisadas.
Fonte: o autor

No próximo capítulo, apresentamos os resultados e a análise dos dados obtidos a partir dos livros didáticos e do manual do professor.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO DOS LIVROS DIDÁTICOS

Analisamos a presença dos diferentes conceitos de espécie em dez coleções de livros didáticos, especificamente os livros dos 2º e 3º anos do Ensino Médio e seus respectivos materiais de apoio, anexos a esses livros, destinados ao professor, que são comumente denominados manual do professor.

Organizamos a análise apresentada aqui em três categorias: (i) posicionamento do(s) autor(es) em relação à delimitação de um conceito de espécie no livro; (ii) tipos de conceitos de espécie apresentados; (iii) propostas de ensino ou atividades relativas ao conceito de espécie nos livros analisados. Essas categorias e suas subcategorias são discutidas a seguir.

A temática de investigação nos livros didáticos de Biologia escolhida foi o “conceito de espécies”, que é um dos grandes desafios da Biologia, e sua compreensão, definição e estruturação, tanto de seu *status* ontológico como de sua aplicação aos organismos no ambiente. Tais conceitos podem definir os rumos que tomarão, por exemplo, a preservação da biodiversidade, a estimativa de organismos vivos no planeta, a compreensão da evolução da vida no planeta, entre outros aspectos que dizem respeito não apenas ao campo biológico, mas que também perpassam a filosofia e a epistemologia, conduzindo o estudante a uma profunda reflexão, ampliação da visão e entendimento da realidade em que vive, assim como de seu passado e as perspectivas para o futuro da vida no planeta.

4.1. Categoria 1: posicionamento do(s) autor(es) em relação à delimitação de um conceito de espécie no livro

A Figura 2 reflete a análise realizada nos livros didáticos e sintetiza as subcategorias elaboradas a partir da categoria 1, que identifica o posicionamento dos autores dos livros didáticos. A categoria 1 está organizada em três subcategorias estabelecidas para ordenar os dados. Enquanto a figura apresenta a missão de situar o leitor ao que será apresentado, o quadro que será exibido em seguida possui uma função mais explicativa, trazendo maior quantidade de detalhes.

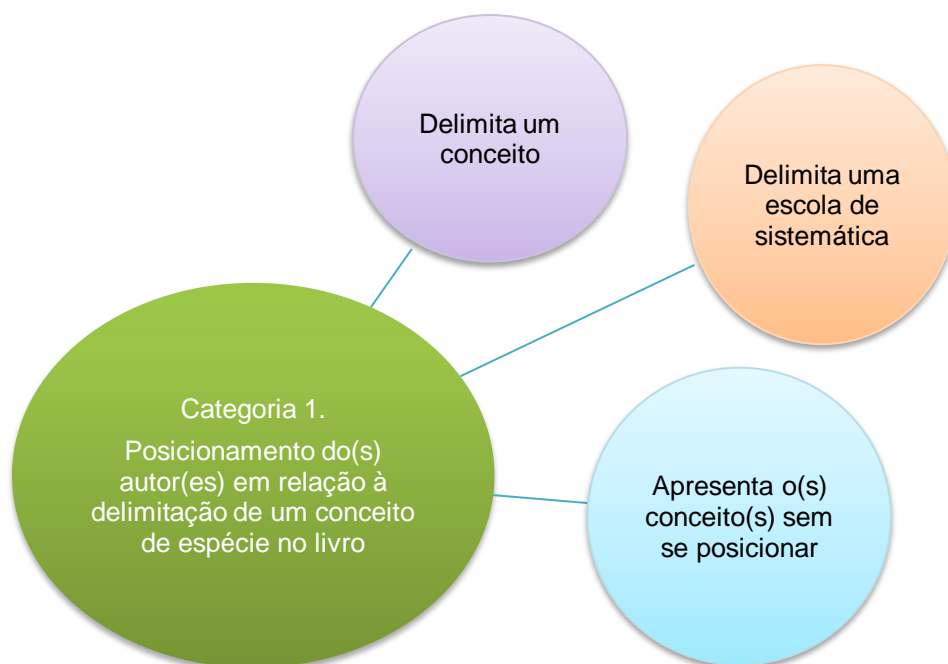


Figura 2: Síntese das subcategorias elaboradas a partir da sistematização dos dados organizados na categoria 1.
Fonte: o autor

Todos os livros apresentam um ou mais conceitos de espécie de maneira explícita. No entanto, apenas em alguns existe uma tomada de posicionamento do(s) autor(es) em relação aos conceitos apresentados, assumindo um conceito como mais adequado pedagogicamente ou mais amplo para sua utilização. Outros livros não assumem um conceito de espécie, mas indicam uma escola sistemática na qual organizam seus conceitos. Outros ainda explicitam diferentes conceitos de espécies, mas não assumem um posicionamento. Dessa forma, quanto ao posicionamento dos autores (categoria 1), temos três subcategorias: 1.1 delimita um conceito; 1.2 delimita uma escola de sistemática; 1.3 apresenta o(s) conceito(s) sem se posicionar. O Quadro 5 apresenta as subcategorias, os livros e os exemplos de fragmentos de texto que os representam.

Categoria 1: Posicionamento do(s) autor(es) em relação à delimitação de um conceito de espécie no livro		
Subcategorias	Coleções	Unidades de registro (exemplos de fragmentos)
1.1. Delimita um conceito	C3, C6	“Nesta coleção, mostramos e adotamos o conceito biológico, em virtude de sua abrangência e caráter mais didático para esse nível de ensino” (C3v2, p. 311).
1.2. Delimita uma escola de sistemática	C2	“Neste livro, optamos por estudar os seres vivos de acordo com os princípios da sistemática filogenética. Por isso, vamos apresentar alguns conceitos básicos importantes para a compreensão desse tema” (C2v2, p.14).
1.3. Apresenta o(s) conceito(s) sem se posicionar	C1, C4, C5, C7, C8, C9, C10	“A definição clássica define espécie como um conjunto de seres vivos semelhantes que podem se cruzar na natureza, originando descendentes férteis” (C4v2, p. 14).

Quadro 5. Síntese dos resultados organizados quanto à existência do posicionamento do(s) autor(es) dos livros didáticos de Biologia em relação à delimitação de um conceito de espécie.
Fonte: coleções analisadas

Feita as apresentações iniciais e mostrando a síntese dos resultados da categoria 1, por meio da figura e do quadro, apresentamos, a seguir, os dados seguidos das discussões.

4.1.1 Subcategoria 1.1: delimita um conceito

Em relação ao posicionamento do(s) autor(es) a respeito do conceito de espécie, dentre as dez coleções analisadas (do total de vinte livros e vinte manuais do professor) encontramos em duas uma posição explícita. Nessas, o posicionamento quanto ao conceito de espécie adotado no livro didático ocorre em dois livros para o 2º ano.

O primeiro posicionamento, no livro C3v2, é crítico e aponta que o estudante pode buscar alternativas de definição de conceito de espécie em relação ao apresentado no livro. Indica-se que as definições apresentadas “[...] não devem ser as únicas consideradas na definição de uma espécie [...]” (p. 15).

No manual do professor também foi destacado que, em virtude da abrangência e do caráter didático para o Ensino Médio, o conceito biológico foi apresentado e adotado na coleção (C3v2MP, p. 311). No livro para o professor foi encontrada uma nota destacando que há outras explicações de conceitos de espécie (C3v2MP, p. 15). Desse modo, o professor pode buscar conhecer outras maneiras possíveis de definir os organismos vivos a partir do conceito de espécie.

No livro C3v2 afirma-se que o conceito biológico é abrangente e apresenta caráter didático para a etapa do Ensino Médio (p. 311).

O segundo posicionamento quanto ao conceito de espécie identificado nos livros analisados foi no livro C6v2, sendo localizado um subtópico específico para apresentar o conteúdo do conceito de espécie. Provavelmente, a presença desse tópico e a abordagem de um conceito de espécie determinado conduzem à necessidade premente de explicar que existem outros conceitos de espécie, igualmente válidos e adotados pelos cientistas.

O livro C6v2 não aponta muitas dicas sobre motivo da adoção do conceito biológico, mas afirma que será o conceito adotado (C6v2, p. 15). A indicação do conceito biológico de espécie era esperada, uma vez que esse tem sido considerado amplamente difundido na Biologia (MAYR, 2000b; CRACRAFT, 1987) e em seu ensino. É um conceito que organiza uma parte dos conteúdos biológicos, principalmente a delimitação do conceito de espécie nos animais, pois foi adotado amplamente pelos zoólogos (MAYR, 2000b). É possível ressaltar que tal posicionamento só pode ocorrer havendo o conhecimento da existência de outros conceitos de espécie e ao considerar que o tema possui importância para o desenvolvimento da explicação da diversidade biológica por meio da caracterização e da identificação dos organismos vivos. O posicionamento descrito no livro é que “Embora existem muitos outros conceitos de espécie, o conceito biológico será aquele adotado neste livro” (C6v2, p. 15).

Considerando que o conceito de espécie gerou um dos maiores debates no campo da História Natural, da Filosofia e da Biologia, como afirma González (2018), é coerente o posicionamento quanto à decisão de se adotar determinado conceito de espécie no livro didático.

A espécie entendida como entidade taxonômica produz o efeito de estabelecer o limite entre os processos microevolutivos, nos quais predominam as relações toco genéticas e os processos macroevolutivos, que são próprios das relações filogenéticas interespecíficas, como afirma González (2018). Dessa maneira, a aplicação de um conceito ou de outro de espécie pode apresentar efeitos imediatos e complexos na forma de estudar os processos de especiação. Assim, o posicionamento encontrado nos livros didáticos ocorre para explicar a decisão de adotar o conceito biológico; logo, a abordagem dos conteúdos pode enfatizar a

necessidade de intercruzamento entre os organismos da mesma espécie, além do isolamento reprodutivo dos organismos de uma espécie em relação às demais.

O estudo do conceito biológico, como aponta Mayr (1940), mostra-se uma excelente maneira de descrição do processo de especiação, contribuindo para o entendimento do que é uma espécie.

4.1.2 Subcategoria 1.2: delimita uma escola de sistemática

Em relação ao posicionamento do(s) autor(es) quanto à escola de sistemática, encontramos uma posição explícita no livro C2v2. Na publicação em questão, defende-se a utilização de uma escola de sistemática e explica-se que serão estudados os princípios da sistemática filogenética: “Neste livro, optamos por estudar os seres vivos de acordo com os princípios da sistemática filogenética. Por isso, vamos apresentar alguns conceitos básicos importantes para a compreensão desse tema” (C2v2, p. 14).

A sistemática filogenética, também denominada cladística, e suas classificações resultam da reconstrução filogenética *a posteriori*, ou seja, são elaboradas a partir das características que, ao mesmo tempo, permitem agrupar e diferenciar os organismos. Um resultado é, portanto, a análise das características, uma vez que se consegue discriminar quais características são primitivas (ou plesiomórficas), quais derivadas (ou apomórficas), quais estão isentas de homoplasia e quais não, quais são compartilhadas e quais são únicas, exigindo também que para cada característica sejam propostos seus estados ou condições homólogas (PABÓN-MOURA; GONZÁLEZ, 2018).

A sistemática filogenética foi proposta no trabalho de Willi Henning como um método de reconstrução para as relações de parentesco entre espécies e grupos de espécies. De acordo com o pensamento de Henning, todos os táxons da classificação deveriam ser monofiléticos ou, se não houver uma hipótese de monofiletismo, a dúvida deve permanecer expressa na classificação até que se obtenha uma filogenia completa. Henning acreditava que as classificações biológicas deveriam ser um reflexo inequívoco do conhecimento atual sobre as relações de parentesco entre os táxons (AMORIM, 1994).

As hipóteses de relações filogenéticas são expressas na forma de diagramas (cladogramas) que representam eventos sucessivos de ramificação ao longo do tempo, a partir dos quais é extraída a subordinação de certos grupos em outros

grupos. Os cladogramas não apresentam informação direta sobre as distâncias patrísticas,²⁹ ou seja, sobre a menor ou maior divergência estrutural dos grupos (PABÓN-MOURA; GONZÁLEZ, 2018).

A árvore filogenética, dentro da sistemática filogenética, compreende os cladogramas, em que os táxons terminais representam populações, espécies ou grupos de espécies. As relações entre esses grupos indicam afinidade filogenética, ou seja, ancestralidade comum exclusiva. Os eventos de divisão em cada nível correspondem a eventos supostos de especiação e em cada nível da hierarquia corresponde a uma espécie ancestral (AMORIM, 1994).

A Figura 3 apresenta um cladograma em que a relação entre os ramos terminais corresponde apenas a uma suposição de maior relação filogenética, indicada pelas apomorfias compartilhadas entre os ramos.

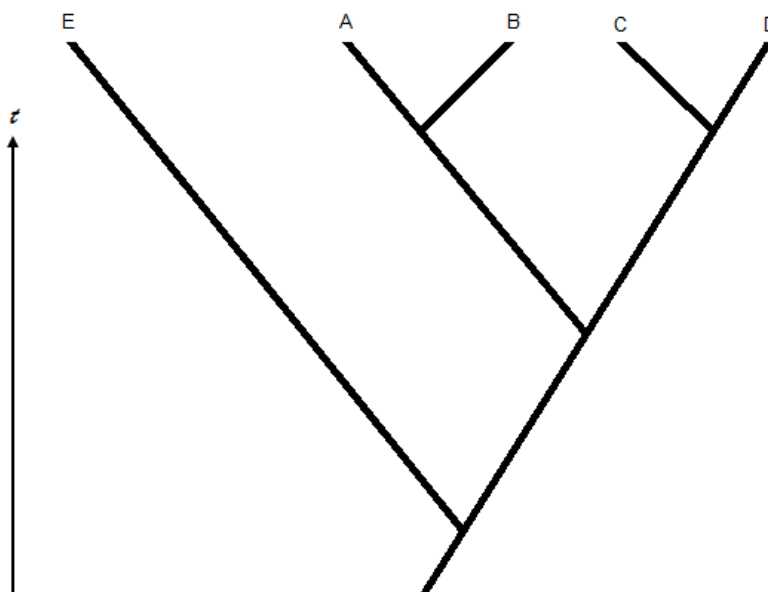


Figura 3: Representação de um cladograma.

O cladograma apresenta a maior quantidade de informação hierárquica, refletida na monofilia de um grupo (A, B, C e D) e dois subgrupos (A e B; C e D). O vetor tempo é representado, enquanto, o vetor para a distância patrística está ausente.

Fonte: baseado em Pabón-Moura e González (2018).

²⁹Distância patrística: é a soma dos comprimentos dos ramos que conectam dois nós de uma árvore filogenética. Podem ser utilizadas para analisar a taxa de mudança genética ou filogenética entre sequências genéticas ou espécies (FOURMENT; GIBBS, 2006).

Na tarefa do sistemata, ou de um zoólogo, botânico ou ainda outro profissional que se dedique à classificação de organismos, geralmente ocorre esse profissional apoiar-se em diversos conceitos de espécies, como apontado em Tibayrenc (2006). Portanto, esse embasamento plural permite o trânsito pelas várias escolas taxonômicas constituídas, efetivando, assim, seu trabalho, que é o de proporcionar classificações biológicas coerentes e concisas nas diferentes áreas biológicas.

Apresentar o conteúdo de seres vivos a partir da sistemática filogenética implica trazer atividades que estimulem a análise e a interpretação de árvores filogenéticas e cladogramas, bem como apresentar as novas propostas de classificação dos seres vivos.

As escolas de sistemática – gradista, fenética e filogenética – têm buscado por um conceito de espécie que seja satisfatório; a escolha pela abordagem da sistemática filogenética pode conduzir à necessidade da apresentação do conceito filogenético de espécie como maneira de enriquecer o conteúdo, o que, desse modo, ilustraria o pensamento exposto no início deste parágrafo, no qual as escolas de sistemática procuram estabelecer um conceito que seja satisfatório com relação às necessidades evidenciadas no trabalho.

As outras duas escolas de sistemática, além da filogenética, que já abordamos, e que fazem parte do grupo das escolas de taxonomia evolutiva, são a escola gradista e a fenética.

A escola gradista elaborava árvores genealógicas, utilizando como vetores o tempo, que é estabelecido geralmente a partir dos registros fósseis, e a distância patristica, que significa a menor ou maior divergência estrutural dos grupos. Nessa escola foram reconhecidos grupos diversos, como os monofiléticos³⁰, os parafiléticos³¹ e os polifiléticos³².

Os grupos de organismos monofiléticos representam os organismos que descendem de um único ancestral e incluem também o próprio ancestral, por exemplo, os répteis. Os grupos parafiléticos incluem membros de um único ancestral, mas, no entanto, nem todos os organismos fazem parte desse grupo, por

³⁰Grupo monofilético: conjunto de espécies constituído por um ancestral comum e todos seus descendentes (RIDLEY, 2007).

³¹Grupo parafiléticos: conjunto de espécies constituído pela espécie ancestral e, algumas, mas não todas, as espécies descendentes do ancestral. As espécies que fazem parte do grupo parafiléticos são aquelas que continuaram semelhantes ao ancestral (RIDLEY, 2007)

³²Grupo polifilético: conjunto de espécies descendentes de mais de um ancestral comum. O ancestral comum mais antigo a todas as espécies do grupo polifilético não é membro do grupo polifilético (RIDLEY, 2007).

exemplo, o grupo dos peixes. Os grupos polifiléticos incluem organismos cujos membros possuem dois ou mais ancestrais (PABÓN-MOURA; GONZÁLEZ, 2018), por exemplo, mamíferos e aves.

A escola taxonômica evolutiva, conhecida como fenética, numérica ou neo-adansoniana, busca incluir na classificação a maior quantidade de características possíveis e atribuir-lhes o mesmo peso, com o objetivo de eliminar qualquer possibilidade de arbitrariedade ou subjetividade. Os métodos da escola fenética apresentam alta carga de operacionalismo, no entanto, mostram um conteúdo praticamente nulo em relação às mudanças evolutivas das características e, ainda, seus agrupamentos são baseados em índices numéricos de semelhanças (PABÓN-MOURA; GONZÁLEZ, 2018).

4.1.3 Subcategoria 1.3: apresenta o(s) conceito(s) sem se posicionar

Nas coleções analisadas, C1, C4, C5, C7, C8, C9 e C10, não foram identificados posicionamentos explícitos quanto à escola taxonômica ou quanto a um determinado conceito de espécie. Portanto, nessa subcategoria, o conceito de espécie é simplesmente apresentado nos livros didáticos.

No livro C1v2, há menção ao desenvolvimento da Sistemática filogenética como uma proposta de classificação dos organismos vivos baseada nas relações evolutivas entre as espécies. Da mesma forma que no livro do C4v2 também se destaca o efeito que a Sistemática filogenética trouxe, como as “[...] as reformulações no conceito de espécie e nas categorias superiores de classificação” (p. 16). Essa mesma forma de abordagem acontece com os outros livros e coleções identificados na subcategoria “apresenta o(s) conceito(s) sem se posicionar”.

Entendemos que o posicionamento quanto à escola de taxonomia, ou quanto ao conceito de espécie, favorece o entendimento da amplitude de tais conteúdos abordados no livro didático, permitindo que o professor ou o estudante levante questionamentos a partir dos conteúdos, objetivando extrair um maior entendimento deles.

Em C10v2MP há a explicação de que o livro em questão “não se filia a uma teoria taxonômica específica”, pretendendo apresentar ao estudante uma ideia das teorias existentes. Entende-se que a publicação deva trabalhar os tópicos necessários para compreender algumas representações adequadas ao aprendizado ao Ensino Médio (p. 319).

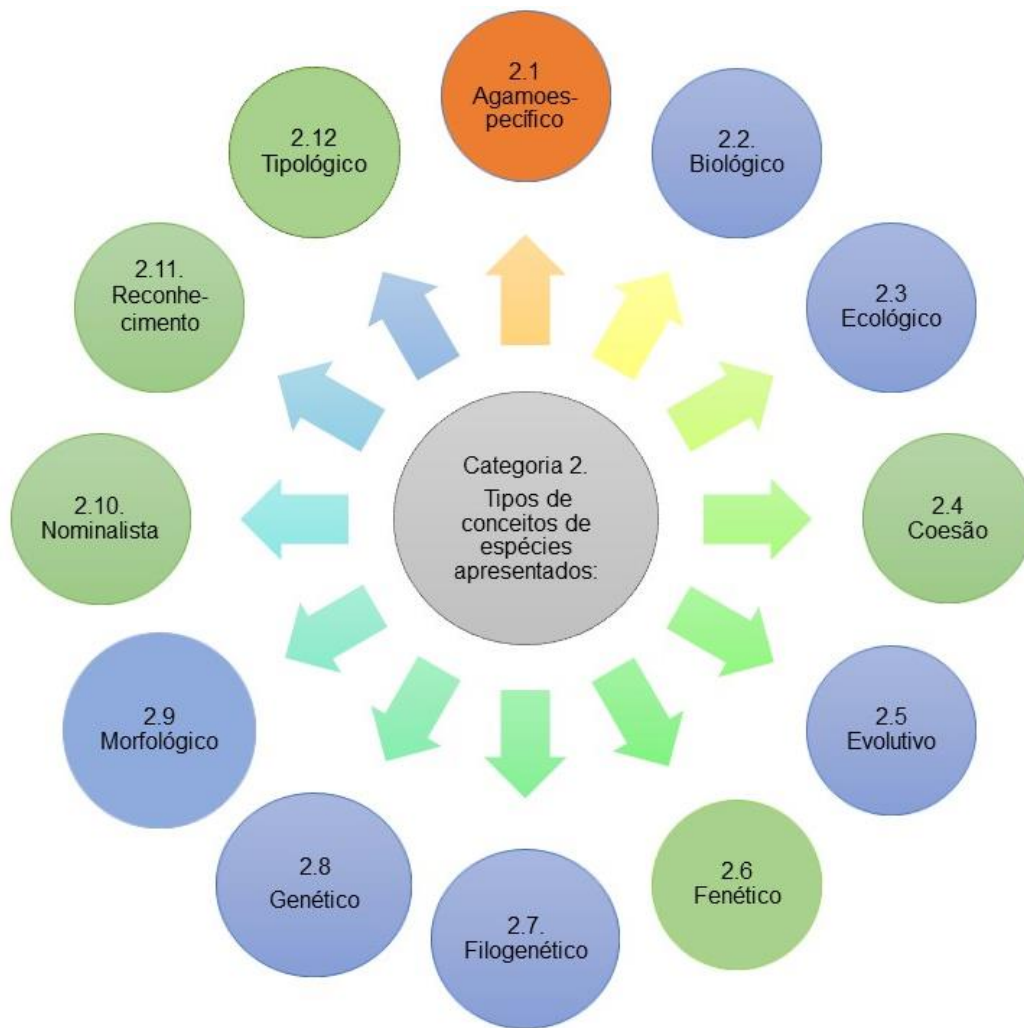
O livro C10v3MP apresenta um esclarecimento: “A coleção não se filia a uma escola específica de pensamento biológico, em detrimento de outras, uma vez que expressa seu compromisso com os consensos da área” (C10v3MP, p. 293).

É certo também que o não posicionamento pode caracterizar uma opção adotada pelos autores, pois podem acreditar que, diante da complexidade da temática, seria mais adequado delimitar o conteúdo, opção que pode não significar descompromisso com o conteúdo em questão, mas apenas enfatizar a necessidade de delimitação do tema. O não posicionamento do(s) autor(es) pode estar ligado ao modelo de ensino para o qual o livro está configurado, sendo geralmente escolas que funcionam em períodos de turnos, e não em período integral. Logo, é considerado o tempo de aula que os professores de Biologia e os estudantes terão para dedicar-se ao conteúdo. Não emitir um posicionamento pode trazer vantagens, ao não vincular-se a um determinado conceito de espécie, possibilitando a abordagem de variados conceitos. No entanto, seria necessário que, pelo menos ao professor, fosse dada alguma referência ou que se tornassem mais explícitas as informações acerca dos conceitos de espécie que permitam refletir o sentido de algo que está em permanente construção, pois pode ocorrer que o próprio professor apresente aos estudantes a ideia de um conceito único e possivelmente pronto e acabado.

4.2 Categoria 2: tipos de conceitos de espécies apresentados

Identificou-se a apresentação do conceito de espécie de modo explícito em todos livros das dez coleções analisadas. Em alguns houve menção a um único conceito de espécie, e, em outros ocorreu a menção de mais de um conceito de espécie (Figura 4).

A apresentação de apenas um conceito de espécie ocorreu mais em livros para o 2º ano; já a apresentação de mais de um conceito geralmente está associada aos livros para o 3º ano, sendo que em apenas um livro para o 2º ano houve menção de mais um conceito de espécie. Essa diferença pode ser parte da organização dos livros didáticos, que apresentam os conteúdos em nível crescente de organização; logo, no 2º ano seria apresentado apenas um conceito, e nos livros para o 3º ano mais de um.



Legenda

- Subcategorias *a priori*
- Subcategorias *a posteriori*
- Subcategoria *a priori* que não foi encontrada

Figura 4: As subcategorias dos conceitos de espécies
Fonte: o autor

Quanto à apresentação de um único conceito de espécie, foi identificado o conceito biológico nos livros C4v2, C5v2, C8v3 e C10v3. Quanto à apresentação de múltiplos conceitos de espécies, identificou-se que são abordados, em sua maioria, nos livros C1v3, C6v3, C7v3 e C9v3. Em C2v2 e C3v2MP ocorreu a apresentação de múltiplos conceitos de espécies.

Houve a apresentação de um único conceito de espécies no livro C6v2 e de múltiplos no C6v3. O Quadro 6 apresenta as subcategorias, os livros e os exemplos de fragmentos de texto que as representam.

Categoria 2: Tipos de conceitos de espécies apresentados		
Subcategorias	Coleções em que aparecem	Unidades de registro (fragmentos dos textos)
2.1 Agamospecífico	Não aparece	Não aparece
2.2 Conceito biológico de espécie	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10	“uma espécie é formada por um grupo de populações capazes de se cruzar e originar filhos férteis, mas que não são capazes de cruzar com outros grupos” (C7v3, p. 141).
2.3 Conceito ecológico de espécie	C3, C9	“a espécie é o conjunto de indivíduos que exploram o mesmo nicho ecológico, pois possuem adaptações para explorar recursos em determinado nicho” (C9v3, p. 351).
2.4 Conceito de espécies de coesão	C9	O conceito de espécies de coesão é apenas citado em uma lista de quatro conceitos de espécies (C9v3, p. 351).
2.5 Conceito evolutivo de espécie	C3, C9	“essa conceituação adicionou uma dimensão evolutiva e a escala de tempo para o conceito biológico de espécie. Diferente do conceito biológico, o conceito evolutivo pode ser aplicado para espécies com reprodução assexuada e sexuada” (C3v2, p. 311).
2.6 Conceito fenético de espécie	C9	“[...] um conjunto de indivíduos feneticamente semelhantes e diferentes de outros conjuntos de indivíduos que compartilham características morfológicas, fisiológicas e moleculares” (C9v3, MP, p. 351).
2.7 Conceito filogenético de espécie	C1, C2, C3, C6, C7	“População ou grupo de populações definidas por uma ou mais condições derivadas, constituindo o menor agrupamento taxonômico reconhecível” (C2v2, p. 16).
2.8 Conceito genético de espécie	C6	“uma população mendeliana pode ser definida como um conjunto de indivíduos que se reproduzem sexualmente e que compartilham um conjunto gênico comum, geralmente legado a seus descendentes” (C6v3, p. 145).

continua

continuação

2.9 Conceito morfológico de espécie	C3	“espécie é caracterizada pela observação do formato de seu corpo e outras estruturas características. Essa conceituação pode ser aplicada em espécies com reprodução assexuada e sexuada” (C3v2, p. 311).
2.10 Conceito nominalista	C9	O conceito nominalista de espécies é apenas citado em uma lista de quatro conceitos de espécie (C9v3, p. 351).
2.11 Conceito de reconhecimento de espécies	C9	O conceito de reconhecimento de espécies é apenas citado em uma lista de quatro conceitos de espécies (C9v3, p. 351).
2.12 Conceito tipológico de espécie	C3, C9	“as espécies são reconhecidas pelos espécimes-tipo, em que se considera uma morfologia ideal para cada espécie” (C3v2, p. 311).

Quadro 6. Conceitos de espécies identificados nos livros didáticos analisados
Fonte: coleções analisadas

Dentre as sete subcategorias *a priori* elaboradas no Guia de Conceitos de Espécies com o objetivo de subsidiar a análise dos dados coletados dos livros didáticos, seis categorias de conceitos apareceram em nossa análise. Apenas a categoria do conceito agamospecífico não foi encontrada nos dados coletados dos livros didáticos, o que pode indicar a não preocupação em exemplificar como acontece a classificação dos organismos unicelulares, que, geralmente, por apresentarem reprodução assexuada, precisam ser classificados por um conceito de espécie alternativo. Nos conteúdos analisados, o conceito agamospecífico (**subcategoria 2.1**) pode atuar para a reflexão a respeito da diversidade de organismos microscópicos e suas especificidades.

A principal abordagem da temática do conceito de espécie está relacionada ao conceito biológico e ao conceito filogenético, este último, porém, em menor quantidade. Portanto, diante de uma variedade de conceitos de espécies e da complexa discussão em torno da temática, a atenção para um conceito com pouca difusão em relação ao gigante conceito biológico pode ficar dificultada. Logo, a abordagem de conceitos como o agamospecífico nos livros didáticos não se concretiza. Uma forma possível de superar a ausência de abordagem desse conceito pode ser a inclusão de aspectos que relacionem a adoção de vários conceitos de espécie empregados de acordo com os contextos de estudo e com as especificidades dos grupos a que se destinam.

Outras cinco subcategorias de conceitos de espécies foram definidas *a posteriori*, a partir de nossa análise, sendo elas: (i) conceito de espécie de coesão, (ii) conceito fenético de espécie, (iii) conceito nominalista de espécie, (iv) conceito de reconhecimento de espécie e (v) conceito tipológico de espécie. Esses conceitos não foram selecionados para compor nossas subcategorias *a priori*, pois seu conteúdo teórico, de maneira geral, sobrepõe-se aos conceitos de espécie que adotamos. Para não prolongar nossa lista de conceitos como subcategorias, escolhemos os mais representativos. Não selecionamos o conceito tipológico por tratar-se de conceito relativamente antigo e que possivelmente não seria abordado nos livros didáticos.

O formato da apresentação do conteúdo sobre o conceito de espécie ao longo do texto nos livros didáticos é feito em tópicos no texto principal; buscamos apresentar a hierarquia desses tópicos nos quais encontramos o conceito de espécie. Por vezes, havia um tópico específico para o conceito de espécie ou para o conteúdo de especiação. Em alguns livros havia um tópico para o conteúdo de Sistemática e de Taxonomia, sendo o conceito de espécie apresentado nesse tópico.

O conceito biológico de espécie sempre foi abordado no corpo principal do texto; os demais conceitos encontrados apresentam também a mesma prioridade, ocupando o texto principal. O Quadro 7 apresenta a relação entre a quantidade de parágrafos e a de palavras dedicadas a cada conceito de espécie; observa-se que o conceito biológico é o que apresenta a maior quantidade de palavras e parágrafos dedicados em explicar sua conceituação. No entanto, ainda é possível verificar que essa quantidade varia consideravelmente, de 84 a 398 palavras e de um a nove parágrafos, o que é bastante discrepante. Com relação ao conceito filogenético, que é o segundo conceito mais apresentado nas coleções, verifica-se uma quantidade menor de palavras para sua explicação, entre vinte a 98 palavras e de um a três parágrafos. Para os demais, a quantidade de palavras é pequena, e os parágrafos geralmente são únicos, o que significa que esses conceitos estão em textos no manual do professor, como material de apoio para o trabalho docente, por exemplo.

Para obter o número de palavras e parágrafos dedicados ao conceito de espécie, foram lidos os trechos que correspondiam ao tema; em seguida, realizou-se a contagem manual das palavras e confirmada a

Conceitos de espécies																									
Coleções	Agamoespecífico		Biológico		Ecológico		Coesão		Evolutivo		Fenético		Filogenético		Genético		Morfológico		Nominalista		Reconhecimento		Tipológico		
	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	QP	Np	
C1v3			9	398									3	98											
C2v2			5	233									2	68											
C3v2			2	148																					
C3v2MP					1	29			1	34			1	90			1	62					1	98	
C4v2			3	221																					
C5v2			4	205																					
C5v3			5	237																					
C6v2			3	144									1	20											
C6v3			2	150									1	51	1	82									
C7v2			1	84																					
C7v3			2	99									1	30											
C8v3			4	226																					
C8v3			4	256																					
C9v3			1	88																			1	111	
C9v3MP			1	177	1	55	1	2	1	1	1	1	122						1	1	1	2	1	38	
C10v3			6	307																					
C10v3MP			1	108																					

Quadro 7: Quantidade de parágrafos e números de palavras que são dedicadas nos livros didáticos para os conceitos de espécies.

Legenda: QP: quantidade de parágrafos; Np: número de palavras

Fonte: coleções analisadas

contagem por meio da seleção de texto e aplicação do recurso de revisão 'contagem de palavras' presente no processador de texto *Microsoft Word®*.

A quantificação de palavras e parágrafos permitiu verificar a atenção e o espaço dedicado a cada conceito de espécie. Na sequência, apresentamos e discutimos os dados de cada subcategoria.

4.2.2 Subcategoria 2.2 conceito biológico de espécie

O conceito biológico de espécie foi encontrado em todas as coleções analisadas. No livro C1v3 foi identificada a apresentação de dois conceitos de espécie no tópico que aborda o conteúdo de especiação; o conceito biológico é o primeiro a ser definido no livro didático como “[...] grupo de organismos que, potencialmente, podem gerar descendentes férteis” (C1v3, p. 253). O conceito biológico é bastante criticado, pois não pode ser aplicado a fósseis, por já estarem extintos, ou a organismos com reprodução assexuada. O livro explica que outros conceitos foram propostos, mas, no entanto, ainda não há consenso no sentido de qual deva ser utilizado (C1v3). Dessa forma, podemos observar a orientação para uma perspectiva que pode nos ajudar a pensar uma ciência que está em permanente construção, é dinâmica e passível de modificações.

No livro C2v2 foram identificados dois conceitos de espécies, sendo cada um abordado em tópicos diferentes. No tópico “Taxonomia e Sistemática” foi apresentado o conceito biológico de espécie; a definição estabelecida é que espécies são um “grupo de populações naturais real ou potencialmente intercruzantes que é reprodutivamente isolado de outros grupos de organismos” (C2v2, p. 13).

O isolamento reprodutivo é crucial para a consolidação das populações dentro de uma espécie; são apresentadas as limitações do conceito biológico quanto aos organismos com reprodução assexuada e aos fósseis e, ainda, que é difícil aplicar o conceito a organismos com reprodução sexuada, pois não é possível observar a reprodução em todos os seres vivos existentes (C2v2).

No livro C3v2 foi identificado um subtópico para o conceito de espécie; explica-se que foi formulado por Theodosius Dobzhansky e por Ernst Mayr, sendo o conceito mais utilizado e define espécies como “[...] um grupo de organismos semelhantes entre si e capazes de intercruzar em condições naturais, produzindo descendentes férteis” (C3v2, p. 15). Desse modo, as espécies são “[...] grupos de

organismos que possuem compatibilidade reprodutiva entre si, mas que são isolados reprodutivamente de outros grupos” (C2v2, p. 15). São apresentadas as limitações do conceito biológico e afirma-se que a identificação das espécies com o conceito biológico acontece com base em análises morfológicas. Esse critério é apenas o primeiro, de um grupo de três para a definição de espécies apresentada por Mayr (1940), na qual ele ainda elenca o segundo critério, que é a distinção genética, e o terceiro, que é a ausência de hibridação.

No livro C4v2 foi identificada a apresentação do conceito biológico de espécie; no manual do professor são apresentados argumentos que apontam para a importância do conceito para a compreensão da classificação dos organismos vivos. Há um tópico específico para apresentar a definição de espécie, portanto, pertencente ao conceito biológico de espécie.

Mencionam-se nomes de destaque para o conceito de espécie, como Theodosius Dobzhansky e Ernst Mayr, apresentando que os dois cientistas consideravam “[...] espécies como grupos de populações, que, reproduzindo-se sexualmente, compartilhando informações genéticas, mantêm um patrimônio genético comum” (C4v2, p. 14).

No livro C5v2 há um tópico para o conceito de espécie. Em um primeiro momento, é apresentada uma definição genérica para a caracterização das espécies, que é praticamente a definição das espécies biológicas; na sequência, é definido o conceito biológico de espécie. Na continuação do texto, apresenta-se a definição de espécies, com base em Ernst Mayr, na qual se afirma que as espécies biológicas são como “[...] grupos de populações naturais capazes de entrecruzamento e que são reprodutivamente (geneticamente) isolados de outros grupos similares” (C5v2, p. 14).

Juntamente dessa definição é apontado que o *status* de espécie seria propriedade de populações, e não de indivíduos. Nesse ponto, a atenção do texto volta-se para a discussão de espécies serem classes ou indivíduos, ou seja, a discussão da ontologia do conceito de espécie, que foi recentemente revigorada, quando Michael Ghiselin (1997) e David Hull (1987) apresentaram uma visão alternativa para as espécies como classes, afirmando que as espécies deveriam ser consideradas como indivíduos.

No livro C6v2 há um subtópico dedicado à definição do conceito de espécie como conceito biológico, afirmando que a ideia de população é predominante “[...] o

conjunto de populações naturais, isoladas reprodutivamente de outros organismos, que podem cruzar entre si e produzir descendentes férteis” (C6v2, p. 15). Não são citados autores ou mesmo a história da construção do conceito.

Nesse livro há um tópico para a Sistemática filogenética, em que detalhes da constituição dessa escola são apresentados. A Sistemática filogenética é trazida como alternativa aos sistemas de classificação, mas não é abordada no livro em que ela também é geradora de conceitos de espécie.

No livro C6v3, no subtópico para os conceitos de espécie, foi identificado o conceito biológico, que é apresentado como o mais divulgado e usado por biólogos, tendo sido proposto por Ernst Mayr: “Espécies são grupos de populações efetivamente ou potencialmente intercruzantes, reprodutivamente isoladas e que ocupam um nicho específico na natureza” (C6v3, p. 152).

A abrangência do conceito biológico atinge as propriedades reprodutivas, que têm como efeito manter as populações separadas, em isolamento reprodutivo, e as propriedades ecológicas, ao identificar as populações nos respectivos nichos.

Mostra-se que as limitações do conceito se dão pelo fato de ele não poder ser utilizado para todos os seres vivos, pois não é possível aplicar sua definição de espécie para seres vivos com reprodução assexuada e para casos de cruzamentos entre espécies diferentes que produzem híbridos férteis.

No livro C7v3 foi identificado o tópico “Formação de novas espécies”; nele são apresentados o conceito biológico e o conceito filogenético. O conceito biológico, no texto principal, e o conceito filogenético são explicados em destaque no texto; em seguida, o conteúdo é complementado no texto principal do livro.

A apresentação do conceito biológico aconteceu como uma forma de revisão de conteúdo, pois afirma-se: “[...] como já vimos nos volumes anteriores [...]” (C7v3, p. 141). A definição de espécie dada é “[...] grupo de populações capazes de se cruzar e originar filhos férteis, mas que não são capazes de cruzar com outros grupos” (C7v3, p. 141).

Como forma de exemplificar os organismos aos quais não se aplica o conceito biológico, apresenta-se o caso das bactérias, que podem trocar material genético por conjugação. No entanto, esse processo é diferente de um cruzamento e, dessa forma, não é possível identificar uma espécie. Para que esses casos possam ser utilizados, são necessários critérios de semelhança morfológica ou genética por meio da análise de DNA. No livro explica-se que para o conteúdo de

especiação será adotado o conceito biológico de espécie, pois este é bastante útil para tal funcionalidade (C7v3, p. 141).

No livro C8v3 identificou-se um infratópico dedicado ao conceito de espécie biológica e à especiação; apresenta-se o cientista Ernst Mayr e sua proposta para a definição de espécies, afirmando que, embora haja limitações na definição de espécies proposta pelo cientista, ela ainda é utilizada atualmente.

A definição para espécie apresentada é “[...] um grupo de populações cujos indivíduos são capazes de cruzar entre si e produzir descendentes férteis, em condições naturais, estando reprodutivamente isolados de indivíduos de outras espécies” (C8v3, p. 136).

O texto prossegue explanando que o aspecto fundamental do conceito é a capacidade de cruzamento entre organismos da mesma espécie, e não a morfologia. Tal informação permite ao estudante enxergar que há diferença entre as definições anteriores de espécies e a que se apresenta no livro, logo a morfologia já não é mais a característica externa – ou seja, as características fenotípicas – fundamental a ser observada para a classificação de organismos vivos em uma espécie.

No livro C9v3 foi identificado um tópico específico para o conceito de espécie, no qual é definido o conceito biológico de espécie. Mostra-se que a definição biológica para as espécies ainda aceita foi proposta por Theodosius Dobzhansky e por Ernst Mayr. A definição é “[...] uma espécie corresponde a um grupo de indivíduos que são capazes de, em condições naturais, cruzar entre si, produzindo descendentes férteis, e estão isolados reprodutivamente de outros grupos. [...]” (C9v3, p. 16). Aponta-se que, atualmente, o conceito biológico e o conceito tipológico são utilizados para classificar uma espécie, mas, no entanto, são consideradas também características moleculares, fisiológicas e filogenéticas.

No manual do professor do livro C9v3 foi identificado um texto de apoio (p. 351) para auxiliar o professor na condução de uma atividade proposta aos estudantes quanto aos diferentes conceitos de espécie. No texto há menção a vários conceitos de espécies, sendo explicada a base teórica de três conceitos de espécie: o biológico, o ecológico e o fenético (ou tipológico). Outros conceitos são apenas citados, mas não explicados, que é o caso dos conceitos nominalista, de reconhecimento, evolutivo e de coesão. Ao analisar a posição desses quatro conceitos de espécie no texto, observa-se que o autor pretendia dar mais exemplos de conceitos, pois, anteriormente, já havia citados outros, como o biológico, o

ecológico e o fenético. No entanto, como já havia apresentado alguns conceitos, a discussão poderia ser ampliada com a definição desses quatro conceitos, contribuindo com o trabalho docente, pois é pouco provável que sejam abordados em livros didáticos.

Ainda no manual do professor apresenta-se que o conceito biológico de espécie considera as espécies serem “[...] grupos de populações naturais que inter cruzam e estão reprodutivamente isoladas de outros grupos desse tipo, ou seja, membros de uma espécie não inter cruzam com membros de outras espécies, pois possuem alguns atributos que impedem o inter cruzamento” (C9v3MP, p. 351). É explicado que uma das limitações do conceito é ele não ser válido para organismos de reprodução assexuada e não ser adequado para cruzamentos que resultam em híbridos férteis.

O livro C10v3 apresenta a definição do conceito biológico de espécie no capítulo sobre o Pensamento evolutivo (p. 152), ou seja, no texto principal do livro didático. No tópico *Grandes linhas da evolução*, há um subtópico intitulado *Espécies biológicas* (p. 171), em que se explica a definição de espécie e, mais ao final do subtópico, é trazida a definição do conceito biológico de espécie, de acordo com a definição proposta por Mayr. Ainda é possível perceber um trecho da discussão filosófica abordada na definição do conceito biológico.

Em outro tópico no capítulo sobre o Pensamento evolutivo aborda-se a definição do conceito biológico de espécie (p. 183), desta vez, destacado em um box. A definição para o conceito de espécie é “um grupo de populações naturais capazes de entrecruzar-se e que se mantêm reprodutivamente (geneticamente) isoladas de outras espécies similares” (C10v3, p. 183).

O C10v3MP apresenta que a coleção não se filia a uma escola específica do pensamento biológico, logo, também não estaria se filiando a uma escola de sistemática específica, por exemplo. Nas orientações para o professor, após apresentar comentários sobre o processo de especiação, é apresentada a definição do conceito de espécie valendo-se do conceito biológico. É usado como exemplo o caso do híbrido produzido a partir do cruzamento entre um tigre e um leão (p. 344).

Exposto o modo em que a apresentação do conceito biológico de espécie ocorre nos livros didáticos, fazemos a discussão acerca da temática. O conceito biológico é apresentado no texto principal dos livros didáticos, como apontamos, sendo encontrado em tópico, subtópico ou até mesmo em infratópico.

Pontuemos os aspectos teóricos do conceito biológico que encontramos e, no segundo momento, faremos a apresentação das fragilidades destacadas. Primeiro, o isolamento reprodutivo; a geração de descendentes férteis e o intercruzamento entre os organismos da mesma espécie são as características teóricas que mais são destacadas nos textos. A partir destes três pontos é possível inferir qual será a definição de espécie que um estudante poderá descrever quando recebe um questionamento sobre o que é ou o que significa uma espécie. Isso foi apontado nos trabalhos de Soares et al. (2007), em que os estudantes apresentaram o conceito da capacidade de gerar indivíduos férteis, e em Shome (2012), quando os estudantes deram definições semelhantes à definição do conceito biológico presente nos livros didáticos. A definição de espécies por meio do conceito biológico é relatada em publicações mais recentes, como a proposta de Orr (2004), em que se faz uma revisão elaborada do conceito biológico amplamente divulgado e defendido pelo ornitólogo e evolucionista Ernst Mayr.

Destacamos a afirmação que aponta o conceito biológico ser o conceito de espécie mais divulgado e utilizado pelos biólogos, o que pode ser explicado com a tendência prática apresentada pelo conceito, pelo fato de ter sido adotado principalmente pelos zoólogos, além de ter tido longas contribuições ao desenvolvimento de seu corpo teórico realizadas por Ernst Mayr, que dedicou ao conceito muitas de suas publicações (Mayr, 1940; 1942; 1957; 2000b).

A não aplicabilidade aos fósseis, aos organismos que apresentam reprodução assexuada e aos híbridos férteis são as fragilidades frequentemente apontadas nos livros didáticos. Mayr (1940) declarava que uma definição bem-sucedida de espécie não deveria apoiar-se fortemente em pontos como a ausência de hibridação.

Orr (2004) reconhece a importância dos estudos de Mayr no campo da especiação, mas afirma que ainda é necessário compreender a origem do isolamento reprodutivo e identificar as forças evolutivas que motivaram a divergência entre uma espécie, que, portanto, constituem problemas ainda a serem solucionados. Essa afirmação revela-nos um conceito de espécie que se encontra em desenvolvimento, logo, um conceito inacabado, indicando que a sobrevida do conceito biológico poderá ser estendida caso novos estudos apontem soluções para os principais problemas apresentados pela conceituação teórica do conceito.

A apresentação do conceito biológico nas dez coleções pode advir do fato de ser o conceito sobre o qual mais se escreveu, sendo também o mais difundido,

como aponta Zachos (2016), estando presente em livros didáticos acadêmicos e escolares. A popularização do conceito deve-se ainda a dois motivos: primeiro, é intuitivo e, segundo, foi promovido com sucesso.

Nossos resultados mostraram-se semelhantes a um estudo realizado na Espanha por Nyléhn e Ødegaard (2018). As pesquisadoras concluíram que o conceito de biológico de Espécie está presente em todos os livros para o 4º ano do ESO, que equivale ao 1º ano do Ensino Médio brasileiro³³. O conceito biológico também aparece em poucos livros para o 1º ano do ESO, equivalente à 7ª série do Ensino Fundamental no Brasil; em nossa pesquisa, o livro do 1º ano do Ensino Médio não foi incluído na análise por não abordar o conteúdo de sistemática ou taxonomia. O conceito biológico foi encontrado em todos as coleções, sendo identificado principalmente em livros para o 3º ano do Ensino Médio.

4.2.3 Subcategoria 2.3 conceito ecológico de espécie

O conceito ecológico de espécie foi encontrado em duas coleções. No manual do professor do livro C3v2 é apontado que o conceito ecológico para definir espécies “leva em conta o nicho ecológico da espécie e como ela interage com os componentes bióticos e abióticos” (C3v2MP, p. 311). É explicado que o conceito pode ser utilizado tanto para espécies cuja reprodução seja assexuada como sexuada.

O manual do professor do livro C9v3 explica o conceito ecológico de espécie e aponta que as populações formam agrupamentos fenéticos distintos, que são reconhecidos como espécies. Dessa forma, a espécie é o “[...] conjunto de indivíduos que exploram o mesmo nicho ecológico, pois possuem adaptações para explorar recursos em determinado nicho” (C9v3MP, p. 351).

A definição ecológica também apresenta limitações, pois é preciso considerar que um mesmo indivíduo em diferentes estágios de vida pode ocupar diferentes nichos ecológicos, logo, poderia ser entendido que “[...] os processos ecológicos influenciam aspectos fenéticos e genéticos das espécies” (C9v3MP, p. 351).

A definição de conjunto de indivíduos pode ser extrapolada para o termo linhagem, que, de acordo com Mayden (1997), é o primeiro critério de espécies do

³³Para realizar a comparação entre os níveis de ensino do Brasil e da Espanha utilizamos a *Tabla de Equivalencias de la Educación*, elaborada pelo Convênio Andrés Bello. Versão 02 jul. 2013. Disponível em: <http://www.convenioandresbello.org/tablas_equivalencias/pdf/Tabla_Mercosur.pdf>.

conceito ecológico, dessa forma, o conceito não aborda apenas o critério de nicho ecológico.

O conceito ecológico foi encontrado no manual do professor de duas coleções, no entanto, poderia fazer parte do conteúdo de conceito de espécie, ou, particularmente, do conteúdo de Ecologia, quando se discute nicho ecológico, por exemplo, apontando a possibilidade de formulação de um conceito de espécie que se relacione com a temática em questão. Poderia ser uma oportunidade de apresentar como necessidades diferentes moldam a ciência, por exemplo, os problemas que surgem com a descoberta de novas espécies ou táxons, as limitações de uma teoria ou conceito em explicar um fenômeno na natureza e a busca por soluções para os problemas apresentados em uma determinada época. O conceito ecológico é um conceito prático, em que as diferenças ecológicas constituem diferentes espécies, que evoluem de maneira independente. O conceito aceita organismos sexuais e assexuais e organismos híbridos, desde que seja mantida a distinção ecológica na identificação da linhagem, aponta Mayden (1997).

4.2.4 Subcategoria 2.5 conceito evolutivo de espécie

O conceito evolutivo de espécie foi encontrado em duas coleções.

No manual do professor do livro C3v2 foi identificada uma lista de cinco conceitos de espécies diferentes, dentre eles o conceito evolutivo, que “adicionou uma dimensão evolutiva e a escala de tempo para o conceito biológico de espécie” (C3v2MP, p. 311). O conceito evolutivo, diferentemente do conceito biológico, pode ser aplicado a espécies com reprodução assexuada ou sexuada.

No livro C9v3MP, o conceito evolutivo, assim como outros quatro exemplos de conceitos de espécie, tem apenas seu nome citado; o conceito evolutivo é um conceito estritamente teórico. Mayden (1997) afirma que é necessário complementá-lo adicionando noções operacionais, acessórias de diversidade biológica, que estão presentes nos conceitos de espécies tidos como teóricos, ou critérios de espécies, como o conceito biológico, por exemplo.

O conceito evolutivo, de acordo com Zachos (2016), é o que apresenta maior generalidade dentre os conceitos de espécie, logo, trata-se de um conceito que busca delimitar o que é uma espécie, e não necessariamente como identificar uma. O conceito evolutivo é considerado o único conceito primário, isto é, um conceito ontológico, pois apresenta a propriedade de unir todas as entidades que são

identificadas como espécies pelos outros conceitos, que funcionam como critérios de identificação, como aponta Mayden (1997). Dessa forma, o conceito evolutivo pode trazer contribuições em sala de aula, como, por exemplo, quando se pergunta o que é uma espécie; a discussão pode ser levantada a partir da introdução do conteúdo de especiação, depois de se trabalhar a classificação dos seres vivos, acrescentando mais um tópico à discussão da temática de espécies e enriquecendo o estudo.

O conceito evolutivo geralmente trabalha com o conceito de linhagem. No entanto, as linhagens existem em todos os níveis da vida, logo, identificar em qual nível de linhagem constitui-se o nível das espécies é um questionamento que pode conduzir a uma pesquisa. Wiley e Mayden (2000) apontam que o nível de espécie encontra-se onde as relações tocoenéticas³⁴ dissolvem-se em relações filogenéticas estritamente hierárquicas. Para Zachos (2016), visualizar as espécies como linhagens é uma noção intuitiva.

4.2.5 Subcategoria 2.6 conceito fenético de espécie

O conceito fenético de espécie é apresentado em uma coleção.

No manual do professor do livro C9v3 apresenta-se o conceito fenético (ou conceito tipológico), sendo explicado como “[...] um conjunto de indivíduos feneticamente semelhantes e diferentes de outros conjuntos de indivíduos que compartilham características morfológicas, fisiológicas e moleculares” (C9v3MP, p. 351). Esse conceito define espécies a partir da espécie-tipo, que, por sua vez, não existe na evolução; há espécies crípticas, que são duplas de espécies que diferem reprodutivamente, mas não morfológicamente, ou seja, são feneticamente iguais.

Os autores da C9 apontam ainda que há espécies com forte variação fenética, denominadas politípicas, e que, no entanto, inter cruzam-se. Finalizam explicando os três conceitos que consideram os mais populares e indicam que esses não são os únicos.

O conceito fenético define espécies como “o nível [...] em que podem ser observados os agrupamentos fenéticos distintos” (SNEATH, 1976, p. 437). Dessa maneira, as espécies fenéticas são baseadas na similaridade geral e formam agrupamentos no espaço do caráter, sendo utilizado pelos taxonomistas numéricos,

³⁴As relações tocoenéticas constituem a reticulação horizontal através da reprodução (ZACHOS, 2016), isto é, entre indivíduos da mesma espécie.

que realizam a avaliação numérica das fronteiras das populações em um hiperespaço de caráter (SOKAL, 1973).

O conceito fenético é estritamente operacional, podendo ser comparado a qualquer outro conceito em que a similaridade seja o principal critério para a existência de espécies (MAYDEN, 1997). Embora o manual do professor do livro C9v3 aponte o conceito fenético como sinônimo do tipológico, o conceito também possui como sinônimos ou conceitos relacionados o conceito morfológico de espécie, o de cluster genotípico³⁵ e mais outros oito. Isso significa que o conceito fenético sobrepõe-se a todos esses, seja total ou parcialmente. Zachos (2016) afirma que a taxonomia numérica está intimamente ligada ao conceito fenético.

4.2.6 Subcategoria 2.7 conceito filogenético de espécies

O conceito filogenético de espécie foi encontrado em cinco coleções.

No livro C1v3, no tópico para a apresentação do conteúdo de especiação, o conceito é apresentado como sendo bem aceito pela comunidade científica e considera espécies como o “[...] conjunto de populações que compartilham características que são exclusivas delas” (C1v3, p. 253). Essas características são denominadas derivadas, pois resultam de um processo evolutivo que conduz à modificação de características primitivas que o ancestral possuía.

O conceito filogenético é uma alternativa ao conceito biológico pelo fato de contemplar em sua definição organismos com reprodução assexuada e fósseis. No entanto, a questão não aparece nos livros didáticos; nada se fala quais organismos os conceitos de espécies são capazes de englobar, dando a entender que podem ser aplicados a organismos sexuais e assexuais. Deve-se, provavelmente, a uma escolha didática a ausência de abordagem dessa peculiaridade, com receio de que os estudantes elaborem concepções errôneas, além da necessidade de se prolongar na definição dos próprios conceitos de espécies.

No livro C2v2 há um subtópico para a apresentação dos cladogramas, no qual foi identificado o conceito filogenético de espécie. A definição para espécie é “população ou grupo de populações definidas por uma ou mais condições derivadas, constituindo o menor agrupamento taxonômico reconhecível” (C2v2, p. 16).

³⁵O conceito de cluster genotípico define espécies como agrupamentos de entidades biológicas, identificadas pela morfologia ou pela genética. Formam grupos de indivíduos que têm poucos ou nenhuns intermediários quanto em contato (MALLETT, 1995). É apresentado como substituto ao conceito biológico de espécie.

A definição do conceito filogenético é a versão de diagnóstico, que é uma das versões dos vários conceitos filogenéticos existentes, como aponta Zachos (2016). É explicado que o conceito filogenético pode ser empregado para organismos tanto com reprodução assexuada como sexuada, podendo ser usado também para espécies recentes ou fósseis, pois sua base conceitual não “[...] não depende de se saber se há ou não reprodução e descendentes férteis” (C2v2, p. 17).

Esses apontamentos permitem concluir que há uma vantagem do conceito filogenético em relação ao conceito biológico e, de fato, Wheeler e Platnick (2000) afirmam que tal vantagem deve-se ao fato de estar isolado de suposições de processos evolutivos, ou seja, apresenta independência conceitual, sendo compatível com qualquer processo de especiação que tenha crédito, não precisando adequar-se continuamente a padrões evolutivos, que podem ser apenas suposições desnecessárias.

No entanto, também é possível apresentar argumentos favoráveis ao conceito biológico, como aponta Orr (2004), de que o entendimento da origem das espécies compreende o decifrar a raiz do isolamento reprodutivo, sendo que, no campo da especiação, ainda é preciso encontrar os genes que causam o isolamento reprodutivo e identificar as forças evolutivas que propeliram sua divergência.

No manual do professor do livro C3v2 foi identificada uma lista de cinco conceitos de espécie diferentes que pode subsidiar o trabalho do conteúdo em sala de aula pelo professor. O conceito filogenético de espécie aparece nessa lista e define espécie como [...] “o menor grupo de organismos diagnosticáveis e distintos de outros agrupamentos em que exista um padrão parental de ancestralidade e descendência. Trata-se do menor grupo de indivíduos que compartilham um ancestral comum” (C3v2MP, p. 311).

O conceito filogenético baseia-se no critério de descendência comum, contemplando espécies com reprodução tanto assexuada como sexuada. Por meio dessa conceituação é possível ainda traçar a história filogenética das espécies comparando características como morfologia e sequências moleculares, o que pode distinguir grupos de organismos suficientemente diferentes para serem considerados espécies separadas.

No livro C6v3 foi identificado um subtópico para os conceitos de espécie, no qual o conceito filogenético de espécie é apresentado como o “[...] menor grupo de organismos que compartilham um ancestral comum e que pode ser distinguido de

outros grupos” (C6v3, p. 152). A definição apresentada é a proposta em Wheeler e Platnick (2000), que também é conhecida como a versão de diagnóstico do conceito filogenético de espécie; explica-se que a definição do conceito é compatível com organismos de reprodução assexuada.

O conceito filogenético é apresentado como outra forma de caracterizar uma espécie, sendo o “[...] o menor grupo de indivíduos que compartilham um ancestral comum mais exclusivo” (C7v3, p. 141), que é a definição para o conceito apresentada Mishler e Donoghue (1982), sendo conhecida como a versão de monofilia, que reconhece explicitamente um componente de agrupamento e classificação, monista em relação ao agrupamento, ainda que apresente posição pluralista em relação à classificação, produzindo táxons de espécies com certos aspectos de individualidade. Há uma relação estreita entre o conceito filogenético e o estudo de cladogramas, pois o conceito surge dentro do mesmo espaço teórico que a sistemática filogenética, que elabora os cladogramas como maneira de representar a história evolutiva dos grupos de seres vivos.

O conceito filogenético é apresentado como alternativa ao conceito biológico, pois, em sua definição de espécies, contempla os organismos que apresentam reprodução assexuada e pode ser aplicado a fósseis. Enquanto alternativa ao conceito biológico, o conceito filogenético não está livre de pontos negativos. Um que podemos destacar é que, por vezes, a definição do conceito é ambígua, pois aplica-se a certo número de conceitos diferentes que se fundamentam na análise filogenética/cladística para definir espécies (ZACHOS, 2016). No livro em análise, enquanto alguns pontos negativos do conceito biológico são apresentados, não ocorre o mesmo para o conceito filogenético, não sendo apontados os pontos positivos que o tornam alternativa ou os negativos que o caracterizam como construção humana, logo falível e com limitações.

As versões de monofilia e diagnóstico abordadas nos livros didáticos analisados são a primeira e a segunda versão mais influentes do conceito filogenético.

Dentre os problemas que atingem o conceito filogenético estão sua aplicação a vários grupos de organismos (DE QUEIROZ, 2005); a aplicação aos táxons extintos, embora haja tentativas bem-sucedidas em isolar DNA dos fósseis; as situações em que há a transferência horizontal de genes, como ocorre em bactérias; os líquens também revelam-se problemáticos, pois esse grupo é sistematizado com

base nos componentes dos fungos (DRUZHININA et al., 2010). Dessa forma, espécies são hipóteses, como apontam de Queiroz (2005) e Hey et al. (2003).

Pelo fato de o conceito filogenético não aceitar o conceito de subespécie pode ocorrer um aumento considerável no número de espécies, refletindo, por exemplo, em listas de conservação de animais e plantas em perigo de extinção superestimadas, isso em relação ao número de espécies contabilizadas pelo conceito biológico. Esse fato pode ser trabalhado em sala, pois a opção por um conceito ou outro pode influenciar nas políticas de preservação da biodiversidade, além de levantar discussões das controvérsias que acontecem no processo da construção do conhecimento científico, por exemplo.

4.2.7 Subcategoria 2.8 conceito genético de espécies

O conceito genético de espécies foi encontrado em uma coleção.

No livro C6v3 identificaram-se um infratópico para apresentar populações mendelianas e um subtópico para os conceitos de espécie; o infratópico definia população mendeliana como um “[...] conjunto de indivíduos que se reproduzem sexuadamente e que compartilham um conjunto gênico comum, geralmente legado a seus descendentes” (C6v3, p. 145).

A composição genética de uma população mendeliana é avaliada por meio da frequência de seus genes. Não se mostra que a definição de populações mendelianas faz parte do conceito genético de espécies, pois a definição apresentada corresponde à de Dobzhansky (1950).

É positivo que sejam abordadas as populações mendelianas para dirigir o estudo do conteúdo de especiação, pois, como aponta Dobzhansky (1950), o processo de especiação deve ser considerado uma adaptação evolutiva, permitindo o desenvolvimento de grande diversidade orgânica, principalmente a diversidade de espécies simpátricas, ou seja, aquelas que inicialmente se acasalavam e, por conta de barreiras reprodutivas dentro de uma única população, ocorre a divergência genética entre elas, conduzindo-as à formação de novas espécies, diferentes da espécie ancestral (FUTUYMA, 2013).

As explicações para espécies do conceito genético e do conceito biológico são muito semelhantes teoricamente. No entanto, o conceito genético considera o isolamento genético mais a sério, como afirma Zachos (2016), pois são consideradas espécies distintas até populações em que ocorrem o fluxo gênico e a

geração de híbridos férteis, ao passo que, no conceito biológico, essas populações seriam consideradas subespécies.

A depender de qual definição do conceito genético leva-se em conta, como, por exemplo, a apresentada por Baker e Bradley (2006), pode-se concluir que o conceito pode ser interpretado como uma aplicação fundamental do conceito evolutivo de espécies.

O conceito genético também é semelhante ao conceito morfológico, diferenciando-se no método utilizado pelo primeiro para delimitar as espécies, que é uma medida de diferenças genéticas que reflita o isolamento reprodutivo e a independência evolutiva, afirma Mayden (1997). Assim, como em um conceito fenético, distâncias e semelhanças genéticas são utilizadas para identificar as espécies. A independência genética é avaliada com métodos como cromatografia, eletroforese de proteínas e sequenciamento do genoma; no entanto, um dos problemas do conceito genético é que, para a maioria dos organismos, não há informação genética disponível.

4.2.8 Subcategoria 2.9 conceito morfológico de espécie

O conceito morfológico de espécie aparece em uma coleção.

No manual do professor do livro C3v2MP identificou-se uma lista de cinco conceitos de espécie diferentes, entre eles o morfológico, cuja descrição formula-se da seguinte maneira: “a espécie é caracterizada pela observação do formato de seu corpo e outras estruturas características” (C3v2MP, p. 311).

Na C3v2MP explica-se ainda que a conceituação morfológica pode ser aplicada a espécies com reprodução tanto assexuada como sexuada. Indica-se que, na prática, muitos cientistas distinguem as espécies por esse conceito. Uma desvantagem, no entanto, é que essa definição recai em um critério subjetivo; dessa forma, os cientistas podem desacordar sobre quais características estruturais distinguem espécies. Essa discussão é apresentada no livro didático e contribui como suplemento para o trabalho docente.

O conceito morfológico é o mais difundido na prática taxonômica, desde a época de Aristóteles, passando por Lineu até chegar aos dias atuais, como aponta Zachos (2016). Trata-se de conceito bastante antigo e prático, sendo um dos mais utilizados por taxonomistas, biólogos e leigos, afirma Mayden (1997). Embora o conceito morfológico possa ser facilmente associado ao essencialismo, Wilkins

(2009) rebate essa ideia e explica que o conceito sempre foi relato de diagnóstico de espécies, o que significa afirmar que os estudiosos, profissionais ou não, munidos do conceito morfológico buscavam identificar grupos de indivíduos que constituíam espécies. Dessa forma, as espécies podem ser definidas como os tipos de organismos facilmente reconhecidos. Shull (1923)³⁶, *apud* Mayden (1997), explica que, para plantas e animais macroscópicos, seu reconhecimento dá-se por simples observações, com a ajuda de uma lupa, por exemplo.

Adeptos da escola cladística podem considerar o conceito morfológico como sinônimo do conceito filogenético versão de diagnóstico. Mayden (1997) aduz que o conceito morfológico pode subestimar a diversidade biológica, ponto passível de discussão em sala de aula.

4.2.9 Subcategoria 2.12 conceito tipológico de espécie

O conceito tipológico de espécie foi encontrado em duas coleções.

No livro C3v2MP, o conceito é um dos apresentados em uma lista de cinco diferentes que podem subsidiar o trabalho do conteúdo em sala de aula pelo professor.

Destaca-se o conceito tipológico como sinônimo do morfológico, que é apresentado em um contexto histórico. As espécies no conceito tipológico [...] “são reconhecidas pelos espécimes-tipo, em que se considera uma morfologia ideal para cada espécie” (C3v2MP, p. 311). Fica evidenciado na C3v2MP que as diferenças entre as espécies eram tidas como imperfeições acidentais, assim, as diferenças significativas levavam os cientistas a descreverem uma nova espécie. Essa conceituação esteve presente até o desenvolvimento das teorias de Darwin, pois as espécies eram consideradas imutáveis, pois a visão predominante nessa época era o fixismo. Apresenta-se no livro que o conceito foi “descartado” pelos evolucionistas, pois as espécies não são mais entendidas como entidades definidas (C3v2MP, p. 311). Esse é um ponto para se trabalhar a História da Ciência, para demonstrar como o conhecimento científico é construído ao longo do tempo, e que muitas teorias aceitas em uma época podem não mais fazer sentido em outra, como foi o caso do conceito morfológico, e isso representa que o conhecimento científico está sujeito a transformações (MATTHEWS, 1995).

³⁶SHULL, George H. The species concept from the point of view of a geneticist. **American Journal of Botany**, Mansfield, CT, v. 10, n. 5, p. 221-228, 1923.

No livro C9v3 foi identificado um tópico específico para o conceito de espécie, onde se mostra que o conceito vem sendo alterado ao longo do tempo e evidencia-se a forma como Aristóteles e Lineu consideram as espécies, definindo-as como grupos de organismos com semelhanças físicas típicas, além da crença de que as espécies eram imutáveis. O texto afirma que as definições anteriores correspondiam ao conceito tipológico de espécie, pelo qual as espécies eram definidas em termos de sua “[...] morfologia do organismo, ou seja, sua estrutura externa [...]” (C9v3, p. 16). A existência de um problema associado a esse tipo de conceito é que certos indivíduos podem apresentar diferenças morfológicas em relação a outro da mesma espécie, ou ainda o mesmo indivíduo pode apresentar diferenças morfológicas dependendo da época do ano, seu período reprodutivo (C9v3).

O conceito tipológico está relacionado às filosofias de Platão e Aristóteles. O idealismo ou tipologismo de Platão foi a primeira escola que influenciou a história do conceito de espécie na cultura ocidental. De acordo com o conceito tipológico, a diversidade observada no universo reflete a existência de um número limitado de universais ou tipos básicos, pensamento proveniente de Platão (MAYR, 1977). Os indivíduos não apresentam relação especial entre si, constituindo meras expressões do mesmo tipo. A variação do tipo pode ser interpretada como resultado de manifestações imperfeitas da ideia implícita de cada espécie. Para um essencialista, a semelhança morfológica corresponde ao critério de espécie que deve ser adotado para a classificação das espécies; dessa maneira, Mayr (1977) afirma que se trata do conceito morfológico de espécie. As características morfológicas apresentam contribuições valiosas para a determinação do *status* de espécie.

Mayr (1977) aponta que dificuldades no uso do conceito morfológico-tipológico de espécie são encontradas na prática taxonômica, conquanto a diferença morfológica pode não ser o critério decisivo na classificação das espécies. Por exemplo, muitas vezes um adepto do conceito tipológico descobre que o indivíduo com que está trabalhando, tido como uma espécie distinta, é, na realidade, apenas uma variante individual dessa mesma espécie.

Entendendo o conceito tipológico como um conceito histórico, é válido que ele seja apresentado nos livros didáticos como parte da construção dos conceitos de espécies e para a compreensão histórica da Ciência.

O conceito biológico é aquele apresentado em todas as coleções, podendo ser explicado pelo fato de ser o conceito recente mais amplamente divulgado e por

conta de os zoologistas o terem adotado largamente. O conceito filogenético é o segundo mais citado; tal situação pode ser resultado do desenvolvimento da Sistemática filogenética e das modificações que os estudos filogenéticos têm conseguido promover nas classificações dos organismos vivos.

4.2.10 Conceitos de espécie apresentados sem discussão

Alguns conceitos foram apenas citados, e entendemos que apenas o fato de citá-los, sem os explorar, faz com que a explicação acabe por não contribuir com a orientação do professor e tampouco com a aprendizagem dos alunos. Esse foi o caso dos conceitos de espécie nominalista, de reconhecimento, evolutivo e de coesão, que foram apresentados no livro C9v3MP. Fazemos uma breve apresentação desses conceitos, exceto do evolutivo, que é apresentado em uma categoria à parte, pois é abordado no texto principal de uma coleção.

Conceito de espécie de coesão (subcategoria 2.4)

O conceito de espécie de coesão define espécies como “a população mais inclusiva de indivíduos com potencial de coesão fenotípica através de mecanismos intrínsecos de coesão” (TEMPLETON, 1989, p. 12, *tradução nossa*). Portanto, é o “grupo mais inclusivo de organismos com potencial de permutabilidade genética e/ou demográfica” (TEMPLETON, 1989, p. 25, *tradução nossa*). A permutabilidade genética e a geográfica representam os dois tipos diferentes de mecanismos de coesão que fazem parte do contexto teórico do conceito.

O conceito de coesão abrange organismos assexuados e sexuados em todo o espectro. Para os organismos assexuados, apenas a permutabilidade demográfica determina o *status* das espécies e seu limite, e, para os organismos sexuados, tanto a permutabilidade genética como a demográfica são relevantes para a delimitação das espécies (ZACHOS, 2016).

Conceito nominalista de espécie (subcategoria 2.10)

O conceito nominalista de espécie não se trata de um conceito de espécie em específico, mas de um grupo de conceitos de espécies, os quais podem ser definidos como nominalistas. O nominalismo é uma doutrina filosófica que afirma não serem reais os universais; dessa maneira, os indivíduos considerados reais pelo nominalismo de espécie são organismos individuais (WILKINS, 2010).

Wilkins (2010) afirma que prefere chamar os conceitos nominalistas de negadores de espécies, pois muitos autores de conceitos de espécie buscam a substituição do termo espécie por outros, como, por exemplo: *deme*, *unidades taxonômicas menos inclusivas* (LITUs) e *grupos evolutivos* (WILKINS, 2010).

Conceito de reconhecimento de espécie (subcategoria 2.11)

O conceito de reconhecimento é um conceito de espécie próximo ao conceito biológico, pois também é baseado no isolamento reprodutivo. É considerada uma espécie a população de organismos biparentais individuais, que compartilham um sistema específico de reconhecimento de parceiros³⁷ (SERP) (PATERSON, 1985). No entanto, o conceito de reconhecimento foi desenvolvido a partir de certa insatisfação com o conceito biológico, pois este era tido como uma definição inadequada e imprecisa dos padrões ou processos naturais, inibindo o progresso em direção aos objetivos que se relacionam com esses padrões.

O SERP inclui substâncias químicas e feromônios em relação às células de reconhecimento de gametas, sendo funcional por meio de um sistema que emprega métodos de recepção de sinais de comportamentos elaborados. Assim, a identificação um novo SERP determina um novo conjunto gênico e, conseqüentemente, uma nova espécie (MAYDEN, 1997).

O conceito de reconhecimento modificou-se, sendo o SERP substituído por um sistema comum de fertilização, pois se observou que em plantas pode ocorrer que espécies distintas compartilhem o mesmo SERP. Logo, o SERP foi acomodado em um grupo maior, que é o sistema comum de fertilização (ZACHOS, 2016).

A apresentação desses conceitos poderia ocorrer no mesmo texto de apoio, onde outros conceitos de espécie também são apresentados, evitando que o professor possa sentir-se confuso ou com dúvidas quanto à importância de cada conceito, pois, se um conceito foi apenas citado, provavelmente não teria muita relevância para a sistemática e para a sistematização dos seres vivos. Com a apresentação desses conceitos, esperamos complementar a informação acerca dos conceitos de espécie.

³⁷Geralmente representado no idioma inglês pela sigla SMRS, que é a sigla para *specific mate recognition system*, que, em tradução literal, significa: sistema específico de reconhecimento de parceiro.

4.3. Categoria 3: propostas de ensino ou atividades relativas ao conceito de espécie nos livros analisados

Neste tópico abordaremos as propostas de ensino ou de atividades relativas ao conteúdo de conceito de espécie presentes nos livros didáticos e nos manuais do professor. Na Figura 5 são apresentadas a categoria e as subcategorias para as propostas de ensino.

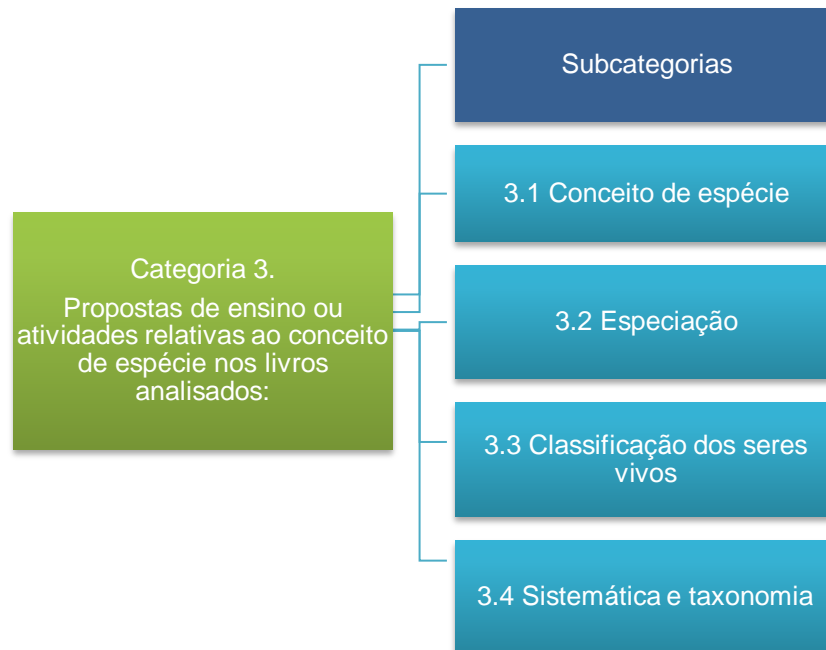


Figura 5: Categoria 3. Propostas de ensino ou atividades relativas ao conceito de espécie nos livros analisados
Fonte: o autor

O Quadro 8 sintetiza as informações da categoria, trazendo ainda as informações sobre as subcategorias e em quais coleções as atividades propostas foram agrupadas, bem como apresenta exemplos de atividades para cada subcategoria.

Categoria 3: Propostas de ensino ou atividades relativas ao conceito de espécie nos livros analisados		
Subcategorias	Coleções	Exemplos de atividades
Conceito de espécie	C3v2 C5v3; C5v3MP C6v2; C6v2MP; C6v3 C7v2MP; C7v3MP C9v3; C9v3MP	<p>Atividades</p> <p>Responda as atividades no caderno.</p> <p>Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.</p> <ol style="list-style-type: none"> Qual é a importância de classificar os seres vivos? Explique o que é taxonomia, sistemática e filogenia. Qual é o conceito biológico de espécie? Defina com suas palavras anagênese e cladogênese. <p>Atividade de conceito de espécie: C3v2, p. 27.</p>
Especiação	C1v3 C5v3 C6v3 C7v3 C8v3; C8v3MP C9v3; C9v3MP	<p>5. (UFRGS-RS) As três situações abaixo referem-se a mecanismos pré-zigóticos de isolamento reprodutivo.</p> <ol style="list-style-type: none"> Duas espécies de cobras habitam uma mesma área geográfica, mas, enquanto uma vive predominantemente na água, a outra vive em terra firme; consequentemente, não convivem e não há cruzamento entre elas. Duas espécies de aranhas não copulam porque os machos de cada espécie possuem órgãos copulatórios que só se acoplam em aberturas reprodutoras de fêmeas da sua mesma espécie. Duas espécies de pinheiros ocorrem em uma mesma área geográfica e são capazes de formar híbridos; entretanto, não há cruzamento entre elas, pois uma espécie libera o pólen em fevereiro, e a outra, em abril. <p>Indique a alternativa que apresenta o tipo de isolamento reprodutivo relacionado, respectivamente, a cada uma das três situações acima.</p> <ol style="list-style-type: none"> De hábitat – etológico – sazonal. Gamético – sazonal – ecológico. <input checked="" type="radio"/> Ecológico – mecânico – sazonal. Etológico – gamético – de hábitat. Sazonal – ecológico – etológico. <p>Atividade de especiação: C5v3, p. 199.</p>
Classificação dos seres vivos	C3v2 C4v2 C5v2; C5v2MP	<p>2. (Ceag/FGV-SP) Para facilitar o estudo dos seres vivos, os cientistas os dividem em categorias de classificação (ou táxons):</p> <p>Espécie → Gênero → Família → Ordem → Classe → Filo → Reino.</p> <ol style="list-style-type: none"> A baleia-azul (<i>Balaenoptera musculus</i>) e a baleia-espadarte (<i>Balaenoptera borealis</i>) pertencem à família Balaenopteridae. Portanto, possuem em comum, obrigatoriamente, quais outras categorias de classificação? A baleia-franca (<i>Eubalaena australis</i>, da família Balaenidae), como todas as demais baleias, pertence à ordem Cetacea. Se em um determinado ecossistema marinho hipotético forem avistados exemplares de baleia-franca, baleia-azul (<i>Balaenoptera musculus</i>, da família Balaenopteridae) e baleia-espadarte (<i>Balaenoptera borealis</i>, da família Balaenopteridae), teremos representantes de quantas classes? De quantas famílias? De quantos gêneros? De quantas espécies? <p>Atividade de classificação dos seres vivos: C4v2, p. 23</p>

continua

continuação

<p>Sistemática e taxonomia</p>	<p>C1v2; C1v2MP; C1v3; C1v3MP C2v2; C2v2MP C3v2; C3v2MP C4v2; C4v2MP C5v2* C6v2; C6v3MP C7v2 C8v2; C8v2MP C9v2; C9v3 C10v2; C10v2MP</p>	<p>3. (UFRGS-RS) Os cinco cladogramas das alternativas ilustram relações filogenéticas entre os táxons hipotéticos 1, 2, 3, 4 e 5. Quatro desses cladogramas apresentam uma mesma hipótese filogenética. Qual a alternativa que contém o cladograma que apresenta hipótese filogenética diferente das demais. 3. b</p> <p>Atividade de sistemática e taxonomia: C8v2, 25.</p>
--------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Quadro 8. Atividades de ensino propostas nos livros didáticos

Fonte: coleções analisadas

No Quadro 8 são apresentadas as subcategorias nas quais as atividades foram categorizadas; atividades que abordam o conteúdo de Sistemática e Taxonomia estão presentes em todas as coleções; as que abordam a temática do conceito de espécie e a especiação são trazidas em poucas coleções, e, com relação ao conteúdo de Classificação dos seres vivos, apenas cinco coleções traziam atividades a respeito. As subcategorias são discutidas abaixo, sendo apresentados exemplos extraídos das coleções.

4.3.1 Subcategoria 3.1 conceito de espécie

As propostas de atividades relacionadas ao conceito de espécie foram encontradas em cinco das dez coleções. A Figura 6 figura apresenta como exemplo de atividade uma questão do livro C6v2 (p. 54), onde temos o recorte de toda a página em que se encontra a questão que queremos evidenciar. A questão apresentada promove a discussão do conceito biológico de espécie e faz com que o estudante reflita sobre a definição de espécie. Propõe-se ainda que o estudante relembre e expresse quais são os fundamentos para que um organismo seja considerado híbrido.

Questões globais

Não escreva no livro.

1. Em um pomar, existem as seguintes árvores:

Nome popular	Nome científico
macleira	<i>Pyrus malus</i>
goiabeira	<i>Psidium guajava</i>
laranjeira	<i>Citrus sinensis</i>
jabuticaba-açu	<i>Myrciaria cauliflora</i>
licha	<i>Litchi chinensis</i>
lima-da-pérsia	<i>Citrus aurantifolia</i>

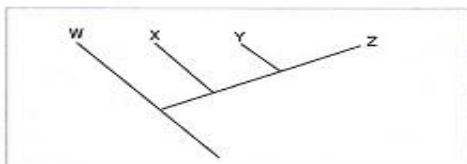
- Quantas espécies aparecem no quadro?
 - Quantos gêneros aparecem no quadro?
 - Alguma espécie pertence ao mesmo gênero de outra? Qual?
 - A qual domínio pertencem os seres vivos mencionados nesta atividade? Essa informação está descrita no nome científico?
2. Observe as categorias taxonômicas apresentadas no quadro abaixo.

Ordem • Classe • Família • Reino • Gênero

- Qual delas reúne os indivíduos que apresentam maior número de características semelhantes?
 - Qual agrupa indivíduos menos semelhantes?
3. O quadro abaixo mostra o nome científico do cachorro, que está grafado incorretamente.

Canis familiaris • canis Familiaris
Canis Familiaris • **CANIS FAMILIARIS**

- Explique qual é a incorreção presente em cada caso.
 - No caderno, indique corretamente o nome dessa espécie.
4. Reproduza no caderno a árvore filogenética abaixo e circule de azul o trecho correspondente à história comum de X, Y e Z; de vermelho, o trecho correspondente à história particular de Y; e, de preto, o local onde está o ancestral comum a Y e Z.



5. Lineu propôs uma maneira de denominar os seres vivos, conhecida como nomenclatura binomial. A ave conhecida popularmente como quero-quero (imagem **A**) é denominada *Vanellus chilensis*, segundo o modelo de Lineu. Em **B**, está uma espécie africana, aparentada do quero-quero, o abibe-de-cabeça-branca, denominada *Vanellus albiceps*. Em **C**, uma outra ave, também aparentada das duas anteriores, pertencente à mesma família, os Caradrideos, é o borrelho, *Charadrius hiaticula*.



Qual dupla, entre as três aves, está filogeneticamente mais próxima, segundo a classificação? Justifique sua resposta.

6. O ligre (imagem **C**), um animal híbrido, resultante do cruzamento de um leão (*Panthera leo*, imagem **A**) e uma tigresa (*Panthera tigris*, imagem **B**), não está incluído na classificação biológica oficial porque não constitui uma espécie biológica.



- Qual é o conceito atualmente aceito de espécie biológica?
- Segundo esse conceito, é esperado que o ligre consiga se reproduzir?
- Leões e tigres não pertencem à mesma espécie nem ao mesmo gênero. Você concorda com essa afirmação? Explique.

Figura 6: Fotografia da C6v3, p. 54. Questão relacionada ao conceito de espécie
 Fonte: Catani et al., 2016a.

Na atividade 6, apresentada na figura acima, o questionamento de letra a, da forma como a pergunta é realizada, leva a um entendimento de que há um único conceito de espécie, ao interrogar qual o conceito atualmente aceito de espécie biológica. Pode ser necessário argumentar a existência de vários conceitos de espécies, todos aceitos pela comunidade científica, porém, cada qual com suas especificidades, contextos de pesquisas e grupo de organismos ao qual se aplicam.

Na continuidade dessa atividade, no questionamento da letra b é apresentado que, de acordo com o conceito biológico, o organismo híbrido em questão não poderá reproduzir-se e, portanto, não está incluído em uma classificação biológica

oficial. No entanto, ainda poderão ser apresentadas exceções e situações em que os híbridos podem reproduzir-se.

Nos livros analisados há atividades voltadas para a definição do conceito biológico de espécie (C3v2, p. 27; C6v3, p. 181), que abordam o conceito de espécies biológicas (C5v3, p. 198; C6v2, p. 54) e o conteúdo de especiação (C5v3, p. 199; C6v3, p. 181-184; C9v3, p. 18).


A C3 adotou o conceito biológico no volume para o 2º ano, portanto, propor que os estudantes possam definir o conceito é satisfatório. Na C5, o conceito de espécie apresentado foi o biológico (Figura 7), assim como na C6. No entanto, a C6 ainda trouxe cinco conceitos como subsídio, portanto, poderia haver atividades que contemplassem os demais conceitos de espécie, rompendo com a perspectiva de conceito único, que pode ser prejudicial para o entendimento da Natureza da Ciência. Na C9 são propostos exercícios para que o professor possa verificar a compreensão dos conteúdos dos conceitos de espécie e especiação. O conteúdo de especiação geralmente é abordado por meio do conceito de espécie.

As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

DESENVOLVENDO HABILIDADES

Leia com atenção o texto a seguir e responda às perguntas que se seguem.

Há na América do Norte uma determinada espécie de rã (*Rana pipiens*), encontrada desde o Canadá (no norte, portanto) até o México (no extremo sul). Os indivíduos pertencentes a populações dessas duas localidades diferem significativamente, em termos morfológicos. Quando se tenta cruzar um indivíduo de uma população do norte com um do sul, a maioria dos descendentes é inviável. No entanto, cruzamentos entre populações vizinhas são bem-sucedidos. Dessa maneira, um gene existente no extremo norte pode, por intermédio de cruzamentos sucessivos entre populações adjacentes, chegar a um indivíduo de uma população do sul.



Rana pipiens (10 cm de comprimento).

a) O texto diz que o cruzamento entre indivíduos de populações afastadas não costuma ser bem-sucedido. Sabemos, porém, que espécie biológica é um grupo de organismos que podem se intercruzar, originando descendentes férteis. Sendo assim, é correto aceitar que todas as populações desse tipo de rã pertencem à mesma espécie? Comente.

b) Suponha que cinco dessas populações de rãs (A, B, C, D e E) sejam vizinhas umas das outras, na ordem em que foram citadas. Os genes existentes nas populações extremas (A e E) podem fluir livremente por intermédio dos cruzamentos entre populações vizinhas. Imagine, agora, que duas dessas populações desapareçam (C e D), por algum acidente ou catástrofe hipotética. Supondo que o cruzamento seja somente possível entre populações diretamente vizinhas, o que você diria quanto ao número de espécies que existe agora?

c) Por que as populações do extremo norte são morfológicamente diferentes das do extremo sul? Tente explicar isso usando os conceitos de evolução que aprendeu nos últimos capítulos.

Habilidades do Enem (Ciências da Natureza e suas Tecnologias): A questão exige do estudante, inicialmente, a **habilidade 13**, ou seja, a capacidade de reconhecer os mecanismos de transmissão da vida; além disso, envolve também a **habilidade 16**, em que se deve trabalhar com a compreensão do papel dos mecanismos da evolução.

Figura 7: Fotografia da C5v3, p. 198. Atividade de conceito de espécie.
Fonte: Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior, 2016b.

A atividade representada na Figura 7 apresenta a possibilidade de discutir o fluxo gênico que ocorre entre populações de uma espécie de rã, portanto, pode contribuir para que o estudante coloque em prática os conhecimentos acerca do conceito biológico estudado.

No manual do professor há a orientação de que, para contribuir que os estudantes compreendam melhor o conteúdo de especiação, é necessário aprofundar um pouco o conceito de espécie; também “[...] é discutido o conceito de espécie endêmica, alertando para a importância da conservação das áreas onde elas ocorrem.”. Em seguida, é apresentado o “[...] sistema de classificação biológica criado por Lineu - com critérios puramente morfológicos -, mostrando suas limitações”; depois apresenta-se o “[...] ‘conceito biológico de espécie’ de Ernst Mayr”. (C5v3MP, p. 367). O manual do professor é utilizado para apresentar as respostas das atividades propostas no livro didático.

Em um texto no manual do professor há o destaque para o professor da possibilidade de apresentar aos estudantes a existência de mais de vinte conceitos de espécies, sendo o mais adotado o biológico (C6v2MP, p. 308). As orientações para o professor dão maior destaque aos conteúdos de sistemática e taxonomia.

As indicações de leitura em sites (C7v3MP, p. 339; C7v2MP, p. 315), livros, artigos e outros objetos educacionais como fonte de informações que podem colaborar com o trabalho docente são úteis, pois direcionam o professor a determinado conteúdo já verificado anteriormente pelos profissionais da editora do livro didático ou por revisores, no caso de artigos acadêmicos, por exemplo. Portanto, são conteúdos que foram considerados confiáveis e nos quais a transposição didática é adequada ao nível de ensino. Dessa forma, ao professor é possibilitado encontrar conteúdos que possam enriquecer ainda mais o trabalho com a temática do conceito de espécie. É necessário haver o cuidado de definir quais sugestões serão disponibilizadas, pois pode ocorrer que as informações presentes nos sites, por exemplo, tragam as já incluídas no livro, como ocorre em C7v3.

Na coleção C7v3 há sugestões de sites, como de grupos de trabalho e/ou pesquisa de instituições públicas de ensino, embora as informações constantes neles são praticamente as mesmas presentes no livro didático.

No manual do professor há orientações para que o docente inicie o conteúdo dos processos de especiação a partir do questionamento dos estudantes sobre o que é uma espécie. Também incentiva que os alunos citem várias espécies que

conhecem e as comparem para formar um conceito de espécie (C9v3MP, p. 302-303). A publicação traz que a possibilidade de várias respostas também ocorre no meio científico, portanto, os “[...] vários conceitos de espécies e como essa diversidade surge em razão dos parâmetros que cada cientista considera, além de outros fatores. Destaque-se a importância da história das Ciências na construção de cada novo conceito, relacionando as principais ideias e os conhecimentos da época” (C9v3MP, p. 302-303).

As atividades que procuram abordar o conceito de espécie foram encontradas em cinco coleções apenas, ao passo que as voltadas para o conteúdo de especiação aparecem em seis. Portanto, é possível que o professor precise complementar a discussão da temática do conceito de espécie por meio de atividades contempladas em todos os livros didáticos, como as voltadas para a Sistemática e para a Taxonomia.

As questões propostas nos livros didáticos promovem a compreensão do conceito biológico, fortalecendo a conceituação do conceito por parte dos estudantes, como evidenciado em pesquisas que buscaram conhecer a compreensão que os estudantes possuíam acerca do conceito de espécie, como em Soares et al. (2007), Rôças, Monteiro e Siqueira-Batista (2008) e Shome (2012). No entanto, é coerente que as atividades propostas estejam de acordo com o conteúdo apresentando no livro didático; dessa forma, o conceito biológico foi predominante nas atividades.

As orientações apresentadas no manual do professor são de grande importância, pois auxiliam na elaboração do plano de aula para a temática do conceito de espécie. As orientações sobre a existência de mais de vinte conceitos, na coleção C6, poderiam estar associadas a uma sugestão de site, que traria, por exemplo, uma síntese dessa lista de conceitos. No item sugestão de livros, filmes e sites para o professor, há diversas indicações, no entanto, não foi sugerido um site ou obra específica que trate da lista de conceitos de espécies.

As atividades propostas nas coleções possuem sua importância, que é a de possibilitar que o estudante, valendo-se do conhecimento estudado, possa solucionar problemas que empregam os conceitos de espécie e especiação. No entanto, como a maioria das coleções aborda sistematicamente o conceito biológico de espécie e, em menor quantidade, o conceito filogenético de espécie, raramente outros conceitos aparecem, o que pode reforçar a ideia de um conceito único.

Assim, são necessárias tentativas de romper com essa ideia e abrir possibilidades para a formação de um entendimento mais amplo do conceito de espécies.

4.3.2 Subcategoria 3.2 especiação

Em seis coleções foram encontradas atividades que abordavam o conteúdo de especiação. A Figura 8 mostra uma atividade proposta na coleção C9v3 (p. 18), que ilustra as questões relacionadas ao conteúdo de especiação.

Isolamento reprodutivo

O isolamento reprodutivo, por definição, completa o processo de especiação. Ele pode ocorrer de duas formas:

- **Pré-zigótica.** Quando ocorre antes da fecundação. Por exemplo, casos de habitats diferentes, incompatibilidade entre os órgãos sexuais, cantos ou períodos diferentes de acasalamento, época de florada em diferentes períodos do ano, estrutura floral e polinizadores específicos.
- **Pós-zigótica.** Quando ocorre após o evento de fecundação. Por exemplo, quando há formação de um novo indivíduo, mas ele não é viável ou não se desenvolve completamente e morre ou não é fértil e não consegue se reproduzir.



A mula é um caso clássico de isolamento reprodutivo pós-zigótico. Nasce a partir do cruzamento de um jumento (*Equus asinus*) com uma égua (*Equus caballus*), mas é estéril.

Atividades Responda em seu caderno

Trabalhe as questões a seguir oralmente com os alunos para verificar a compreensão dos conteúdos desenvolvidos no Tema antes de prosseguir com as questões de Aplicação:

Aplicação

Quais os conceitos de espécie? Como pode ocorrer a especiação? O que é isolamento reprodutivo? Como pode ocorrer?

1. Pesquisadores encontraram, em duas ilhas próximas, duas populações de borboletas aparentemente semelhantes. As borboletas da ilha A apresentam listras amarelas horizontais nas asas, que estão ausentes nas borboletas da população da ilha B. Esses pesquisadores observaram que os indivíduos das duas populações conseguiam voar de uma ilha para outra e acasalavam na natureza, gerando descendentes. Discuta se essas duas populações pertencem ou não a uma mesma espécie. O que você considerou para dar essa classificação?
2. Leia o texto abaixo e responda ao que se pede.
Uma troca de uma única letra do DNA em um único gene da ave papa-moscas-monarca (*Monarcha castaneiventris*) fez que as aves de duas ilhas vizinhas apresentassem padrões corporais distintos: as aves de uma das ilhas têm barriga alaranjada, e as da outra são completamente pretas. Essa alteração morfológica aparentemente bastou para que as populações de aves das duas ilhas vizinhas parassem de se reconhecer como membros de um mesmo grupo e de se acasalar umas com as outras.
a) Você consideraria que as aves dessas duas populações são pertencentes a espécies diferentes? Por quê?
b) Que outros estudos você faria para responder à questão acima?

Comunicação

3. Em grupo, façam uma pesquisa sobre outras proposições de conceitos de espécie, em que contexto social e científico elas ocorreram e as limitações que apresentam. Em seguida, redijam um pequeno texto sobre uma dessas proposições. Apresentem para seus colegas e vejam o que eles elaboraram.

18

Figura 8: Fotografia da C9v3, p. 18. Atividade que aborda o conteúdo de especiação
Fonte: Rios e Thompson, 2016b.

A questão apresentada aborda o processo de formação de novas espécies. Com a proposta das questões é possível abordar as especiações alopátrica (resultante do isolamento geográfico) e simpátrica (ausência de isolamento

geográfico, mas com barreiras que impedem o sucesso reprodutivo). O isolamento reprodutivo pode ser abordado, desse modo, retomando os conhecimentos do conceito de espécie, por exemplo. Logo, a atividade possibilita discutir principalmente o conceito biológico, seguido dos conceitos filogenético, genético e morfológico. Dos quatro conceitos de espécie citados, o biológico e o filogenético são abordados na coleção, sendo ainda apresentado na C9 o conceito evolutivo. Assim, o conteúdo de especiação está bem subsidiado, contando com o apoio teórico dos conceitos de espécie.

As atividades relacionadas ao conteúdo de especiação em C1v3 (p. 257-260) são desenvolvidas ao longo de quatro páginas. Portanto, há várias possibilidades de o estudante retomar o conhecimento estudado anteriormente ao solucionar as questões apresentadas; são trazidas questões que o ajudam a refletir o processo de especiação por isolamento geográfico, que é destacado no capítulo de especiação, além de apresentar várias questões que tratam da genética de populações, bem como da identificação de fatores evolutivos no processo de formação de novas espécies. Desse modo, é possível observar que o foco das atividades difere um pouco da C9, que se pauta mais na distinção dos processos de especiação, enquanto a C1 está voltada para a genética de populações e para a ação de processos evolutivos nas espécies (Figura 9). A questão destacada em vermelho trata de um exemplo de especiação por isolamento geográfico.

Na coleção C5v3 (p. 198-199) foram encontradas atividades que abordam o conteúdo de especiação. Uma atividade é proposta com o objetivo de recapitular todo o conteúdo estudado no capítulo anterior (p. 198), por meio de uma ilustração esquemática (Figura 10), que representa o isolamento de uma população e sua separação posterior em duas espécies distintas.

A atividade apresentada na C5 traz uma ilustração como apoio, na qual os dados são apresentados de maneira intuitiva e didática. Dentre as questões abordadas há o exemplo dos cães, no qual o estudante, além de utilizar os processos de especiação, tem a oportunidade de refletir sobre o conceito de espécie, recordando principalmente o conceito biológico. Na página 199 da C5v3, há questões que abordam a diversidade morfológica dos cães e os diferentes processos de especiação por isolamento reprodutivo, como o etológico e o ecológico.

1. Os trabalhos de ambos serviram de fundamento para a teoria sintética de evolução. Os mecanismos de herança genética explicam como surge a variabilidade fenotípica em uma população, sujeita à seleção natural.

Revedo e aplicando conceitos

1. Quando Darwin desenvolveu a teoria da seleção natural ainda não existiam elementos para explicar as causas das variações observadas e descritas por ele. Você sabe que essas informações foram se tornando disponíveis à medida que os estudos de Mendel sobre hereditariedade foram se tornando conhecidos, dando origem à Genética.

De que forma os trabalhos de Darwin e de Mendel, realizados de modo independente, se complementam?

2. Imagine a seguinte situação: uma população de aranhas é separada geograficamente pela construção de uma rodovia. Algumas décadas depois, cientistas comparam indivíduos coletados de lados opostos da rodovia e constataam que existem algumas diferenças no padrão de cores. Além disso, indivíduos das duas populações realizam acasalamento, mas não surgem descendentes.

2. Trata-se de um exemplo de especiação por isolamento geográfico. Veja comentários no Manual.

Explique os processos evolutivos que modificam a população original de aranhas, baseando-se no que vimos neste capítulo a respeito de especiação.

3. Uma população hipotética, em equilíbrio genético, formada por 1 000 indivíduos, apresenta frequência do alelo dominante D de 0,6.

3. Consulte o Manual para os cálculos e a justificativa.

a. Qual é a frequência do alelo recessivo d ? Apresente seus cálculos ou raciocínio.

3. a) 0,4.

b. Qual será a frequência de indivíduos homocigóticos recessivos na próxima geração?

3. b) 0,16.

c. Qual será a frequência de indivíduos heterocigóticos e homocigóticos dominantes?

3. c) 0,84.

d. O que significa dizer que a população está em equilíbrio genético?

3. d) Isso significa que a população não está em evolução.

4. Em uma determinada população, a frequência de um alelo era 0,71. Após um longo período de alterações climáticas na região, a frequência desse mesmo alelo passou a ser 0,65. Como você explicaria essa alteração de acordo com a genética de populações?

4. A população está sofrendo ação de fatores evolutivos, pois houve alteração na frequência gênica.

5. A respeito da migração, responda:

a. Diferencie emigração de imigração; se necessário, consulte um dicionário.

b. Qual seria a consequência da imigração de indivíduos, para o conjunto gênico de uma população?

6. Leia o trecho de uma reportagem, publicada na revista *Ciência Hoje* (nov. de 2001):

5. a) Emigração: saída de indivíduos de uma população; imigração: chegada a uma nova população.

"Migrar através de voo não é tarefa fácil para aves, morcegos ou insetos. Por isso, esses animais desenvolveram mecanismos para economizar energia ao longo de suas jornadas – às vezes, de milhares de quilômetros. [...] Segundo os pesquisadores, para os machos o objetivo parece ser chegar ao destino antes dos concorrentes, para poder cruzar com o maior número de fêmeas."

Comente a linguagem utilizada no artigo, considerando o que aprendemos sobre o processo de evolução por seleção natural.

6. A linguagem é finalista, podendo causar a impressão de que a evolução é processo intencional. Veja mais comentários no Manual.



↗ Aves migratórias.

Trabalhando com gráficos

7. Gráfico C. Veja comentários no Manual.

7. (Adaptado de Unesp) Pesquisadores estudavam a população de uma espécie de ave, habitante de uma ilha, que se alimenta de sementes. Eles mediram o comprimento dos bicos de 100 indivíduos e consideraram que existe uma relação direta entre o tamanho dos bicos e o tamanho das sementes que as aves conseguem comer.

O gráfico esboçado a seguir representa a distribuição de frequência de indivíduos em cada classe de comprimento de bicos.



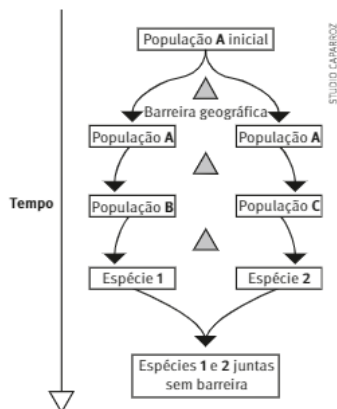
5. b) A migração determina o fluxo gênico, se houver cruzamento entre os migrantes e os indivíduos que já fazem parte da população. Assim, pode ocorrer aumento da variabilidade genética na população.

Figura 9: Fotografia da C1v3, p. 257. Atividade de especiação.
Fonte: Mendonça, 2016b.

PARA RECAPITULAR



1. Observe o seguinte esquema.



Cite e explique:

- o(s) fator(es) evolutivo(s) que pode(m) levar à diferenciação da população **A** inicial nas espécies 1 e 2;
 - o(s) mecanismo(s) que pode(m) impedir as espécies 1 e 2 de constituir uma única população da mesma espécie.
- Cães da raça *chihuahua* não conseguem cruzar com cães pastores-alemães. Apesar disso, *chihuahuas* e pastores-alemães são considerados da mesma espécie. Comente essa afirmativa.
 - Explique o fenômeno da irradiação adaptativa por meio de um exemplo.
 - Em que consiste o fenômeno da convergência adaptativa? Dê exemplos.

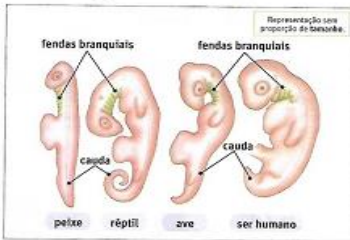
Figura 10: Fotografia da C5v3, p. 198. Atividade de especiação.
Fonte: Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior, 2016b.

Os questionamentos observados na atividade da Figura 10 permitem ao estudante retomar os conhecimentos de especiação, principalmente os de isolamento reprodutivo, que contribuem para reforçar o entendimento do conceito biológico de espécie e os aspectos que lhe são relacionados, como a dificuldade de ser aplicado aos organismos assexuados e aos fósseis, por exemplo.


Nas coleções C6v3 (p. 181-184) e C7v3 (p. 149-150) encontramos atividades sobre o conteúdo de especiação (Figuras 11 e 12, respectivamente), que abordam os modos de isolamento que ocorrem nas espécies, além de contemplar os efeitos da ação evolutiva nas populações de espécies; as atividades possibilitam refletir tanto o conceito biológico como o conceito filogenético. Na C6v3 espera-se que o estudante consiga expressar a aplicação e as limitações do conceito biológico, portanto, há um reforço na consolidação do aprendizado do conceito. Embora, as coleções já estejam abordando o conceito filogenético e o conceito biológico, os estudantes provavelmente trazem dos anos anteriores de estudos a concepção de que existe apenas um conceito de espécie para organizar e explicar toda a diversidade de organismos vivos. Essa é uma hipótese que necessitaria ser testada para ser confirmada ou não, logo, novos estudos seriam necessários.

Questões globais Não escreva no livro.

1. Explique por que os fósseis são evidência importante da evolução biológica.
2. Quais as principais diferenças entre a teoria de Lamarck e a de Darwin?
3. Comente resumidamente a importância da viagem de Darwin a bordo do Beagle para o desenvolvimento de sua teoria da evolução.
4. Que tipo de evidência evolutiva está representada na figura a seguir?



5. Que contribuição foi dada por Thomas Malthus para a teoria da seleção natural desenvolvida independentemente por Darwin e Wallace? De que maneira essa ideia foi transposta à teoria de Darwin e Wallace?
6. Um dos principais passatempos de Darwin durante sua viagem a bordo do Beagle era a leitura. Uma das obras mais importantes que leu foi *Princípios de geologia*, de Charles Lyell. Qual foi a importância dessa leitura para a elaboração de sua teoria da evolução?
7. Explique o conceito biológico de espécie, dê exemplos de sua aplicação e cite suas limitações.
8. Tigres e leões, duas espécies distintas, porém muito próximas, podem facilmente cruzar-se em cativeiro. Entretanto esses dois felinos, apesar de terem vivido em regiões geográficas comuns desde a Antiguidade, nunca se cruzaram na natureza. Hábitats e hábitos diferentes são algumas das explicações para justificar o improvável encontro dessas duas espécies no mundo natural. Seria esse mais um exemplo de limitação provocado pelo conceito biológico de espécie? Justifique.
9. Em uma população, existem 3,6 mil indivíduos com genótipo AA; 6 mil com genótipo Aa; e 2,4 mil com genótipo aa.
 - a) Calcule as frequências gênicas e genotípicas.
 - b) Essa população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg com relação a esse par de alelos? Justifique.
10. Nas fotografias a seguir, a falsa-coral está representada em cima, e a coral-verdadeira, embaixo. São duas espécies bem parecidas que habitam aproximadamente as mesmas regiões. Entretanto, o veneno da coral-verdadeira é muito mais perigoso do que o da falsa-coral. Que tipo de adaptação está relacionado a essas duas serpentes?



11. Associe os exemplos a seguir com os mecanismos de isolamento reprodutivo.
 - a) Espécies de sapos do gênero *Scaphiopus* habitam diferentes tipos de solo, o que dificulta que se encontrem e acasalem.
 - b) Plantas florescem em épocas diferentes.
 - c) Fêmeas de vaga-lumes respondem apenas ao padrão de luz emitido pelo macho de sua própria espécie.
 - d) Égua e jumento podem cruzar-se, mas geram híbrido estéril.
12. Suponha uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg formada por mil indivíduos. Essa população apresenta a seguinte distribuição com relação aos alelos A e a: 360 indivíduos homocigotos dominantes AA; 480 indivíduos heterocigotos Aa; e 160 indivíduos homocigotos recessivos aa. Calcule as frequências gênicas e genotípicas dessa população. Considere que, após algumas gerações, houve imigração de 100 indivíduos homocigotos aa e de 60 indivíduos homocigotos dominantes. Recalcule as frequências gênicas e genotípicas para essa nova situação.

181

Figura 11: Fotografia da C6v3, p. 181. Atividades de especiação
Fonte: Catani, Bandouk, Carvalho et al., 2016b.

Atividades ⊗ ATENÇÃO! Não escreva no seu livro!

1. Um estudante afirmou que, para determinar a frequência de um alelo recessivo, em determinado momento, em uma população que não está necessariamente em equilíbrio gênico, basta contar a frequência de indivíduos com a característica recessiva. Você concorda com essa afirmação? Por quê?
2. A frequência de um alelo para um dado caráter dominante em uma população em equilíbrio é 0,20. Calcule a frequência de heterocigotos.
3. Em um experimento, uma população da espécie de drosófilas, *Drosophila pseudoobscura*, foi dividida em dois grupos: um foi criado em um meio de cultura à base de amido e o outro, em um meio à base de maltose. Depois de muitas gerações, os descendentes de ambas as culturas foram colocados juntos em um recipiente. Observou-se que as fêmeas provenientes de culturas à base de amido preferiam copular com machos provenientes também de culturas à base de amido. O mesmo acontecia com as fêmeas vindas de meios de cultura à base de maltose. Explique, em termos evolutivos, o que provavelmente aconteceu.
4. A doença de Huntington acomete, em geral, pessoas por volta dos 50 anos e é provocada por um alelo dominante. Cite dois motivos pelos quais o alelo para essa doença não é eliminado completamente pela seleção natural.
5. Pesquisadores acreditam que a formação do rio Congo, na África, por volta de 1,5 milhão de anos atrás, tenha colaborado para o surgimento, há cerca de 800 mil anos, a partir de um ancestral comum, das duas espécies de chimpanzés: o bonobo, encontrado ao sul de uma das margens do rio; e o chimpanzé comum, encontrado ao norte da margem oposta. Sabendo que esses animais não são bons nadadores, explique como a formação do rio pode ter influenciado essa especiação.
6. Em algumas populações, a frequência da fibrose cística, doença que, às vezes, provoca a morte do indivíduo ainda jovem, é de 1 para 2 500 nascimentos. Sabendo que essa doença é recessiva e monogênica (está envolvido apenas um par de alelos), responda às questões a seguir.
 - a) Supondo que essas populações estivessem em equilíbrio gênico em relação a esses alelos, calcule a frequência de indivíduos heterocigotos portadores do gene para a doença.
 - b) Cite um motivo pelo qual, na realidade, provavelmente não haja equilíbrio em relação a esses alelos.
7. Um estudante afirmou que se a frequência de determinado alelo aumentou ao longo do tempo em uma população; isso só pode ter ocorrido porque esse alelo conferiu alguma vantagem adaptativa a seus portadores. Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta.
8. Uma espécie de drosófila, *Drosophila pseudoobscura*, acasala-se pela manhã; outra espécie, *Drosophila persimilis*, acasala-se à tarde. Ambas são encontradas na mesma área geográfica. Que tipo de isolamento reprodutivo há entre as duas espécies? É um isolamento pré-zigótico ou pós-zigótico?
9. Em vários invertebrados aquáticos, como os ouriços-do-mar, a fecundação é externa: o macho lança espermatozoides na água e estes fecundam o óvulo das fêmeas da mesma espécie, embora não fecundem o óvulo das fêmeas de outras espécies. Que tipo de isolamento deve haver nessa situação?
10. (Fuvest-SP) Em uma população de 100 pessoas, 36 são afetadas por uma doença genética condicionada por um par de alelos de herança autossômica recessiva.
 - a) Expresse em frações decimais a frequência dos genes dominantes e recessivos.
 - b) Quantos indivíduos são homocigotos?
 - c) Suponha que nessa população os cruzamentos ocorram por acaso, deles resultando, em média, igual número de descendentes. Considere, também, que a característica em questão não altera o valor adaptativo dos indivíduos. Nessas condições, qual será a porcentagem esperada de indivíduos de fenótipo dominante na próxima geração? Justifique suas respostas mostrando como chegou aos resultados numéricos.
11. (Fuvest-SP) Os fatos abaixo estão relacionados ao processo de formação de duas espécies a partir de um ancestral:
 - I. Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
 - II. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.
 - III. Aparecimento de barreira geográfica.
 - a) Qual é a sequência em que os fatos acima acontecem na formação das duas espécies?
 - b) Que mecanismos são responsáveis pelas diferenças genéticas entre as populações?
 - c) Qual é a importância do isolamento reprodutivo no processo de especiação?

119

A teoria sintética: genética das populações e formação de novas espécies

Figura 12: Fotografia da C7v3, p. 149. Atividades de especiação.
Fonte: Gewandsznajder, Pacca e Linhares, 2016b.

As atividades de especiação e de conceito de espécie ocorrem praticamente juntas, pois ambos os conteúdos geralmente são abordados no mesmo capítulo, dividindo espaço algumas vezes no mesmo tópico. As atividades na C6v3 (figura 11) permitem ao estudante relacionar a ação dos processos evolutivos na formação e na adaptação de espécies diferentes; possibilita o entendimento de que mecanismos de especiação, como o isolamento reprodutivo, podem ocorrer com diferentes organismos, como insetos, anfíbios, animais e plantas, ou seja, é possível entender que determinado mecanismo de especiação atue em quase todos os seres vivos, com algumas exceções, como o caso dos organismos assexuados.

Na C7v3 (Figura 12) uma questão do exercício número 11 traz uma indagação que reflete o que pode significar, certas vezes, as próprias dúvidas dos estudantes: para que eu vou estudar esse conteúdo? Da mesma forma, a questão pede que seja definida a importância do isolamento reprodutivo no processo de especiação. Certamente essa questão pode representar um modelo de motivação que o professor poderia usar em sala de aula para iniciar o conteúdo de especiação e os demais do ano letivo. A ideia de representar a importância de um evento como o isolamento reprodutivo para a consolidação da ocorrência de um processo maior, que é a especiação, não significa que se faz referência a uma ciência finalista, mas quer apenas apontar que ‘uma parte de um todo’ possui importância e precisa ser levada em consideração.

No manual do professor há orientações para o conteúdo de especiação (C7v3MP, p. 339); são apresentadas explicações acerca da evolução, do conceito de espécie biológico e sua contribuição para compreender o processo de especiação. Por fim, há dois textos, elaborados pelos autores da coleção; o primeiro apresenta argumentos para as evidências de especiação e o segundo discute a velocidade com que o processo pode ocorrer, destacando-se a temática do equilíbrio pontuado³⁸.

As atividades que abordam o conteúdo de especiação na C8v3 (p. 158-161) (Figura 13) trazem várias questões que colocam em evidência o conceito biológico de espécie. Na C8v3 há um tópico associando o conceito biológico e a especiação, sendo este o único conceito abordado na coleção. Portanto, as questões apresentadas contribuirão para o estudo do conceito biológico, conduzindo o

³⁸Equilíbrio pontuado é uma teoria que afirma estarem os saltos evolutivos armazenados nos registros fósseis demonstrando que os organismos passam por longos períodos sem alterações importantes e períodos em que as modificações ocorrem de maneira intensa (DAL-FARRA, 2006).

estudante a executar reflexões sobre aspectos do isolamento reprodutivo que se relacionam com o conteúdo conceitual do conceito biológico.

ATIVIDADES

Reverendo conceitos, fatos e processos Registre em seu caderno

1. Considere as informações a seguir sobre algumas ocorrências referentes ao processo de especiação. Qual é a alternativa que as ordena na sequência de formação de duas novas espécies a partir de uma população ancestral? ^{1, d}

I. Populações que se cruzam livremente.
 II. Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
 III. Estabelecimento de isolamento reprodutivo entre as populações.
 IV. Aparecimento de barreira geográfica entre as populações.

a) I → II → III → IV c) I → III → II → IV
 b) I → II → IV → III d) I → IV → II → III

2. "O início da era (■) é marcado por uma 'explosão' de aparecimento de fósseis, o que indica o surgimento de muitas novas linhagens de seres vivos." Qual das alternativas substitui corretamente a tarja na frase anterior? ^{2, c}

a) Cenozoica. c) Paleozoica.
 b) Mesozoica. d) Pré-cambriana.

3. Considerando evidências científicas, há quanto tempo, aproximadamente, a vida na Terra teria surgido? ^{3, d}

a) Há 10 mil anos.
 b) Entre 4,5 e 5 milhões de anos atrás.
 c) Há 6 milhões de anos.
 d) Entre 3,5 e 4 bilhões de anos atrás.

4. Qual dos seguintes fenômenos pode ser mais diretamente correlacionado ao aparecimento dos seres fotossintetizantes? ^{4, c}

a) A "explosão cambriana".
 b) A extinção dos grandes répteis.
 c) A formação de uma atmosfera rica em gás oxigênio.
 d) As glaciações.

5. Acredita-se que os peixes de nadadeiras lobadas – os sarcopterígeos – foram os ancestrais imediatos de quais grupos animais? ^{5, a}

a) Anfíbios.
 b) Aves e mamíferos.
 c) Peixes ósseos.
 d) Répteis.

6. Ovos amnióticos, em que os embriões se desenvolvem protegidos da dessecação por anexos embrionários, representaram uma novidade evolutiva que garantiu a independência de água líquida para a reprodução e a conquista do ambiente de terra firme pelos animais. Em que grupo animal essa novidade teria surgido e se estabelecido? ^{6, e}

a) Anfíbios. d) Peixes.
 b) Aves. e) Répteis.
 c) Mamíferos.

Questões para exercitar o pensamento Registre em seu caderno

7. Os evolucionistas consideram improvável que a espécie humana venha a se diversificar em novas espécies no futuro. Tendo em mente o conceito biológico de espécie e os processos de especiação, qual é o principal argumento a favor dessa ideia?

8. Duas populações oriundas da fragmentação de uma mesma população original ficaram isoladas geograficamente por um longo período de tempo. Descreva as diferentes alternativas do que pode acontecer, em relação ao isolamento reprodutivo, se essas populações voltarem a se juntar pelo desaparecimento da barreira geográfica entre elas. Inclua, em sua explicação, o conceito de subspecie.

9. Duas espécies de mosca do gênero *Drosophila* – *D. pseudoobscura* e *D. persimilis* – apresentam um complexo ritual de corte, em que os machos estendem uma das asas vibrando-a para produzir um som característico da sua espécie. Uma fêmea somente cruzará com machos que produzam os sinais corretos, típicos da espécie. Entretanto, nas condições pouco naturais e superpovoadas das caixas de laboratório onde são cultivadas essas moscas, surgem híbridos entre as duas espécies, principalmente se as moscas forem mantidas à temperatura de 16 °C.

a) Considerando as explicações anteriores, responda: o que justifica classificar *D. pseudoobscura* e *D. persimilis* como espécies diferentes?
 b) Que tipo de isolamento reprodutivo ocorre entre essas duas espécies de drosófila?

10. O tigre é um animal de hábitos solitários, adaptado ao ambiente de floresta; o leão tem hábitos gregários e vive em regiões de campos abertos. Quando colocados juntos, em recintos de parques zoológicos, fêmeas de tigre podem eventualmente cruzar com machos de leão, ou machos de tigre podem cruzar com fêmeas de leão, produzindo descendência, em alguns casos, fértil.

a) Com base no que foi dito acima, você acha correto classificar tigres e leões como espécies diferentes?
 b) Que tipo de isolamento reprodutivo ocorre entre esses animais na natureza?

Figura 13: Fotografia da C8v3, p. 158. Atividades de especiação.
 Fonte: Amabis e Martho, 2016b.

As questões 8, 9 e 10 da Figura 13 relacionam o conceito biológico de espécie aos processos de especiação, portanto, é uma oportunidade para destacar que as duas temáticas estão intimamente relacionadas, uma contribuindo com o entendimento e, possivelmente, com o desenvolvimento da outra. Dessa maneira, as atividades propostas na C8v3 podem colaborar nesse sentido.

No manual do professor há orientações para que o docente inicie o conteúdo dos processos de especiação a partir do questionamento aos estudantes sobre o que é uma espécie. Há uma sugestão de atividade complementar (Figura 14) em que se objetiva demonstrar a especiação alopátrica (C9v3MP, p. 305-306), que é apresentada como uma demonstração em que o professor explicará aos estudantes as maneiras como novas populações surgem e se diferenciam em novas espécies. Assim, o professor pode retomar o conteúdo de especiação ou utilizá-lo como introdução à temática, pois a atividade é de fácil execução.

<p>Material</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dois copos plásticos grandes de cores diferentes (pode ser um amarelo e um vermelho, por exemplo). • Copos plásticos pequenos, como os de café (quantidade suficiente para dar um para cada aluno da classe). • Bolinhas (ou botões) de duas cores diferentes. • Garrafa plástica cheia de água com tampa. <p>Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Distribua os copinhos menores para os alunos. Cada copinho representa um novo indivíduo proveniente de um cruzamento aleatório da população portando um par de alelos específico (as bolinhas). A variação dos alelos (por exemplo, alelo dominante e recessivo) é representada pelas duas cores de bolinhas disponíveis. 2. Encha os dois copos maiores coloridos com a mesma quantidade de bolinhas das duas cores (por exemplo, podem ser 40 verdes e 40 azuis) e garanta que estejam bem misturadas. Um deles deve corresponder ao sexo feminino e o outro, ao masculino. 3. Vá passando os copos pelos alunos e pedindo que retirem uma bolinha de cada copo, sem olhar, e as coloquem em seu copinho. Essa etapa simula os cruzamentos aleatórios para produzir os indivíduos. Assim, quando um aluno pega uma bolinha de cada copo, ele simula a junção dos gametas e, portanto, o encontro dos alelos em um único indivíduo (copinho). 4. As duas bolinhas de cada copinho dos alunos representam um par de alelos, recebidos a partir de um cruzamento aleatório de uma população. 5. Peça que todos os que tiverem ambas as bolinhas de uma das cores, por exemplo verde, levistem a mão. Note se há em alguma região uma concentração de indivíduos de mãos levantadas. Caso esteja muito homogênea a distribuição de ambas as cores, agrupe os alunos cujas bolinhas são da mesma cor. 6. Utilizando a garrafa de água para representar o deslocamento de um rio em formação, passe entre os alunos que concentram os alelos iguais (ambas as bolinhas da mesma cor), mantendo esse espaço aberto para explicitar a separação em dois territórios. 7. Anuncie que a população (alunos) com uma proporção maior do mesmo alelo (as duas bolinhas da mesma cor) está agora permanentemente separada da outra população, e que eles só conseguem cruzar entre si, ou seja, houve um isolamento reprodutivo. Indique que, em consequência da alta proporção de alelos iguais (ambas as bolinhas da mesma cor), essa população apresenta uma característica vantajosa evolutivamente ao ambiente (por exemplo, pernas maiores que lhes permitem fugir mais eficientemente de predadores). 	<p>Assim, esses indivíduos possuem taxa de sobrevivência maior; conseqüentemente, são mais adaptados e se reproduzem passando essa característica à prole. Existe, portanto, a diferenciação para uma nova espécie com pernas caracteristicamente mais longas.</p> <p><small>Fonte consultada: <www.indiana.edu/~ensweb/lessons/quick-speciation.html>. Acesso em: nov. 2015.</small></p> <p>Atividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Qual é a importância do surgimento do rio na especiação alopátrica? 2. Ações antrópicas atuais podem, na escala de tempo adequada, proporcionar a criação de novas espécies a partir das atuais? <p>Sugestões metodológicas</p> <p>O entendimento de processos evolutivos pode ser muito subjetivo e difícil para os alunos. Trata-se de um assunto complexo, denso e pouco observável, dada a escala de tempo necessária.</p> <p>Essa atividade visa aproximar os alunos do processo de especiação alopátrica. Questione-os a cada etapa, fazendo-os participar do processo, para que seja garantido o entendimento de todo o mecanismo envolvido.</p> <p>Antes da execução da simulação da especiação, a representação de cada objeto – copinhos de plástico de cada aluno, os dois copos grandes, as bolinhas ou botões coloridos – deve ser explicada, para que os alunos não tenham dúvida do seu papel na simulação e possam compreender o processo completo.</p> <p>Evite expressões e frases finalistas durante a explicação e simulação do processo de especiação alopátrica.</p> <p>Respostas das atividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para que haja a especiação alopátrica, é necessária a separação física de membros de uma população, ou seja, deve ocorrer um isolamento geográfico e, portanto, reprodutivo. Esse isolamento não permite a reprodução entre as populações separadas, o que possivelmente causará um acúmulo de alelos diferentes em cada população, que ao longo do tempo poderá produzir uma nova espécie. Assim, o surgimento do rio durante a atividade é uma forma de separar física e reprodutivamente a população, garantindo possibilidades de especiação na população portadora do alelo com a característica vantajosa. 2. Ações antrópicas, como construções de hidroelétricas, em que ocorre alagamento de uma área, construção de rodovias, impossibilitando a travessia de animais de um lado para o outro, e a própria criação de cidades, entre outras, podem levar ao surgimento de novas espécies (considerando o tempo adequado), pois criam barreiras de separação de populações.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 14: Fotografia da C9v3MP, p. 306. Atividade de especiação alopátrica. Fonte: Rios e Thompson, 2016b.

O processo de especiação geralmente é abordado após a temática do conceito de espécie; quando o conteúdo de especiação é apresentado, todo o conteúdo teórico relacionado ao(s) conceito(s) de espécie é revisto, além de novos

conceitos serem apresentados aos estudantes. Pode ocorrer que, em meio à apresentação dos processos de especiação, seja feita a ligação do tópico ao conceito de espécie, permitindo relacionar a confluência teórica entre um tema e outro. Tanto a primeira como a segunda forma de abordagem são significativas, por meio de textos claros e seleção variada de abordagens; por exemplo, uma coleção faz uma abordagem ampla, outra, por sua vez, foca-se mais em um processo de especiação e aprofunda-se nele. As atividades contribuem para revisar o conteúdo e as propostas de atividades – como a atividade C9 (figura 14), em que o professor, para executá-la, necessitará de poucos materiais, sendo relativamente simples e prática –, o que, certamente, permite ao estudante a possibilidade de “visualizar” e realizar suas próprias inferências acerca do conteúdo, que podem ser colaboradas a partir dos esquemas (exemplo: esquema de especiação na Figura 10) que geralmente acompanham o conteúdo de especiação. É importante ainda que o professor deixe claro o contexto da atividade prática ou da demonstração que está sendo proposta, para que os estudantes compreendam os objetivos da atividade, além de estabelecerem suas conclusões.

A especiação possui papel relevante na teoria evolutiva, pois seu estudo visa compreender as transformações morfológicas de uma espécie em certo tempo geológico, mas também busca encontrar, em tempo real, exemplos de processos e fases que estão conduzindo a transformação de uma espécie em duas ou mais (VANZOLINI, 1992). As atividades apresentadas nas coleções direcionam o foco para os processos de especiação em que a “visualização” da ocorrência do surgimento de novas espécies pode levar centenas e milhares de anos. No entanto, há exemplos, como a aloploidia³⁹, que consiste em uma possibilidade de especiação rápida, comum em plantas (C5v3, p. 197; C7v3, p. 147), e o caso da especiação no Lago Vitória (C8v3, p. 159), no continente africano. Portanto, existem subsídios nas coleções para o professor apresentar o conteúdo de especiação de maneira rica e com exemplos variados. No entanto, para Colley e Fisher (2013), tratar de especiação pode ser um trabalho árduo e desafiador; os autores apontam a abordagem histórica sobre a especiação como uma possibilidade, pois é possível apresentar as primeiras hipóteses sobre a origem das espécies, passando à síntese

³⁹Aloploidia: representa um tipo de poliploidia, em que dois conjuntos haploides diferentes de cromossomos são duplicados e surgem após um cruzamento interespecífico, ou seja, entre duas espécies distintas que não se cruzam naturalmente (GEWANDSZNAJDER; PACCA; LINHARES, 2016b).

moderna da evolução até o momento atual. As coleções atuam basicamente de modo similar ao proposto pela organização de Colley e Fisher (2013), sendo inicialmente abordada a origem das espécies e as primeiras classificações dos seres vivos, conteúdo que é trabalhado geralmente no 2º ano. A síntese moderna da evolução está presente na explicação da origem das espécies por meio dos processos de especiação, tais como são identificados atualmente.

As atividades de especiação contribuem para a compreensão do quadro teórico do conceito de espécie, seja o conceito biológico ou o filogenético, que são os mais apresentados nos livros didáticos, bem como dos demais que são abordados com menos frequência. O conceito de espécie pode ser útil na compreensão dos mecanismos de especiação, pois o estudante, por exemplo, já teve contato com alguns termos relacionados à origem das espécies por meio da definição de espécies de determinado conceito. A relação entre o conceito de espécie e os processos de especiação é problematizada durante a apresentação da temática do conceito de espécie e, por vezes, é retomada nas atividades propostas. A abordagem do conteúdo de especiação acontece com a apresentação de processos de origem de novas espécies relacionados ao conceito de espécie estudado anteriormente.

4.3.3 Subcategoria 3.3 classificação dos seres vivos

Em quatro coleções foram encontradas atividades relacionadas ao conteúdo de classificação dos seres vivos.

A atividade encontrada na coleção C4v2 (p. 23) é apresentada com um exemplo das questões que abordam o conteúdo de classificação dos seres vivos (Figura 15). A atividade possibilita ao estudante utilizar conhecimentos da classificação dos seres vivos, como a nomenclatura binomial e as categorias da hierarquia lineana, imprescindíveis para a interpretação e para a compreensão dos nomes científicos de animais, plantas e outros organismos e a qual grupo taxonômico pertencem. Portanto, a atividade contribui para consolidar o aprendizado dos estudantes e permite que, ao retomarem esses conhecimentos, eles possam revisar o conteúdo e lembrar conceitos. A classificação dos seres vivos traz conceitos com que os estudantes vão, ao longo de suas vidas, deparar-se, seja para resolver problemas de ordem biológica, ou, por exemplo, para interpretar uma ação

de saúde pública, como na questão 8. Portanto, é uma temática que requer a devida atenção.

Escreva no caderno

Atividades

1. (UFPel-RS) Utilizando seus conhecimentos de sistemática, analise o diagrama hipotético abaixo e responda:

2. (Ceag/PGV-SP) Para facilitar o estudo dos seres vivos, os cientistas os dividem em categorias de classificação (ou táxons):
Espécie → Gênero → Família → Ordem → Classe → Filo → Reino.

a) A baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e a baleia-espadarte (*Balaenoptera borealis*) pertencem à família Balaenopteridae. Portanto, possuem em comum, obrigatoriamente, quais outras categorias de classificação?

b) A baleia-franca (*Eubalaena australis*, da família Balaenidae), como todas as demais baleias, pertence à ordem Cetacea. Se em um determinado ecossistema marinho hipotético forem avistados exemplares de baleia-franca, baleia-azul (*Balaenoptera musculus*, da família Balaenopteridae) e baleia-espadarte (*Balaenoptera borealis*, da família Balaenopteridae), teremos representantes de quantas classes? De quantas famílias? De quantos gêneros? De quantas espécies?

3. Se você perguntar a um morador da Amazônia o significado da expressão *Lachesis muta*, provavelmente ele não saberá; entretanto, ele conhece o perigo representado pela picada da surucucu, serpente peçonhenta que habita as florestas da região.

a) Por que cientistas e pesquisadores preferem utilizar a denominação *Lachesis muta*, em vez de surucucu?

b) O que representa cada uma das palavras que compõem o nome científico dessa serpente?

c) *Lachesis muta* designa uma espécie. Biologicamente, o que isso significa?

d) Surucucu (*Lachesis muta*), cascavel (*Crotalus terrificus*), jararacuçu (*Bothrops jararacussu*) e jararaca-verdadeira (*Bothrops jararaca*) pertencem à ordem Squamata. Que outras categorias taxonômicas certamente são comuns a essas serpentes?

4. A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*) é uma serpente peçonhenta cuja existência é limitada exclusivamente à ilha da Queimada Grande, no litoral do estado de São Paulo. Nas áreas continentais da América do Sul, existem diversas outras serpentes do mesmo gênero, como a jararaca-verdadeira (*Bothrops jararaca*), a jararaca-verde (*Bothrops bilineata*) e a jararacuçu (*Bothrops jararacussu*).

a) Quais devem ter sido as etapas do processo que levou ao desenvolvimento da espécie *Bothrops insularis* (jararaca-ilhoa)?

b) Que procedimento pode ser utilizado para confirmar se a jararaca-ilhoa e a jararaca-verdadeira pertencem a espécies diferentes?

5. A respeito dos vírus, pergunta-se:

a) Que argumentos você usaria para incluí-los entre os seres vivos?

b) O biólogo norte-americano Peter Raven diz que "os vírus são más notícias embrulhadas com um pouco de proteína". Como você explica essa curiosa definição?

6. (UFS-SE) "Os primeiros seres vivos da Terra surgiram na água e se alimentavam de substâncias orgânicas que haviam se formado durante um lento processo de evolução química em nosso planeta."

Explique por que os primeiros seres vivos não deviam ser semelhantes aos atuais vírus.

7. (Unicamp-SP) Após um surto de uma doença misteriosa (início com febre, coarização, mal-estar, dores abdominais, diarreia, manchas avermelhadas espalhadas pelo corpo) que acometeu crianças com até cinco anos de idade em uma creche, os pesquisadores da Unicamp conseguiram sequenciar o material genético do agente causador da doença e concluíram que se tratava de um vírus. Um segmento dessa sequência era UACCCGUUAAAG.

a) Explique por que os pesquisadores concluíram que o agente infeccioso era um vírus.

b) Dê duas características que expliquem por que os vírus não são considerados seres vivos.

c) Sabendo-se que a sequência mostrada acima (UACCCGUUAAAG) dará origem a uma fita de DNA, escreva a sequência dessa fita complementar.

8. Observe a charge abaixo:

A charge sugere a necessidade de todos se mobilizarem no combate ao agente transmissor de importantes doenças humanas, que se alastraram no Brasil nos últimos anos.

a) A charge refere-se a qual agente transmissor?

b) A quais doenças o texto faz referência? Quais são seus agentes etiológicos?

c) Cite medidas profiláticas capazes de preveni-las.

23

Figura 15: Fotografia da C4v2, p. 23. Atividade que aborda o conteúdo de especiação
Fonte: Favaretto, 2016a.

Atividades de classificação dos seres vivos e a interpretação de cladogramas são questões abordadas na C3v2 (p. 28) (Figura 17). A interpretação de cladogramas é uma oportunidade de o estudante relacionar seus conhecimentos acerca da classificação dos seres vivos, como uma das propostas mais recentes de

Uma atividade na C5v2 (p. 19) (Figura 18) traz uma ferramenta muito útil na identificação de espécies.

A classificação dos seres vivos - CAPÍTULO 1 19

LEITURA
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO


As chaves de identificação

A correta identificação de uma espécie viva pode ser grandemente facilitada pelo uso de uma **chave de identificação**, também chamada **chave dicotômica**, por realizar uma análise baseada em escolhas sucessivas feitas sempre entre duas possibilidades. Em geral, estas se referem à presença ou ausência de um determinado caráter, de modo que pouco a pouco se estreite o leque de possibilidades, até chegar a um resultado específico.

Ao construir uma chave dicotômica, os taxonomistas procuram identificar e descrever uma característica ou propriedade de um organismo (ou grupo de organismos) que possibilite distingui-lo. Para isso, eles levam em conta várias características, tais como o tipo de organismo considerado (bactéria, protista, animal, fungo ou vegetal), as suas dimensões (se é visível a olho nu ou não, se é de pequeno ou grande porte etc.), as suas propriedades bioquímicas, comportamentais, reprodutivas, dentre outras. Algumas vezes são analisadas propriedades quantitativas, e não qualitativas, como o número de pernas de um inseto, o número de escamas em certa porção do corpo de uma espécie de lagarto, o número de pétalas de uma flor.

As chaves de identificação podem ser bastante complexas, dependendo da maior ou menor abrangência desejada. Evidentemente, quanto maior o grupo de organismos analisado, maior será o grau de variação encontrado dentre os seus constituintes e maior deverá ser o número de dicotomias usadas a fim de se poder identificar com segurança uma dada espécie.

Observe o exemplo ao lado. Suponha que você necessite de uma chave dicotômica que lhe permita separar e identificar individualmente algumas figuras geométricas comuns, como estas:



Essa chave poderia ser construída como se segue:

1. a) A figura apresenta três lados
b) A figura apresenta quatro lados
2. a) Um dos ângulos internos é reto, isto é, igual a 90°
b) Os 3 ângulos internos são iguais entre si
3. a) Os lados opostos, dois a dois, são paralelos entre si
b) Apenas dois lados são paralelos entre si

Vá para 2.
Vá para 3.
Triângulo retângulo (A).
Triângulo equilátero (C).
Paralelogramo (B).
Trapézio (D).

ANALISANDO O TEXTO

O uso de chaves dicotômicas pode ser feito na classificação de tópicos diversos dentro de diferentes disciplinas, como a Geografia (tipos de relevo, de clima, de vegetação), a Química (elementos químicos, tipos de ligações) e a Língua Portuguesa (categorias gramaticais, acentuação, ortografia, escolas literárias). Apresente esses exemplos aos estudantes.

1. Explique por que as chaves de identificação também são conhecidas como "chaves dicotômicas".
2. Para construir uma chave de identificação que permita separar os organismos em reinos, que característica poderíamos usar para distinguir os vírus dos demais seres vivos? E que característica poderia ser usada para separar as bactérias dos demais grupos?

As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

PARA RECAPITULAR

1. Na tabela a seguir, há a classificação biológica de dois animais. Identifique quais são os nomes dos grupos (táxons) representados por números.

Táxon	Ser humano	Cão doméstico
1	Metazoa	Metazoa
2	Chordata	Chordata
3	Mammalia	Mammalia
4	Primates	Canivora
5	Hominidae	Canidae
6	<i>Homo</i>	<i>Canis</i>
7	<i>Homo sapiens</i>	<i>Canis familiaris</i>

2. Elabore uma definição para o termo **homologia** e apresente exemplos.
3. O sistema de nomenclatura binária é utilizado para designar as espécies. Explique o que esse sistema estabelece, citando exemplos.
4. Caracterize os cinco reinos de seres vivos quanto ao tipo de nutrição.
5. Antigamente, a expressão **Reino Protista** era utilizada para se referir ao Reino Protocista. Explique por que houve essa alteração.
6. Quais são os tipos de material genético encontrados nos vírus e de que forma eles se apresentam?

Figura 17: Fotografia da C5v2, p. 19. Atividade de classificação dos seres vivos.
Fonte: Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior, 2016a.

A atividade proposta apresenta um pequeno texto que busca resumir como é construída uma chave de identificação e seu emprego. O uso de uma chave de identificação também poderia dar-se com uma atividade prática, em que poderiam

ser apresentados os objetos a serem identificados, e aos estudantes seriam entregues as chaves de identificação. A apresentação de uma atividade que contemple o uso de chave de identificação durante o estudo do conteúdo de classificação dos seres vivos permite que o estudante explore modos diferentes de representar e interpretar os dados, possibilitando novas descobertas e o enriquecimento do conhecimento escolar.

No manual do professor há sugestão de uma atividade de avaliação de diversidade biológica, na qual se propõe que os estudantes visitem, por um determinado período de tempo, locais como um parque ou uma área dentro da própria escola, como forma de empregar o conteúdo de classificação dos seres vivos (C5v2MP, p. 328-329) (Figuras 18 e 19, respectivamente). A atividade proposta é uma oportunidade de o professor conduzir os estudantes “ao campo” e permitir que eles vivenciem uma representação da experiência no campo de um biólogo, de um sistemata, por exemplo. As competências e as habilidades necessárias para a realização dessa atividade, como observar, coletar, identificar, descrever, representar, discutir e julgar os organismos coletados na área visitada, tornam um conjunto de ações que possibilita ao professor uma avaliação ampla da participação dos estudantes, bem como da retomada e do emprego dos conhecimentos que envolvem a classificação dos seres vivos. Durante a discussão dos resultados e o julgamento dos exemplares escolhidos, a proposta que a atividade traz é uma oportunidade também de apresentar aos estudantes que, em tempos passados, houve outras tentativas de classificação dos seres vivos de acordo com o julgamento humano.

As atividades que contemplam o conteúdo de classificação dos seres vivos geralmente são apresentadas nos livros didáticos para o 2º ano, nos primeiros capítulos do volume, representando uma forma de introdução aos demais conteúdos que abordarão de maneira mais aprofundada os grupos de seres vivos. Essas atividades podem estar relacionadas com propostas de elaboração e análise de cladogramas que representam, de forma simples, toda a complexidade existente na história das relações filogenéticas de um grupo, de populações ou de espécies.

Por meio das atividades de classificação, os estudantes têm a possibilidade de conhecer as diversas propostas de organização para os grupos de seres vivos. É também uma oportunidade de se destacar a biodiversidade existente e as formas de lidar com toda essa diversidade.

ampliação de vocabulário feito em Língua Portuguesa. Os estudantes podem confeccionar o próprio glossário de termos biológicos/científicos conforme tomam contato com novas palavras.

A seguir, há algumas outras sugestões de atividades em classe que poderão, se acolhidas por você, levar a outras opções de encaminhamento do capítulo.

RECURSOS NA WEB

- Classificação e nomenclatura dos seres vivos
Disponível em: <<https://www.ufpe.br/gpa/images/documentos/Sistematica/sistematica.ppt>>.
- Nomenclatura revista
Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/nomenclatura_revista/8347/>.
- *Biological Classification of Organisms* (em inglês)
Disponível em: <<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9b.htm>>.
- *Tree of Life web project* (em inglês)
Disponível em: <<http://tolweb.org/trees>>.
- *Discover Life* (em inglês)
Disponível em: <<http://www.discoverlife.org>>.
- *Encyclopedia of Life* (em inglês)
Disponível em: <<http://www.eol.org/home.html>>.
- *Interactive Tree of Life* (em inglês)
Disponível em: <<http://itol.embl.de/>>.
Acessos em: mar. 2016.

TEXTO COMPLEMENTAR

Os esquemas de classificação nos ajudam a compreender a vida neste planeta azul e verde. Mas esses esquemas são uma invenção, a mão humana tentando selecionar, agrupar, classificar os tipos de vida que compartilham a Terra conosco. Como ninguém testemunhou os mais de 3 bilhões de anos de história da vida, nossos reinos e filos, classes e gêneros servem somente como aproximações.

Na nossa metáfora da mão, as linhas de dentro separam os reinos. O polegar representa o reino mais antigo, Bacteria, que inclui todas as bactérias. Os outros dedos, mais semelhantes entre si, representam as formas de vida construídas a partir de células não bacterianas. As costas da mão e o dedo mínimo são contínuos, eles formam um tênue e antigo grupo associado de micróbios e seus descendentes: os membros do Reino Protocista – algas

marinhas, [...] ciliados, [...] e uma miríade de outros habitantes da água. Os dedos anelar e médio ficam juntos: os [lêvedos e] cogumelos do Reino Fungi e as plantas verdes do Reino Plantae tornaram possível a ocupação da Terra. Os membros do Reino Animalia, o reino que evoluiu mais recentemente, ficam no dedo indicador.

[...]

As antigas taxonomias incluíam dois reinos (plantas e animais, com unicelulares colocados [...] em um ou outro campo), ou no máximo três reinos (animais, plantas e unicelulares). Os [atuais] cinco reinos estão arranjados como três grandes níveis de vida: os procaríotas, os microrganismos eucarióticos e seus derivados (Protocista) e as formas eucarióticas maiores (Plantae, Animalia e Fungi).

Estes últimos três reinos familiares representam as três grandes estratégias ecológicas para os organismos: produção (plantas), absorção (fungos) e ingestão (animais).

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. Cinco reinos: um guia ilustrado dos filos da vida na Terra. Introdução: 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Avaliação de diversidade biológica

O(a) professor(a) poderá propor a seus estudantes que façam uma avaliação da diversidade biológica de um determinado local, como uma área dentro de um parque ou ao redor da escola. Para isso, devem-se formar equipes com três ou quatro estudantes.

Observação e coleta de dados

As equipes dirigem-se ao local determinado pelo(a) professor(a) e procuram observar o maior número possível de organismos, dentro de um certo período de tempo. Os estudantes devem realizar uma listagem dos organismos realmente avistados por todos os membros da equipe; ao fazê-lo, se não souberem o nome do organismo avistado, podem adotar uma ou mais das seguintes estratégias:

- a) elaborar uma descrição, mesmo que simples, daquele organismo. Por exemplo: "Um pássaro grande e preto"; "Formiga avermelhada, com cerca de 1 cm de comprimento"; "Planta rasteira, com flores azuis";
- b) se isso for possível e adequado, coletar o organismo ou parte dele (como folhas, flores, penas, ovos, cascas e conchas);
- c) fazer um desenho ou esquema do organismo, indicando suas dimensões aproximadas.

Figura 18: Fotografia da C5v2MP, p. 328. Atividade de classificação dos seres vivos.

Fonte: Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior, 2016a.

Constatando semelhanças e diferenças — exercício de classificação

Depois que todas as equipes executaram as tarefas propostas, o(a) professor(a) deve expor uma lista com todos os diferentes organismos registrados por elas. Dê então um tempo aos estudantes para que cada equipe analise a lista total e divida os organismos em quantos grupos achar necessário, de acordo com suas similaridades.

Julgamentos de valor

Decorrido esse tempo, cada equipe deve agora decidir qual organismo da lista total é "o mais importante e por quê", e qual organismo é "o menos importante e por quê". O(a) professor(a) então pedirá que metade das equipes, uma a cada vez, exponha à classe qual organismo julgou mais importante e por quê; a outra metade das equipes deverá relatar qual foi o organismo que julgou menos importante e por quê.

Análise crítica da atividade

Na parte final dessa atividade, cada equipe deverá expor os critérios usados na determinação do organismo mais importante e do organismo menos importante. Depois que todas as equipes tiverem completado essa tarefa, o(a) professor(a) poderá conduzir uma discussão final acerca da validade e propriedade desses critérios, o que costuma ser muito valioso e enriquecedor. É fundamental que os estudantes percebam a impropriedade de fazer julgamentos de valor neste contexto; esse é o objetivo a ser alcançado nesse último item, pois não faz sentido estabelecer a "importância" de um organismo — seja para o ser humano, seja para o ambiente em que se encontra —, pois todos os organismos participam de complexas teias de inter-relações na natureza e, dessa forma, são igualmente importantes.

RESPOSTAS DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

Explorando as ideias do texto

Resposta pessoal. É importante que os estudantes reconheçam que essas instituições visam à pesquisa e à conservação de espécies vegetais e à educação da população. Ao difundir informações, permitem que a sociedade conheça a biodiversidade e se conscientize da importância das plantas para a vida no planeta. Na resposta, os estudantes também podem ressaltar a função de centros de pesquisa e conservação desempenhadas pelos jardins botânicos.

Diálogos: Leitura e letramento

1. Os metais alcalinos (lítio, sódio, potássio, rubídio, célio e frâncio) estão na primeira coluna da esquerda para a direita da tabela periódica. Berílio, magnésio, cálcio, estrôncio, bário e rádio compõem a segunda coluna e constituem os metais alcalinos terrosos. O grupo dos halogênios localiza-se na décima sétima coluna da tabela periódica e é constituído pelos elementos: flúor,

cloro, bromo, iodo e astato. Os gases nobres ocupam a última coluna à direita da tabela e são compostos por: hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio. Alguns desses elementos podem ser encontrados nos seguintes compostos, na natureza: sal marinho (NaCl – sódio e cloro); silicato de berílio, em minérios (Be – berílio); iodetos e iodatos. É comum encontrar vestígios de iodo em rochas, nos solos e em depósitos de salmoura; entre outros.

2. Os halogênios, em geral, são bastante reativos e tóxicos aos organismos. São usados na desinfecção de ferimentos (iodo), na purificação da água (cloro) ou no tratamento dentário, na proteção contra cáries (flúor). Os dois halogênios, flúor e cloro (sob forma de CFC – clorofluorcarboneto), afetam as moléculas de ozônio e contribuem para o aumento do buraco de ozônio. Essa camada protege o planeta contra parte da radiação ultravioleta. Os CFCs são usados na produção de alguns tipos de aerossóis e do gás freon.
3. A escolha do latim como língua para os nomes científicos evita confusões entre os cientistas de diferentes partes do mundo, principalmente pelo fato de o latim ser uma língua que não tem mais falantes nativos, e, por isso, não sofre modificações. Além disso, o latim era uma língua predominante na cultura ocidental para a escrita de relatos científicos até o século XIX; grande parte do material descrito e catalogado nessa época está nessa língua.
4. De maneira geral, podemos afirmar que a classificação é o ordenamento (de objetos, seres vivos, músicas) e a categorização de diferentes grupos. Os estudantes podem ressaltar que os sistemas de classificação ajudam na organização e, por consequência, na compreensão do mundo natural.
5. Resposta pessoal.
6. Resposta pessoal. Orientar os estudantes a seguir as orientações do livro para a produção do artigo.

Analisando o texto

1. As chaves de identificação são chamadas de "chaves dicotômicas" porque as escolhas sucessivas são feitas entre duas possibilidades. Dicotomia significa, literalmente, "divisão em duas partes".
2. Os vírus poderiam ser identificados com base no critério "ausência de estrutura celular" (organismos não celulares). Dentre os organismos de natureza celular, as bactérias distinguem-se por serem procaríotes.

Para recapitular

1. Os táxons representados são 1: reino; 2: filo; 3: classe; 4: ordem; 5: família; 6: gênero; 7: espécie.
2. Homologia é semelhança. Ela se refere a determinado plano de organização de certas estruturas, resultante

Figura 19: Fotografia da C5v2MP, p. 329. Atividade de classificação dos seres vivos.

Fonte: Silva Júnior, Sasson e Caldini Júnior, 2016a.

O sistema de classificação binomial é um exemplo que se reflete nas atividades de classificação dos seres vivos e constitui oportunidades de discussão de como o método tem recebido influências dos estudos nos campos genéticos, moleculares, filogenéticos, por exemplo.

Nas atividades de classificação dos seres vivos, é necessário relacionar a diferença que há entre a espécie enquanto categoria e quando se refere a táxon. A espécie-categoria é adotada na hierarquia lineana para referir-se a um grupo biológico situado abaixo do nível gênero e acima do nível subespécie. A espécie-táxon é utilizada para fazer referência a cada entidade concreta que é definida com um nome próprio, como espécie (por exemplo, *Harpia harpyja*, *Homo sapiens*). A sistemática considera que a espécie-categoria, assim como toda categoria, seja uma construção artificial, enquanto a espécie-táxon é considerada como real, pois podem ser observados agrupamentos de indivíduos na natureza (GONZÁLEZ, 2018). Assim, reconhece-se que o conteúdo de classificação dos seres vivos possui importância na construção de conceitos, como as categorias de espécie, táxons, da diversidade biológica, evolução, ou mais especificamente das ações evolutivas nas populações de seres vivos, das quais os estudantes precisam ter o domínio para avançar nas próximas etapas do ensino e além dos muros do ambiente escolar.

O conhecimento da classificação dos seres vivos permite ao estudante o entendimento do conceito de espécie e sua relação com a conservação da diversidade biológica e para o desenvolvimento de atitudes e comportamentos de respeito ao meio ambiente.

4.3.4 Subcategoria 3.4 sistemática e taxonomia

Em nove das dez coleções analisadas foram encontradas atividades ou propostas de ensino relacionadas ao conteúdo de Sistemática e Taxonomia. Criamos uma subcategoria para esse conteúdo, pois o foco na elaboração de classificações ditas naturais difere da classificação dos seres vivos, que geralmente apresenta conteúdos relacionados à classificação dita artificial, derivada da classificação lineana.

A atividade da coleção C1v2 (p. 18) é de tipo prático e propõe a montagem e a análise de um cladograma. É uma atividade que proporciona ao estudante ter contato com princípios da elaboração de um cladograma, mesmo que de forma simplificada, e com a prática do conhecimento de sistemática vista anteriormente.

ATIVIDADE PRÁTICA

Montagem e análise de um cladograma

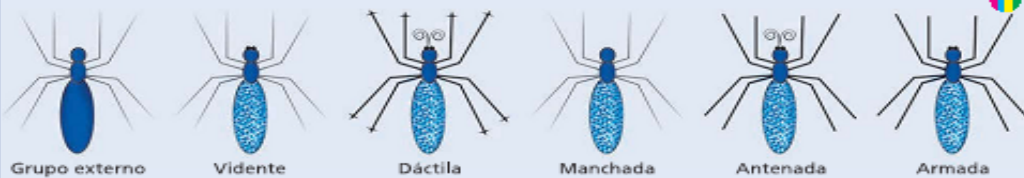
O seu desafio é montar um cladograma que mostre as relações evolutivas entre seres fictícios. Apesar de a atividade ser extremamente simplificada, você poderá utilizar os princípios da sistemática filogenética, verificando o que aprendeu.

< Material necessário >

- Papel;
- lápis;
- régua;
- ilustração dos seres fictícios (veja a seguir).

< Procedimentos >

1. Considere os seres fictícios do planeta imaginário LES-1. Imagine que você e seus colegas formam um grupo de sistematas, cientistas que estudam a classificação dos seres vivos e as relações evolutivas entre as diferentes espécies. Vocês foram convidados a estudar cinco novas espécies descobertas em LES-1. Essas espécies compartilham diversas semelhanças e definiu-se uma sexta espécie como sendo o grupo externo.



2. A partir do grupo externo, define-se, para cada característica qual é a condição primitiva e quais são as derivadas. Façam uma lista dessas características, determinando, para cada uma delas, qual é a condição primitiva e quais são as derivadas.
3. Em seguida, montem uma tabela relacionando cada caráter e suas variações às espécies em que elas ocorrem. Vocês podem atribuir 0 para AUSENTE e 1 para PRESENTE.
4. Com base na tabela, cada membro da equipe de sistematas deve elaborar um cladograma mostrando as relações evolutivas entre as cinco espécies do grupo interno.
5. Em seguida, comparem os cladogramas produzidos por cada um. Eles são todos iguais? Existem diferenças? Utilizando o princípio da parcimônia, procurando montar o cladograma com o menor número possível de passos, registrem um cladograma final, que seja consenso de sua equipe.
6. Indiquem nesse cladograma final quais são os terminais, os nós e os passos e escrevam pelo menos duas informações sobre parentesco evolutivo que podem ser obtidas pela análise do diagrama.

Consulte o Manual para comentários a respeito dos itens 2 a 6.

< Interpretando os resultados >

- a. Quais caracteres foram significativos para a montagem deste cladograma?
- b. De acordo com o cladograma, qual seria o grupo basal? E qual seria o mais remotamente relacionado ao grupo basal? Por quê?

a) Padrão de cor abdominal (iso/manchado); presença ou ausência de olhos; espessura das pernas (finas/grossas); presença ou ausência de antenas; presença ou ausência de dedos.
b) Grupo basal: espécie manchada (a mais próxima do grupo externo). Grupo mais recente na evolução: espécie dáctila.

Figura 20: Fotografia da C1v2, p. 18. Atividade de Sistemática e Taxonomia.
Fonte: Mendonça, 2016a.

A montagem e a análise de cladogramas como atividade prática representam a oportunidade de o professor conduzir o estudante no emprego dos conhecimentos relacionados ao conteúdo de Sistemática e Taxonomia em uma atividade, mesmo que com elementos fictícios, como o exemplo que apresentamos. A atividade prática permite dinamizar o ensino de conteúdos biológicos, como afirmam Miranda, Leda e Peixoto (2013). A atividade prática trará dinamismo para a sala de aula quando o professor promover adequadamente a construção do conhecimento por meio das

aulas teóricas e ao inserir o estudante no contexto da realização da atividade prática, procedendo de maneira que todos os aspectos teóricos envolvidos na realização da atividade estejam bem esclarecidos. Para o estudante, a atividade prática geralmente é um momento em que a aula se torna mais descontraída, podendo gerar até certa euforia antes, durante e após a realização da atividade. Portanto, a atividade prática permite que sejam feitas relações entre o conteúdo teórico e a contextualização desse mesmo conteúdo por meio da atividade prática. Assim, o professor poderá, sempre que o conteúdo permitir, valer-se de uma atividade prática como meio de consolidar o aprendizado dos estudantes.

As atividades voltadas para o estudo de cladogramas, tanto a elaboração como a leitura, e, conseqüentemente, a análise desse recurso da sistemática, são encontradas nas coleções C1v2 (p. 18); C2v2 (p. 15; 17; 22); C3v2 (p. 28); C4v2 (p. 23); C6v2 (p. 17); C7v2 (p. 16-17); C8v2 (p. 22-23); C9v2, (p. 31); C9v3 (p. 45); C10v2 (p. 40).

Para as atividades identificadas na subcategoria Sistemática e Taxonomia, destacamos principalmente as que envolvem a leitura, a análise e a interpretação de cladogramas e árvores filogenéticas, ferramentas bastante difundidas e empregadas para sintetizar as relações de parentesco entre grupos de organismos e a história evolutiva de um grupo de uma ou várias espécies, por exemplo.

Na C2v2 temos atividades voltadas para a interpretação de árvores filogenéticas (Figura 21), representando a história evolutiva dos organismos por meio de estudos moleculares e bioquímicos. Na C3v2 há atividades que promovem a identificação das relações de parentesco (Figura 22). Destaca-se que nas duas coleções havia atividades que incluíam o ser humano no grupo de organismos que estavam sendo comparados; as árvores ou cladogramas apresentam de quatro a cinco terminais. O cladograma na C4v2 sintetiza a relação de parentesco e fornece informações da hierarquia taxonômica entre os organismos (Figura 23) (p. 139). Observa-se que as atividades com diagramas são extraídas de vestibulares de universidades públicas, algumas vezes adaptados; outros são elaborados pelo(s) próprio(s) autor(es) da coleção.

As atividades propostas trazem poucos dados a serem interpretados, proporcionando que o estudante tenha sucesso no estudo com esse tipo de questão.

Testes

1. (Enem) No mapa, é apresentada a distribuição geográfica de aves de grande porte e que não voam.

Há evidências mostrando que essas aves, que podem ser originárias de um mesmo ancestral, sejam, portanto, parentes. Considerando que, de fato, tal parentesco ocorra, uma explicação possível para a separação geográfica dessas aves, como mostrada no mapa, poderia ser:

- a) a grande atividade vulcânica, ocorrida há milhões de anos, eliminou essas aves do Hemisfério Norte.
- b) na origem da vida, essas aves eram capazes de voar, o que permitiu que atravessassem as águas oceânicas, ocupando vários continentes.
- c) o ser humano, em seus deslocamentos, transportou essas aves, assim que elas surgiram na Terra, distribuindo-as pelos diferentes continentes.
- d) o afastamento das massas continentais, formadas pela ruptura de um continente único, dispersou essas aves que habitavam ambientes adjacentes.
- e) a existência de períodos glaciais muito rigorosos, no Hemisfério Norte, provocou um gradativo deslocamento dessas aves para o Sul, mais quente.

2. (Fuvest-SP) Um determinado tipo de proteína, presente em praticamente todos os animais, ocorre em três formas diferentes: a forma P, a forma PX, resultante de mutação no gene que codifica P, e a forma PY, resultante de mutação no gene que codifica PX.

A ocorrência dessas mutações pode ser localizada nos pontos indicados pelos retângulos escuros na árvore filogenética, com base na forma da proteína presente nos grupos de animais I a V.

Indique a alternativa que mostra as proteínas encontradas nos grupos de animais I a V.

	Proteína P	Proteína PX	Proteína PY
a)	I, IV e V	III	II
<input checked="" type="checkbox"/> b)	IV e V	I e III	II
c)	IV e V	II	I e III
d)	I e II	III	IV e V
e)	I e III	II	IV e V

3. (Ufes) A figura a seguir representa a possível relação evolucionária de diferentes organismos, deduzida a partir de análises bioquímicas usadas para a comparação das sequências nucleotídicas dos genes do RNA ribossômico (subunidade menor) desses organismos.

A partir da análise da figura foram feitas as seguintes afirmativas:

- Durante o processo evolutivo desses organismos, os genes responsáveis pelo RNA ribossômico apresentam sequências altamente conservadas, o que torna possível o estabelecimento das relações filogenéticas.

Figura 21: Fotografia da C2v2, p. 22. Atividade de Sistemática e Taxonomia.
Fonte: Rosso e Lopes, 2016a.

11. Observe o cladograma ao lado e, com base em seus conhecimentos, responda às questões propostas.

- O grupo X é grupo-irmão de W? Justifique sua resposta.
- O grupo Z é ancestral do grupo Y, X e W? Justifique sua resposta.

12. (UEM) Com base na sistemática e na classificação biológica, é correto afirmar que:

- o leão (*Panthera leo*) e o tigre (*Panthera tigris*) pertencem à mesma ordem.
- na natureza, ocorre cruzamento com produção de descendentes férteis entre membros de duas populações pertencentes a gêneros diferentes de uma mesma família.
- o sistema de nomenclatura dos seres vivos, originalmente proposto por Lineu, é chamado de categoria taxonômica.
- a cladística é uma regra de nomenclatura biológica que tem como foco a evolução.
- a divisão dos seres vivos em grupos, de acordo com suas semelhanças, é chamada taxonomia.

13. (UFG) Analise o cladograma ao lado.

Pelo cladograma, o:

- chimpanzé pertence à família do homem.
- gorila evoluiu a partir do orangotango.
- gibão convergiu evolutivamente com o gorila.
- homem compartilha o mesmo ancestral do gibão.
- orangotango é ancestral do chimpanzé.

14. (UFES) O esquema ao lado se refere a dois modelos de especiação (A e B).

Considere as afirmações abaixo relacionadas ao esquema.

- O modelo (A) representa um exemplo de especiação filética, que pressupõe a ocorrência de isolamento geográfico.
- O modelo (A) representa especiação por anagênese, que envolve seleção natural e adaptação a modificações graduais nas condições ambientais.
- O modelo (B) representa especiação por cladogênese, que envolve isolamento de populações, adaptações a diferentes ambientes e isolamento reprodutivo.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- A zebra tem nome científico *Equus zebra*. É possível afirmar que ela tem parentesco taxonômico com o jumento e o cavalo (página 18)? Explique.
- Observe as propostas de classificação dos seres vivos apresentadas nas páginas 23 a 26. Elas foram desenvolvidas de maneira isolada, sem considerar outras propostas de classificação? Justifique sua resposta por meio de um exemplo.

Figura 22: Fotografia da C3v2, p. 28. Atividade de Sistemática e Taxonomia.
Fonte: Godoy e Ogo, 2016a.

Escreva no caderno

Atividades

1. (UFPel-RS) Utilizando seus conhecimentos de sistemática, analise o diagrama hipotético abaixo e responda:

a) Os elementos inseridos nos níveis 1, 2, 3 e 4 pertencem, respectivamente, a que categorias sistemáticas?
 b) Todos os indivíduos classificados no nível 4 pertencem à mesma classe? Explique, denominando essa(s) classe(s).

2. (Ceng/FGV-SP) Para facilitar o estudo dos seres vivos, os cientistas os dividem em categorias de classificação (ou táxons):
 Espécie → Gênero → Família → Ordem → Classe → Filo → Reino.

a) A baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) e a baleia-espadarte (*Balaenoptera borealis*) pertencem à família Balaenopteridae. Portanto, possuem em comum, obrigatoriamente, quais outras categorias de classificação?
 b) A baleia-franca (*Eubalaena australis*, da família Balaeniidae), como todas as demais baleias, pertence à ordem Cetacea. Se em um determinado ecossistema marinho hipotético forem avistados exemplares de baleia-franca, baleia-azul (*Balaenoptera musculus*, da família Balaenopteridae) e baleia-espadarte (*Balaenoptera borealis*, da família Balaenopteridae), teremos representantes de quantas classes? De quantas famílias? De quantos gêneros? De quantas espécies?

3. Se você perguntar a um morador da Amazônia o significado da expressão *Lachesis muta*, provavelmente ele não saberá; entretanto, ele conhece o perigo representado pela picada da surucucu, serpente peçonhenta que habita as florestas da região.

a) Por que cientistas e pesquisadores preferem utilizar a denominação *Lachesis muta*, em vez de surucucu?
 b) O que representa cada uma das palavras que compõem o nome científico dessa serpente?
 c) *Lachesis muta* designa uma espécie. Biologicamente, o que isso significa?
 d) Surucucu (*Lachesis muta*), cascavel (*Crotalus terrificus*), jararacuçu (*Bothrops jararacussu*) e jararaca-verdadeira (*Bothrops jararaca*) pertencem à ordem Squamata. Que outras categorias taxonômicas certamente são comuns a essas serpentes?

4. A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*) é uma serpente peçonhenta cuja existência é limitada exclusivamente à ilha da Queimada Grande, no litoral do estado de São Paulo. Nas áreas continentais da América do Sul, existem diversas outras serpentes do mesmo gênero, como a jararaca-verdadeira (*Bothrops jararaca*), a jararaca-verde (*Bothrops bilineata*) e a jararacuçu (*Bothrops jararacussu*).

a) Quais devem ter sido as etapas do processo que levou ao desenvolvimento da espécie *Bothrops insularis* (jararaca-ilhoa)?
 b) Que procedimento pode ser utilizado para confirmar se a jararaca-ilhoa e a jararaca-verdadeira pertencem a espécies diferentes?

5. A respeito dos vírus, pergunta-se:

a) Que argumentos você usaria para incluí-los entre os seres vivos?
 b) O biólogo norte-americano Peter Raven diz que "os vírus são más notícias embrulhadas com um pouco de proteína". Como você explica essa curiosa definição?

6. (UFS-SE) "Os primeiros seres vivos da Terra surgiram na água e se alimentavam de substâncias orgânicas que haviam se formado durante um lento processo de evolução química em nosso planeta."
 Explique por que os primeiros seres vivos não deviam ser semelhantes aos atuais vírus.

7. (Unicamp-SP) Após um surto de uma doença misteriosa (início com febre, coriza, mal-estar, dores abdominais, diarreia, manchas avermelhadas espalhadas pelo corpo) que acometeu crianças com até cinco anos de idade em uma creche, os pesquisadores da Unicamp conseguiram sequenciar o material genético do agente causador da doença e concluíram que se tratava de um vírus. Um segmento dessa sequência era UACCCGUUAAAG.

a) Explique por que os pesquisadores concluíram que o agente infeccioso era um vírus.
 b) Dê duas características que expliquem por que os vírus não são considerados seres vivos.
 c) Sabendo-se que a sequência mostrada acima (UACCCGUUAAAG) dará origem a uma fita de DNA, escreva a sequência dessa fita complementar.

8. Observe a charge abaixo:

A charge sugere a necessidade de todos se mobilizarem no combate ao agente transmissor de importantes doenças humanas, que se alastraram no Brasil nos últimos anos.

a) A charge refere-se a qual agente transmissor?
 b) A quais doenças o texto faz referência? Quais são seus agentes etiológicos?
 c) Cite medidas profiláticas capazes de preveni-las.

23

Figura 23: Fotografia da C4v2, p. 23. Atividade de Sistemática e Taxonomia.
 Fonte: Favaretto, 2016a.

A atividade proposta na C6v2 apresenta a árvore filogenética como uma ferramenta da ciência empregada na representação do parentesco evolutivo (Figura 24) e traz um texto explicativo que detalha as partes constituintes de uma árvore filogenética, apresentando o texto com uma linguagem mais técnica, mas também traz erros comuns na leitura e, dessa maneira, estabelecendo o modo correto de efetuar a leitura e a consequente interpretação dos dados disponíveis em um diagrama, como a árvore filogenética. As atividades identificadas na C7v2 abordam árvores filogenéticas que propõem representar o grau de parentesco entre grupos de organismos, ressaltando, assim, a história evolutiva entre as plantas (questão 3) e

entre os primatas (questão 4) (Figura 25). A árvore filogenética da questão 3 apresenta dados de análises moleculares e o fator tempo, que também está presente na atividade da C5v2.

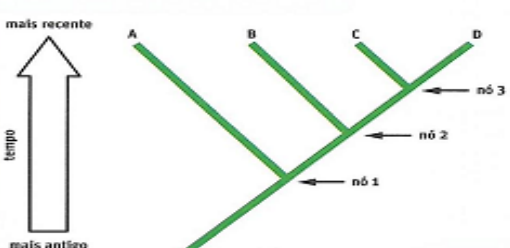
A questão 3 da C7v2 traz imagens como forma de ilustrar o grupo que pertence ao terminal em questão, portanto, é iniciativa didática que pode influenciar no interesse do estudante pela questão, pois ela se torna visualmente atrativa, chamando a atenção para a atividade. Um texto explicativo, como ocorre na atividade da C6v2, é positivo tanto para o estudante como para o professor, pois permite que este, ao ler o texto, faça uma revisão do conteúdo, e ao primeiro, que tenha mais segurança quanto às inferências que fará ao interpretar a atividade proposta.

FERRAMENTAS DA CIÊNCIA

Representando o parentesco evolutivo

As relações de parentesco evolutivo entre os seres vivos – também chamadas de filogenias – podem ser expressas por meio de diagramas, como as **árvores filogenéticas**.

Em uma árvore filogenética, parte-se de uma “raiz”, que se ramifica em vários ramos (imagem abaixo). A extremidade de cada ramo representa um táxon (espécie, gênero, família, etc.). Já os pontos de ramificação – chamados **nós** – representam os ancestrais hipotéticos compartilhados entre dois ou mais táxons. Os nós também representam o momento de separação entre duas linhagens – se os táxons forem espécies, serão eventos de especiação.



Árvore filogenética mostrando as relações de parentesco evolutivo entre quatro táxons (A, B, C e D). Note que o ancestral desses quatro táxons (nó 1) é mais antigo do que o ancestral que deu origem aos táxons B, C e D (nó 2), que por sua vez é mais antigo do que o ancestral que deu origem aos táxons C e D (nó 3).

Para entender as relações expressas em uma árvore filogenética, é importante observar onde está cada nó em relação à raiz, pois isso informa quais táxons são mais antigos e quais são mais recentes. Os ramos que saem de nós mais próximos da raiz são mais antigos do que aqueles que saem de nós mais distantes da raiz. Assim, na árvore filogenética mostrada acima, temos que A é um táxon mais antigo que os táxons B, C e D, por exemplo. Isso não significa, porém, que A seja ancestral de B, C e D – o ancestral desses três táxons é representado pelo nó 2.

Outro ponto importante é observar quais ramos saem de cada nó, pois isso informa quais táxons são mais aparentados entre si. Continuando com o mesmo exemplo,

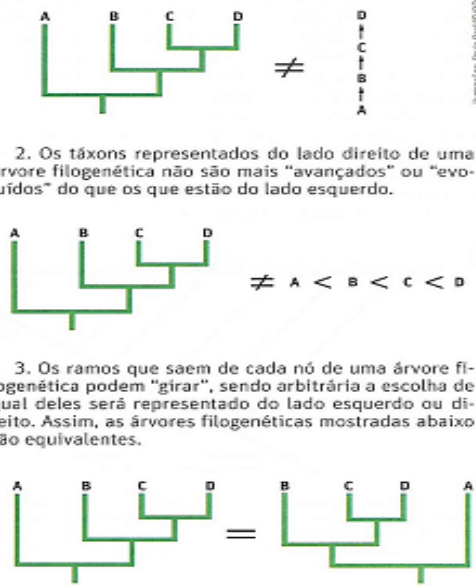
1. Com base na árvore filogenética acima, assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para as seguintes afirmações:

- O ramo que deu origem ao táxon B é tão antigo quanto aquele que deu origem aos táxons C e D.
- Os táxons A e B são mais aparentados entre si, pois ambos estão lado a lado na árvore filogenética.
- O táxon B deu origem aos táxons C e D, uma vez que ele surgiu primeiro na história evolutiva desse grupo.

pl., os táxons C e D são mais próximos evolutivamente, pois compartilham um ancestral comum exclusivo, que é representado pelo nó 3. Já os táxons B e C, por sua vez, não compartilham um ancestral comum exclusivo (o nó 2 também é comum a D).

Equívocos comuns ao ler uma árvore filogenética

- As relações de parentesco entre os táxons seguem um padrão ramificado, como o de uma árvore; logo, um táxon não dá origem a outro em uma árvore filogenética.
- Os táxons representados do lado direito de uma árvore filogenética não são mais “avançados” ou “evoluídos” do que os que estão do lado esquerdo.
- Os ramos que saem de cada nó de uma árvore filogenética podem “girar”, sendo arbitrária a escolha de qual deles será representado do lado esquerdo ou direito. Assim, as árvores filogenéticas mostradas abaixo são equivalentes.



Fonte de pesquisa das imagens: Understanding Evolution. Disponível em: <http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/evo_07>. Acesso em: 11 jan. 2016.

Imagem: PNAS/DOI:10.1073/pnas.1001008107

Não escreva no livro. 17

Figura 24: Fotografia da C6v2, p. 17. Atividade de Sistemática e Taxonomia. Fonte: Catani et al., 2016a.



Híbridos

Algumas espécies podem cruzar entre si, mas os filhos são quase sempre estéreis. É o caso do cruzamento do jumento, asno ou jegue (*Equus asinus*) com a égua (*Equus caballus*), que origina a mula (fêmea) e o burro ou o muilo (macho). Veja a **figura 1.5**. As mulas e os burros são animais com a força semelhante à do cavalo, e ao mesmo tempo são resistentes e dóceis, como o asno. O cruzamento do cavalo com a jumenta origina o bardoto (fêmea ou macho), que costuma ser menor do que a mula e o burro.



Figura 1.5 O cruzamento de um jumento com uma égua dá origem a uma mula (ou a um burro).

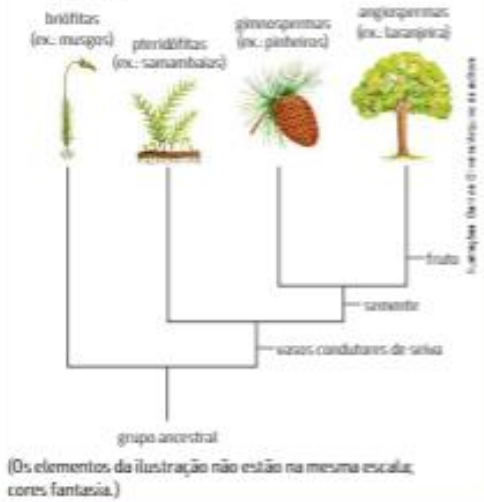
Atividades



ATENÇÃO
Não escreva
no seu livro!

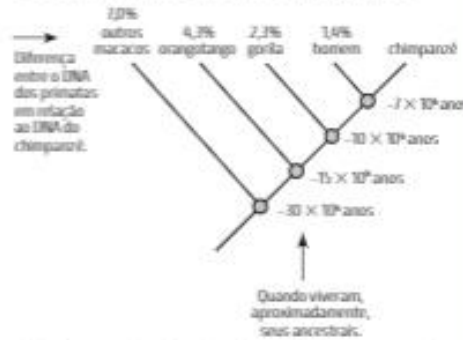
- Qual deve ser o grupo mais heterogêneo: o de seres de uma mesma família, que reúne vários gêneros, ou o de seres de um mesmo filo, que reúne várias classes? Por quê?
- Em termos evolutivos, o urso-polar (*Ursus maritimus*) é mais próximo do urso-cinza (*Ursus arctos*) ou do urso panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*)? Justifique sua resposta.

3. Observe a árvore filogenética simplificada que relaciona os principais grupos de plantas terrestres e responda:



- As angiospermas são mais próximas das gimnospermas ou das pteridófitas? Explique.
- Qual é a característica que reúne pteridófitas, gimnospermas e angiospermas em um grupo?
- Qual é a principal característica que reúne plantas angiospermas em um único grupo?

4. (UERJ) Técnicas de hibridização ou de determinação da sequência de bases do DNA permitem estimar o grau de parentesco entre espécies de seres vivos. O resumo da árvore evolutiva, esquematizado a seguir, apresenta resultados de pesquisas realizadas com primatas utilizando essas técnicas:



Entre os primatas citados, relacione, na ordem crescente de semelhança ao genótipo do chimpanzé, os que tiveram um ancestral que viveu há cerca de 10 milhões de anos. Indique, ainda, o percentual de semelhança.

Figura 25: Fotografia da C7v2, p. 16. Atividade de Sistemática e Taxonomia. Fonte: Gewandsznajder, Pacca e Linhares, 2016a.

A atividade proposta na C8v2 objetiva que o estudante exercite a capacidade de leitura e interpretação de árvores filogenéticas (Figura 26), com base nos conceitos

com que teve contato durante o estudo do conteúdo de sistemática. A árvore filogenética é uma imagem com vários terminais, portanto, maior que os diagramas apresentados nas coleções anteriores. É representado nas árvores filogenéticas o grau de parentesco do grupo dos carnívoros e dos canídeos; o fator tempo também está representado. Propõe-se que o estudante compare as árvores filogenéticas dos dois grupos representados na atividade, faça inserções de um novo ramo para adicionar outro organismo ao diagrama, busque conhecer, por meio de pesquisa, os animais que não conhece e, por fim, elabore uma nova árvore filogenética.

Faça você mesmo!
Registre em seu caderno

18. Interpretando imagens: Árvores filogenéticas
 O objetivo desta atividade é exercitar conceitos desenvolvidos no capítulo por meio da leitura e interpretação de árvores filogenéticas. Analise as árvores dos carnívoros e dos canídeos, mostradas abaixo, e faça o que se pede.

ÁRVORE FIOGENÉTICA DOS CARNÍVOROS

ÁRVORE FIOGENÉTICA DOS CANÍDEOS

Dados obtidos de Robert K. Wayne, Molecular evolution of the dog family, Trends Genetics, p. 218-24, jun. 1993, e Kerstin Lindblad-Toh et al., Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog, Nature, v. 438, p. 803-19, dez. 2005.

- Comece analisando a árvore geral dos carnívoros. Quantos animais da árvore você conhece? Pesquise os que não conhece em enciclopédias, livros e na internet.
- Note que a época da divergência entre cães e ursos não está datada na árvore dos canídeos; só sabemos que ocorreu há mais de 10 milhões de anos. Consulte a árvore geral dos carnívoros e responda: há quanto tempo, aproximadamente, os ursos e os cães tiveram um ancestral comum?
- Recentemente, descobriu-se que o cão selvagem africano (*Lycaon pictus*) divergiu da linhagem canídea há mais de 3 milhões de anos e apresenta diferenças genéticas significativas com lobos e coiotes. Com base nessas informações, desenhe em seu caderno um trecho da árvore dos canídeos e inclua nele o cão selvagem africano.
- Escolha três animais de cada uma das duas árvores acima e elabore uma árvore filogenética que represente as relações evolutivas entre esses organismos, mostrando também a época em que seus ancestrais divergiram. Se possível, ilustre com desenhos ou fotografias desses animais.

A Biologia no vestibular e no Enem
Registre em seu caderno

Questões objetivas

- (UPG-GO) As categorias sistemáticas, ou taxas, colocadas ordenadamente, em graus hierárquicos, são 1. a) reino, divisão, classe, família, ordem, gênero, espécie. b) reino, classe, divisão, ordem, família, gênero, espécie. c) reino, divisão, classe, ordem, família, gênero, espécie. d) reino, classe, divisão, família, ordem, gênero, espécie. e) reino, divisão, família, classe, ordem, gênero, espécie.
 Nota: a categoria divisão, utilizada em certas classificações botânicas, corresponde a filo.

Figura 26: Fotografia da C8v2, p. 23. Atividade de Sistemática e Taxonomia.
 Fonte: Amabis e Martho, 2016a.

A atividade desenvolvida é bastante complexa, pois reúne uma quantidade grande de dados e impele o estudante a realizar outros procedimentos durante a resolução. A execução da atividade possibilita que o estudante desenvolva habilidades como iniciativa e organização, pois precisará cumprir várias etapas para realizar o que se lhe propõe.

Na C9v2 é apresentada uma atividade de análise de cladograma (Figura 27), cujo objetivo é identificar os grupos que possuem grau de parentesco. É um cladograma com oito terminais, com grau de dificuldade médio. A atividade com árvore filogenética na C10v2 objetiva que o estudante identifique as relações evolutivas entre os agrupamentos de seres vivos. É uma atividade com apenas três terminais e poucos dados, o que a torna relativamente simples, porém, a semelhança entre os nomes dos domínios pode ser fonte de confusão durante a resolução.

Atividades que estabelecem a leitura e a interpretação de cladogramas e das árvores filogenéticas representam uma oportunidade para discutir os avanços da sistemática filogenética e ainda relacioná-la com o conceito filogenético de espécie, que é um dos conceitos surgidos dentro da mesma escola evolutiva. Portanto, é a oportunidade de conduzir os estudantes a visualizarem a Biologia e a própria Ciência como um território onde os conhecimentos se integram e se complementam, propondo argumentos que refutem a ideia da fragmentação do conhecimento científico.

No manual do professor também foram identificadas orientações e atividades práticas de montagem e análise de cladogramas, sendo encontradas em cinco coleções: C1v2MP (p. 315); C1v3MP (p. 372); C3v2MP (p. 312); C4v2MP (p. 322, 331-332); C6v2MP (p. 308); C6v3MP (p. 353); C8v2MP (p. 300); C10v2MP (p. 319).

Uma atividade complementar de construção de um cladograma aparece na C3v2MP (Figura 29) (p. 145), assim como na atividade proposta na C1v2, que é apresentada na abertura desse tópico. A atividade objetiva pôr em evidência as etapas que precedem um cladograma, destacar a análise das características de cada organismo a ser representado e a atenção para as alterações evolutivas que os organismos sofreram ao longo do tempo.

A C4v2MP propõe uma atividade prática inclusiva (Figura 30) (p. 145), cujo objetivo é construir um cladograma que seja tátil e possibilite que um estudante com deficiência visual possa identificar as partes que o compõem, como os nós, os ramos e os terminais. Propõe-se que a construção seja colaborativa, envolvendo todos os estudantes da classe.

Atividades **Responda em seu caderno** Trabalhe as questões a seguir oralmente com os alunos para verificar a compreensão dos conteúdos desenvolvidos no Tema antes de prosseguir com as questões de Aplicação:

Aplicação Em que se baseia o sistema lineano de classificação? Explique o sistema binomial de nomenclatura das espécies. O que é um grupo monofilético?

1. Considere quatro espécies de seres vivos. A espécie I é do mesmo reino que a espécie II, da mesma família que a III e do mesmo gênero que a IV. Com base nessas informações, qual das espécies você conclui que é **mais próxima evolutivamente da espécie II?**

2. Observe o cladograma e identifique quais dos agrupamentos citados abaixo são monofiléticos.

3. Observe a lista de nomes científicos e responda às questões a seguir.
Camelus dromedarius; Delphinus delphi; Equus caballus; Equus zebra; Helianthus annuus; Hevea brasiliensis; Manihot esculenta; Oryza sativa; Periplaneta americana; Triticum aestivum.

a) Quais das espécies pertencem ao mesmo gênero?
 b) Pesquise o nome comum de todas as espécies. Elas pertencem todas ao mesmo reino?
 c) Pesquise as principais categorias de classificação dessas espécies entre reino e gênero. Quais espécies estão no(s) mesmo(s) grupo(s)?

Comunicação

Exemplo de árvore filogenética mostrando uma possível filogenia do reino Animalia. Inicialmente, a construção dessas árvores para a determinação de graus de parentesco evolutivo era baseada apenas em caracteres morfológicos. Entretanto, o uso de outros caracteres, como os moleculares, vem se tornando cada vez mais comum na classificação dos seres vivos.

Fonte: MOORE, J., 2006.

45

Figura 27: Fotografia da C9v2, p. 45. Atividade de Sistemática e Taxonomia.
 Fonte: Rios e Thompson, 2016a.

ATENÇÃO: RESPONDA SEMPRE NO CADERNO, MESMO QUE A QUESTÃO TENHA OS VERBOS "ASSENALE", "ESCREVA" ETC.

34. O vírus zika foi isolado acidentalmente pela primeira vez em 1947, em um macaco utilizado para experimentos na floresta de zika, em Uganda. Originários da Ásia, esses macacos têm grande similaridade com seres humanos, sendo que um fator sanguíneo (Rh) foi descoberto justamente no sangue desses primatas. Eles tinham sido levados para aquela área a fim de detectar a possível presença de um vírus transmitido por mosquitos e que também pode infectar outros mamíferos, que funcionam como reservatório da doença em ambiente naturais. Esta doença poderia ser:

a) Malária.
 b) Leishmaniose tegumentar americana.
 c) Calazar.
 d) Febre amarela.
 e) Mal de Chagas.

35. Uma equipe da Universidade Federal de Mato Grosso construiu armadilhas para coletar ovos de *Aedes aegypti* em um bairro de Cuiabá. Foram coletados 758 ovos, que foram estudados procurando detectar a presença do vírus da dengue e febre amarela, dentre outros de interesse médico. Os resultados foram positivos em 16% dos casos, para um dos tipos do dengue. Pergunta-se:

a) onde devem ter sido colocadas as armadilhas?
 b) qual a hipótese que os pesquisadores estavam testando?

35. a) As armadilhas devem ter sido colocadas no ambiente doméstico.
 b) Os pesquisadores testaram a hipótese de que os mosquito já possuem contaminados pelo vírus da dengue em ambiente natural, transmitido e doenças sem a necessidade do picar uma pessoa doente.

EXERCÍCIOS DE VESTIBULAR E ENEM

36. (Fuvest, adaptado) Atualmente, os seres vivos são classificados em três domínios: Bacteria, Archaea e Eukarya. Todos os eucariotos estão incluídos no domínio Eukarya, e os procaríotos estão distribuídos entre os domínios Bacteria e Archaea. Estudos do RNA ribossômico mostraram que os eucariotos são mais próximos dos procaríotos do domínio Archaea do que dos do domínio Bacteria. Estes resultados apoiam as relações evolutivas representadas na árvore:

40 CAPÍTULO 1 • SERES VIVOS MUITO PEQUENOS

Figura 28: Fotografia da C10v2, p. 40. Atividade de Sistemática e Taxonomia.
 Fonte: Bizzo, 2016a.

b) As propostas de classificação foram concebidas considerando as propostas anteriores. Possíveis respostas: Um exemplo está na classificação dos fungos. Primeiramente, eles foram classificados no reino dos animais. Em uma classificação posterior, ele foi retirado desse reino e inserido em um novo reino, o dos protistas. Na classificação dos cinco reinos, eles foram classificados em um reino à parte, o reino dos fungos. Essas mudanças acompanharam a evolução dos métodos científicos de análise.

Atividade complementar

Construindo cladograma

Objetivo

- Construir um cladograma.

Comentários

Reproduza o quadro a seguir na lousa e peça aos alunos que o copiem no caderno. (S – presença da característica; N – ausência)

	Vertebrados	Esqueleto ósseo	Quatro membros	Ovo amniótico	Pelós
Tubarão	S	N	N	N	N
Piranha	S	S	N	N	N
Sapo	S	S	S	N	N
Tartaruga	S	S	S	S	N
Capivara	S	S	S	S	S

Orientar os alunos a analisar o quadro e a criar uma possível hipótese sobre a presença do esqueleto ósseo. Espera-se que eles digam que essa característica está presente em todos os vertebrados, com exceção do tubarão, um peixe cartilagem. Em seguida, monte o cladograma indicado pelo passo 1 na lousa, referente a essa hipótese.

Passo 1

```

graph LR
    A[esqueleto ósseo] --- B[tubarão]
    A --- C[sepo tartaruga capivara]
  
```

Passo 2

```

graph LR
    D[quatro membros esquelético ósseo] --- E[tubarão]
    D --- F[sepo tartaruga capivara]
    G[membros esquelético ósseo] --- H[sepo]
    G --- I[tartaruga]
    G --- J[capivara]
  
```

A partir dele, oriente os alunos a realizar o passo 2, e assim sucessivamente, até que todos os eventos de cladogênese do quadro tenham sido indicados. Por exemplo, o próximo evento de cladogênese a ocorrer, segundo o quadro, é o surgimento de animais com quatro membros. Assim, no passo 2, a espécie terminal do segundo ramo seria a piranha.

A montagem do cladograma apresentada acima é um exemplo simplificado. Espera-se que os alunos constatem que a obtenção de um cladograma ocorre após a análise de uma série de características dos animais, bem como de diversos eventos de cladogênese e anagênese.

Capítulo 2 - Vírus e bactérias

Objetivos

- Conhecer a estrutura dos vírus e sua replicação.
- Conhecer algumas doenças virais e suas formas de prevenção.
- Reconhecer a importância ecológica dos vírus.
- Identificar algumas doenças virais e a importância da vacinação.
- Reconhecer a importância ecológica das bactérias.
- Conhecer a estrutura bacteriana, seu metabolismo e sua reprodução.
- Identificar algumas doenças bacterianas e suas formas de prevenção.

Página 29 Abertura de capítulo

- O objetivo da imagem da página de abertura é, a partir de um fato histórico da sociedade brasileira, introduzir o assunto vírus e bactérias. Por meio deste fato, espera-se que os alunos reconheçam a importância das campanhas de vacinação, como questionado na questão a.
- Aproveite a oportunidade para promover uma discussão com os alunos a respeito da relação entre a falta de informação sobre questões de saúde e o desenvolvimento de doenças.

Páginas 30 a 33

- Ao iniciar o assunto, diga aos alunos que uma das evidências mais antigas da presença dos vírus pode ser observada no hieróglifo egípcio datado de aproximadamente 1400 a.C., intitulado *Homem com a perna aleijada*. Segundo médicos especialistas, a situação

Figura 29: Fotografia da C3v2MP, p. 312. Atividade de sistemática e taxonomia.
Fonte: Godoy e Ogo, 2016a.

humanos entre os primatas. Pode ser interessante reproduzir na lousa a ideia dessa imagem, utilizando outros exemplares de seres vivos, utilizando apenas o nome dos organismos.

A nomenclatura binomial (página 13) mostra, entre outras peculiaridades, o uso do latim, língua que não é falada regularmente por nenhum povo atualmente.

O conceito de espécie, assim como o processo de surgimento de novas espécies (página 14) auxiliarão os alunos a compreenderem a importância da tendência da classificação biológica buscar refletir o parentesco evolutivo entre as espécies.

O ciclo do bacteriófago, representado na página 18, é bastante simples, mas útil para que uma das principais características dos vírus seja explorada: a necessidade de usar o equipamento biológico de uma célula, para exercer seu papel replicante. Embora os vírus sejam acelulares, de certa forma reforçam que "só existe vida com célula".

Associado à apresentação das principais viroses na página 20, deve ser destacada a ineficácia do tratamento dessas doenças por antibióticos, eficazes contra bactérias. Já o infográfico da página 21 tem como principal importância ressaltar as medidas de prevenção à dengue, doença que afeta milhares de brasileiros, todos os anos.

Na seção **Conexões** (página 24), as discussões trazem à tona as chamadas ações afirmativas. Um tema que certamente motiva a discussão é a reserva de vagas em universidades e no mercado de trabalho.

Atividade prática inclusiva: montagem de um cladograma

Para os alunos com deficiência visual, o contato com um cladograma pode ser facilitado usando-se materiais bastante simples: um painel organizador furadinho (como uma placa de madeira perfurada, que se encontra à venda em lojas de material de construção) e fio de elástico colorido.

Montado o cladograma com esses materiais, as linhas e os pontos destacados podem ser identificadas com plaquetas escritas em letra cursiva e braille. Uma alternativa é colar pequenas contas ou miçangas nos orifícios, formando as linhas do cladograma, e mantendo a identificação por meio das plaquetas.

O ideal é que a elaboração do painel seja um trabalho colaborativo e conte com a participação de todos os alunos (com ou sem deficiência visual).

Atividade prática inclusiva: montagem de um bacteriófago

O bacteriófago pode ser montado com peças de bijuteria, unidas com cola quente. A escolha dos materiais deve contemplar peças de diferentes formatos, que possam simular a cabeça e a cauda do vírus. Não se preocupe com a exatidão do modelo obtido. Ao desenharmos na lousa um bacteriófago, também não pre-

cisamos de dons artísticos especiais. Use a criatividade e estimule os alunos a se envolverem na tarefa. Todos os alunos (com ou sem deficiência) devem ser estimulados a palpar o modelo construído. O professor deve informar aos alunos de que o bacteriófago tem comprimento total de 250 nm. Se possível, monte uma escala comparativa para que os alunos com deficiência visual possam dimensionar o tamanho do bacteriófago. Para isso, use a proporcionalidade e monte modelos de diversos objetos (célula bacteriana, mitocôndria, célula animal etc.). Uma proposta interessante para a elaboração de um modelo tridimensional de uma célula pode ser encontrada em <http://tub.invpru7z> (acesso em: abr. 2016).

A notícia

I – Verdadeiro; II – Verdadeiro; III – Falso; IV – Falso; V – Verdadeiro; VI – Falso.

Atividades

- a) 1 – ordem; 2 – família; 3 – gênero; 4 – espécie.
b) Sim. Todos as espécies designadas no nível 4 pertencem a uma mesma ordem; portanto, pertencem obrigatoriamente à mesma classe (Mammalia).
- a) Seres vivos de uma mesma família certamente pertencem à mesma ordem, à mesma classe, ao mesmo filo e ao mesmo reino.
b) Uma classe (mammíferos ou Mammalia), duas famílias (Balaenidae e Balaenopteridae), dois gêneros (Balaenoptera e Eubalaena) e três espécies (Eubalaena australis, Balaenoptera musculus e Balaenoptera borealis).
- a) O nome popular dos numerosos seres vivos é diferente nas diversas regiões do Brasil e do mundo e pode mudar ao longo do tempo. A nomenclatura científica, por sua vez, é universal e quase imutável, permitindo a padronização, a documentação e o intercâmbio de informações entre cientistas e pesquisadores do mundo.
b) No caso da surucucu, *Lachesis* é o nome genérico (ou seja, designa o gênero), e *muta* é o epíteto específico. Como a nomenclatura científica é binomial, o nome da espécie à qual pertence a surucucu é *Lachesis muta*.
c) Uma das definições de espécie é um conjunto de seres vivos semelhantes que podem se cruzar na natureza, originando descendentes férteis; portanto, os membros de uma espécie podem compartilhar entre si informações genéticas e manter um patrimônio genético comum.
d) Como essas serpentes pertencem à mesma ordem (Squamata), certamente pertencem ao mesmo reino (Animalia ou Metazoa), ao mesmo filo (Chordata) e à mesma classe (Reptilia).
- a) Separação de um grupo de serpentes na ilha (isolamento geográfico); pressões peculiares exercidas pelo ambiente (seleção natural); acúmulo de características genéticas diferenciais em relação aos grupos que permaneceram no continente; isolamento reprodutivo e surgimento da nova espécie.
b) O procedimento padrão consiste em verificar a possibilidade de ocorrência de cruzamento entre indivíduos desses dois grupos (*Bothrops insularis* e *Bothrops jararaca*) e, na eventualidade de ocorrer o cruzamento, constatar que os descendentes são estéreis, o que confirma o fato de serem de espécies diferentes.
c) Os vírus possuem em sua composição química material genético (DNA ou RNA) e proteínas. Podem reproduzir-se (ainda que só o façam no interior de células vivas), transmitindo características hereditárias aos vírus então formados. Podem sofrer mutações, que se incorporam ao material genético.

Figura 30: Fotografia da C4v2MP, p.322. Atividade de sistemática e taxonomia.
Fonte: Favaretto, 2016a.

A atividade é a única que contempla a temática da inclusão em seu objetivo. Considerando que estudantes com deficiências e outros diagnósticos são atendidos pela escola, essa é uma proposta que pode ser mais adotada nos materiais didáticos.

Na C10v2 foi identificada a sugestão de uma atividade de elaboração de um cladograma (Figura 31). No entanto, para sua realização, o professor deverá acessar a *Internet* para conhecer a proposta. A atividade em questão traz uma sequência de informações sobre os cladogramas e propõe a elaboração de um no modelo da atividade proposta na C3v2MP.

□ **Figura 1.8** Evolução dos vertebrados. O grupo dos tubarões (A) tem fósseis conhecidos desde o Siluriano, assim como os primeiros peixes que deixaram a água (B). Muitos se extinguíram ao final do Devoniano. No Carbonífero, os anfíbios (C) se diversificaram muito. O estegossauro (G) se extinguiu ao final do Cretáceo. Mamíferos (D e E) começaram a divergir da linhagem que conduziu aos répteis ainda na era Paleozóica, e, em período geológico mais recente, no Jurássico, houve uma divergência entre dois grupos, que têm representantes na fauna atual, como os congurus (D) e o lobo-guará (E). Crocodilos (F) e aves (H) têm representantes na fauna atual. A indicação geológica não está em escala.

A figura 1.8 (p. 15), "Evolução dos vertebrados", deve levar os estudantes a compreender que a classificação dos seres vivos procura refletir as relações de descendência, reconstruindo a filogenia das espécies da biota atual e de seres extintos. Essa figura auxilia o professor a articular a classificação biológica com base nas teorias da evolução biológica.

A graduação temporal, à esquerda, traz, fora de escala, a sequência dos períodos geológicos. As linhas contínuas mostram que o grupo dos tubarões se diferenciou desde o Siluriano, há cerca de 443 milhões de anos. A linhagem que originou os mamíferos começou a divergir no Carbonífero e, apenas no Jurássico, os dois grupos principais começaram a diferir, constituindo o grupo dos placentários e dos marsupiais.

Solicite aos alunos que comparem a figura 1.8 e a seguinte (figura 1.9), na qual se apresenta um cladograma que representa a mesma hipótese filogenética. É importante chamar a atenção dos alunos para as diferenças de representação e de como o parâmetro TEMPO aparece nas duas configurações. Uma discussão a respeito dessas diferenças poderá dar uma ideia da distinção existente entre as duas teorias taxonômicas modernas.

► **Sugestão de atividades**

O jogo Biota

Esse jogo, do mesmo tipo do Senha, apresenta de forma lúdica a biodiversidade de nosso planeta. A identificação do organismo ocorre, coletivamente, pela associação com as dicas apresentadas nas cartas que compõem o jogo. As dicas informam características morfológicas, fisiológicas, ecológicas e curiosidades sobre o organismo a ser descoberto. O jogo pode ser jogado individualmente ou em grupos. Em sala de aula, o professor assume o papel de coordenador e contemporizador das discussões conceituais que podem surgir durante o "jogar". O jogo Biota estimula a construção coletiva do conhecimento sobre os organismos classificados nos reinos Animalia, Plantae, Fungi, Protista e Monera. Os vírus, que não estavam incluídos na classificação dos seres vivos de Whittaker, também estão presentes no jogo.

GREGÓRIO, S.; MENDONÇA, V. L.; CARVALHAL, M. L. Biota – o jogo da biodiversidade. Disponível em: <www.ib.usp.br/microgene/files/manuais-6-PDF.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2016.

Cladogramas: significado e construção

A atividade "Cladogramas – As árvores da Vida", presente no Portal do Professor do MEC, traz diversas ideias e representações que podem ser utilizadas em sala de aula para introduzir a ideia da construção e significado dos cladogramas.

A atividade pode ser encontrada em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=588>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

Em sala de aula

No item "Bases da sistemática" (p. 13), é interessante retomar as afirmações feitas sobre o cientista Carlos Lineu, criador do sistema de nomenclatura e da classificação científica que, com algumas alterações, permanece até hoje.

Este livro não se filia a uma teoria taxonômica específica, mas pretende dar ao estudante uma ideia das teorias existentes. Assim, são expostos e trabalhados os elementos da construção de filogenias ou cladogramas, mas apenas o que é necessário para compreender algumas representações adequadas ao aprendizado no Ensino Médio.

No item "Os vírus" (p. 19), destacamos o causador da dengue, por tratar-se de uma doença epidêmica de grande incidência no país. O vírus da dengue é da mesma família que o da febre amarela, o da febre zika e o da chikungunya, e compartilha algumas características com eles, como a capacidade de desencadear febres e hemorragias.

MANUAL DO PROFESSOR • PARTE ESPECÍFICA 319

Figura 31: Fotografia da C10v2MP, p. 319. Atividade de Sistemática e Taxonomia. Fonte: Bizzo, 2016a.

As propostas de atividades para os conteúdos de Sistemática e Taxonomia enfatizam o ensino de cladogramas. Grande parte dos cladogramas é gerada a partir das análises filogenéticas, resultado de buscas operacionais precisas, limitadas, no entanto, a soluções heurísticas, ou seja, aproximadas, como aponta González (2018). As atividades de elaboração de cladogramas encontradas nas coleções são relativamente simples e com uma quantidade pequena de dados. Também são verificados a atenção dispensada na formulação dos dados, de modo que seja possível realizar a atividade, e o cuidado para que não se utilizem informações contraditórias ou eventos de cladogênese, por exemplo

O estudo de cladogramas pode ser transformado em classificações. As classificações filogenéticas apresentam como princípio geral que a definição das classes taxonômicas seja a presença de um ancestral comum exclusivo, ou seja, um táxon monofilético. Desse modo, pode-se remeter aos conceitos de espécie, que permitem capturar e descrever a diversidade de organismos vivos sob uma determinada óptica, dentro da teoria evolutiva. Logo, as classificações filogenéticas superam os limites da classificação tradicional, na qual um conjunto de táxon pode ser listado dentro de outro táxon, evidenciando que as relações filogenéticas entre esses elementos não são conhecidas (AMORIM, 1994).

Caso um estudante opte por seguir carreira na área das Ciências Naturais, Cardoso-Silva e Oliveira (2013) consideram desejável o entendimento e/ou a interpretação de um cladograma. No entanto, esse estudante precisa dominar tal conhecimento não apenas para uma futura carreira, pois o domínio das Ciências Naturais implica na formação cidadã, permitindo-lhe enfrentar os desafios da sociedade contemporânea (BRASIL, 2018).

Nos manuais do professor, em cinco coleções foram apresentadas orientações de atividades com foco em cladogramas. Para o conteúdo de Sistemática e Taxonomia, trechos de artigos acadêmicos eram apresentados como parte da discussão das orientações propostas ao professor. Sugestão de livros, filmes e sites sempre estavam presentes, proporcionando ao professor obter mais informações ou complementar o conhecimento da temática. No entanto, para ter acesso a todas essas obras, o professor precisará ter acesso a uma biblioteca com uma diversidade de títulos, além de acesso à rede mundial de computadores (*Internet*).

Após realizar apresentação dos resultados, expomos uma lista de apoio (Quadro 9) para ilustrar a relação existente entre os conceitos de espécies e as

coleções que fizeram parte da análise. A lista pretende indicar, por exemplo, qual coleção explora um determinado conceito de espécie.

Os conceitos de espécie e as coleções didáticas	
Conceito	Definição de conceito
Biológico	Todas as coleções
Ecológico	C3; C9
Coesão	Ausente
Evolutivo	C3
Fenético	C9
Filogenético	C1; C2; C6
Genético	C6
Morfológico	C3
Tipológico	C3; C9

Quadro 9. Relação dos livros didáticos e os conceitos de espécie
Fonte: coleções analisadas

De modo geral, para o conceito biológico se considerou que todas as coleções abordam o mesmo, cada coleção com sua abordagem específica. O conceito filogenético é discutido em apenas três coleções. As atividades de Sistemática e Taxonomia estão presentes em todas as coleções, em que o estudo dos cladogramas ficam em evidência, possibilitando ao professor trabalhar o conteúdo de conceito filogenético. Ressaltamos que será necessário fazer a ligação entre as atividades, a escola filogenética e, por fim, o conceito filogenético, abarcando, assim, a dimensão histórica da construção do conceito e sua aplicabilidade na atualidade.

Em termos de amplitude na apresentação dos conceitos de espécies, duas coleções se destacam: a C3 e a C9, que trazem quatro e três conceitos, respectivamente. As coleções C1, C2 e C6 apresentam apenas dois conceitos de espécies. Portanto, para subsidiar o trabalho docente quanto ao ensino do conceito de espécies, por apresentar maior diversificação de conceitos de espécies, as coleções C3 e C9 destacam-se. As coleções C1, C2 e C3 também podem ser escolhidas, no entanto, formariam um segundo grupo, por apresentarem menor diversificação de conceitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste momento, recuperamos nossos objetivos de pesquisa, identificando os resultados obtidos com a análise dos livros didáticos de Biologia em relação ao conceito de espécie.

Quanto à identificação dos conceitos de espécie abordados nos livros didáticos de Biologia investigados, individuamos onze: biológico, ecológico, coesão, evolutivo, fenético, filogenético, genético, morfológico, nominalista, reconhecimento e tipológico.

O conceito biológico de espécie foi o conceito apresentado em todas as coleções analisadas, tendo sido o único apresentado nos livros para o 2º ano, nas coleções C4 e C5 e no livro para o 3º ano da coleção C8. Quando o conceito biológico foi apresentado nos livros para o 3º ano, geralmente estava acompanhado pela apresentação de outros conceitos, o que acontece nas coleções C1, C2, C3, C6, C7 e C9. Esses outros conceitos de espécie eram explicados como alternativa às limitações do conceito biológico.

O conceito filogenético de espécie foi o segundo mais apresentado nas coleções, aparecendo nas coleções C1, C2, C3, C6 e C7. A forte abordagem desse conceito pode ser explicada pela influência que a sistemática filogenética tem exercido sobre as classificações dos organismos, bem como pelo fato de os cladogramas serem apresentados no estudo de diversos conteúdos biológicos.

Em relação ao posicionamento implícito ou explícito dos autores de cada coleção quanto ao conceito de espécie adotado, bem como a escola taxonômica, identificamos posicionamento explícito quanto à delimitação do conceito de espécie em duas coleções (C3 e C6) das dez analisadas. Em uma (C2) identificamos o posicionamento explícito quanto à delimitação de uma escola de sistemática. Observamos também que a maioria das coleções (seis de um total de dez) não apresenta posicionamento explícito quanto à delimitação de conceitos de espécies ou das escolas de sistemática; logo, organizamos as coleções C1, C4, C5, C7, C8 e C9 na categoria de posicionamento implícito quanto à delimitação do conceito de espécie, ou seja, os autores apresentam os conceitos, mas não assumem um posicionamento, por exemplo, explicando a motivação de ser apresentado determinado conceito de espécie. É importante explicitar o conceito de espécie, pois essa atitude já sinaliza para o professor a existência de mais de um conceito, e que

aquele apresentado no livro didático é o resultado de uma escolha, seja por motivos didáticos ou outros.

Quanto à identificação de propostas de ensino e atividades relacionadas aos conceitos de espécies no manual do professor, das dez coleções, as coleções C3, C5 e C9 trazem propostas de ensino relacionadas aos conceitos de espécie. Por exemplo, na coleção C3 são apresentados cinco conceitos como forma de complementar o conteúdo que trata do conceito de espécie, da classificação dos organismos ou da especiação. A coleção C9 apresenta seis conceitos de espécie como meio de complementar o conteúdo. Foi identificado que os manuais do professor são ricos em sugestões de livros e artigos científicos, assim como materiais alternativos, que, dependendo dos objetivos e da metodologia do professor, podem ser inseridos em sala de aula, como artigos de divulgação científica, filmes e documentários que abordam o conteúdo de conceito de espécie, especiação e evolução.

Quanto às propostas de ensino e atividades relacionadas aos conceitos de espécie, foram analisados o livro didático e o manual do professor. Desse modo, verificamos que seis coleções apresentam atividades que abordam o conceito de espécie e o conteúdo de especiação. Essas atividades ampliam o espaço dedicado aos conceitos de espécie nos livros didáticos, pois apenas duas coleções trazem propostas específicas para a temática no manual do professor.

Inicialmente, em nossa pesquisa, havíamos elaborado três hipóteses que acreditávamos ser os possíveis resultados encontrados a partir dos dados coletados nos livros didáticos das coleções analisadas.

A primeira hipótese era que encontraríamos *livros didáticos que abordam os conceitos tradicionais de espécie, como o tipológico, o fenético e o biológico*. Nossa hipótese foi confirmada parcialmente, pois apenas o conceito biológico de espécie foi encontrado em todas as coleções analisadas. Os conceitos tipológico e fenético foram apresentados em duas coleções, a C3 e a C9, nos livros para os 2º e 3º anos, respectivamente. O conceito tipológico é apresentado no livro para o 2º ano da coleção C3, como sinônimo do conceito morfológico, sendo também apresentado como um conceito em desuso, portanto, sua apresentação tem caráter histórico. No livro para o 3º ano da coleção C9, o conceito tipológico é apresentado enquanto um conceito histórico. Já no manual do professor do livro do 3º ano da coleção C9, é

apresentado o conceito fenético como sinônimo do conceito tipológico, ou seja, é explicada a versão moderna para o conceito tipológico. O conceito morfológico, que não estava em nossa hipótese, também apareceu na análise, sendo encontrado na C3, no livro para o 2º ano.

A segunda hipótese era que *encontraríamos livros didáticos que apresentassem os conceitos de espécie apenas para descrever os organismos apresentados nos conteúdos ao longo do corpo do texto*. No entanto, a descrição dos organismos apresentados no conteúdo dos livros não considera necessariamente um conceito de espécie, como se observa no livro para o 3º ano da coleção C9, que expressa a abordagem do conteúdo evidenciada mais pela óptica da classificação, sem obrigatoriamente discutir o mérito do conceito de espécie.

O conceito de espécie no livro didático apresenta a função explicativa de como os agrupamentos de organismos ou populações que constituem as espécies são identificados e posteriormente definidos como espécies. Os conceitos de espécie indicam ao estudante quais critérios são empregados para definir o que não é e o que é uma espécie. Não caracteriza um problema o conceito de espécie ser empregado apenas para explicar como são definidas as espécies, pois a abordagem dos conteúdos dos grupos de seres vivos é realizada por meio das propostas de classificação destes, que apresentam estreita ligação com as escolas de sistemática.

A terceira hipótese era *encontrar nos manuais do professor atividades com propostas de ensino para o conceito de espécie*. Essa hipótese conduziu-nos ao conhecimento de que vários conceitos de espécie são apresentados nos livros didáticos, porém, no manual do professor, poucas coleções trazem recursos para apoiar o trabalho docente para o desenvolvimento da temática em sala de aula.

No manual do professor, a coleção C5 apontou que, para o desenvolvimento do conteúdo de especiação, o professor deveria aprofundar o conteúdo de conceito de espécie. Portanto, essa é uma perspectiva que pode ser levada em consideração quando o objetivo for trabalhar o conteúdo de conceito de espécie e especiação.

Os conceitos de espécie apresentados nos livros das dez coleções são suficientes em quantidade para a abordagem da discussão da pluralidade de conceitos, os quais buscam apreender a diversidade de organismos vivos existentes na natureza. Os conceitos podem ser explorados para explicar a natureza do

conhecimento científico, como surgem e como são validados os conceitos científicos a partir, por exemplo, da contextualização histórica dos conceitos tipológico e morfológico, para destacar os conceitos de espécie mais debatidos atualmente, como o conceito biológico, filogenético, além de proporcionar espaço para ao menos apresentar conceitos menos enfatizados no Ensino de Biologia, como os conceitos ecológico, evolutivo, fenético e genético. O conceito agamospecífico, que é utilizado em organismos com reprodução assexuada, poderia ser introduzido na discussão, considerando também que sua origem se dá no início do século XX, juntamente com outros conceitos de espécies, como o genético e o evolutivo.

É importante ressaltar que os livros didáticos, de forma individualizada, geralmente enfatizam o conceito biológico de espécie, como pudemos observar nos resultados, em que todas as dez coleções analisadas o apresentam.

Pode-se lembrar com os estudantes o conceito de espécie quando se estudam os conteúdos de botânica, zoologia, fungos e bactérias, evidenciando, por exemplo, quando se explica a definição de cada um desses grupos, apresentando como estaria ocorrendo a utilização de determinado conceito ou conjunto de conceitos de espécie, a partir das características fenéticas, da reprodução dos grupos, de suas origens, de suas relações de parentescos com outros grupos e a influência que o conceito de espécie pode trazer quando se pensa em termos de conservação da biodiversidade, seja de espécies ameaçadas de extinção ou fora de risco de extinção. Para o estudo do conteúdo de especiação, o conceito de espécie é de grande importância, pois a formação de novas espécies pode ocorrer por processos variados, que implicam, em parte, o reconhecimento de aspectos teóricos dos conceitos de espécie.

O conceito de espécie é o modo como biólogos e profissionais identificam os padrões existentes na natureza que revelam os agrupamentos de seres vivos. A compreensão da diversidade dos seres vivos pode ser influenciada fortemente por esses conceitos, pois cada um pode representar um entendimento diferente do mesmo objeto. Seria como registrar fotografias de uma mesma árvore por diferentes ângulos; teríamos diferentes imagens, mas todas revelariam a mesma árvore. Desse modo, enquanto o conceito biológico aceita a categoria de subespécies, e o conceito filogenético possui a tendência de reconhecer essas subespécies como espécies distintas, isso significa que podemos ter registros diferentes da mesma diversidade

de vida na natureza. É necessário discutir com os estudantes que cada proposta de conceito de espécie, por exemplo, representa a maneira de pensar de uma determinada época. Portanto, as respostas que temos hoje para os fenômenos da natureza são as mais aceitáveis e que melhor explicam determinados fenômenos, mas isso não implica necessariamente que outras formas de pensar e explicar os fenômenos estejam incorretas. Portanto, é de grande valia que em algum momento isso se torne cada vez mais claro nos livros didáticos, pois, dessa maneira, estaremos ajudando a construir uma visão de Ciência enquanto construção humana, rompendo com a perspectiva dogmática.

Com este trabalho, esperamos contribuir para o debate acerca dos livros didáticos e para a exposição do conceito de espécie enquanto uma temática central no âmbito evolutivo e para a compreensão de como a diversidade existente na natureza é capturada por meio de suas definições teóricas e de seus modelos. As contribuições de nossa pesquisa apontam para os seguintes aspectos:

- o conceito biológico de espécie é o conceito mais abordado em livros didáticos de Biologia destinados ao Ensino Médio ofertados na rede pública de educação;
- a adoção de um conceito de espécie no livro didático está relacionada à facilidade de transposição didática do conceito e ao fato de que seu quadro teórico representa fácil assimilação;
- a apresentação de um conceito de espécie que relacione os aspectos da identificação e da classificação dos organismos assexuados parece um pouco distante, pois ele não é mencionado em nenhuma oportunidade, porém pode ser válida a iniciativa, pois, geralmente, na primeira unidade do livro didático para o 2º ano do Ensino Médio, é trabalhada a classificação dos seres vivos e, em seguida, são abordados os organismos procariontes que, em sua maioria, apresentam reprodução assexuada.

Esperamos ainda que os resultados alcançados possam contribuir na escolha dos livros didáticos de Biologia, considerando que a discussão do conceito de espécie pode auxiliar no Ensino de Biologia. Destacamos ainda a importância de abordar o conceito de espécie na formação de professores e, dessa maneira, subsidiar a atualização do trabalho docente.

Ressaltamos que a temática de espécies ainda é pouco estudada no âmbito das pesquisas em Ensino de Biologia. Assim, salientamos a necessidade de pesquisas futuras que estudem a compreensão que o estudante de Ensino Médio apresenta da temática, investiguem como as reflexões a respeito de conceito de espécie, especiação, classificação, Sistemática e Taxonomia podem colaborar para a consolidação do aprendizado do conteúdo de Biologia, em específico de evolução, avaliem o entendimento que os professores apresentam acerca do conceito de espécie, analisem se ocorreu uma transição dos conceitos estritamente morfológicos para o conceito biológico nos livros didáticos ao longo da história e abordem como seria a articulação do Ensino de Biologia por meio de determinados conceitos de espécie.

Assim, finalizamos nossa pesquisa compreendendo que há a necessidade e a possibilidade de se empreenderem novas pesquisas na temática do conceito de espécie. Acreditamos que a pesquisa é uma peça importante para o desenvolvimento de projetos de formação docente, além de permitir o aprendizado amplo, tanto para o pesquisador como para o docente.

REFERÊNCIA

ALEIXO, Alexandre. Conceitos de espécie e o eterno conflito entre continuidade e operacionalidade: uma proposta de normatização de critérios para o reconhecimento de espécies pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, Rio Grande, RS, v. 15, n. 2, p. 297–310, 2007.

ALMEIDA, David Figueiredo de. Concepções de alunos do ensino médio sobre a origem das espécies. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1. 2012. 143-154p.

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia Moderna** - Amabis & Martho. V. 2. 1. ed. São Paulo, Moderna: 2016a. 279 p.

_____. **Biologia Moderna** - Amabis & Martho. V. 3. 1. ed. São Paulo, Moderna: 2016b. 288 p.

AMORIM, Dalton de Souza. **Elementos Básicos de Sistemática Filogenética**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1994. 315 p.

ASSIS, Kleyson Rosário. História e filosofia da Ciência no ensino de Ciências e o debate universalismo versus relativismo. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 149-166, jul/dez 2014.

AUGUSTO, Thaís Gimenez da Silva; BASILIO, Leticia Vieira. Ensino de biologia e história e filosofia da Ciência: uma análise qualitativa das pesquisas acadêmicas produzidas no Brasil (1983-2013). **Ciência & Educação**, Bauru, v. 24, n. 1, p. 71-93, 2018.

BAKER, Robert J.; BRADLEY, Robert D. Speciation in mammals and the genetic species concept. **J Mammal**, v. 87, p. 643–662, 2006.

_____. Speciation in mammals and the genetic species concept. **Journal of Mammalogy**, Fullerton, v. 87, n. 4, p. 643-662, 2006.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977. 225 p.

BAUER, Martin W.; GASKEL, George. **Pesquisa qualitativa com imagem, texto e som**: um manual prático. Pedrinho A. Guareschi (Trad.). Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2002.

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. Em foco: história, produção e memória do livro didático. [Apresentação]. **Educação e pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 471-473, 2004.

BIZZO, Nélio Marco Vincenzo. **Biologia**: novas bases. Coleção Integralis, V. 2. 1. ed. São Paulo: IBEP, 2016a. 288 p.

_____. **Biologia**: novas bases. Coleção Integralis. V. 3. 1. ed. São Paulo: IBEP, 2016b. 288p.

_____. **Ciências biológicas**. In: BRASIL. Ministério da Educação. Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2004.

BLACKWELDER, Richard E. **Taxonomy**: a text and reference book. New York: Wiley, 1967. 698 p.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)** – Ensino Médio, 2018. Versão aprovada pelo CNE e em revisão pelo MEC. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, v. 2, 2006. 135 p.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. MEC/Semtec: Brasília, 2002.

_____. Ministério da Educação (MEC). Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Programas do Livro. Dados estatísticos. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>>. Acesso em: 06 ago. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC). Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Programas do Livro. Escolha PNLD 2020. 2019e. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/escolha-pnld-2020>>. Acesso em: 02 ago. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC). Dia do livro didático motiva celebração. 2019a. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/32560>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC). Dia Nacional do Livro Didático celebra sucesso de programa. 2019c. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/60721-dia-nacional-do-livro-didatico-celebra-sucesso-de-programa>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC). Guias do Programa Nacional do Livro Didático. 2019d. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/33035>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC). PNLD. 2019b. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

_____. Ministério da Educação (MEC). **PNLD 2018**: apresentação – guia de livros didáticos – ensino médio. Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017a. 39 p.

_____. Ministério da Educação (MEC). **PNLD 2018**: biologia – guia de livros didáticos – Ensino Médio/ Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017b. 92 p.

_____. Resolução CD/FNDE nº 38 de 15/10/2003, Dispõe sobre a execução do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio - PNLEM, no seu Projeto-Piloto (2005 - 2007). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 out. 2003.

- CAIN, Arthur J. **Animal species and their evolution**. London: Hutchinson University, 1954.
- CANTINO, Philip D.; de QUEIROZ, Kevin. **PhyloCode**. International Code of Phylogenetic Nomenclature. Version 4c. 2010. Disponível em:
<<https://www.ohio.edu/phylocode/PhyloCode4c.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2017.
- CARDOSO-SILVA, Cláudio Benício; OLIVEIRA, Antonio Carlos. Como os livros didáticos de biologia abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 1, p. 169–180, 2013.
- CARMO, Bougleux Bomjardim da Silva; RIBEIRO, Maria D’Ajuda Alomba. Os marcadores discursivos na educação básica: necessidade de sistematização a partir do livro didático. **Fórum Linguístico**, Florianópolis, v. 11, n. 4, p. 457-473, out./dez. 2014.
- CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL, Maria Luiza. História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.
- _____; SANTOS, Widson Luiz Pereira; MÓL, Gerson de SOUZA. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 119-130, dez. 2005.
- CASSAB, Mariana; MARTINS, Isabel. A escolha do livro didático em questão. In: **Atas... IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, p. 25-29, nov. 2003.
- CASSIANO, Célia Cristina de Figueiredo. Materiais didáticos e ensino na escola básica: impactos no currículo e na produção editorial brasileira. **Remate De Males**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 375-396, 2014.
- CATANI, André; BANDOUC, Antonio Carlos; CARVALHO, Elisa Garcia; SANTOS, Fernando Santiago dos; AGUILAR, João Batista; SALLES, Juliano Viñas; BEZERRA, Lia Monguilhott; OLIVEIRA, Maria Martha Argel de; CAMPOS, Sílvia Helena de Arruda; NAHAS, Tatiana Rodrigues; CHACON, Virginia. **Ser Protagonista – Biologia**. V. 2. 3. ed. Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. São Paulo: SM, 2016a. 288 p.
- _____. **Ser Protagonista – Biologia**: V. 3. 3. ed. Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. São Paulo: SM, 2016b. 288 p.
- CEZARE, Paola Sussai Luz; ANDRADE, Mariana Ap. Bologna Soares de. A epistemologia de Bachelard e a construção do conceito de adaptação das Espécies. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 21, n. 3, pp. 53-73, 2016.
- CHEDIAK, Carla de Almeida. **Filosofia da Biologia**. Rio de Janeiro? Jorge Zahar Ed., 2008. 73 p. (Passo-a-passo; v. 81)
- CHEVALARD, Yves. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1991. 196 p.
- CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, dez. 2004.
- CLARIDGE, Michael F.; DAWAH, Hassan A.; WILSON, Michael R. Practical approaches to species concepts for living organisms. In: **Species: The units of biodiversity**. CLARIDGE, M.

F.; DAWAH, H. A.; WILSON, M. R. (Eds.). The Systematics Association Special Volume Series 54. London: Chapman e Hall, 1997. 1-13 p.

COLLEY, Eduardo; FISCHER, Marta Luciane. Especificação e seus mecanismos: histórico conceitual e avanços recentes. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1671-1694, 2013.

CORAZZA, Maria Júlia; PEDRANCINI, Vanessa Daiana. Interações discursivas e a elaboração dos conceitos de raça e espécie em aulas de Biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 13, n. 1, p. 18–31, 2014.

COYNE, Jerry A.; ORR, H. Allen. Evolutionary genetics of speciation. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.**, London, n. 353, p. 287-305, 1998.

CRACRAFT, Joel. Species Concepts and the Ontology of Evolution. **Biology and Philosophy**, Philadelphia, v. 2, n. 1937, p. 329–346, 1987.

CRONQUIST, Arthur. Once again, what is a species? In: **BioSystematics in Agriculture: Beltsville Symposia in Agricultural Research**. KNUTSON, L.; MONTCLAIR, N. J. (Eds.). Wiley, New York, n. 2, p. 3–20, 1978.

CROSTA, Álvaro Penteadó. Crateras meteoríticas no Brasil. Textos de Glossário Geológico Ilustrado. [on-line] 2019. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>>. Acesso em: 12 set. 2019.

DALAPICOLLA, Jeronymo; SILVA, Victor Almeida; GARCIA, Junia Freguglia Machado. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 150-172, jan.-abr. 2015.

DAL-FARRA, Rossano André. O acaso na biologia evolutiva e as mutações dirigidas/adaptativas: aspectos históricos e epistemológicos. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 154-163, jul.-dez. 2006.

DESALANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu; MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 28. ed. DESALANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu; MINAYO, Maria Cecília de Souza (Orgs.) Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

DARWIN, Charles Robert. **Letter from Darwin**, C. R. to Hooker, J. D. on 24 Dec [1856]/ (MS DAR 114: 187). On the variety of species definitions prevalent among naturalists. 4 p. Published in volume 6 of the Correspondence of Charles Darwin, Cambridge University Press. Darwin Correspondence Project, "Letter no. 2022", Cambridge University Digital Library. Disponível em: <<https://cudl.lib.cam.ac.uk/view/MS-DAR-00114-00187/1>>. Acesso em: 15 maio 2019.

DOBZHANSKY, Theodosius. Mendelian populations and their evolution. **Am Nat.**, Chicago, v. 84, p. 401–418, 1950.

DOMINGUINI, Lucas; ORTIGARA, Vidalcir. Análise de conteúdo como metodologia para seleção de livros didáticos de química. In: **Anais...** Encontro Nacional De Ensino De Química, Brasília, v. 15, jul. 2010.

DONOGHUE, Michael J. A critique of the biological species concept and recommendations for a phylogenetic alternative. **Bryologist**, Fairfax, v. 88, p.172–181, 1985.

DRUZHININA, Irina S.; KUBICEK, Christian P.; KOMOŃ-ZELAZOWSKA, Monika; MULAW, Temesgen Belayneh; BISSETT, John. The *Trichoderma harzianum* demon: complex speciation history resulting in coexistence of hypothetical biological species, recent agamospecies and numerous relict lineages. **BMC Evolutionary Biology**, Londres, v. 10, n. 1, p. 94, 2010.

DUARTE RODRIGUES, P. O conceito de espécie revisitado. In: GUEDES, Maria Estela. **Professor Germano da Fonseca Sacarrão**. Museu Nacional de História Natural. Lisboa: Museu Bocage, p. 335-342, 1994.

EIGEN, Manfred. Viral quasispecies. **Sci Am**, New York, p. 32–39, July 1993.

ELDREDGE, Niles; CRACRAFT, Joel. **Phylogenetic patterns and the evolutionary process**: Method and theory in comparative. New York: Columbia University Press, 1980.

EL-HANI, Charbel Niño; ROQUE, Nádia; ROCHA, Pedro Luís Bernardo da. Livros didáticos de biologia do ensino médio: resultados do PNLEM/2007. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 211-240, abr. 2011.

FAVARETTO, José Arnaldo. **Biologia – Unidade e diversidade**. V. 2. 1. ed. São Paulo: FTD, 2016a. 288 p.

_____. **Biologia – Unidade e diversidade**: V. 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2016b. 288 p.

FOURMENT, Mathieu; GIBBS, Mark J. PATRISTIC: a program for calculating patristic distances and graphically comparing the components of genetic change. **BMC evolutionary biology**, Viena, v. 6, n. 1, p. 1, 2006.

FRANZOLIN, Fernanda; BIZZO, Nelio Marco Vincenzo. **Conceitos de biologia na educação básica e na academia**: aproximações e distanciamentos. 2007. Tese [doutorado]. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-31052007-123123/>>. Acesso em 17 jul. 2020.

FREITAS, Neli Klix; RODRIGUES, Melissa Haag. O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo. **Revista da Pesquisa**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2008.

FUTUYMA, Douglas J. **Evolution**. 13. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2013.

GALVÃO, Cléber. Glossário. Vetores da doença de chagas no Brasil [online]. In: GALVÃO, Cleber (Org.). **Zoologia**: guias e manuais de identificação series. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia, pp. 261-265. 2014. Disponível em: <<http://books.scielo.org>>. Acesso em: 17 jul. 2020.

GARCIA, Tânia Maria F. Braga; GARCIA, Nilson Marcos Dias; PIVOVAR, Luiz Eduardo. O uso do livro didático de Física: estudo sobre a relação dos professores com as orientações metodológicas. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, 6., Florianópolis, 2007. **Atas** [...] Florianópolis: ENPEC, 2007.

GEWANDSZNAJDER, Fernando; PACCA, Helena; LINHARES, Sérgio. **Biologia Hoje**. V. 2. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016a. 288 p.

_____. **Biologia Hoje**. V. 3. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016b. 288 p.

GHISELIN, Michael T. **Metaphysics and the origin of species**. SUNY series in philosophy and biology. New York: State University of New York Press, 1997. 377 p.

GODOY, Leandro; OGO, Marcela. **#Contato Biologia**: V. 2. 1. ed. São Paulo: Quinteto, 2016a. 288 p.

_____. **#Contato Biologia**: V. 3. 1. ed. São Paulo, Quinteto, 2016b. 288 p.

GOLDBACH, Tânia; PAPOULA, Nathália R. P.; SARDINHA, Rafaela Campos; DYSARZ, Fernanda P.; CAPILÉ, Bruno. Atividades práticas em livros didáticos atuais de Biologia: investigações e reflexões. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 63-74, 2009.

GONÇALVES, Rafael Marques. Usos e consumos no/do cotidiano escolar: uma conversa sobre práticas, currículos e livros didáticos. **Revista Espaço do Currículo** (online), João Pessoa, v. 12, n. 1, p. 131-138, jan./abr. 2019.

GONZÁLEZ, Fávio. O problema da espécie 150 anos depois de A origem. In: ABRANTES, Paulo C. (Org.). **Filosofia da biologia** [recurso eletrônico]. PPGFIL-UFRRJ, Seropédica, RJ, p. 492-532, 2018.

GORNALL, Richard J. Practical aspects of the species concept in plants. In: CLARIDGE, M. F.; DAWAH, H. A.; WILSON, M. R. (eds.). **Species**: The units of biodiversity. The Systematics Association Special Volume Series 54. London: Chapman e Hall, 1997. p. 171-190.

HARRES, João Batista Siqueira. Natureza da ciência e implicações para a educação científica. In: MORAES, Roque (Org.). **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS: 2000. p. 37-68.

HENNING, Willi. **Phylogenetic Systematics**. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1966. 263 p.

HEY, Jody; FITCH, Walter M.; AYALA, Francisco J. Systematics and the origin of species: an introduction. **Proc Natl Acad Sci U S A**, Washington DC, v. 102, Suppl 1, p. 6515-6519, May 2005.

HÖRANDL, Elvira; GREILHUBER, Johann; KLÍMOVÁ, Katarina; PAUN, Ovidiu; TEMSCH, Eva; EMADZADE, Kathere; HODÁLOVÁ, Iva. Reticulate evolution and taxonomic concepts in the *Ranunculus auricomus* complex (Ranunculaceae): insights from analysis of morphological, karyological and molecular data. **Taxon**, Oldenburg, v. 58, n. 4, p. 1194-1216, 2009.

HORIKAWA, Alice Yoko; JARDILIN, José Lima. A formação de professores e o livro didático: avaliação e controle dos saberes escolares. **Revista Lusófona de Educação**, Lisboa, n. 15, p. 147-162, 2010.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário Básico de Filosofia**. 3. ed. rev. e ampl. Jorge Zahar (Ed.), versão digital. Rio de Janeiro: TupyKurumin, 2001.

JIMÉNEZ TEJADA, Maria Pilar; GONZÁLEZ GARCÍA, Francisco; HÓDAR, José Antonio. Los conceptos de población y especie en los libros de texto de secundaria. Anais: VIII Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las Ciencias Universitat

Autònoma de Barcelona. Barcelona. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, n. extra, p. 743-745, 2009.

KATAOKA, Eric Yasuo; FRANCISCO, Jéssica Nayara Carvalho; LOVO, Juliana; Cota, Matheus Martins Teixeira; ALVES, Gisele; BRABO, Bruno Michael; PELLEGRINI, Marco Octávio de O. Sistemática vegetal: histórico, conceitos e o estado atual. *In*: VII Botânica no Inverno 2017. RAIMUNDO, Carlos Eduardo Valério et al. (Orgs.). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, São Paulo, p. 131- 149, 2017.

KUNZ, Werner. **Do species exist?** Principles of taxonomic classification. Weinheim: Wiley-Blackwell, 2012. 280 p.

LIMA, Eudes Ferreira; SILVA FILHO, Jeremias Pereira; ARAÚJO, Aryane Florinda de Souza. **Dicionário de termos técnicos usados em Ecologia**. [Universidade Federal do Piauí – UFPI], Parnaíba, 2016. 180p.

MALLET, James. A species definition for the modern synthesis. **Trends in Ecology & Evolution**, Cambridge, v. 10, n. 7, p. 294-299, 1995.

MARICATO, Fúlvio Eloá; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. O conceito de interação Biológica/ecológica: contribuição aos estudos em epistemologia da biologia e ao ensino de Biologia. **Acta Scientiarum. Education**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 441-451, out.-dez., 2017.

MARTINS JÚNIOR, Paulo Pereira; VASCONCELOS, Vitor Vieira. A teleologia e a aleatoriedade no estudo das Ciências da natureza: sistemas, ontologia e evolução. **Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 316-334, jul.-dez. 2011.

MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAYDEN, Richard L. A hierarchy of species concepts: the denouement is the saga of the species problem. 1997. In: CLARIDGE, M. F.; DAWAH, H. A.; WILSON, M. R. (Eds.). **Species: the units of biodiversity**. London: Chapman and Hall, 1997. p. 381-424.

MAYR, Ernst. A Critique from the Biological Species Concept Perspective: What Is a Species, and What Is Not? *In*: WHEELER, Quentin D; MEIER, Rudolf (Eds.). **Species concepts and phylogenetic theory – a debate**. New York: Columbia University Press, 2000. p. 93–158.

_____. **Biologia, Ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. Prefácio de Drauzio Varella; tradução de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 272 p.

_____. **Populações, espécies e evolução**. Tradução de Hans Reichardt. São Paulo: Ed. Nacional/Ed. da Universidade de São Paulo, 1977. 485 p.

_____. Species concepts and definitions. In: MAYR, E. (Ed.). **The Species Problem**, publication n. 50. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1957. p. 1–22.

_____. **Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist**. New York: Columbia University Press, 1942. 334 p.

_____. The Biological Species Concept. In: WHEELER, Quentin D., MEIER, Rudolf (Eds.). **Species concepts and phylogenetic theory – a debate**. New York: Columbia University Press, 2000b. p. 93–158.

_____. The speciation phenomena in birds. **The American Naturalist**, Chicago, n. 74, p. 249-278, 1940.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MELO, Fernando Garcez de. Estado e políticas públicas para o livro didático no Brasil. **RPGE - Revista on-line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 547-562, 2016.

MENDES, Maricleide Pereira de Lima. **O conceito de reação química no nível médio: história, transposição didática e ensino**. 2011. 213 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia, 2011.

MENDES-RODRIGUES, Clesnan. **Ecologia de espécies poliembriônicas com ênfase no Bioma Cerrado**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de recursos naturais, 2010.

MENDONÇA, Vivian L. **Biologia: os seres vivos**. V. 2. 3. ed. São Paulo, AJS: 2016a. 288 p.

_____. **Biologia: o ser humano**. V. 3. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016b. 288 p.

MIRANDA, Viviane Bernardes dos Santos; LEDA, Luciana Ribeiro; PEIXOTO, Gustavo Ferreira. A importância da atividade prática no ensino de biologia. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, 2013.

MISHLER, Brent D.; THERIOT, Edward Claiborne. The phylogenetic species concept (sensu Mishler and Theriot): monophyly, apomorphy, and phylogenetic species concepts. In: WHEELER, Quentin D.; MEIER, Rudolf (Eds.). **Species concepts and phylogenetic theory – a debate**. New York: Columbia University Press, 2000. p. 44–55.

_____. Getting rid of species? In: **Species: New Interdisciplinary Essays**. WILSON, R. A. (Ed.). Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1999. p. 307–315.

_____; BRANDON, Robert N. Individuality, pluralism, and the phylogenetic species concept. **Biol Philos**, Philadelphia, v. 2, p. 397–414, 1987.

_____; DONOGHUE, Michael J. Species Concepts: a case for pluralism. **Syst. Zool.**, Abingdon, v. 31, p. 491-503, 1982.

NETO, Jorge Megid; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

NYLÉHN, Jorun; ØDEGAARD, Marianne. The “Species” Concept as a Gateway to Nature of Science: Species Concepts in Norwegian Textbooks. **Science & Education**, Genebra, v. 27, n. 7-8, p. 685-714, Oct. 2018.

OCCELLI, Maricel; VALEIRAS, Beatriz Nora. Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. **Ensenanza de las Ciencias**, v. 31; n. 2; p. 133-152, 2013.

OLIVEIRA, João Paulo Teixeira. A eficiência e/ou ineficiência do livro didático no processo de ensino-aprendizagem. In: Congresso Ibero-Americano de Política e Administração da Educação, 4., 2014, Porto. **Anais** [...] Porto: Congresso Ibero-Americano de Política e Administração da Educação, 2014. Eixo 4.

OLIVEIRA, José Carlos. Fundamentos de Sistemática filogenética para professores de Ciências e Biologia. **Virtú** – ICH, Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/virtu/files/2010/04/artigo-2a10.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

OLIVEIRA, Thais Benetti; BRANDO, Fernanda da Rocha; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Evolução biológica: ECO-EVO-DEVO na formação inicial de professores e pesquisadores. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 12, n. 2, p. 81-98, jul.-dic. 2017.

ORR, Allen. The Genetic Basis of Reproductive Isolation: Insights from Drosophila. In: HEY, Jody; FITCH, Walter; AYALA, Francisco J. (Eds.). **Systematics and the origin of species: on Ernst Mayr's 100th anniversary**. Washington, DC: The National Academies Press, 2004.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. **Epistemologia**. 1. ed. Porto Alegre: Evangraf/UFRGS, 2011.

PABÓN-MOURA, Natalia; GONZÁLEZ, Favio. A classificação biológica: de espécies a genes. In: ABRANTES, Paulo C. (Org.). **Filosofia da biologia** [recurso eletrônico]. PPGFIL-UFRRJ: Seropédica, RJ, p. 533-563, 2018.

PATERSON, Andrew H. **Molecular dissection of complex traits**. Edited by Andrew H. Paterson. Boca Raton: CCR Press, 1997. 336 p.

PIRANI, José Rubens. **Sistemática**: Tendências e desenvolvimento incluindo impedimentos para o avanço do conhecimento na área. Documentos básicos. Versão 28 abr. 2005. Disponível em: <www.cria.org.br/cgee/col/>. Acessado em: 16 ago. 2018.

POLISELI, Luana; OLIVEIRA, Edson Fontes; CHRISTOFFERSEN, Martin Lindsey. O Arcabouço filosófico da biologia proposto por Ernst Mayr. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 106-120, jan./jun. 2013.

RANDLER, Christoph. Teaching species identification - A prerequisite for learning biodiversity and understanding ecology. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, Croydon, v. 4, n. 3, p. 223–231, 2008.

RICHARDS, Richard A. **The species problem**: a philosophical analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 236 p.

RIDLEY, Mark. **Evolução** [recurso eletrônico]. 3. ed. Mark Ridley. Henrique Ferreira, Luciane Passaglia, Rivo Fischer (trans.). Porto Alegre: Artmed, 2007.

RIEGER, Rigomar; MICHAELIS, Arnd; GREEN, Melvin M. **Glossary of genetics and cytogenetics**: classical and molecular. Springer Science & Business Media, 2012.

RIOS, Eloci Peres; THOMPSON, Miguel. **Conexões com a Biologia**. V. 2. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016a. 224 p.

_____. **Conexões com a Biologia**. V. 3. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016b. 288 p.

RÔÇAS, Giselle, MONTEIRO, José Airton, SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo. O Debate teórico em torno do conceito de espécie: um 'transdisciplinar' relato de experiência. **Ciência em Tela**, Rio de Janeiro. v.1, n. 2, p. 1-9, 2008.

RODRIGUES, Larissa Zancan. As pesquisas sobre Livros Didáticos: Uma análise de periódicos da área de Educação em Ciências. In: Reunião Científica Regional da AN-PED SUL, 10., 2014, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: UDESC, 2014, p. 1-19.

ROMANATTO, Mauro Carlos. O livro didático: alcances e limites. Anais: **Encontro paulista de matemática**, 7. ed., São Paulo. SBEM, São Paulo, v. 7, 2004.

ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. **Bio**. V. 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016a. 288 p.

_____. **Bio**. V. 3. 3. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016b. 288 p.

SANMARTÍ, Neus. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Síntesis Educación, 2002.

SANTILLI, Estela. Níveis e unidades de seleção: o pluralismo e seus desafios filosóficos. In: ABRANTES, Paulo C. (Org.). **Filosofia da biologia** [recurso eletrônico]. PPGFIL-UFRRJ: Seropédica, RJ, p. 587-613, 2018.

SERVAT, Alexandre. **Do saber sábio ao saber ensinado**: indicativos sobre a transposição didática do conceito evolução biológica. 2014. 147 f. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Estado e Educação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

SHOME, Saurav. Exploring students' understanding of species: a study with Class VIII students. In: Conference to review research on Science, Technology and Mathematics Education - Episteme, 5, 2012, Mumbai, **Proceedings [...]**, Homi Bhabha Centre for Science Education, CinnamonTeal Publishing, 2012, p. 158–164.

SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Zesar; CALDINI JÚNIOR. **Biologia**. V. 2. 12. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016a. 289 p.

_____. **Biologia**. V. 3. 12. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016b. 289 p.

SILVA, Ezequiel Theodoro. Livro didático: do ritual de passagem à ultrapassagem. **Em aberto**, Brasília, v. 16, n. 69, jan.-mar. 1996.

SILVA, Luciano Neves. Os Conceitos de Espécies abordados em Livros Didáticos de Biologia. Anais... Simpósio Nacional de Educação, XXVII Semana da Pedagogia e I Mostra da Pós-Graduação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel, ago. 2018. Disponível em: <<https://midas.unioeste.br/sgev/eventos/visimposicionacionaldeeducacao/anais>>. Acesso em: 10 set. 2019.

SILVA, Luciano Neves; MEGLHIORATTI, Fernanda A. Análise de livros didáticos de Biologia em periódicos de Ensino: o que trazem as pesquisas? **Vidya**, Santa Maria, [2019?]. (No prelo)

SIMPSON, George Gaylord. The species concept. **Evolution**, Hoboken, v. 5, p. 285–298, 1951.

SINGER, Charles. **Historia de La Biología**. Traducido del inglés por Máximo Valentinuzzi. Buenos Aires-México: Espassa-Calpe Argentina, 1947. 541 p.

SLATER, Matthew H. **Are Species Real?** An Essay on the Metaphysics of Species. Series New. Hampshire: Macmillan, 2013. 214 p.

SNEATH, Peter Henry Andrews. Phenetic taxonomy at the species level and above. **Taxon**, Oldenburg, p. 437-450, 1976.

SOARES, Adriana Gonçalves; MATOS, Santer Alvares de; COUTINHO, Francisco Ângelo; MORTIMER, Eduardo Fleury. Estudos preliminares sobre o perfil conceitual de Espécie. *In*: VI ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). **Atas...**, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

SOARES, Jandson Bernardo; SOUZA, Wendell de Oliveira. Memorial do PNLD: elaboração, natureza e funcionalidade. **Anais eletrônicos da XIX Semana de Humanidades**. Natal, 2011.

SOKAL, Robert R. The species problem reconsidered. **Systematic Zoology**, Abingdon, v. 22, n. 4, p. 360-374, 1973.

SOUSA NETO, Manoel Moreira; OLIVEIRA ALMEIDA, Rosemary; PESSOA, Márcio Kleber Moraes. Ferramenta didática ou guia curricular? Percepção de professores sobre o processo de escolha dos livros didáticos de Sociologia em escolas do Ceará. **Política & Sociedade**, Florianópolis, v. 14, n. 31, p. 155-179, 2015.

STAMOS, David. **The species problem**: biological species, ontology, and the metaphysics of biology. Lanham: Lexington Books, 2003. 390 p.

STEVENS, Peter F. Species: historical perspectives. *In*: KELLER, E. F.; LLOYD, E. A. (Eds.) **Keywords in evolutionary biology**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992. p. 302–311.

STEVENS, Peter F. **The development of biological systematics**: Antoine-Laurent de Jussieu, nature, and the natural system. New York: Columbia University Press, 1994. 616 p.

TEMPLETON, Alan R. The meaning of species and speciation: a genetic perspective. *In*: OTTE, D.; ENDLER, J. A. (Eds.). **Speciation and its consequences**. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1989. p. 3–27.

TIBAYRENC, Michel. The species concept in parasites and other pathogens: a pragmatic approach?. **Trends in parasitology**, Cambridge MA, v. 22, n. 2, p. 66-70, 2006.

TURESSON, von Göte. Zur Natur und Begrenzung der Arteinheiten. (in German with an English summary). **Hereditas**, Heidelberg, v. 12, p. 323–334, 1929.

VAHL, Mônica Maciel; PERES, Eliane. O programa do livro didático para o ensino fundamental (1971-1976). **Cad. Pesqui.**, São Paulo, v. 47, n. 164, p. 562-585, jun. 2017.

VAN VALEN, Leigh. Ecological species, multispecies, and oaks. **Taxon**, Oldenburg, v. 25, n.2/3, p. 233–239, May 1976.

VANNUCCI, Marta. A nova sistemática e a planctonologia. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 8, n. 1-2, p. 217-223, 1957.

VANZOLINI, Paulo Emilio. Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul tropical. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 6, n. 15, p. 41-65, 1992.

VON MAY, Rudolf; CATENAZZI, Alessandro; ANGULO, Ariadne; VENEGAS, Pablo J.; AGUILAR, César. (2012). Investigación y conservación de la biodiversidad en Perú: importancia del uso de técnicas modernas y procesos administrativos eficientes. 2012. **Rev. peru. biol.**, Lima, v. 19, n. 3, p. 347-354, Dic. 2012.

WHEELER, Quentin D.; MEIER, Rudolf. **Species concepts and phylogenetic theory – a debate**. Wheeler QD, Meier R (eds). Columbia University Press: New York, 2000. 256 p.

_____; PLATNICK, Norman I. The phylogenetic species concept (sensu Wheeler and Platnick). In: WHEELER, Q. D.; MEIER, R. (Eds.) **Species concepts and phylogenetic theory – a debate**. New York: Columbia University Press, 2000. p. 55–69.

WILEY, Edward Orland; MAYDEN, Richard L. The evolutionary species concept. In: WHEELER, Q. D.; MEIER, R. (Eds.). **Species concepts and phylogenetic theory – a debate**. New York: Columbia University Press, 2000. p. 70–89.

WILEY, Edward Orland. The evolutionary species concept reconsidered. **Systematic zoology**, Abingdon, v. 27, n. 1, p. 17-26, 1978.

WILKINS, John S. **Defining species**. A sourcebook from antiquity to today. New York: Peter Lang Publishing, 2009. 238 p.

_____. **Species: a history of the idea**. V. 1. Species and Systematics. Berkeley: University of California Press, 2010. 305 p.

WILSON, Edward Osborne. **Diversidade da vida**. Carlos Afonso Malferrari (trad.). São Paulo: Companhia das Letras, 2012. 528 p.

WILSON, Robert A. **Species: New Interdisciplinary Essays**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1999. 349 p.

WIRZBICKI, Sandra; ARAÚJO, Maria Cristina Pansera; DEL PINO, José Claudio. Descriptores de los plantamientos de energía en libros didácticos brasileños de Biología en la enseñanza secundaria. **Bio-grafía**, Bogotá, escritos sobre la biología y su enseñanza, v. 7, n. 13, p. 177-191, jul.-dic. 2014.

ZACHOS, Frank Emmanuel. **Species Concepts in Biology: Historical Development, Theoretical Foundations and Practical Relevance**. Springer International Publishing: Cham, 2016. 227 p.

APÊNDICE

Coleção	Livros didáticos analisados
C1	MENDONÇA, Vivian L. Biologia: os seres vivos . V. 2. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016a. 288 p. MENDONÇA, Vivian L. Biologia: o ser humano . V. 3. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016b. 288 p.
C2	ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. Bio . V. 2. 3. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016a. 288 p. ROSSO, Sergio; LOPES, Sônia. Bio . V. 3. 3. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016b. 288 p.
C3	GODOY, Leandro; OGO, Marcela. #Contato Biologia . V. 2. 1. ed. São Paulo: Quinteto, 2016a. 288 p. GODOY, Leandro; OGO, Marcela. #Contato Biologia . V. 3. 1. ed. São Paulo: Quinteto, 2016b. 288 p.
C4	FAVARETTO, José Arnaldo. Biologia – Unidade e diversidade . V. 2. 1. ed. São Paulo: FTD, 2016a. 288 p. FAVARETTO, José Arnaldo. Biologia – Unidade e diversidade . V. 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2016b. 288 p.
C5	SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Zezar; CALDINI JÚNIOR. Biologia . V. 2. 12. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016a. 289 p. SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Zezar; CALDINI JÚNIOR. Biologia . V. 3. 12. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016b. 289 p.
C6	CATANI, André; BANDOUC, Antonio Carlos; CARVALHO, Elisa Garcia et al. Ser Protagonista – Biologia . V. 2. 3. ed. Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. São Paulo: SM, 2016a. 288 p. CATANI, André; BANDOUC, Antonio Carlos; CARVALHO, Elisa Garcia et al. Ser Protagonista – Biologia . V. 3. 3. ed. Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. São Paulo: SM, 2016b. 288 p.
C7	GEWANDSZNAJDER; Fernando; PACCA, Helena; LINHARES, Sérgio. Biologia Hoje . V. 2. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016a. 288 p. GEWANDSZNAJDER; Fernando; PACCA, Helena; LINHARES, Sérgio. Biologia Hoje . V. 3. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016b. 288 p.
C8	AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. Biologia Moderna - Amabis & Martho . V. 2. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016a. 279 p. AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. Biologia Moderna - Amabis & Martho . V. 3. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016b. 279 p.
C9	RIOS, Eloci Peres; THOMPSON, Miguel. Conexões com a Biologia . V. 2. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016a. 224 p. RIOS, Eloci Peres; THOMPSON, Miguel. Conexões com a Biologia . V. 3. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016b. 224 p.

continua

continuação

C10	BIZZO, Nélio Marco Vincenzo. Biologia : novas bases. Coleção Integralis, v. 2. 1. ed. São Paulo: IBEP, 2016a. 288 p. BIZZO, Nélio Marco Vincenzo. Biologia : novas bases. Coleção Integralis, v. 3. 1. ed. São Paulo: IBEP, 2016b. 288 p.
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Quadro 10: Coleções analisadas

Fonte: informações das fichas catalográficas das respectivas coleções